УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ И УПРАВЛЕНИЯ RELION®

Серия 615

Техническое руководство





Обозначение документа: 1MRS758991
Выпущено: 2020-05-08
Редакция: A
Версия продукта: 5.0 FP1

© Copyright 2020 ABB. Все права защищены

Авторское право

Воспроизведение содержания данного документа полностью или частично либо его копирование без письменного разрешения компании АББ, а также передача третьим лицам и использование не по назначению запрещается.

Программные и аппаратные средства, описанные в этом документе, предоставляются по лицензии и могут использоваться, копироваться и разглашаться только в соответствии с условиями указанной лицензии.

Товарные знаки

ABB и Relion – зарегистрированные товарные знаки группы компаний АББ. Все другие товарные знаки и названия продуктов, упомянутые в настоящем документе, являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками соответствующих владельцев.

Гарантия

С условиями гарантии можно ознакомиться в ближайшем представительстве АББ.

www.abb.com/relion

Ограничение ответственности

Данные, примеры и схемы, содержащиеся в данном руководстве, приведены только для описания концепции или изделия и не должны рассматриваться как заявление об обеспечении гарантированных свойств. Все лица, ответственные за использование оборудования, описываемого в данном руководстве, должны быть полностью уверены в том, что каждое применение по назначению является приемлемым и соответствующим, включая соответствие всем применимым требованиям по обеспечению безопасности и другим эксплуатационным требованиям. В особенности, любые риски в применениях, в которых отказ системы и/или изделия может создать риск повреждения собственности или травмирования персонала (включая, но не ограничиваясь травмами или смертью людей), целиком и полностью относятся к зоне ответственности лица или предприятия, применяющего данное оборудование; при этом настоящим указывается, что ответственные лица должны обеспечить выполнение всех мер, направленных на исключение или смягчение таких рисков.

Данный продукт разработан для обмена данными и информацией через сетевой интерфейс, подключенный к безопасной сети. Обеспечение безопасного подключения к сети и принятие необходимых мер (таких как установка межсетевых экранов, применение средств аутентификации, шифрование данных, установка антивирусных программ и др.) для защиты оборудования и сети, включая их системы и интерфейс, от любых нарушений защиты, несанкционированного доступа, вмешательства, вторжения, утечки и/или хищения данных и информации является исключительной ответственностью специалиста или организации, отвечающих за сетевое администрирование. Компания АББ не несет ответственности за любые подобные повреждения и/или потери.

Данный документ прошел тщательную проверку специалистами компании АББ, но при этом нельзя полностью исключить возможность расхождений. В случае обнаружения каких-либо ошибок просим сообщить о них производителю. За исключением явно выраженных контрактных обязательств, ни при каких обстоятельствах компания АББ не несет ответственности и обязательств за любые убытки или повреждения, ставшие результатом использования данного руководства или применения оборудования. В случае расхождений между английской и любой другой языковой версией, текст английской версии имеет преимущественную силу.

Соответствие

Данный продукт соответствует директиве Совета Европейского сообщества по выполнению предписаний законодательных актов государств-членов в части электромагнитной совместимости (ЭМС Директива 2004/108/EC) и электротехнического оборудования, предназначенного для применения в указанных пределах напряжения (директива по низкому напряжению 2006/95/EC). Данное соответствие подтверждено испытаниями, проведенными компанией АББ в соответствии со стандартом на продукцию EN 60255-26 в части директивы по ЭМС, а также стандартами на продукцию EN 60255-1 и EN 60255-27 в части директивы по низкому напряжению. Настоящий продукт создан в соответствии с международными стандартами МЭК серии 60255.

Содержание

Раздел 1 Введение....35
О данном руководстве....35
Целевая аудитория....35
Документация на изделие....36
Комплект документации на продукт....36
Версии документа....36
Дополнительные документы....37
Символы и условные обозначения....37
Обозначения....37
Условные обозначения....37
Функции, коды и символы....38

Раздел 2 Обзор устройств серии 615....47
Краткий обзор....47
Данные о версиях продукта....48
Версия PCM600 и библиотеки ИЭУ....52
Локальный ИЧМ....52
Дисплей....53
Светодиодные индикаторы....54
Клавиатура....54
Веб-ИЧМ....55
Авторизация....56
Журнал событий....57
Связь....60
Самовосстанавливающееся кольцо Ethernet....61
Резервирование Ethernet....62
Шина процесса....64
Безопасная связь....66

Раздел 3 Основные функции....67
Общие параметры....67
Самодиагностика....82
Внутренние неисправности....82
Предупреждения....86
Управление светодиодной индикацией....89
Функциональный блок....89
Функциональная возможность....89
Программируемые светодиоды....90
Функциональный блок....90
Функциональные возможности....90

Содержание

Сигналы....93
Уставки....95
Контролируемые данные....97
Синхронизация времени....98
Контроль опорного сигнала времени GNRLLTMS....98
Функциональный блок....98
Функциональные возможности....98
Сигналы....100
Уставки....100
Группы уставок....103
Функциональный блок....103
Функциональные возможности....103
Режим тестирования....105
Функциональные блоки....105
Функциональные возможности....105
Прикладная конфигурация и тестовый режим....106
Режим управления....106
Прикладная конфигурация и режим управления....107
Авторизация....107
Индикация ЛИЧМ....107
Сигналы....108
Регистратор аварийных событий FLTRFRC....109
Функциональный блок....109
Функциональные возможности....109
Уставки....110
Контролируемые данные....111
Энергонезависимая память....120
Входы датчиков для сигналов тока и напряжения....120
Дискретный вход....123
Время фильтрации дискретного входа....123
Инверсия дискретного входа....124
Подавление колебаний....124
Дискретные выходы....124
Сильноточные выходные контакты....125
Сдвоенные однополюсные силовые выходы PO1 и PO2....125
Двухполюсные силовые выходы PO3 и PO4 с контролем цепей отключения....126
Сдвоенные однополюсные быстродействующие силовые выходы HSO1, HSO2 и HSO3....127
Сигнальные выходные контакты....128
Сигнальный выход внутренней неисправности устройства IRF....129
Сигнальные выходы SO1 и SO2 в блоке питания....129

Сигнальные выходы SO1, SO2, SO3 и SO4 в модуле BIO0005 ... 130
Сигнальные выходы SO1, SO2 и SO3 в модуле BIO0006 ... 130
RTD/мА-входы ... 131
Функциональные возможности ... 131
Принцип действия ... 131
Выбор типа входного сигнала ... 131
Выбор формата выходного сигнала ... 132
Линейное преобразование входной величины ... 133
Контроль цепи измерения ... 134
Самодиагностика ... 134
Калибровка ... 135
Контроль предельного значения ... 135
Контроль зоны нечувствительности ... 136
Диапазона измерения RTD датчиков, температура/сопротивление ... 138
Подключение RTD/мА входа ... 138
Варианты платы RTD/мА входов ... 140
Сигналы ... 144
Уставки ... 145
Контролируемые данные ... 146
Функциональные блоки SMV ... 147
МЭК 61850-9-2 LE, отправка мгновенных значений SMVSENDER ... 148
Функциональные возможности ... 148
Уставки ... 148
МЭК 61850-9-2 LE, получение значений выборки SMVRCV 148
Функциональный блок ... 148
Функциональные возможности ... 148
Сигналы ... 149
Функциональный блок ULTVTR ... 149
Функциональный блок ... 149
Функциональные возможности ... 149
Принцип действия ... 149
Сигналы ... 150
Уставки ... 151
Контролируемые данные ... 151
Функциональный блок RESTVTR ... 152
Функциональный блок ... 152
Функциональные возможности ... 152
Принцип действия ... 152
Сигналы ... 153
Уставки ... 153

Содержание

Контролируемые данные 153
Функциональные блоки связи по профилю GOOSE 154
Функциональный блок GOOSERCV_BIN 154
Функциональный блок 154
Функциональные возможности 154
Сигналы 155
Функциональный блок GOOSERCV_DP 155
Функциональный блок 155
Функциональные возможности 155
Сигналы 155
Функциональный блок GOOSERCV_MV 155
Функциональный блок 155
Функциональные возможности 156
Сигналы 156
Функциональный блок GOOSERCV_INT8 156
Функциональный блок 156
Функциональные возможности 156
Сигналы 156
Функциональный блок GOOSERCV_INTL 157
Функциональный блок 157
Функциональные возможности 157
Сигналы 157
Функциональный блок GOOSERCV_CMV 158
Функциональный блок 158
Функциональные возможности 158
Сигналы 158
Функциональный блок GOOSERCV_ENUM 158
Функциональный блок 158
Функциональные возможности 159
Сигналы 159
Функциональный блок GOOSERCV_INT32 159
Функциональный блок 159
Функциональные возможности 159
Сигналы 159
Функциональные блоки преобразования типов данных 160
Функциональный блок QTY_GOOD 160
Функциональный блок 160
Функциональные возможности 160
Сигналы 160
Функциональный блок QTY_BAD 161
Функциональный блок 161
Функциональные возможности 161
Сигналы 161

Функциональный блок QTY_GOOSE_COMM.....162
Функциональный блок.....162
Функциональные возможности.....162
Сигналы.....162
Функциональный блок T_HEALTH.....162
Функциональный блок.....162
Функциональные возможности.....163
Сигналы.....163
Функциональный блок T_F32_INT8.....163
Функциональный блок.....163
Функциональные возможности.....163
Сигналы.....164
Функциональный блок T_DIR.....164
Функциональный блок.....164
Функциональные возможности.....164
Сигналы.....164
Функциональный блок T_TCMD.....165
Функциональный блок.....165
Функциональные возможности.....165
Сигналы.....165
Функциональный блок T_TCMD_BIN.....166
Функциональный блок.....166
Функциональные возможности.....166
Сигналы.....166
Функциональный блок T_BIN_TCMD.....167
Функциональный блок.....167
Функциональные возможности.....167
Сигналы.....167
Конфигурируемые логические блоки.....168
Стандартные конфигурируемые логические блоки.....168
Функциональный блок OR.....168
Функциональный блок AND.....170
Функциональный блок XOR.....172
Функциональный блок NOT.....173
Функциональный блок MAX3.....173
Функциональный блок MIN3.....174
Функциональный блок R_TRIG.....175
Функциональный блок F_TRIG.....176
Функциональные блоки T_POS_XX.....176
Функциональный блок SWITCHR.....178
Функциональный блок SWITCHI32.....179
Функциональный блок SR.....179
Функциональный блок RS.....180

Таймер минимальной длительности импульса.....182
Таймер минимальной длительности импульса TPGAPC 182
Таймер минимальной длительности импульса TPSGAPC..... 183
Таймер минимальной длительности импульса TPMGAPC.....185
Импульсный таймер PTGAPC.....186
Функциональный блок..... 186
Функциональные возможности.....186
Сигналы.....187
Уставки..... 187
Технические данные.....188
Таймер выдержки на возврат (8 экз.) TOFGAPC..... 188
Функциональный блок..... 188
Функциональные возможности.....188
Сигналы.....189
Уставки..... 190
Технические данные.....190
Таймер выдержки на срабатывание (8 экз.) TONGAPC..... 190
Функциональный блок..... 190
Функциональные возможности.....190
Сигналы.....191
Уставки..... 192
Технические данные.....192
RS-триггер (8 экз.) SRGAPC..... 193
Функциональный блок..... 193
Функциональные возможности.....193
Сигналы.....194
Уставки..... 195
Функциональный блок Move (Переместить) (8 экз.) MVGAPC.....195
Функциональный блок..... 195
Функциональные возможности.....196
Сигналы.....196
Уставки..... 196
Функциональный блок передачи целочисленного значения MVI4GAPC..... 197
Функциональный блок..... 197
Функциональные возможности.....197
Сигналы.....197
Блок масштабирования аналогового значения SCA4GAPC 198
Функциональный блок..... 198
Функциональные возможности.....198
Сигналы.....199

Уставки..... 199
Переключение режима управления "местное/ дистанционное" CONTROL..... 200
Функциональный блок..... 200
Функциональные возможности..... 200
Доступ для управления М/Д..... 201
Станционный уровень полномочий “L,R”..... 201
Станционный уровень полномочий “L,R,L+R”..... 202
Станционный уровень полномочий “L,S,R”..... 204
Уровень станционных полномочий "L,S,S+R,L+S,L +S+R"..... 205
Сигналы..... 207
Уставки..... 207
Контролируемые данные..... 208
Блок команд управления (16 экз.) SPCGAPC..... 210
Функциональный блок..... 210
Функциональные возможности..... 210
Сигналы..... 212
Уставки..... 213
Восстановление заводских уставок..... 216
Запись профиля нагрузки LDPRLRC..... 216
Функциональный блок..... 216
Функциональные возможности..... 216
Величины..... 217
Длина записи..... 218
Скачивание записи..... 219
Удаление записи..... 220
Конфигурация..... 220
Сигналы..... 221
Уставки..... 222
Контролируемые данные..... 235
Функциональные блоки контроля канала ETHERNET..... 235
Контроль резервного канала Ethernet RCHLCCH..... 235
Функциональный блок..... 235
Функциональные возможности..... 235
Сигналы..... 236
Уставки..... 236
Контролируемые данные..... 236
Контроль канала Ethernet SCHLCCH..... 237
Функциональный блок..... 237
Функциональные возможности..... 237
Сигналы..... 237
Уставки..... 239
Контролируемые данные..... 239

Раздел 4 Функции защиты..... 241
Трехфазная токовая защита.....241
Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита PHxPTOC.....241
Обозначение.....241
Функциональный блок.....241
Функциональные возможности.....241
Принцип действия..... 242
Режимы измерения.....245
Характеристики таймера.....245
Применение..... 247
Сигналы.....254
Уставки..... 256
Контролируемые данные..... 260
Технические данные.....261
Данные о технических изменениях..... 262
Трехфазная направленная максимальная токовая защита DPHxPDOC.....263
Обозначение.....263
Функциональный блок..... 263
Функциональные возможности.....263
Принцип действия 264
Режимы измерения.....270
Характеристики направленной МТЗ 270
Применение..... 279
Сигналы.....282
Уставки..... 284
Контролируемые данные..... 288
Технические данные.....290
Данные о технических изменениях.....291
Трехфазная максимальная токовая защита с пуском по напряжению PHPVOC..... 292
Обозначение.....292
Функциональный блок..... 292
Функциональные возможности.....292
Принцип действия..... 292
Применение..... 298
Сигналы.....300
Уставки..... 300
Контролируемые данные..... 302
Технические данные.....303
Трехфазная тепловая защита фидеров, кабелей и распределительных трансформаторов T1PTTR.....303

Обозначение....303
Функциональный блок....304
Функциональные возможности....304
Принцип действия....304
Применение....308
Сигналы....308
Уставки....309
Контролируемые данные....310
Технические данные....310
Данные о технических изменениях....311
Трехфазная защита от тепловой перегрузки с двумя постоянными времени T2PTTR....311
Обозначение....311
Функциональный блок....311
Функциональные возможности....311
Принцип действия....312
Применение....316
Сигналы....318
Уставки....318
Контролируемые данные....319
Технические данные....320
Данные о технических изменениях....320
Защита от заклинивания ротора двигателя JAMPTOC....320
Обозначение....320
Функциональный блок....321
Функциональные возможности....321
Принцип действия....321
Применение....322
Сигналы....323
Уставки....323
Контролируемые данные....324
Технические данные....324
Данные о технических изменениях....324
Защита от потери нагрузки LOFLPTUC....325
Обозначение....325
Функциональный блок....325
Функциональные возможности....325
Принцип действия....325
Применение....327
Сигналы....327
Уставки....328
Контролируемые данные....328
Технические данные....329

Данные о технических изменениях....329
Защита двигателей от тепловой перегрузки MPTTR....329
Обозначение....329
Функциональный блок....329
Функциональные возможности....330
Принцип действия....330
Применение....339
Сигналы....343
Уставки....344
Контролируемые данные....345
Технические данные....345
Данные о технических изменениях....346
Защита от замыканий на землю....346
Ненаправленная защита от замыканий на землю EFxPTOC....346
Обозначение....346
Функциональный блок....346
Функциональные возможности....347
Принцип действия....347
Режимы измерения....349
Характеристики таймера....350
Применение....351
Сигналы....352
Уставки....353
Контролируемые данные....357
Технические данные....358
Данные о технических изменениях....359
Направленная защита от замыканий на землю DEFxPDEF.360
Обозначение....360
Функциональный блок....360
Функциональные возможности....360
Принцип действия....361
Принципы направленной защиты от замыканий на землю....367
Режимы измерения....373
Характеристики таймера....374
Характеристики направленной защиты от замыканий на землю....375
Применение....384
Сигналы....386
Уставки....387
Контролируемые данные....392
Технические данные....394
Данные о технических изменениях....395

Защита от переходных/перемежающихся замыканий на землю INTRPTEF 396
Обозначение 396
Функциональный блок 396
Функциональные возможности 396
Принцип действия 396
Применение 402
Сигналы 404
Уставки 405
Контролируемые данные 406
Технические данные 406
Данные о технических изменениях 407
Защита от замыканий на землю на базе контроля комплексной проводимости EFPADM 407
Обозначение 407
Функциональный блок 407
Функциональные возможности 408
Принцип действия 409
Характеристики комплексной проводимости нейтрали 424
Применение 432
Сигналы 438
Уставки 439
Контролируемые данные 440
Технические данные 441
Данные о технических изменениях 441
Защита от замыканий на землю на базе контроля высших гармоник HAEFPTOC 441
Обозначение 441
Функциональный блок 442
Функциональные возможности 442
Принцип действия 442
Применение 447
Сигналы 447
Уставки 448
Контролируемые данные 450
Технические данные 450
Данные о технических изменениях 451
Защита от замыканий на землю на базе контроля активной мощности WPWDE 451
Обозначение 451
Функциональный блок 451
Функциональные возможности 451
Принцип действия 452
Характеристики таймера 459

Режимы измерения....462
Применение....462
Сигналы....464
Уставки....465
Контролируемые данные....466
Технические данные....467
Данные о технических изменениях....468
Защита статора от замыканий на землю с контролем третьей гармоники H3EFPSEF....468
Обозначение....468
Функциональный блок....468
Функциональные возможности....468
Принцип действия....469
Применение....472
Сигналы....479
Уставки....479
Контролируемые данные....480
Технические данные....481
Защита от замыканий на землю с контролем комплексной проводимости в широком частотном диапазоне MFADPSDE....481
Обозначение....481
Функциональный блок....482
Функциональные возможности....482
Принцип действия....483
Применение....503
Сигналы....504
Уставки....505
Контролируемые данные....506
Технические данные....506
Дифференциальная защита....507
Дифференциальная защита линии с силовым трансформатором в зоне LNPLDF....507
Обозначение....507
Функциональный блок....507
Функциональные возможности....507
Принцип действия....508
Ввод в эксплуатацию....531
Применение....538
Сигналы....545
Уставки....546
Контролируемые данные....548
Технические данные....550
Данные о технических изменениях....551

Дифференциальная защита двухобмоточных трансформаторов, ступень с торможением и дифференциальная отсечка TR2PTDF.....551
Обозначение.....551
Функциональный блок.....551
Функциональные возможности.....551
Принцип действия.....552
Применение.....567
Подключения ТТ и коррекция коэффициента трансформации.....583
Сигналы.....587
Уставки.....588
Контролируемые данные.....590
Технические данные.....593
Данные о технических изменениях.....594
Цифровая низкоомная дифференциальная защита от замыканий на землю с торможением LREFPNDF.....594
Обозначение.....594
Функциональный блок.....594
Функциональные возможности.....594
Принцип действия.....595
Применение.....599
Сигналы.....604
Уставки.....605
Контролируемые данные.....606
Технические данные.....606
Данные о технических изменениях.....607
Высокоомная дифференциальная защита от замыканий на землю с торможением HREFPDIF.....607
Обозначение.....607
Функциональный блок.....607
Функциональные возможности.....607
Принцип действия.....607
Применение.....609
Конфигурация схемы измерения.....612
Рекомендации по выбору трансформаторов тока.....613
Примеры уставок.....617
Сигналы.....621
Уставки.....621
Контролируемые данные.....622
Технические данные.....622
Данные о технических изменениях.....623
Высокоимпедансная дифференциальная защита HIxPDIF.623
Обозначение.....623

Функциональный блок..... 623
Функциональные возможности..... 623
Принцип действия..... 624
Применение..... 626
Пример расчетов для высокоомной дифференциальной защиты шины..... 633
Сигналы..... 636
Уставки..... 637
Контролируемые данные..... 639
Технические данные..... 640
Данные о технических изменениях..... 640
Дифференциальная защита электрических машин, ступень с торможением и дифференциальная отсечка MPDIF..... 640
Обозначение..... 640
Функциональный блок..... 641
Функциональные возможности..... 641
Принцип действия..... 641
Применение..... 648
Сигналы..... 658
Уставки..... 659
Контролируемые данные..... 659
Технические данные..... 661
Защита от несимметрии..... 662
Максимальная токовая защита обратной последовательности NSPTOC..... 662
Обозначение..... 662
Функциональный блок..... 662
Функциональные возможности..... 662
Принцип действия..... 663
Применение..... 665
Сигналы..... 665
Уставки..... 666
Контролируемые данные..... 667
Технические данные..... 668
Данные о технических изменениях..... 668
Защита от обрыва фазы PDNSPTOC..... 668
Обозначение..... 668
Функциональный блок..... 669
Функциональные возможности..... 669
Принцип действия..... 669
Применение..... 671
Сигналы..... 672
Уставки..... 672

Контролируемые данные....673
Технические данные....673
Данные о технических изменениях....674
Защита от обратного чередования фаз PREVPTOC....674
Обозначение....674
Функциональный блок....674
Функциональные возможности....674
Принцип действия....675
Применение....675
Сигналы....676
Уставки....676
Контролируемые данные....677
Технические данные....677
Данные о технических изменениях....677
Токовая защита обратной последовательности электрических машин MNSPTOC....678
Обозначение....678
Функциональный блок....678
Функциональные возможности....678
Принцип действия....678
Характеристики таймера....680
Применение....685
Сигналы....686
Уставки....686
Контролируемые данные....687
Технические данные....688
Данные о технических изменениях....688
Защита по напряжению....688
Трехфазная защита от повышения напряжения PHPTOV....688
Обозначение....688
Функциональный блок....689
Функциональные возможности....689
Принцип действия....689
Характеристики таймера....693
Применение....694
Сигналы....694
Уставки....695
Контролируемые данные....696
Технические данные....697
Данные о технических изменениях....697
Трехфазная защита от понижения напряжения PHPTUV....698
Обозначение....698
Функциональный блок....698

Функциональные возможности....698
Принцип действия....698
Характеристики таймера....703
Применение....703
Сигналы....704
Уставки....705
Контролируемые данные....706
Технические данные....707
Данные о технических изменениях....707
Защита от повышения напряжения нулевой последовательности ROVPTOV....708
Обозначение....708
Функциональный блок....708
Функциональные возможности....708
Принцип действия....708
Применение....710
Сигналы....711
Уставки....711
Контролируемые данные....712
Технические данные....712
Данные о технических изменениях....713
Защита от повышения напряжения обратной последовательности NSPTOV....713
Обозначение....713
Функциональный блок....713
Функциональные возможности....713
Принцип действия....714
Применение....715
Сигналы....716
Уставки....716
Контролируемые данные....717
Технические данные....717
Данные о технических изменениях....718
Защита от понижения напряжения прямой последовательности PSPTUV....718
Обозначение....718
Функциональный блок....718
Функциональные возможности....718
Принцип действия....719
Применение....720
Сигналы....721
Уставки....721
Контролируемые данные....722
Технические данные....723

Данные о технических изменениях....723
Защита от перевозбуждения OEPVPH....723
Обозначение....723
Функциональный блок....724
Функциональные возможности....724
Принцип действия....724
Характеристики таймера....728
Применение....733
Сигналы....738
Уставки....739
Контролируемые данные....740
Технические данные....740
Функция переключения питания при понижении напряжения LVRTPTUV....741
Обозначение....741
Функциональный блок....741
Функциональные возможности....741
Принцип действия....742
Применение....746
Сигналы....747
Уставки....748
Контролируемые данные....749
Технические данные....750
Защита от качания по напряжению VVSPPAM....750
Обозначение....750
Функциональный блок....750
Функциональные возможности....750
Принцип действия....751
Применение....752
Сигналы....754
Уставки....755
Контролируемые данные....756
Технические данные....756
Защита по частоте....757
Защита по частоте FRPFRQ....757
Обозначение....757
Функциональный блок....757
Функции....757
Принцип действия....757
Применение....762
Сигналы....763
Уставки....764
Контролируемые данные....765

Технические данные....765
Данные о технических изменениях....766
Функция автоматической частотной разгрузки и восстановления нагрузки LSHDPFRQ....766
Обозначение....766
Функциональный блок....766
Функциональные возможности....766
Принцип действия....767
Применение....772
Сигналы....776
Уставки....776
Контролируемые данные....777
Технические данные....777
Данные о технических изменениях....778
Импедансная защита....778
Асинхронный ход OOSRPSB....778
Обозначение....778
Функциональный блок....778
Функциональные возможности....778
Принцип действия....779
Применение....785
Сигналы....786
Уставки....787
Контролируемые данные....788
Технические данные....789
Трехфазная защита от недостаточного возбуждения UEXPDIS....789
Обозначение....789
Функциональный блок....789
Функциональные возможности....789
Принцип действия....790
Применение....793
Сигналы....796
Уставки....797
Контролируемые данные....798
Технические данные....799
Трехфазная защита минимального сопротивления UZPDIS....799
Обозначение....799
Функциональный блок....799
Функциональные возможности....800
Принцип действия....800
Применение....803
Сигналы....808

Уставки ... 809
Контролируемые данные ... 810
Технические данные ... 810
Защита по мощности ... 811
Защита от понижения мощности DUPPDPR ... 811
Обозначение ... 811
Функциональный блок ... 811
Функциональные возможности ... 811
Принцип действия ... 811
Применение ... 815
Сигналы ... 816
Уставки ... 816
Контролируемые данные ... 817
Технические данные ... 818
Защита от обратного направления мощности/ направленная защита от повышения мощности DOPPDPR 818
Обозначение ... 818
Функциональный блок ... 818
Функциональные возможности ... 819
Принцип действия ... 819
Применение ... 823
Сигналы ... 826
Уставки ... 826
Контролируемые данные ... 827
Технические данные ... 828
Направленная защита от понижения напряжения реактивной мощности DQPTUV ... 828
Обозначение ... 828
Функциональный блок ... 828
Функциональные возможности ... 828
Принцип действия ... 829
Применение ... 831
Сигналы ... 833
Уставки ... 833
Контролируемые данные ... 834
Технические данные ... 834
Дуговая защита ARCSARC ... 835
Обозначение ... 835
Функциональный блок ... 835
Функциональные возможности ... 835
Принцип действия ... 836
Применение ... 837
Сигналы ... 842
Уставки ... 843

Контролируемые данные..... 843
Технические данные.....844
Данные о технических изменениях..... 844
Контроль пускового режима двигателя STTPMSU..... 844
Обозначение..... 844
Функциональный блок..... 845
Функциональные возможности..... 845
Принцип действия.....845
Применение.....852
Сигналы..... 855
Уставки..... 856
Контролируемые данные..... 857
Технические данные.....857
Данные о технических изменениях..... 858
Защита широкого назначения MAPGAPC.....858
Обозначение..... 858
Функциональный блок..... 858
Функциональные возможности..... 858
Принцип действия.....859
Применение.....860
Сигналы..... 861
Уставки..... 861
Контролируемые данные..... 862
Технические данные.....862
Данные о технических изменениях..... 863
Защита батареи конденсаторов..... 863
Трехфазная защита от перегрузки батареи статических конденсаторов COLPTOC..... 863
Обозначение..... 863
Функциональный блок..... 863
Функциональные возможности..... 863
Принцип действия..... 864
Применение..... 871
Сигналы..... 872
Уставки..... 872
Контролируемые данные..... 873
Технические данные.....874
Данные о технических изменениях..... 874
Защита от несимметрии токов конденсаторных батарей CUBPTOC..... 874
Обозначение..... 874
Функциональный блок..... 875
Функциональные возможности..... 875
Принцип действия..... 875

Применение ... 882
Сигналы ... 884
Уставки ... 885
Контролируемые данные ... 886
Технические данные ... 888
Данные о технических изменениях ... 888
Трехфазная защита от несимметрии токов шунтирующих конденсаторных батарей HCUBPTOC ... 888
Обозначение ... 888
Функциональный блок ... 889
Функциональные возможности ... 889
Принцип действия ... 889
Применение ... 895
Сигналы ... 897
Уставки ... 898
Контролируемые данные ... 899
Технические данные ... 901
Данные о технических изменениях ... 901
Защита шунтирующих конденсаторных батарей от резонанса при переключении, с контролем по току SRCPTOC ... 901
Обозначение ... 901
Функциональный блок ... 902
Функциональные возможности ... 902
Принцип действия ... 902
Применение ... 905
Сигналы ... 907
Уставки ... 907
Контролируемые данные ... 908
Технические данные ... 908
Данные о технических изменениях ... 909

Раздел 5 Защиты ... 911

Трехфазная защита от броска тока намагничивания INRPHAR ... 911
Обозначение ... 911
Функциональный блок ... 911
Функциональные возможности ... 911
Принцип действия ... 912
Применение ... 913
Сигналы ... 914
Уставки ... 915
Контролируемые данные ... 915
Технические данные ... 916

Данные о технических изменениях..... 916
Функция резервирования при отказе выключателя (УРОВ) CCBRBRF..... 916
Обозначение..... 916
Функциональный блок..... 916
Функциональные возможности..... 917
Принцип действия..... 917
Применение..... 924
Сигналы..... 926
Уставки..... 927
Контролируемые данные..... 928
Технические данные..... 928
Данные о технических изменениях..... 928
Логика отключения TRPPTRC..... 929
Обозначение..... 929
Функциональный блок..... 929
Функциональные возможности..... 929
Принцип действия..... 929
Применение..... 931
Сигналы..... 932
Уставки..... 933
Контролируемые данные..... 933
Данные о технических изменениях..... 933
Защита от замыканий с высоким полным сопротивлением PHIZ..... 934
Обозначение..... 934
Функциональный блок..... 934
Функциональные возможности..... 934
Принцип действия..... 935
Применение..... 937
Сигналы..... 938
Уставки..... 939
Контролируемые данные..... 939
Данные о технических изменениях..... 939
Передача дискретного сигнала BSTGGIO..... 940
Обозначение..... 940
Функциональный блок..... 940
Функциональные возможности..... 940
Принцип действия..... 941
Применение..... 942
Сигналы..... 943
Уставки..... 944
Технические данные..... 945
Данные о технических изменениях..... 946

Аварийный пуск ESMGAPC....946
Обозначение....946
Функциональный блок....946
Функциональные возможности....946
Принцип действия....946
Применение....947
Сигналы....948
Уставки....948
Контролируемые данные....949
Технические данные....949
Данные о технических изменениях....949
Функция определения места повреждения SCEFRFLO....949
Обозначение....949
Функциональный блок....950
Функциональные возможности....950
Принцип действия....950
Логика выбора фазы....951
Расчет импеданса и расстояния до места повреждения 952
Обнаружение сигнала пуска....970
Индикации аварийной сигнализации....972
Записанные данные....973
Режимы измерения....974
Применение....974
Сигналы....975
Уставки....976
Контролируемые данные....978
Технические данные....981
Данные о технических изменениях....981
Включение на повреждение CBPSOF....981
Обозначение....981
Функциональный блок....982
Функциональные возможности....982
Принцип действия....982
Применение....983
Сигналы....984
Уставки....984
Контролируемые данные....985
Технические данные....985

Раздел 6 Функции контроля....987

Контроль цепей отключения TCSSCBR....987
Обозначение....987
Функциональный блок....987
Функциональные возможности....987

Принцип действия....987
Применение....988
Сигналы....997
Уставки....998
Контролируемые данные....998
Данные о технических изменениях....998
Контроль токовых цепей CCSPVC....998
Обозначение....998
Функциональный блок....999
Функциональные возможности....999
Принцип действия....999
Применение....1001
Сигналы....1006
Уставки....1007
Контролируемые данные....1007
Технические данные....1007
Данные о технических изменениях....1008
Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты HZCCxSPVC....1008
Обозначение....1008
Функциональный блок....1008
Функциональные возможности....1008
Принцип действия....1009
Режимы измерения....1010
Применение....1010
Сигналы....1012
Уставки....1013
Контролируемые данные....1014
Технические данные....1015
Данные о технических изменениях....1015
Контроль защиты связи PCSITPC....1015
Обозначение....1015
Функциональный блок....1016
Функциональные возможности....1016
Принцип действия....1017
Применение....1018
Сигналы....1019
Уставки....1019
Контролируемые данные....1020
Данные о технических изменениях....1020
Функция контроля исправности цепей переменного напряжения SEQSPVC....1021
Обозначение....1021
Функциональный блок....1021

Функциональные возможности..... 1021
Принцип действия.....1022
Применение.....1025
Сигналы..... 1027
Уставки..... 1027
Контролируемые данные..... 1028
Технические данные.....1029
Данные о технических изменениях..... 1029
Счетчик времени работы машин и устройств MDSOPT..... 1029
Обозначение..... 1029
Функциональный блок..... 1029
Функциональные возможности..... 1030
Принцип действия.....1030
Применение.....1031
Сигналы.....1032
Уставки..... 1032
Контролируемые данные..... 1033
Технические данные.....1033
Данные о технических изменениях..... 1033

Раздел 7 Функции контроля состояния.....1035
Контроль состояния выключателя SSCBR..... 1035
Обозначение..... 1035
Функциональный блок..... 1035
Функциональные возможности..... 1035
Принцип действия.....1036
Мониторинг состояния выключателя.....1037
Контроль работы выключателя..... 1037
Время переключения выключателя..... 1038
Счетчик операций.....1041
Накопленная энергия I^yt.....1041
Остаточный ресурс выключателя..... 1043
Индикация взвода пружины выключателя.....1044
Подфункция контроля давления газа..... 1045
Применение.....1045
Сигналы.....1049
Уставки..... 1050
Контролируемые данные..... 1052
Технические данные.....1052
Данные о технических изменениях..... 1053

Раздел 8 Функции измерения..... 1055
Основные измерения.....1055
Функции..... 1055

Функции измерения..... 1056
Применение функций измерения..... 1064
Функция трехфазного измерения тока CMMXU..... 1065
Обозначение..... 1065
Функциональный блок..... 1066
Сигналы..... 1066
Уставки..... 1066
Контролируемые данные..... 1067
Технические данные..... 1069
Данные о технических изменениях..... 1069
Функция трехфазного измерения напряжения VMMXU..... 1070
Обозначение..... 1070
Функциональный блок..... 1070
Сигналы..... 1070
Уставки..... 1071
Контролируемые данные..... 1071
Технические данные..... 1073
Данные о технических изменениях..... 1073
Функция измерения тока нулевой последовательности RESCMMXU..... 1073
Обозначение..... 1073
Функциональный блок..... 1074
Сигналы..... 1074
Уставки..... 1074
Контролируемые данные..... 1075
Технические данные..... 1076
Данные о технических изменениях..... 1076
Функция измерения напряжения нулевой последовательности RESVMMXU..... 1076
Обозначение..... 1076
Функциональный блок..... 1076
Сигналы..... 1077
Уставки..... 1077
Контролируемые данные..... 1078
Технические данные..... 1078
Данные о технических изменениях..... 1079
Функция измерения частоты FMMXU..... 1079
Обозначение..... 1079
Функциональный блок..... 1079
Функциональные возможности..... 1079
Сигналы..... 1080
Уставки..... 1080
Контролируемые данные..... 1080
Технические данные..... 1081

Данные о технических изменениях..... 1081
Функция измерения последовательностей токов CSMSQI 1081
Обозначение..... 1081
Функциональный блок..... 1081
Сигналы..... 1081
Уставки..... 1082
Контролируемые данные..... 1083
Технические данные..... 1084
Данные о технических изменениях..... 1084
Функция измерения последовательностей напряжения VSMSQI..... 1084
Обозначение..... 1084
Функциональный блок..... 1085
Сигналы..... 1085
Уставки..... 1085
Контролируемые данные..... 1086
Технические данные..... 1088
Функция трехфазного измерения мощности и энергии PEMMXU..... 1088
Обозначение..... 1088
Функциональный блок..... 1088
Сигналы..... 1088
Уставки..... 1089
Контролируемые данные..... 1090
Технические данные..... 1092
Данные о технических изменениях..... 1092
Аварийный осциллограф RDRE..... 1092
Обозначение..... 1092
Функции..... 1092
Записанные аналоговые входные сигналы..... 1093
Варианты пуска..... 1093
Длительность записей..... 1095
Частота дискретизации..... 1095
Выгрузка осциллограмм..... 1096
Удаление осциллограмм..... 1097
Режим сохранения..... 1097
Данные до пуска и после пуска осциллографа..... 1098
Режимы работы..... 1098
Режим исключения..... 1098
Конфигурация..... 1099
Применение..... 1100
Уставки..... 1101
Данные мониторинга..... 1104
Данные о технических изменениях..... 1105

Индикатор положения РПН TPOSYLTC.....1105
Обозначение.....1105
Функциональный блок.....1105
Функциональные возможности.....1105
Принцип действия.....1106
Применение.....1109
Сигналы.....1110
Уставки.....1111
Контролируемые данные.....1111
Технические данные.....1112
Данные о технических изменениях.....1112

Раздел 9 Функции управления.....1113

Функции управления выключателем CBXCBR, разъединителем DCXSWI и заземляющим ножом EXXSWI .. 1113
Обозначение.....1113
Функциональный блок.....1113
Функциональные возможности.....1114
Принцип действия.....1114
Применение.....1120
Сигналы.....1121
Уставки.....1124
Контролируемые данные.....1126
Данные о технических изменениях.....1127
Индикатор положения разъединителя DCSXSWI и заземляющего ножа ESSXSWI.....1128
Обозначение.....1128
Функциональный блок.....1128
Функциональные возможности.....1128
Принцип действия.....1129
Применение.....1129
Сигналы.....1130
Уставки.....1130
Контролируемые данные.....1131
Данные о технических изменениях.....1132
Функция контроля синхронизма и подачи напряжения SECRSYN.....1132
Обозначение.....1132
Функциональный блок.....1132
Функциональные возможности.....1133
Принцип действия.....1133
Применение.....1143
Сигналы.....1145
Уставки.....1146

Контролируемые данные..... 1147
Технические данные.....1148
Данные о технических изменениях..... 1148
Функция автоматического повторного включения (АПВ) DARREC.....1149
Обозначение..... 1149
Функциональный блок..... 1149
Функциональные возможности..... 1149
Определение сигнала защиты..... 1150
Согласование зон действия.....1151
Схема "ведущий / ведомый"..... 1151
Блокировка при тепловой перегрузке..... 1152
Принцип действия.....1152
Логика сбора сигналов и выдержки времени..... 1153
Пуск попытки АПВ.....1157
Счетчик циклов АПВ.....1161
Логика АПВ.....1162
Логика циклов АПВ.....1164
Логика согласования защит.....1165
Контроль положения выключателя..... 1166
Счетчики.....1168
Применение.....1168
Пуск попытки АПВ.....1171
Цикл выполнения АПВ..... 1175
Примеры конфигурации.....1177
Пусковые входы с выдержкой времени..... 1181
Запуск АПВ сигналом пуска защиты..... 1182
Быстрое отключение при включении на повреждение..1183
Сигналы.....1184
Уставки..... 1185
Контролируемые данные..... 1188
Технические данные.....1189
Данные о технических изменениях..... 1190
Управление РПН с регулятором напряжения OLATCC.....1190
Обозначение..... 1190
Функциональный блок..... 1190
Функциональные возможности..... 1191
Принцип действия.....1191
Измерение тока и напряжения..... 1192
Входы положения РПН.....1193
Для выбора требуемого режима функции OLATCC имеется два параметра.....1194
Ручное регулирование напряжения.....1195

Автоматическое регулирование напряжения одного трансформатора....1196
Автоматическое регулирование напряжения параллельных трансформаторов....1201
Характеристики таймера....1210
Управление импульсом....1212
Схема блокировки....1213
Индикации аварийной сигнализации....1219
Применение....1220
Сигналы....1227
Уставки....1229
Контролируемые данные....1231
Технические данные....1233
Данные о технических изменениях....1233

Раздел 10 Функции измерения для контроля качества электроэнергии....1235

Функция контроля суммарного среднего искажения (TDD) тока CMHAI....1235
Обозначение....1235
Функциональный блок....1235
Функциональные возможности....1235
Принцип действия....1235
Применение....1236
Сигналы....1237
Уставки....1238
Контролируемые данные....1238
Данные о технических изменениях....1239
Функция контроля общего гармонического искажения напряжения VMHAI....1239
Обозначение....1239
Функциональный блок....1240
Функциональные возможности....1240
Принцип действия....1240
Применение....1241
Сигналы....1241
Уставки....1242
Контролируемые данные....1242
Данные о технических изменениях....1243
Функция контроля колебаний напряжения PHQVVR....1243
Обозначение....1243
Функциональный блок....1243
Функциональные возможности....1243
Принцип действия....1244

Задание фазного режима..... 1244
Обнаружение колебаний.....1245
Оценка изменения..... 1247
Измерение длительности.....1251
Примеры отклонений при выборе трехфазного/ однофазного режима.....1252
Зарегистрированные данные..... 1254
Применение.....1257
Сигналы.....1259
Уставки..... 1259
Контролируемые данные..... 1261
Технические данные.....1265
Данные о технических изменениях..... 1265
Функция контроля небаланса напряжения VSQVUB..... 1265
Обозначение..... 1265
Функциональный блок..... 1266
Функциональные возможности..... 1266
Принцип действия.....1266
Применение.....1272
Сигналы.....1273
Уставки..... 1274
Контролируемые данные..... 1275
Технические данные.....1276

Раздел 11 Общие характеристики функций и защит.....1277
Характеристика срабатывания с независимой выдержкой времени..... 1277
Срабатывание с независимой выдержкой времени..... 1277
Токовые обратнозависимые характеристики выдержки времени..... 1280
Обратнозависимые характеристики для максимальной токовой защиты.....1280
Стандартные обратнозависимые характеристики выдержки времени.....1285
Программируемые пользователем инверсные характеристики..... 1300
Инверсные характеристики типа RI и RD..... 1300
Возврат в режимах с обратнозависимой выдержкой времени..... 1304
Останов таймера обратнозависимой выдержки времени..1313
Обратнозависимая характеристика с контролем по напряжению.....1314
Обратнозависимые характеристики для защиты от повышения напряжения..... 1314

Стандартные обратнозависимые характеристики выдержки времени для защиты от повышения напряжения..... 1316
Обратнозависимые характеристики защиты от повышения напряжения, программируемые пользователем.....1320
Особенности обратнозависимой характеристики защиты от повышения напряжения..... 1321
Обратнозависимые характеристики для защиты от понижения напряжения.....1322
Стандартные обратнозависимые характеристики выдержки времени для защиты от понижения напряжения..... 1322
Обратнозависимые характеристики защиты по понижению напряжения, программируемые пользователем.....1325
Особенности обратнозависимой характеристики защиты от понижения напряжения..... 1326
Измерение частоты и защита по частоте..... 1327
Адаптивность по частоте и защита при запуске генератора.. 1327
Режимы измерения.....1329
Расчетные величины измерения.....1332

Раздел 12 Требования к измерительным трансформаторам. 1335
Трансформаторы тока.....1335
Требования к трансформаторам тока для защиты от перегрузки по току..... 1335
Класс точности трансформаторов тока и номинальная предельная кратность.....1335
Ненаправленная максимальная токовая защита.....1336
Пример ненаправленной максимальной токовой защиты.....1338
Требования к трансформаторам тока для дифференциальной защиты трансформатора..... 1339

Раздел 13 Физические подключения релейной защиты..... 1343
Нумерация слотов модулей.....1343
Подключения защитного заземления..... 1345
Подключения дискретных и аналоговых сигналов..... 1345
Коммуникационные соединения.....1345
Ethernet-соединение, разъем RJ -45 на передней панели. 1346
Ethernet-соединения на задней панели..... 1347
Последовательное соединение EIA-232.....1347
Последовательное соединение EIA-485.....1348
Соединение для связи с дифференциальной защитой линии.....1348

Последовательное оптическое соединение ST..... 1349
Интерфейсы и протоколы обмена данными.....1349
Модули связи на задней панели устройства..... 1350
Расположение перемычек и разъемы COM0001–COM0014..... 1355
Расположение перемычек и разъемы COM0023..... 1358
Расположение перемычек и соединения COM0008 и COM0010..... 1363
Расположение перемычек и соединения COM0032-COM0034..... 1367

Раздел 14 Технические данные..... 1371

Раздел 15 Устройство релейной зашиты и функциональные испытания..... 1379

Раздел 16 Применяемые стандарты и нормы..... 1383

Раздел 17 Глоссарий.....1385

Раздел 1 Введение

1.1 О данном руководстве

В техническом руководстве содержатся описания областей применений и функций, перечислены функциональные блоки, логические схемы, входные и выходные сигналы, задаваемые уставки и технические данные, отсортированные по функциям. Данное руководство можно использовать в качестве технического руководства на этапе технической реализации проекта, установки и пусконаладки, а также в процессе штатной эксплуатации устройства.

1.2 Целевая аудитория

Данное руководство предназначено для системных инженеров и персонала по установке и пусконаладке, которые используют технические данные для проектирования, установки и пусконаладки, а также в процессе штатной эксплуатации устройства.

Системный инженер должен иметь глубокие знания в области систем и оборудования защиты, функций защиты и функциональной логики ИЭУ. Персонал по установке и пусконаладке должен иметь базовые знания по работе с электронным оборудованием.

1.3 Документация на изделие

1.3.1 Комплект документации на продукт

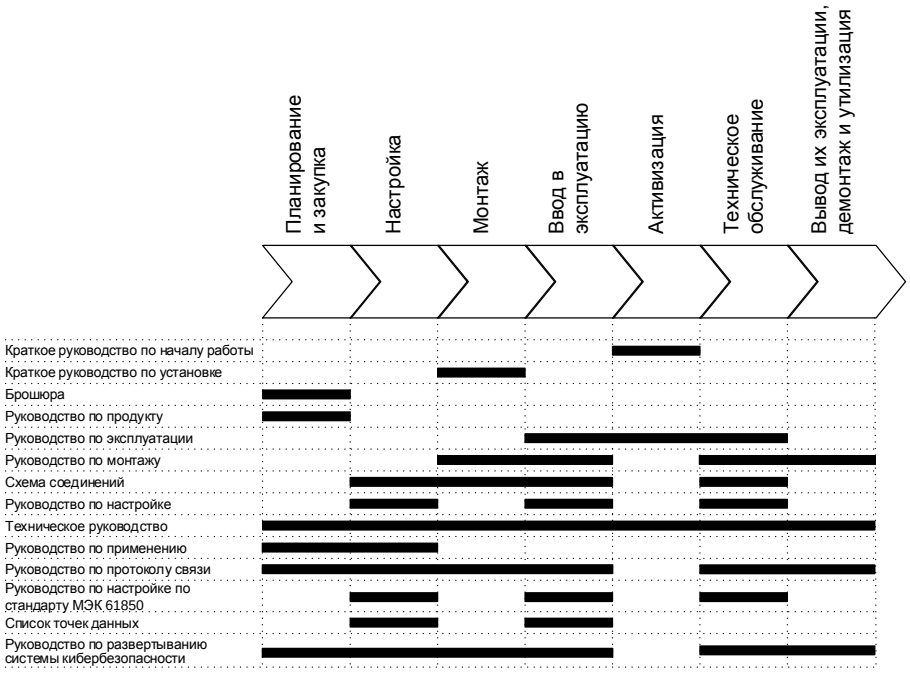


Рис. 1: Предполагаемое использование документов на протяжении всего срока службы устройства

Руководства по отдельным продуктам и сериям можно загрузить с веб-сайта АББ http://www.abb.com/relion.

1.3.2 Версии документа

Редакция документа/дата	Версия продукта	Содержание изменений
A/08.05.2020	5.0 FP1	Перевод выполнен с оригинала на английском языке, документ 1MRS756887, редакция N от 20.12.2018.

Загрузите последнюю версию документации с веб-сайта АББ http://www.abb.com/relion.

1.3.3 Дополнительные документы

Руководства по отдельным продуктам и сериям можно загрузить с веб-сайта АББ http://www.abb.com/substationautomation.

1.4 Символы и условные обозначения

1.4.1 Обозначения



Знак электрического разряда указывает на риск получения удара электрическим током.



Этот предупредительный знак указывает на риск получения травмы.



Этот предупредительный знак указывает на важную информацию или предупреждение, связанное с материалом, обсуждаемым в тексте. Он может указывать на риск повреждения программного обеспечения или оборудования/ собственности.



Информационный знак предупреждает читателя о важных фактах и условиях.



Под этим знаком приводятся рекомендации, например, о разработке проекта или использовании определенной функции.

Несмотря на то, что предупреждения об опасности касаются травматизма, необходимо понимать, что при определенных условиях работа поврежденного оборудования может стать причиной ухудшения показателей процесса и привести к травмам или смерти. Таким образом, необходимо полностью соблюдать требования всех предупреждений и предостережений.

1.4.2 Условные обозначения

Некоторые обозначения могут не использоваться в данном руководстве.

- Сокращения и акронимы, использованные в данном руководстве, приведены в разделе "Глоссарий". Глоссарий также содержит определения важнейших терминов.
- Перемещение курсора в структуре меню ЛИЧМ (локального ИЧМ) выполняется при помощи кнопок навигации.
  Для перемещения между опциями используйте  и  .
- Путь в дереве меню обозначается жирным шрифтом.
  Выбрать **Main menu (Главное меню)/Settings (Уставки)**.
- Сообщения ЛИЧМ отображаются шрифтом Courier, например:
  Для сохранения изменений в энергонезависимой памяти выбрать `Yes )Да)` и нажать  .
- Для обозначения названий параметров используется курсив.
  Функцию можно включить и отключить при помощи настройки *Активизация* .
- Значения параметров берутся в кавычки.
  Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".
- Входные/выходные сообщения и названия контролируемых данных отображаются шрифтом Courier.
  При запуске функции на ее выходе `START (ПУСК)` устанавливается значение TRUE (ИСТИНА).
- В документе принято, что режим ввода уставок - "Расширенный".

1.4.3 Функции, коды и символы

Все доступные функции приведены в таблице. Не все они могут применяться во всех изделиях.

Таблица 1: Функции в составе устройства

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Защита			
Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита, низкая ступень	PHLPTOC1	3I> (1)	51P-1 (1)
	PHLPTOC2	3I> (2)	51P-1 (2)
Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита, высокая ступень	PHHPTOC1	3I>> (1)	51P-2 (1)
	PHHPTOC2	3I>> (2)	51P-2 (2)
Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита, без выдержки времени (токовая отсечка)	PHIPTOC1	3I>>> (1)	50P/51P (1)
	PHIPTOC2	3I>>> (2)	50P/51P (2)
Трехфазная направленная максимальная токовая защита, низкая ступень	DPHLPDOC1	3I> -> (1)	67-1 (1)
	DPHLPDOC2	3I> -> (2)	67-1 (2)
Трехфазная направленная максимальная токовая защита, высокая ступень	DPHHPDOC1	3I>> -> (1)	67-2 (1)
Трехфазная максимальная токовая защита с пуском по напряжению	PHPVOC1	3I(U)> (1)	51V (1)

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Ненаправленная защита от замыкания на землю, низкая ступень	EFLPTOC1	Io> (1)	51N-1 (1)
	EFLPTOC2	Io> (2)	51N-1 (2)
Ненаправленная защита от замыкания на землю, высокая ступень	EFHPTOC1	Io>> (1)	51N-2 (1)
	EFHPTOC2	Io>> (2)	51N-2 (2)
Ненаправленная защита от замыкания на землю, каскад мгновенной защиты	EFIPTOC1	3Io>>> (1)	50N/51N (1)
Направленная защита от замыкания на землю, низкая ступень	DEFLPDEF1	Io> -> (1)	67N-1 (1)
	DEFLPDEF2	Io> -> (2)	67N-1 (2)
Направленная защита от замыкания на землю, высокая ступень	DEFHPDEF1	3Io>> -> (1)	67N-2 (1)
Защита от замыканий на землю на основе контроля комплексной проводимости	EFPADM1	Yo> -> (1)	21YN (1)
	EFPADM2	Yo> -> (2)	21YN (2)
	EFPADM3	Yo> -> (3)	21YN (3)
Защита от замыканий на землю на основе контроля активной мощности	WPWDE1	Po> -> (1)	32N (1)
	WPWDE2	Po> -> (2)	32N (2)
	WPWDE3	Po> -> (3)	32N (3)
Защита от переходных/ перемежающихся замыканий на землю	INTRPTEF1	3Io> -> IEF (1)	67NIEF (1)
Защита от замыканий на землю на базе контроля высших гармоник	HAEFPTOC1	Io>HA (1)	51NHA (1)
Ненаправленная защита от замыканий на землю (сложных повреждений) с использованием расчетного тока 3Io	EFHPTOC1	Io>> (1)	51N-2 (1)
Максимальная токовая защита обратной последовательности	NSPTOC1	I2> (1)	46 (1)
	NSPTOC2	I2> (2)	46 (2)
Защита от обрыва фазы	PDNSPTOC1	I2/I1> (1)	46PD (1)
Защита от повышения напряжения нулевой последовательности	ROVPTOV1	Uo> (1)	59G (1)
	ROVPTOV2	Uo> (2)	59G (2)
	ROVPTOV3	Uo> (3)	59G (3)
Трехфазная защита от понижения напряжения	PHPTUV1	3U< (1)	27 (1)
	PHPTUV2	3U< (2)	27 (2)
	PHPTUV3	3U< (3)	27 (3)
Трехфазная защита от повышения напряжения	PHPTOV1	3U> (1)	59 (1)
	PHPTOV2	3U> (2)	59 (2)
	PHPTOV3	3U> (3)	59 (3)
Защита от понижения напряжения прямой последовательности	PSPTUV1	U1< (1)	47U+ (1)
	PSPTUV2	U1< (2)	47U+ (2)

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Защита от повышения напряжения обратной последовательности	NSPTOV1	U2> (1)	47O- (1)
	NSPTOV2	U2> (2)	47O- (2)
Защита по частоте	FRPFRQ1	f>/f<,df/dt (1)	81 (1)
	FRPFRQ2	f>/f<,df/dt (2)	81 (2)
	FRPFRQ3	f>/f<,df/dt (3)	81 (3)
	FRPFRQ4	f>/f<,df/dt (4)	81 (4)
	FRPFRQ5	f>/f<,df/dt (5)	81 (5)
	FRPFRQ6	f>/f<,df/dt (6)	81 (6)
Защита от перевозбуждения	OEPVPH1	U/f> (1)	24 (1)
Трехфазная защита от тепловой перегрузки фидеров, кабелей и распределительных трансформаторов	T1PTTR1	3Ith>F (1)	49F (1)
Трехфазная защита от тепловой перегрузки с двумя постоянными времени	T2PTTR1	3Ith>T/G/C (1)	49T/G/C (1)
Токовая защита обратной последовательности электрических машин	MNSPTOC1	I2>M (1)	46M (1)
	MNSPTOC2	I2>M (2)	46M (2)
Контроль потери нагрузки	LOFLPTUC1	3I< (1)	37 (1)
Защита от заклинивания ротора	JAMPTOC1	Ist> (1)	51LR (1)
Контроль пуска электродвигателя	STTPMSU1	Is2t n< (1)	49, 66, 48, 51LR (1)
Защита от опрокидывания фазы	PREVPTOC1	I2>> (1)	46R (1)
Защита от тепловой перегрузки двигателей	MPTTR1	3Ith>M (1)	49M (1)
Передача дискретных сигналов	BSTGGIO1	BST (1)	BST (1)
Дифференциальная защита двухобмоточных трансформаторов, ступень с торможением и дифференциальная отсечка	TR2PTDF1	3dI>T (1)	87T (1)
Цифровая низкоомная дифференциальная защита нулевой последовательности с торможением	LREFPNDF1	dIoLo> (1)	87NL (1)
Высокоомная дифференциальная защита с торможением от замыканий на землю	HREFPDIF1	dIoHi> (1)	87NH (1)
Высокоомная дифференциальная защита фазы A	HIAPDIF1	dHi_A>(1)	87A(1)
Высокоомная дифференциальная защита фазы B	HIBPDIF1	dHi_B>(1)	87B(1)
Высокоомная дифференциальная защита фазы C	HICPDIF1	dHi_C>(1)	87C(1)
Функция УРОВ (УРОВ = устройство резервирования отказа выключателя)	CCBRBRF1	3I>/3Io>BF (1)	51BF/51NBF (1)

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Датчик броска тока намагничивания в трехфазном трансформаторе	INRPHAR1	3I2f> (1)	68 (1)
Защита при включении на повреждение	CBPSOF1	SOTF (1)	SOTF (1)
Общее отключение	TRPPTRC1	Общее отключение (1)	94/86 (1)
	TRPPTRC2	Общее отключение (2)	94/86 (2)
	TRPPTRC3	Master Trip (3)	94/86 (3)
	TRPPTRC4	Master Trip (4)	94/86 (4)
	TRPPTRC5	Master Trip (5)	94/86 (5)
	TRPPTRC6	Master Trip (6)	94/86 (6)
Защита от электрической дуги	ARCSARC1	ARC (1)	50L/50NL (1)
	ARCSARC2	ARC (2)	50L/50NL (2)
	ARCSARC3	ARC (3)	50L/50NL (3)
Защита широкого назначения	MAPGAPC1	MAP (1)	MAP (1)
	MAPGAPC2	MAP (2)	MAP (2)
	MAPGAPC3	MAP (3)	MAP (3)
	MAPGAPC4	MAP (4)	MAP (4)
	MAPGAPC5	MAP (5)	MAP (5)
	MAPGAPC6	MAP (6)	MAP (6)
	MAPGAPC7	MAP (7)	MAP (7)
	MAPGAPC8	MAP (8)	MAP (8)
	MAPGAPC9	MAP (9)	MAP (9)
	MAPGAPC10	MAP (10)	MAP (10)
	MAPGAPC11	MAP (11)	MAP (11)
	MAPGAPC12	MAP (12)	MAP (12)
	MAPGAPC13	MAP (13)	MAP (13)
	MAPGAPC14	MAP (14)	MAP (14)
	MAPGAPC15	MAP (15)	MAP (15)
	MAPGAPC16	MAP (16)	MAP (16)
	MAPGAPC17	MAP (17)	MAP (17)
	MAPGAPC18	MAP (18)	MAP (18)
Функция сброса и восстановления нагрузки	LSHDPFRQ1	UFLS/R (1)	81LSH (1)
	LSHDPFRQ2	UFLS/R (2)	81LSH (2)
	LSHDPFRQ3	UFLS/R (3)	81LSH (3)
	LSHDPFRQ4	UFLS/R (4)	81LSH (4)
	LSHDPFRQ5	UFLS/R (5)	81LSH (5)
Функция определения места повреждения	SCEFRFLO1	FLOC (1)	21FL (1)

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Трехфазная защита от перегрузки батареи статических конденсаторов	COLPTOC1	3I> 3I< (1)	51C/37 (1)
Защита от несимметрии токов батареи статических конденсаторов	CUBPTOC1	dI>C (1)	51NC-1 (1)
Трехфазная защита от несимметрии токов батареи статических конденсаторов	HCUBPTOC1	3dI>C (1)	51NC-2 (1)
Защита батареи статических конденсаторов от резонанса при переключении на основе контроля тока	SRCPTOC1	TD> (1)	55TD (1)
Дифференциальная защита линии с силовым трансформатором в защищаемой зоне	LNPLDF1	3Id/I> (1)	87L (1)
Высокоомная защита	PHIZ1	HIF (1)	HIZ (1)
Дифференциальная защита электрических машин, ступень с торможением и дифференциальная отсечка	MPDIF1	3dI>G/M (1)	87G/M (1)
Защита статора от замыканий на землю на основе контроля третьей гармоники	H3EFPSEF1	dUo>/Uo3H (1)	27/59THD (1)
Защита от понижения мощности	DUPPDPR1	P< (1)	32U (1)
	DUPPDPR2	P< (2)	32U (2)
Защита от обратного направления мощности/направленная защита от повышения мощности	DOPPDPR1	P>/Q> (1)	32R/32O (1)
	DOPPDPR2	P>/Q> (2)	32R/32O (2)
	DOPPDPR3	P>/Q> (3)	32R/32O (3)
Трехфазная защита от потери возбуждения	UEXPDIS1	X< (1)	40 (1)
Трехфазная защита от понижения полного сопротивления	UZPDIS1	Z>G (1)	21G (1)
Защита от асинхронного хода	OOSRPSB1	OOS (1)	78 (1)
Защита от замыканий на землю с контролем комплексной проводимости в широком частотном диапазоне	MFADPSDE1	3Io> ->Y (1)	67YN (1)
Функции защиты при объединении сетей			
Защита по направлению реактивной мощности с пуском по напряжению	DQPTUV1	Q> ->,3U< (1)	32Q,27 (1)
Функция переключения питания при понижении напряжения	LVRTPTUV1	U<RT (1)	27RT (1)
	LVRTPTUV2	U<RT (2)	27RT (2)
	LVRTPTUV3	U<RT (3)	27RT (3)
Защита от качания по напряжению	VVSPPAM1	VS (1)	78V (1)
Функция контроля качества электроэнергии			

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Функция контроля искажения синусоидальности кривой тока (TDD)	CMHAI1	PQM3I (1)	PQM3I (1)
Функция контроля искажения синусоидальности кривой напряжения (THD)	VMHAI1	PQM3U (1)	PQM3V (1)
Функция контроля колебаний напряжения	PHQVVR1	PQMU (1)	PQMV (1)
Функция контроля небаланса напряжения	VSQVUB1	PQUUB (1)	PQVUB (1)
Управление			
Управление выключателем	CBXCBR1	I <-> O CB (1)	I <-> O CB (1)
Управление разъединителем	DCXSWI1	I <-> O DCC (1)	I <-> O DCC (1)
	DCXSWI2	I <-> O DCC (2)	I <-> O DCC (2)
Управление заземляющим ножом	ESXSWI1	I <-> O ESC (1)	I <-> O ESC (1)
Индикация положения разъединителя	DCSXSWI1	I <-> O DC (1)	I <-> O DC (1)
	DCSXSWI2	I <-> O DC (2)	I <-> O DC (2)
	DCSXSWI3	I <-> O DC (3)	I <-> O DC (3)
Индикация заземляющего переключателя	ESSXSWI1	I <-> O ES (1)	I <-> O ES (1)
	ESSXSWI2	I <-> O ES (2)	I <-> O ES (2)
Аварийный пуск	ESMGAPC1	ESTART (1)	ESTART (1)
Функция автоматического повторного включения (АПВ)	DARREC1	O -> I (1)	79 (1)
Индикация положения переключателя ответвлений	TPOSYLTC1	TPOSM (1)	84M (1)
Управление переключателем ответвлений для регулятора напряжения	OLATCC1	COLTC (1)	90V (1)
Проверка синхронизма и подачи питания	SECRSYN1	SYNC (1)	25 (1)
Функции мониторинга и контроля состояния			
Контроль состояния выключателя	SSCBR1	CBCM (1)	CBCM (1)
Контроль схемы отключения	TCSSCBR1	TCS (1)	TCM (1)
	TCSSCBR2	TCS (2)	TCM (2)
Контроль токовых цепей	CCSPVC1	MCS 3I (1)	MCS 3I (1)
Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты, фаза A	HZCCASPVC1	MCS I_A(1)	MCS I_A(1)
Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты, фаза B	HZCCBSPVC1	MCS I_B(1)	MCS I_B(1)
Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты, фаза C	HZCCCSPVC1	MCS I_C(1)	MCS I_C(1)
Контроль перегорания предохранителя	SEQSPVC1	FUSEF (1)	60 (1)

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Контроль связи защиты	PCSITPC1	PCS (1)	PCS (1)
Счетчик времени работы для машин и устройств	MDSOPT1	OPTS (1)	OPTM (1)
Измерения			
Регистратор аварийных процессов	RDRE1	DR (1)	DFR (1)
Запись параметров нагрузки	LDPRLRC1	LOADPROF (1)	LOADPROF (1)
Запись аварий	FLTRFRC1	FAULTREC (1)	FAULTREC (1)
Измерение токов в трех фазах	CMMXU1	3I (1)	3I (1)
	CMMXU2	3I (2)	3I (2)
Измерение тока последовательности	CSMSQI1	I1, I2, I0 (1)	I1, I2, I0 (1)
Измерение тока нулевой последовательности	RESCMMXU1	3Io (1)	In (1)
	RESCMMXU2	3Io (2)	In (2)
Измерение фазных напряжений трех фаз	VMMXU1	3U (1)	3V (1)
	VMMXU2	3U (2)	3V (2)
Измерение напряжения нулевой последовательности	RESVMMXU1	3Uo (1)	Vn (1)
	RESVMMXU2	3Uo (2)	Vn (2)
Измерение напряжения последовательности	VSMSQI1	U1, U2, U0 (1)	V1, V2, V0 (1)
Измерение трехфазной мощности и энергии	PEMMXU1	P, E (1)	P, E (1)
Измерения на входах термосопротивлений и миллиамперных входах	XRGGIO130	X130 (RTD) (1)	X130 (RTD) (1)
Измерение частоты	FMMXU1	f (1)	f (1)
МЭК 61850-9-2 LE, отправка выборки	SMVSENDER	SMVSENDER	SMVSENDER
МЭК 61850-9-2 LE, получение выборки (совместное использование напряжения)	SMVRCV	SMVRCV	SMVRCV
Другие функции			
Таймер минимальной длительности импульса (2 экз.)	TPGAPC1	TP (1)	TP (1)
	TPGAPC2	TP (2)	TP (2)
	TPGAPC3	TP (3)	TP (3)
	TPGAPC4	TP (4)	TP (4)
Таймер минимальной длительности импульса (2 экз., с секундным разрешением)	TPSGAPC1	TPS (1)	TPS (1)
Таймер минимальной длительности импульса (2 экз., с минутным разрешением)	TPMGAPC1	TPM (1)	TPM (1)
Импульсный таймер (8 экз.)	PTGAPC1	PT (1)	PT (1)
	PTGAPC2	PT (2)	PT (2)

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	МЭК 61850	МЭК 60617	МЭК-ANSI
Таймер выдержки на возврат (8 экз.)	TOFGAPC1	TOF (1)	TOF (1)
	TOFGAPC2	TOF (2)	TOF (2)
	TOFGAPC3	TOF (3)	TOF (3)
	TOFGAPC4	TOF (4)	TOF (4)
Таймер выдержки на срабатывание (8 экз.)	TONGAPC1	TON (1)	TON (1)
	TONGAPC2	TON (2)	TON (2)
	TONGAPC3	TON (3)	TON (3)
	TONGAPC4	TON (4)	TON (4)
SR-триггер (8 экз.)	SRGAPC1	SR (1)	SR (1)
	SRGAPC2	SR (2)	SR (2)
	SRGAPC3	SR (3)	SR (3)
	SRGAPC4	SR (4)	SR (4)
Функциональный блок Move (Переместить) (8 экз.)	MVGAPC1	MV (1)	MV (1)
	MVGAPC2	MV (2)	MV (2)
Блок команд управления (16 экз.)	SPCGAPC1	SPC (1)	SPC (1)
	SPCGAPC2	SPC (2)	SPC (2)
Блок масштабирования аналогового значения	SCA4GAPC1	SCA4 (1)	SCA4 (1)
	SCA4GAPC2	SCA4 (2)	SCA4 (2)
	SCA4GAPC3	SCA4 (3)	SCA4 (3)
	SCA4GAPC4	SCA4 (4)	SCA4 (4)
Функциональный блок передачи целочисленного значения	MVI4GAPC1	MVI4 (1)	MVI4 (1)

Раздел 2 Обзор устройств серии 615

2.1 Краткий обзор

Серия 615 представляет собой семейство интеллектуальных электронных устройств, предназначенных для защиты, управления, измерения и контроля электроподстанций и промышленных распределительных устройств и оборудования. Разработка устройств выполнялась на базе стандарта МЭК 61850 по возможностям связи и взаимодействия устройств автоматизации работы подстанций.

Устройства имеют выдвижные компоненты, несколько вариантов монтажа, компактный размер и просты в эксплуатации. В зависимости от конкретного продукта при заказе предлагаются дополнительные функциональные возможности аппаратного и программного обеспечения, например, функция автоматического повторного включения и дополнительные входы/выходы.

Устройства серии 615 совместимы с широким диапазоном протоколов связи, в том числе по МЭК 61850 редакции 2, шиной процесса в соответствии с МЭК 61850-9-2 LE, МЭК 60870-5-103, Modbus® и DNP3. Протокол связи Profibus DPV1 поддерживается с помощью преобразователя протоколов SPA-ZC 302.

2.1.1 Данные о версиях продукта

Версия продукта	Данные о серии продукта
1.0	Выпущен первый продукт из серии 615 - REF615, конфигурации A-D
1.1	Новый продукт: RED615 Расширение используемой платформы: • поддержка IRIG-B • Поддержка параллельных протоколов: МЭК 61850 и Modbus • Модуль дополнительных дискретных входов/выходов X130 (по отдельному заказу) • Расширена функция блокировки Выключателя • Расширена функция TCSаппаратного обеспечения • Поддержка энергонезависимой памяти
2.0	Новые продукты: • REM615, конфигурация C • RET615, конфигурации A-D Новые конфигурации • RED615: B и C • REF615: E и F Расширение используемой платформы • Поддержка последовательного протокола DNP3 или TCP/IP • Поддержка МЭК 60870-5-103 • Измерение напряжения и защита по напряжению • Измерение мощности и электроэнергии • Скачивание аварийных осциллограмм при помощи веб-ИЧМ • Функция контроля исправности цепей переменного напряжения

Версия продукта	Данные о серии продукта
3.0	Новый продукт: • REU615, конфигурации A и B Новые конфигурации: • REF615, конфигурации G и H • REM615, конфигурации A и B • RET615, конфигурации E-H Дополнительно конфигурации: • RED615 B • REF615 A, B, E и F • REM615 C • RET615 A-D Расширение используемой платформы: • Поддержка возможности конфигурирования приложений • Поддержка передачи аналоговых сигналов по GOOSE • Большой дисплей с однолинейной схемой • Усиленная механическая конструкция • Увеличено максимальное количество записей событий и аварийных режимов • Измерение частоты и защита по частоте • Защита от КЗ на землю на основе контроля комплексной проводимости • Входы комбинированных датчиков • Измерения и защита с контролем RTD/мА входов • Функция контроля синхронизма и подачи напряжения • Управление РПН с регулятором напряжения • АЧР и восстановление • Функция выбора Измеренног/Расчетного значения Io/Uo • Опция многопортового Ethernet
Продолжение таблицы на следующей странице	

Версия продукта	Данные о серии продукта
4.0	Новая конфигурация: • REF615 J Дополнения/изменения конфигураций: • RED615 A-C • REF615 A-H • REM615 A-C • RET615 A-H • REU615 A-B Расширение используемой платформы: • Возможность использования двойного оптоволоконного кабеля связи Ethernet (COM0032) • Функциональные блоки однобитового управления (SPCGGIO) • Дополнительные логические блоки • Объект "кнопка" для SLD • Управляемые объекты "разъединитель" и "заземлитель" для однолинейной схемы • Защита от замыканий на землю с контролем активной мощности (ваттметрическая защита) • Защита от замыканий на землю на базе контроля высших гармоник • Функции контроля качества электроэнергии • Дополнительные экземпляры защиты широкого назначения • Увеличено максимальное количество записей событий и аварийных режимов

4.0 FP1	Расширение используемой платформы:
	• Протокол бесшовного резервирования высокой доступности HSR)
	• Протокол постоянного резервирования (PRP-1)
	• Поддержка параллельных протоколов:
	  • МЭК 61850 и МЭК 60870-5-103
	  • МЭК 61850 и DNP3
	• Программируемые светодиоды
	• Онлайн-мониторинг для PCM600

Продолжение таблицы на следующей странице	

Версия продукта	Данные о серии продукта
5.0	Новый продукт: • REV615, стандартные конфигурации A и B Новые стандартные конфигурации: • RED615: D и E • REF615: K, L и N • REM615: D Расширение используемой платформы: • Поддержка МЭК 61850-9-2 LE • Синхронизация по IEEE 1588 v2 • Функция определения места повреждения • Дифференциальная защита линии с трансформатором в защищаемой зоне • Регистратор параметров нагрузки • Быстродействующие дискретные выходы • Поддержка адаптера Profibus • Поддержка нескольких страниц в однолинейных схемах SLD • Импорт/экспорт уставок при помощи веб-ИЧМ • Доработки возможностей применения уставок • Средство фильтрации событий ИЧМ
5.0 FP1	Расширение возможностей RED615 • Протоколы HSR и PRP-1 с применением двойного оптоволоконного кабеля Ethernet (COM0035, COM0036) • МЭК 61850-9-2 LE и IEEE 1588 v2 с применением двойного оптоволоконного кабеля Ethernet Расширение используемой платформы: • МЭК 61850, Редакция 2 • Поддержка передачи токовых сигналов по протоколу МЭК 61850-9-2 LE • Поддержка контроля синхронизма и подачи напряжения по протоколу МЭК 61850-9-2 LE • Поддержка переноса конфигурации (начиная с версии 3.0 в версию 5.0 FP1) • Ethernet порты, включаемые программным путем • Поддержка китайского языка • Получение краткого отчета через веб-ИЧМ • Защита от замыканий на землю с контролем комплексной проводимости в широком частотном диапазоне • Поддержка высокоомной дифференциальной защиты • Опция контроля несимметрии напряжения функции контроля качества электроэнергии • Дополнительный таймер, функции установки - сброса и масштабирования аналоговых значений Новый продукт: • REG615, стандартная конфигурация A для защиты при объединении сетей, и стандартные конфигурации C и D для защиты генератора

2.1.2 Версия PCM600 и библиотеки ИЭУ

- Программный инструмент конфигурирования ИЭУ PCM600 2.6 (накопительный пакет обновлений 20150626) или более поздняя версия
- RED615 Connectivity Package Версия 5.1 или более поздняя
- REF615 Connectivity Package Версия 5.1 или более поздняя
- REG615 Connectivity Package Версия 5.1 или более поздняя
- REM615 Connectivity Package Версия 5.1 или более поздняя
- RET615 Connectivity Package Версия 5.1 или более поздняя
- REU615 Connectivity Package Версия 5.1 или более поздняя
- REV615 Connectivity Package Версия 5.1 или более поздняя



Загрузите стыковочные пакеты с веб-сайта ABBhttp://www.abb.com/substationautomation или непосредственно с помощью диспетчера обновлений в PCM600.

2.2 Локальный ИЧМ

ЛИЧМ используется для настройки, контроля и управления ИЭУ. ИЧМ включает в себя дисплей, кнопки, светодиодные индикаторы и порт связи.

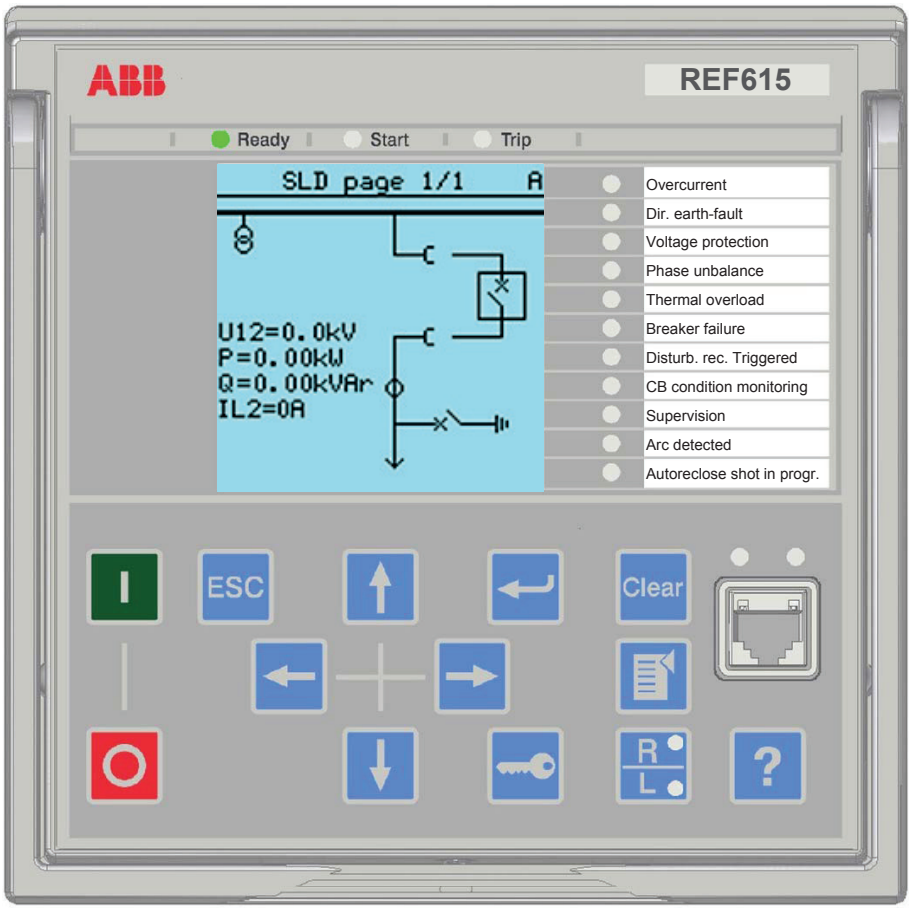


Рис. 2: Пример Локального ИЧМ

2.2.1 Дисплей

ЛИЧМ включает графический дисплей, который поддерживает символы двух размеров. Размер символа зависит от выбранного языка. Количество символов и строк на экране зависит от размера символов.

Таблица 2: Малый дисплей

Размер шрифта[1)]	Отображаемые строки	Число знаков в строке
Малый, моноширинный (6 × 12 точек)	5	20
Большой, переменной ширины (13 × 14 точек)	3	8 или более

1) В зависимости от выбранного языка

Таблица 3: Большой дисплей

Размер шрифтра[1)]	Отображаемые строки	Число знаков в строке
Малый, моноширинный (6 × 12 точек)	10	20
Большой, переменной ширины (13 × 14 точек)	7	8 или более

1) В зависимости от выбранного языка

Дисплей делится на четыре основных области.

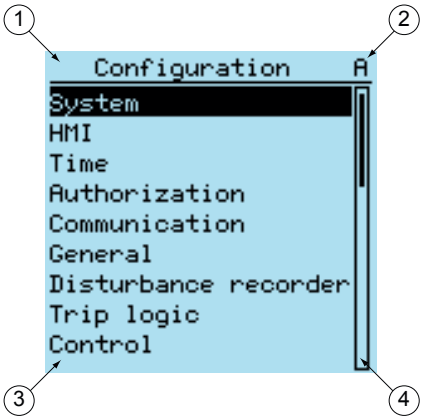


Рис. 3: Расположение элементов на дисплее

1 Заголовок
2 Значок
3 Содержимое
4 Полоса прокрутки (отображается при необходимости)

2.2.2 Светодиодные индикаторы

ЛИЧМ имеет три индикатора защиты, которые расположены над дисплеем: Ready (Готов), Start (Пуск) и Trip (Сраб).

имеется 11 программируемых светодиодов.На передней панели ЛИЧМ Светодиоды можно сконфигурировать при помощи PCM600 а режим работы можно выбрать при помощи ЛИЧМ, Веб-ИЧМ или PCM600.

2.2.3 Клавиатура

Клавиатура ЛИЧМ состоит из кнопок, которые используются для перемещения по разным экранам или меню. При помощи этих кнопок можно давать команды на отключение или включение объектов первичной цепи,

например выключателя, переключателя или разъединителя. Кнопки также используются для квитирования аварийной сигнализации, сброса индикаций, вызова справки и переключения между режимом дистанционного и локального управления.

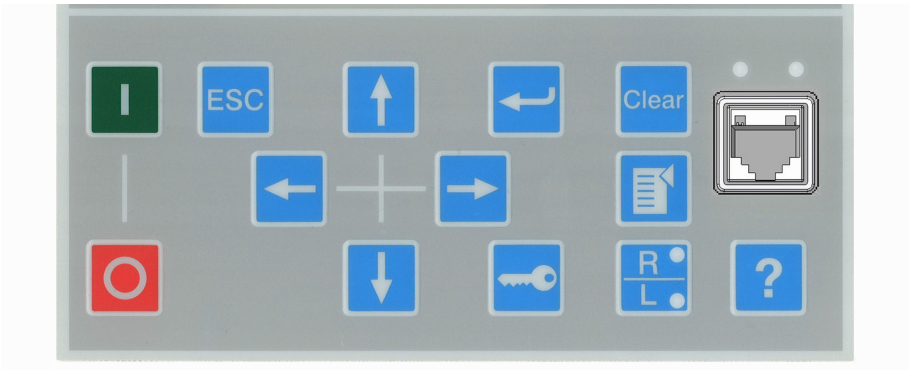


Рис. 4: *Клавиатура ЛИЧМ с кнопками управления объектом, кнопками навигации и ввода команд, а также портом связи RJ-45*

2.3 Веб-ИЧМ

Веб-ИЧМ обеспечивает безопасный доступ к релейной защите через веб-браузер. Когда в устройстве защиты активируется параметр *Безопасная связь* , веб-сервер принудительно устанавливает безопасное подключение (HTTPS) к веб-ИЧМ при использовании кодирования TLS .Проверку достоверности веб-ИЧМ может выполнить Internet Explorer 8.0, 9.0, 10.0 и 11.0.

Веб-ИЧМ по умолчанию отключен.

Веб-ИЧМ предлагает несколько функций.

- Программируемые светодиоды и списки событий
- Самодиагностика системы
- Задание уставок
- Отображение измерений
- Записи аварийных осциллограмм
- Записи аварий
- Запись параметров нагрузки
- Векторная диаграмма
- Однолинейная схема
- Импорт/Экспорт параметров
- Краткий отчет

Структура дерева меню Веб-ИЧМ идентична структуре меню ЛИЧМ.

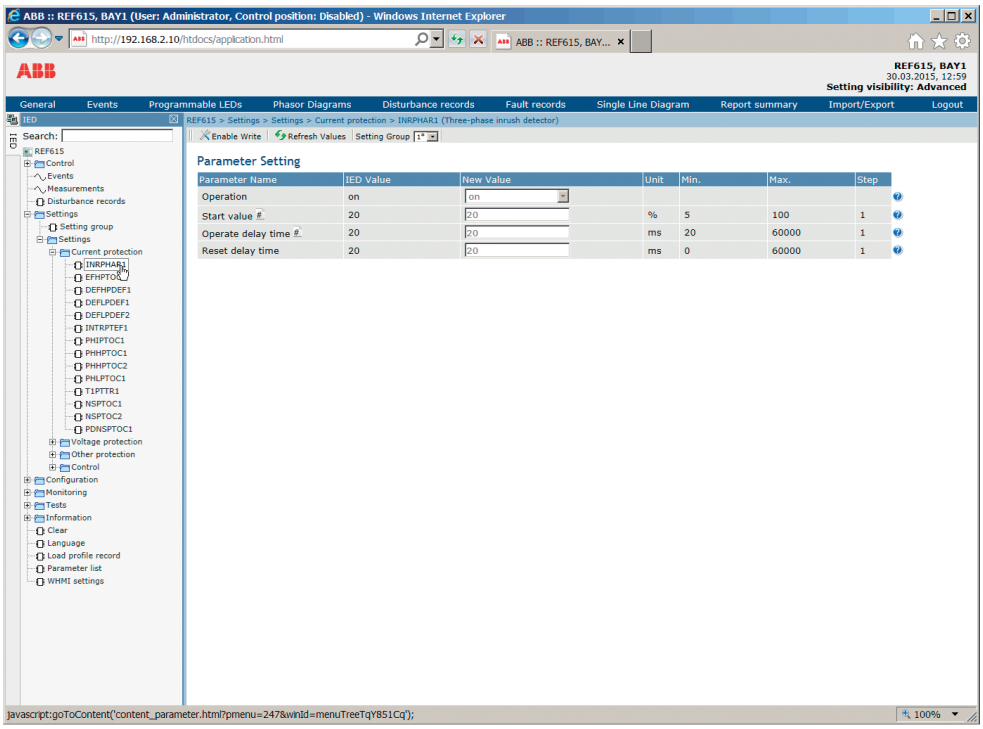


Рис. 5: Пример Веб-ИЧМ

Доступ к Веб-ИЧМ может осуществляться локально и дистанционно.

- Локально, путем подключения ноутбука к ИЭУ через передний порт.
- Дистанционно, по локальной/глобальной сети (LAN/WAN).

2.4 Авторизация

Для ЛИЧМ и веб-ИЧМ определены четыре категории пользователей с различными правами доступа и используемыми по умолчанию паролями.

Пароли по умолчанию, заданные в устройстве защиты на заводе, можно изменить при наличии прав администратора.

Авторизация пользователей по умолчанию отключена, но при использовании Веб-ИЧМ авторизация требуется всегда.

Таблица 4: Предопределенные категории пользователей

Имя пользователя	Права пользователя
ЗРИТЕЛЬ	Доступ только для чтения
ОПЕРАТОР	• Выбор состояния (удаленное или локальное) при помощи  (только локально) • Изменение групп уставок • Управление • Сброс индикаций
ИНЖЕНЕР	• Изменение уставок • Сброс списка событий • Сброс записей аварийных процессов • Изменение системных настроек, таких как:IP-адрес, скорость передачи по последовательному каналу или уставки регистратора аварийных процессов • Установка устройства защиты в испытательный режим • Выбор языка
АДМИНИСТРАТОР	• Все права, указанные выше • Изменение пароля • Активация заводских настроек



Для получения информации об авторизации на уровне пользователя для PCM600 см документацию PCM600.

2.4.1 Журнал событий

В устройстве имеется большой набор функций регистрации событий. Критически важные события в системе и события, имеющие отношение к безопасности ИЭУ, регистрируются в отдельном журнале, хранящемся в энергонезависимой памяти, и предназначенном для администратора.

Журнал событий представляет собой запись хронологии системных операций, что позволяет восстановить и изучить последовательность событий в системе, событий, имеющих отношение к безопасности, а также изменений в устройстве защиты. События, зарегистрированные в журнале, а также события процесса можно изучить и проанализировать на основе системного подхода при помощи меню Список событий (Event List) в локальном ИЧМ и веб-ИЧМ, а также функции Просмотра событий (Event Viewer) в PCM600.

В журнале, хранящемся в энергонезависимой памяти устройства, может храниться 2048 событий. Кроме того, в списке событий в энергонезависимой памяти хранятся 1024 события процесса. И журнал событий, и список событий работают по принципу FIFO (Первым пришел - первым обслужен). Для энергонезависимой памяти не требуется резервное батарейное питание или регулярная замена компонентов.

События журнала, имеющие отношение к авторизации пользователя (вход в систему, выход из системы, нарушение доступа дистанционное и нарушение доступа местное), определяются в зависимости от выбранного набора требований стандарта IEEE 1686. Регистрация в системе основана на заданных именах и категориях пользователей. События журнала доступны по протоколу МЭК 61850-8-1, при помощи программного обеспечения PCM600, ЛИЧМ и Веб-ИЧМ.

Таблица 5: События журнала

Событие журнала	Описание
Изменение конфигурации	Изменен файл конфигурации
Изменение прошивки	Прошивка изменена
Неуспешное изменение прошивки	Ошибка при изменении прошивки
Добавлено в задачу проверки на сохранение значений параметров системы	Устройство было добавлено в задачу проверки на сохранение значений параметров системы
Удалено из задачи проверки на сохранение значений параметров системы	Удалено из задачи проверки на сохранение значений параметров системы
Дистанционное изменение группы уставок	Дистанционное изменение пользователем группы уставок
Локальное изменение группы уставок	Локальное изменение пользователем группы уставок
Дистанционное управление	Дистанционное управление объектом при помощи команды двухбитового управления DPC
Местное управление	Местное управление объектом при помощи команды двухбитового управления DPC
Испытательный режим Вкл.	Испытательный режим включен
Испытательный режим Выкл.	Испытательный режим отключен
Сброс отключений	Сброс фиксации отключений (TRPPTRC*)
Фиксация изменения уставок	Были изменены уставки
Изменение времени	Время изменено непосредственно пользователем. Это не применяется, когда устройство защиты должным образом синхронизировано по соответствующему протоколу (SNTP, IRIG-B, IEEE 1588 v2).
Просмотр контрольного журнала	Доступ администратора к журналу событий
Вход в систему	Успешный вход в систему по протоколу МЭК 61850-8-1 (MMS), через веб-ИЧМ, FTP ИЛИ ЛИЧМ.
Выход из системы	Успешный выход из системы по протоколу МЭК 61850-8-1 (MMS), через веб-ИЧМ, FTP или ЛИЧМ.
Изменение пароля	Пароль был изменен
Сброс прошивки	Сброс выполнен пользователем или инструментальным средством
Переполнение журнала	Слишком много событий за период заданный времени
Нарушение дист	Неуспешная попытка входа в систему по протоколу МЭК 61850-8-1 (MMS), через веб-ИЧМ, FTP или ЛИЧМ.
Нарушение местн	Неуспешная попытка входа в систему по протоколу МЭК 61850-8-1 (MMS), через веб-ИЧМ, FTP или ЛИЧМ.

Для просмотра событий журнала и событий процесса может использоваться функция Просмотра событий (Event Viewer) PCM600. События журнала могут отображаться через специальное меню "Доступ". Так считывать события журнала имеет право только администратор, требуется авторизация в PCM600. Журнал событий невозможно сбросить в исходное состояние, но можно фильтровать его данные при помощи функции просмотра событий в программном обеспечении PCM600. Можно сделать так, чтобы события журнала можно было увидеть в списке событий ЛИЧМ/веб-ИЧМ наряду с событиями процесса.



Чтобы показать события журнала через Список событий, нужно определить уровень параметра *Регистр. полномочий* при помощи меню **Конфигурация/Авторизация/Доступ**. При этом события журнала будут доступны для просмотра всем пользователям.

Таблица 6: ***Сравнение уровней авторизации доступа***

Событие журнала	**Уровень авторизации доступа**					
	Нет	Изменение конфигурации	Выбор группы уставок	Управление группами уставок	Редактирование уставок	Все
Изменение конфигурации		•	•	•	•	•
Изменение прошивки		•	•	•	•	•
Неуспешное изменение прошивки		•	•	•	•	•
Добавлено в задачу проверки на сохранение значений параметров системы		•	•	•	•	•
Удалено из задачи проверки на сохранение значений параметров системы		•	•	•	•	•
Группа уставок (дист)			•	•	•	•
Группа уставок (мест)			•	•	•	•
Управление (дист)				•	•	•
Управление (мест)				•	•	•
Вкл. режима ТЕСТ				•	•	•
Выкл. режима ТЕСТ				•	•	•
Сброс отключений				•	•	•
Сохранение уставки					•	•
Изменение времени						•

Продолжение таблицы на следующей странице

Событие журнала	Уровень авторизации доступа					
Просмотр контрольного журнала						•
Вход в систему						•
Выход из системы						•
Изменение пароля						•
Сброс прошивки						•
Нарушение местн						•
Нарушение дист						•

2.5 Связь

Устройство поддерживает различные протоколы обмена данными, включая МЭК 61850, МЭК 61850-9-2 LE, МЭК 60870-5-103, Modbus® и DNP3. Протокол связи Profibus DPV1 поддерживается при использовании преобразователя протоколов SPA-ZC 302. Эти протоколы позволяют осуществлять управление и получать оперативную информацию. Тем не менее некоторые функции связи, например горизонтальная связь между ИЭУ, предоставляются только по протоколу МЭК 61850.

Реализация связи по протоколу МЭК 61850 поддерживает все функции контроля и управления. Кроме того, при помощи протокола МЭК 61850 обеспечивается задание уставок, выгрузка файлов осциллограмм и данных регистратора аварийных событий. Файлы осциллограмм в формате COMTRADE по стандарту МЭК 60255-24 доступны любому Ethernet-приложению. ИЭУ может отправлять и получать дискретные сигналы от других устройств (так называемая горизонтальная связь) по профилю GOOSE протокола МЭК 61850-8-1, которым поддерживается класс наивысшей функциональности с общим временем передачи в 3 мс. Кроме того, ИЭУ поддерживает передачу и прием аналоговых событий с использованием GOOSE-сообщений. ИЭУ отвечает требованиям GOOSE по производительности в части передачи сигналов отключения на распределительных подстанциях, как определено стандартом МЭК 61850.

ИЭУ может поддерживать одновременно пять клиентов. Если PCM600 резервирует одну связь, остается только четыре связи, например, для МЭК 61850 и Modbus.

Все коммуникационные разъемы, за исключением порта на передней панели, размещаются во встроенных модулях связи (они заказываются дополнительно). Устройство можно подключить к системам связи, работающим по протоколу Ethernet, с помощью разъема RJ-45 (100Base-TX) или волоконно-оптического разъема LC (100Base-FX).

2.5.1 Самовосстанавливающееся кольцо Ethernet

Для правильной работы топологии с использованием самовосстанавливающейся петли очень важно, чтобы внешние коммутаторы сети поддерживали протокол RSTP, и чтобы он был активирован в этих коммутаторах. В противном случае подключение топологии с использованием петли может привести к проблемам сети. Само устройство не поддерживает обнаружения прерывания канала связи или RSTP. Процесс восстановления кольца основан на устаревании MAC-адресов, и события установления/отключения связи могут привести к временному прерыванию связи. Для лучшей работы самовосстанавливающейся петли рекомендуется назначать в качестве основного коммутатора внешний коммутатор, расположенный дальше всего от петли ИЭУ (приоритет моста = 0), и приоритет моста возрастает по направлению к петле ИЭУ. Концевые звенья петли ИЭУ можно подключать к одному внешнему коммутатору или к двум смежным внешним коммутаторам. Для самовосстанавливающегося кольца Ethernet требуется модуль связи не менее чем с двумя интерфейсами Ethernet для всех устройств.

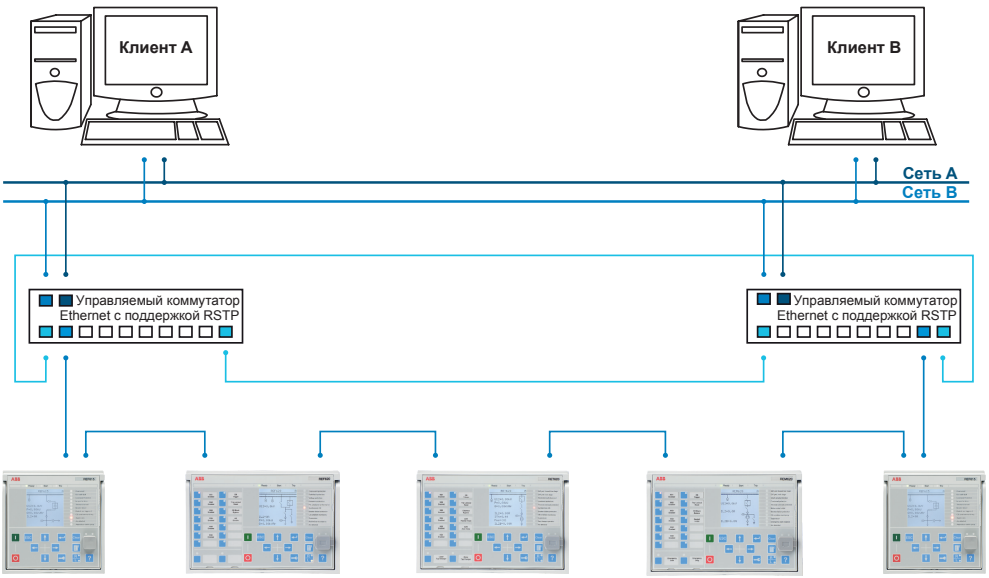


Рис. 6: Самовосстанавливающаяся кольцевая топология Ethernet

Кольцевая топология сети Ethernet поддерживает подключение до тридцати интеллектуальных устройств. Если необходимо подключить свыше 30 ИЭУ, рекомендуется разделить сеть на несколько кольцевых сетей, в каждую из которых будет входить не более 30 ИЭУ. Каждое устройство защиты имеет выдержку с буферизацией пакетов 50 мкс, и размер кольца ограничен тридцатью устройствами для выполнения требований по производительности для горизонтальной связи.

2.5.2 Резервирование Ethernet

Стандарт МЭК 61850 обеспечивает резервирование сети, что повышает готовность системы к обмену данными на подстанции. Резервирование сети основано на использовании двух дополняющих друг друга протоколов, определенных в стандарте МЭК 62439-3:2012: постоянного резервирования PRP и бесшовного резервирования высокой доступности HSR. В основе обоих протоколов лежит дублирование всей передаваемой информации через два Ethernet порта для одного логического сетевого соединения. Таким образом, оба могут справиться с отказом канала связи или коммутатора с нулевым временем переключения, что отвечает самым строгим требованиям по работе в режиме реального времени в отношении горизонтальной связи и синхронизации времени в системах автоматизации подстанций.

Протокол PRP определяет, что каждое устройство параллельно подключено к двум локальным сетям. Протокол HSR применяет принцип PRP к кольцевым топологиям и петлям, состоящим из кольцевых топологий, для обеспечения экономически эффективного резевирования. Таким образом, каждое устройство включает в себя коммутационный элемент, направляющий информационные сообщения от порта к порту. Опция HSR/PRP имеется для всех устройств серии 615. Однако RED615 поддерживает эту опцию только по оптоволоконным каналам связи.

МЭК 62439-3:2012 отменяет и заменяет первую редакцию стандарта, опубликованную в 2010 году. Эти варианты стандарта также называются МЭК 62439-3, Редакция 1 и МЭК 62439-3, Редакция 2. Устройство защиты поддерживает МЭК 62439-3:2012 и несовместимо с МЭК 62439-3:2010.

PRP

Каждый узел PRP, называемый узлом с двойным подключением с PRP (DANP), подсоединяется к двум независимым параллельно работающим локальным сетям (LAN). Эти параллельно работающие сети в PRP называются LAN A и LAN B. Эти сети полностью разделены для обеспечения полной независимости при сбоях, и могут иметь различную топологию. Обе сети работают параллельно, обеспечивая, таким образом, нулевое время восстановления и непрерывный контроль резервирования во избежание отказа канала связи. Не-PRP узлы, называемые узлами с единичным подключением (SAN), подключены только к одной сети (и следовательно, могут связываться только с узлами типа DAN и SAN, подключенными к той же самой сети) либо подключены через интерфейсное устройство, которое работает так же, как и DAN.

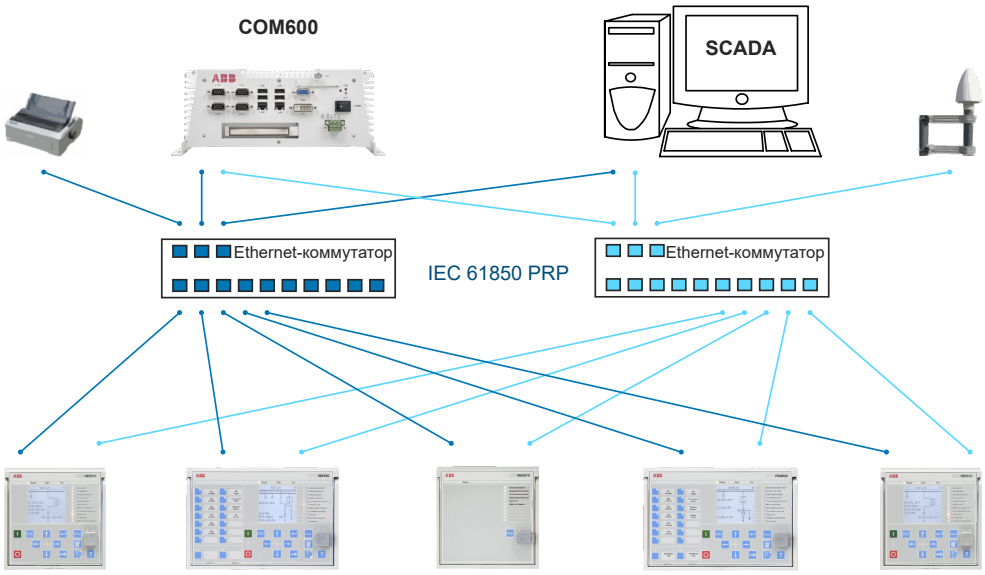


Рис. 7: Решение с использованием протокола PRP

Если переносное автоматизированное рабочее место или АРМ на ПК подключено как узел, который не является PRP-узлом, к одной из сетей PRP (LAN A или LAN B), рекомендуется использовать интерфейсное устройство или коммутатор Ethernet с подобными функциями между PRP и SAN, чтобы убрать из сообщений Ethernet дополнительную PRP-информацию. В некоторых случаях используемые по умолчанию адаптеры АРМ ПК не могут обработать сообщения Ethernet максимальной длины с концевыми метками PRP.

Существуют различные варианты подключения переносного АРМ или рабочей станции как узла SAN к сети PRP.

- Через внешний интерфейсный модуль (RedBox) или коммутатор, который может подключаться к сетям PRP и обычным сетям
- Путем непосредственного подключения узла к LAN A или LAN B как узла SAN
- Путем подключения узла к порту устройства защиты

Протокол HSR

В протоколе HSR применен принцип параллельной работы PRP к одному кольцу, при этом два направления рассматриваются как две виртуальных сети. Для каждого посланного сообщения узел DAN посылает два сообщения, по одному через каждый порт. Сообщения перемещаются по кольцу в противоположных направлениях, и каждый узел направляет сообщения, которые он получает, из одного порта в другой. Когда пославший сообщение узел получит сообщение, посланное собой, он его отбрасывает, чтобы избежать циклического задвоения сообщений; таким образом, никакого кольцевого протокола не требуется. Индивидуально подключенные узлы типа SAN, такие как переносные АРМы и принтеры, должны подключаться

через интерфейсный модуль, выполняющий функции кольцевого элемента. Например, в качестве интерфейсного модуля может использоваться ИЭУ серии 615 или 620 с поддержкой HSR.

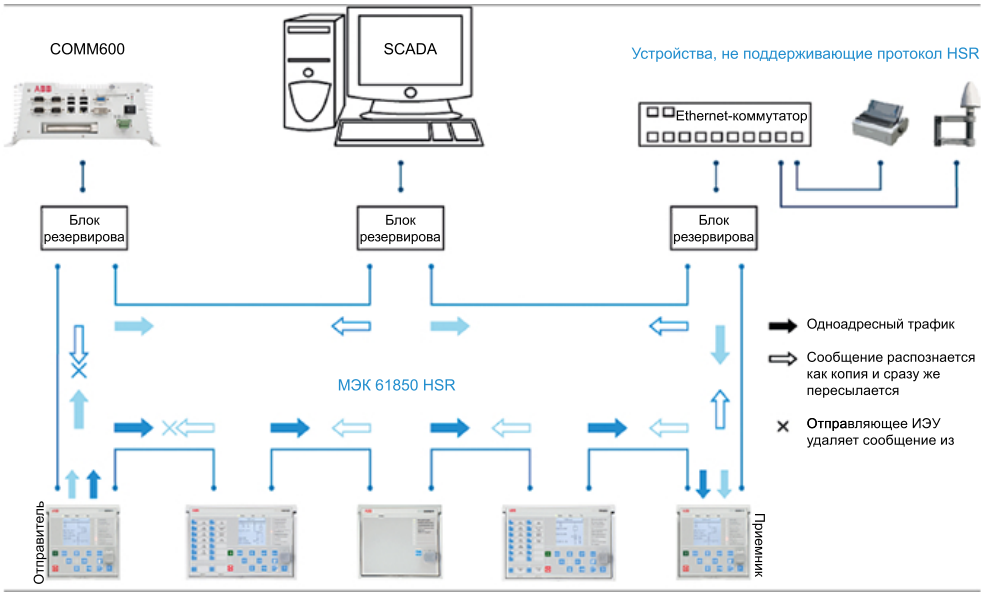


Рис. 8: Решение с использованием протокола HSR

2.5.3 Шина процесса

Шина процесса МЭК 61850-9-2 определяет условия передачи выборки результатов измерений в системе автоматизации подстанции. Международной группой пользователей в целях содействия реализации и эффективному взаимодействию разработаны рекомендации МЭК 61850-9-2 LE, регламентирующие особенности применения стандарта МЭК 61850-9-2. Шина процесса в режиме реального времени передает данные процесса из первичной цепи на все устройства в локальной сети, совместимые с шиной процесса. Затем данные могут обрабатываться каким-либо устройством релейной защиты для выполнения различных функций защиты, автоматизации и управления.

Принцип действия распределительного устройства UniGear Digital состоит в использовании шины процесса вместе с датчиками тока и напряжения. Шина процесса обеспечивает ряд преимуществ UniGear Digital, в том числе простоту применения благодаря уменьшению количества проводов, универсальность благодаря доступности данных для всех устройств, улучшенные диагностические характеристики и увеличение длительности периодов между обслуживанием.

Шина процесса позволяет заменить гальванические проводные соединения между панелями, предназначенные для передачи значений напряжения шинной системы, на канал связи Ethernet. Передача выборки измерений по

шине процесса также повышает вероятность обнаружения ошибок, поскольку передаваемый сигнал автоматически контролируется. Возможность использования резервированной сети Ethernet для передачи сигналов SMV дополнительно способствует доступности.

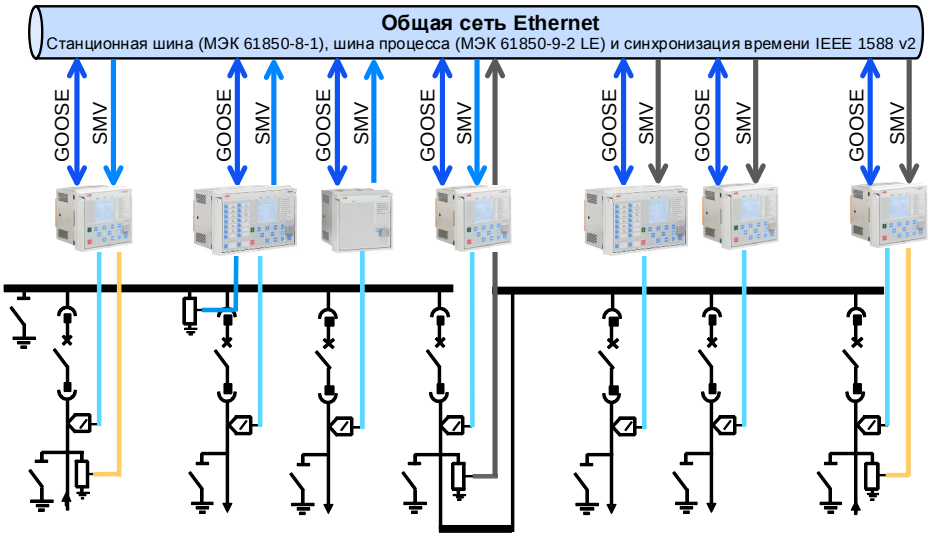


Рис. 9: Применение совместного использования напряжения и контроля синхронизма шиной процесса

ИЭУ серии 615 поддерживают шину процесса с выборкой аналоговых величин тока и напряжения по стандарту МЭК 61850. Измеренные величины передаются как значения выборок по протоколу МЭК 61850-9-2 LE, который использует ту же физическую сеть Ethernet, что и станционная шина по МЭК 61850-8-1. Предполагаемое применение выборок — обмен этими значениями измеренного напряжения между устройством серии 615 и другими устройствами, оснащенными функциями контроля фазного напряжения и совместимыми с протоколом 9-2.

Устройства релейной защиты серии 615, работающие на основе шины процесса, для высокоточной синхронизации времени используют описанный стандартом IEEE 1588 v2 Протокол точного времени (PTP) согласно профилю мощности IEEE C37.238-2011. При использовании IEEE 1588 v2 требования к инфраструктуре вторичных соединений снижаются, так как данные синхронизации времени передаются по той же сети Ethernet, что и остальные данные АСУ.

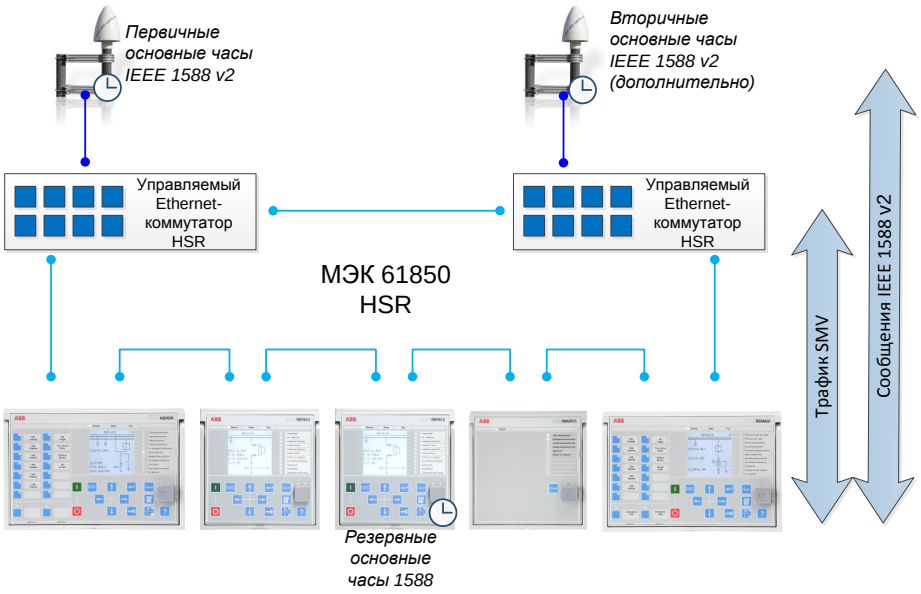


Рис. 10: Пример топологии сети с шиной процесса, резервированием и синхронизацией по IEEE 1588 v2

Шина процесса – это дополнительная функция, которая может устанавливаться на все устройства релейной защиты серии 615, имеющие входы фазного напряжения. Еще одним требованием является наличие платы связи с поддержкой IEEE 1588 v2 (COM0031–COM0037). Однако RED615 совместим с этой дополнительной функцией только при выборе платы связи с портами для волоконно-оптической станционной шины. Подробное описание требований к системе и конфигурации смотрите в Руководстве по настройке по стандарту МЭК 61850.

2.5.4 Безопасная связь

Устройство защиты поддерживает безопасную связь по веб-ИЧМ и безопасную передачу файлов по протоколу FTP. Если активирован параметр *Безопасная связь* , то клиенты должны поддерживать протоколы с использованием метода шифрования на базе TLS. В этом случае доступ к веб-ИЧМ должен осуществляться через веб-браузер с использованием протокола HTTPS, а при передаче файлов клиенты должны использовать FTPS.

Раздел 3 Основные функции

3.1 Общие параметры

Таблица 7: Уставки аналоговых входов, фазные токи

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Первичный ток	От 1,0 до 6000,0	A	0,1	100,0	Номинальный первичный ток
Вторичный ток	2=1 A 3=5 A			2=1 A	Номинальный вторичный ток
Выравнивание амплитуды A	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Коэффициент выравнивания амплитуды, фаза A
Выравнивание амплитуды B	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Коэффициент выравнивания амплитуды, фаза B
Выравнивание амплитуды C	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Коэффициент выравнивания амплитуды, фаза C
Номинальный ток	От 39 до 4000	A	1	1300	Номинальный ток сети (In)
Номинальное вторичное значение	От 1,000 до 150,000	мВ/Гц	0,001	3,000	Номинальная вторичная величина (RSV)
Обратная полярность	0=Нет 1=Да			0=Нет	Обратная полярность фаз ТТ
Выравнивание угла A	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Коэффициент выравнивания угла, фаза A
Выравнивание угла B	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Коэффициент выравнивания угла, фаза B
Выравнивание угла C	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Коэффициент выравнивания угла, фаза C

Таблица 8: Уставки аналоговых входов, остаточный ток

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Первичный ток	От 1,0 до 6000,0	A	0,1	100,0	Первичный ток
Вторичный ток	1=0,2 A 2=1 A 3=5 A			2=1 A	Вторичный ток
Вырав. амплитуды	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание амплитуды
Обратная полярность	0=Нет 1=Да			0=Нет	Обратная полярность остаточного тока ТТ
Выравнивание по углу	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Коэффициент выравнивания угла

Таблица 9: Уставки аналоговых входов, фазные напряжения

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Первичное напряж.	От 0,100 до 440,000	кВ	0,001	20,000	Номинальное первичное напряжение
Вторичное напряжение	От 60 до 210	В	1	100	Номинальное вторичное напряжение
Подключение ТН	1=Звезда 2=Треугольник 3=U12 4=UL1			2=Треугольник	Тип подключения трансформатора напряжения
Выравнивание амплитуды A	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание значения напряжения фазы A внешнего ТН
Выравнивание амплитуды B	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание значения напряжения фазы B внешнего ТН
Выравнивание амплитуды C	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание значения напряжения фазы C внешнего ТН
Коэф. масштабир.	От 1000 до 20000		1	10000	Коэффициент масштабирования датчика напряжения
Вход напряжения	1=ТН 3=Датчик CVD			1=ТН	Тип входа напряжения
Выравнивание угла A	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Выравнивание угла вектора напряжения фазы A внешнего ТН
Выравнивание угла B	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Выравнивание угла вектора напряжения фазы B внешнего ТН
Выравнивание угла C	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Выравнивание угла вектора напряжения фазы C внешнего ТН

Таблица 10: Уставки аналоговых входов, остаточное напряжение

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Первичное напряж.	0,100–440,000[1)]	кВ	0,001	11,547	Первичное напряж.
Вторичное напряжение	От 60 до 210	В	1	100	Вторичное напряжение
Вырав. амплитуды	От 0,9000 до 1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание амплитуды
Выравнивание по углу	От -20,0000 до 20,0000	град.	0,0001	0,0000	Коэффициент выравнивания угла

1) В системах с реализаций защиты по стандарту 9-2 максимальное первичное напряжение ограничено величиной 126 кВ

Таблица 11: Параметры авторизации доступа

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Дистанционное обновление	0=Выведено 1=вкл.			0=Выведено	Дистанционное обновление
Безопасная связь	0=Нет 1=Да			1=Да	Безопасная связь
Полномочия при входе	1=Нет 2=Изменения конфигурации 3=Группы уставок 4=Группы уставок, управление 5=Редактирование уставок 6=Все			1=Нет	Уровень полномочий при входе в систему
Дистанционное переопределение	0=Нет[1)] 1=Да[2)]			1=Да	Отключение полномочий
Средство удаленного просмотра				0	Задание пароля
Удаленный оператор				0	Задание пароля
Удаленный инженер				0	Задание пароля
Удаленный администратор				0	Задание пароля
Локальное переопределение	0=Нет[3)] 1=Нет[4)].			1=Да	Отключение полномочий
Средство локального просмотра				0	Задание пароля
Локальный оператор				0	Задание пароля
Локальный инженер				0	Задание пароля
Локальный администратор				0	Задание пароля

1) Переопределение авторизации отключено, средства связи запрашивают пароль для входа в систему ИЭУ.
2) Переопределение авторизации включено, средства связи не запрашивают пароль для входа в ИЭУ, за исключением обязательного пароля для входа в веб-ИЧМ.
3) Переопределение авторизации отключено, обязательный ввод пароля для входа в ЛИЧМ.
4) Переопределение авторизации включено, пароль для входа в ЛИЧМ не запрашивается

Таблица 12: Уставки дискретных входов

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пороговое напряжение	От 16 до 176	В пост. тока	2	16	Пороговое напряжение дискретного входа
Порог колеб. на входе	От 2 до 50	событий/с	1	30	Порог подавления колебаний на дискретном входе
Гист. колеб. на входе	От 2 до 50	событий/с	1	10	Гистерезис подавления колебаний на дискретном входе

Необходимо установить правильное пороговое значение напряжения дискретных входов. Пороговое напряжение должно сравниваться с номинальным, а не с минимальным значением по умолчанию. Заводское значение по умолчанию в 16 В гарантирует работоспособность дискретных входов независимо от величины вспомогательного напряжения (24, 48, 60, 110, 125, 220 или 250 В постоянного тока). Однако значение по умолчанию не является оптимальным для более высоких уровней вспомогательного напряжения. Пороговое напряжение дискретных входов должно быть как можно больше, чтобы исключить случайную активацию входов из-за внешних помех. При этом оно не должно мешать надлежащей работе системы при пониженном вспомогательном напряжении.

Таблица 13: Дискретные входные сигналы на плате Xnnn

Название	Тип	Описание
Xnnn-Вход m [1)2)]	ЛОГИЧЕСКИЙ	Конкретные схемы подключения разъемов для стандартных конфигураций см. в Руководстве по применению.

1) Xnnn = Идентф. слота, например, X100, X110, в зависимости от конкретного случая
2) m = например: 1, 2, в зависимости от порядкового номера дискретного входа на конкретной плате BIO или AIM

Таблица 14: Дискретные выходные сигналы на плате Xnnn

Название	Тип	По умолчанию	Описание
Xnnn-Pmm[1)2)]	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Конкретные схемы подключения разъемов для стандартных конфигураций см. в Руководстве по применению.

1) Xnnn = Идентф. слота, например, X100, X110, в зависимости от конкретного случая
2) Pmm = Например, PO1, PO2, SO1, SO2, в зависимости от конкретного случая

Таблица 15: Уставки дискретных входов на плате Xnnn

Имя [1)]	Значение	Ед.изм.	Шаг	По умолчанию
Вход m[2)] время фильтрации	5…1000	мс		5
Инверсия входа m	0= Нет 1= Да			0=Нет

1) Xnnn = Идентф. слота, например, X100, X110, в зависимости от конкретного случая
2) m = например: 1, 2, в зависимости от порядкового номера дискретного входа конкретной платы BIO или AIM

Таблица 16: Уставки переднего порта Ethernet

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
IP-адрес				192.168.0.254	IP-адрес порта на передней панели (фиксированный)
MAC-адрес				XX-XX-XX-XX-XX-XX	MAC-адрес порта на передней панели

Таблица 17: Уставки заднего порта Ethernet

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
IP-адрес				192.168.2.10	IP-адрес портов на задней панели
Маска подсети				255.255.255.0	Маска подсети портов на задней панели
Шлюз по умолчанию				192.168.2.1	Шлюз по умолчанию для портов на задней панели
MAC-адрес				XX-XX-XX-XX-XX-XX	MAC-адрес портов на задней панели

Таблица 18: Общие параметры системы

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Номинальная частота	1=50 Гц 2=60 Гц			1=50 Гц	Номинальная частота сети
Чередование фаз	1=ABC 2=ACB			1=ABC	Порядок чередования фаз
Режим блокировки	1=Останов таймера 2=Блокировать все 3=Блокировать выход OPERATE			1=Останов таймера	Поведение входов BLOCK функции
Название отсека[1)]				REF615[2)]	Название отсека в системе
Точка насыщ IDMT.	От 10 до 50	I/I>	1	50	Точка насыщения перегрузки по току в режиме IDMT
Адаптивность по частоте [3)]	0=Выведено 1=вкл.			0=Выведено	Активация функции адаптивности по частоте
Макс задержка SMV	0=1,90 1,58 мс 1=3,15 2,62 мс 2=4,40 3,67 мс 3=5,65 4,71 мс 4=6,90 5,75 мс			1=3,15 2,62 мс	Максимально допустимая задержка SMV

1) Используется в заголовке основного меню ИЭУ и для идентификация аварийных процессов
2) В зависимости от версии продукта
3) Доступна только в REG615

Таблица 19: Уставки ИЧМ

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Соглашение о присвоении имен FB	1=МЭК 61850 2=МЭК 60617 3=МЭК–ANSI			1=МЭК 61850	Соглашения о присвоении имен FB, используемые в ИЭУ
Экран по умолчанию	1=Измерения 2=Главное меню 3=SLD			1=Измерения	Экран по умолчанию ЛИЧМ
Ожидание подсветки	От 1 до 60	мин	1	3	Ожидание включения подсветки ЛИЧМ
Режим веб-ИЧМ	1=Активный, только чтение 2=Активный 3=Выкл			3=Выкл	Функциональные возможности веб-ИЧМ
Блокировка веб-ИЧМ по времени	От 1 до 60	мин	1	3	Блокировка входа в веб-ИЧМ по времени
Формат символов SLD	1=МЭК 2=ANSI			1=МЭК	Формат символов однолинейной схемы
Выдержка времени автопрокрутки	От 0 до 30	с	1	0	Выдержки времени автопрокрутки для экрана измерений
Отображение уставок	1=Базовый 2=Расширенный			1=Базовый	Отображение уставок для ИЧМ

Таблица 20: Уставки по МЭК 60870-5-103

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			5=Выкл	Выбирает, включен или отключен этот экземпляр протокола
Последов. порт	1=COM 1 2=COM 2			1=COM 1	Порт COM
Адрес	От 1 до 255		1	1	Адрес устройства
Начальная задержка	0–200	символ	1	4	Задержка начального сообщения в символах
Конечная задержка	0–200	символ	1	4	Задержка конечного сообщения в символах
ТипФункцУстройства	От 0 до 255		1	9	Тип функции устройства
ТипФункцПольз	От 0 до 255		1	10	Тип функции сообщений для пользователя класса 2
ПользИнф№	От 0 до 255		1	230	Информационный номер сообщения для пользователя класса 2
ПриоритКласс1	0=СобытВысок 1=Равн. событ/РАП 2=РАПВысок			0=СобытВысок	Приоритет отправки класса 1 для соотношения между данными событий и регистратора аварийных процессов (РАП).
ИнтервалКласса2	От 0 до 86400	с	1	30	Интервал в секундах для отправки ответа класса 2

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Кадр1Использ	-1=Не используется 0=Задано пользователем 1=Стандартный кадр 1 2=Стандартный кадр 2 3=Стандартный кадр 3 4=Стандартный кадр 4 5=Стандартный кадр 5 6=Пользовательский кадр 6 7=Пользовательский кадр 7			6=Пользовательский кадр 6	Активный класс2, кадр 1
Frame2InUse	-1=Не используется 0=Задано пользователем 1=Стандартный кадр 1 2=Стандартный кадр 2 3=Стандартный кадр 3 4=Стандартный кадр 4 5=Стандартный кадр 5 6=Пользовательский кадр 6 7=Пользовательский кадр 7			-1=Не используется	Активный класс2, кадр 2
Frame3InUse	-1=Не используется 0=Задано пользователем 1=Стандартный кадр 1 2=Стандартный кадр 2 3=Стандартный кадр 3 4=Стандартный кадр 4 5=Стандартный кадр 5 6=Пользовательский кадр 6 7=Пользовательский кадр 7			-1=Не используется	Активный класс2, кадр 3
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Frame4InUse	-1=Не используется 0=Задано пользователем 1=Стандартный кадр 1 2=Стандартный кадр 2 3=Стандартный кадр 3 4=Стандартный кадр 4 5=Стандартный кадр 5 6=Пользовательский кадр 6 7=Пользовательский кадр 7			-1=Не используется	Активный класс2, кадр 4
ИндПерепКласс1	0=Без индикации 1=По обеим фронтам 2=По переднему фронту			2=По переднему фронту	Индикация переполнения
Class1OvFType	От 0 до 255		1	10	Тип функции для индикации переполнения, класс 1
Class1OvInfNo	От 0 до 255		1	255	Информационный номер индикации переполнения, класс 1
Class1OvBackOff	От 0 до 500		1	500	Диапазон задержки для буфера класса 1
Оптимизац. GI	0=Стандартное поведение 1=Пропуск спонтанных 2=Только переполненные 3=Комбинированная			0=Стандартное поведение	Оптимизировать трафик общего опроса
Оповещ.Осцилл.	0=Нет 1=Да			0=Нет	Включение/выключение спонтанной индикации регистратора аварийных процессов
Мониторинг блока	0=Не используется 1=Игнорировать события 2=Сохранить события			0=Не используется	Блокировка направления мониторинга
Внутреннее переполнение	0=Нет 1=Да			0=Нет	Внутреннее переполнение: ДА-Произошло превышение уровня системы (только индикация)
EC_FRZ	0=Нет 1=Да			0=Нет	Команда управления для фиксации значений счетчиков электроэнергии

Таблица 21: Уставки функции MMS по МЭК 61850-8-1

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим устройства	1=Первичный[1)] 0=Номинальный[2)] 2=Первичный-номинальный[3)]			0=Номинальный	Режим устройства по МЭК 61850-8-1

1) MMS-клиент ожидает первичные значения из отчетов о событиях и показания атрибутов данных
2) MMS-клиент ожидает первичные значения из отчетов о событиях и показания атрибутов данных; это значение, используемое по умолчанию для PCM600
3) Для использования только в PCM600. Если для уставки *Режим устройства* установлено значение "Первичный", то клиент PCM600 может принудительно задать для своего сеанса режим "Номинальный", выбрав "Первичный-номинальный" и, таким образом, параметризацию в исходной форме. Данный выбор не сохраняется и поэтому эффективен только для одного сеанса. При выборе через ЛИЧМ данное значение не играет роли.

Таблица 22: Уставки Modbus

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			5=Выкл	Включение или отключение этого экземпляра протокола
Порт	1=COM 1 2=COM 2 3=Ethernet - TCP 1			3=Ethernet - TCP 1	Выбор порта для этого экземпляра протокола. Выберите последовательное либо Ethernet-соединение.
Выбор привязки	От 1 до 2		1	1	Выбирает, какая схема привязки будет использоваться для этого экземпляра протокола.
Адрес	От 1 до 254		1	1	Адрес устройства
Режим канала связи	1=RTU 2=ASCII			1=RTU	Выбор режима ASCII либо RTU. Для TCP всегда следует выбирать RTU.
Порт TCP	От 1 до 65535		1	502	Определяет пассивно открытый порт для сервера Modbus TCP. По умолчанию = 502.
Четность	0=нет 1=нечетный 2=четный			2=четный	Четность для последовательного интерфейса.
Начальная задержка	0–200		1	4	Начальн. задержка в символах для последовательного интерфейса
Конечная задержка	0–200		1	4	Конечн. задержка в символах для последовательного интерфейса
Порядок CRC	0=Hi-Lo 1=Lo-Hi			0=Hi-Lo	Выбор между обычным или обратным порядком байтов для подсчета контрольной суммы в случае последовательного интерфейса По умолчанию: Hi-Lo.
IP клиента				0.0.0.0	Задает IP-адрес клиента. Если это адрес задан равным нулю, принимается соединение с любым клиентом.
Права записи	0 = Только чтение 1 = Отключить запись 0x 2=Полный доступ			2=Полный доступ	Выбирает уровень прав на управление

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Формат времени	0=Глобальное время 1=Местное			1=Местное	Выбирает формат времени событий и меток времени: время по Гринвичу либо местное время.
Выбор идентификатора события	0=Адрес 1=UID			0=Адрес	Выбирает информирование о событиях с использованием адреса MB либо номера UID.
Буферизация событий	0=Сохранять самые старые 1=Сохранять самые новые			0=Сохранять самые старые	Выбирает, какие события сохраняются в случае переполнения буфера событий: самые старые или самые новые.
Выдержка события	От 1 до 500		1	200	Определяет, сколько событий должно быть прочитано после переполнения буфера событий, чтобы можно было буферизовать новые события. Применяется только в режиме "Сохранять самые старые".
ПарольСтруктУпр1				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.
ПарольСтруктУпр2				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.
ПарольСтруктУпр3				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.
ПарольСтруктУпр4				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.
ПарольСтруктУпр5				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.
ПарольСтруктУпр6				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.
ПарольСтруктУпр7				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.
ПарольСтруктУпр8				****	Пароль для операций управления с использованием механизма структуры управления, который доступен в области памяти 4x.

Таблица 23: Уставки функции DNP3

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			5=Выкл	Активизация, Выкл / Вкл
Порт	1=COM 1 2=COM 2 3=Ethernet - TCP 1 4=Ethernet TCP +UDP 1			3=Ethernet - TCP 1	Выбор интерфейса связи
Адрес устройства	От 1 до 65519		1	1	Адрес устройства DNP
Адрес основного блока	От 1 до 65519		1	3	Адрес основного устройства DNP и UR
Выбор привязки	От 1 до 2		1	1	Выбор привязки
КлиентIP				0.0.0.0	IP-адрес клиента
Порт TCP	От 20000 до 65535		1	20000	TCP-порт, используемый для связи через Ethernet
Полномочия для записи TCP	0=Нет клиентов 1=Зарегист.клиенты 2=Все клиенты			2=Все клиенты	0 = управление клиентом не разрешено; 1 = управление, разрешенное зарегистрированными клиентами; 2 = управление, разрешенное всеми клиентами
Поддержание связи	От 0 до 65535	с	1	0	Интервал поддержания связи для DNP
Подтвердить адр. Ведущего	1=Выведено 2=Введено			1=Выведено	Проверить адрес Ведущего при приеме
Самоопределяющийся адрес	1=Выведено 2=Введено			2=Введено	Поддержка функции запроса самоопределяющегося адреса
Интервал передачи бита	От 0 до 65535	мин	1	30	Период для установки времени прохождения бита IIN
Формат времени	0=Глобальное время 1=Местное			1=Местное	Глобальное или местное время Согласовывается с основным устройством.
Интервал ожид. выбора CROB	От 1 до 65535	с	1	10	Интервал ожид. выбора выходного устройства контрольного реле
Подтвержд. канала передачи данных	0=Никогда 1=Только сверхцикл 2=Всегда			0=Никогда	Режим подтвержд. канала передачи данных
Ожид. до подтвержд. канала передачи данных	От 100 до 65535	мс	1	3000	Ожидание до подтверждения канала передачи данных
Повторы канальной передачи данных	От 0 до 65535		1	3	Количество повторов канальной передачи данных
Задержка передачи-получения	От 0 до 255	мс	1	0	Задержка изменения направления передачи данных
Задержка канальной передачи символов	0–200	символ	1	4	Задержка канальной передачи символов входящих сообщений
Подтвержд. уровня прилож.	1=Выведено 2=Введено			1=Выведено	Режим подтверждения уровня приложения
Ожид. подтвержд. прилож.	От 100 до 65535	мс	1	5000	Ожидание подтверждения уровня приложения и UR

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Фрагмент уровня прилож.	От 256 до 2048	байт	1	2048	Размер фрагмента уровня приложения
Режим UR	1=Выведено 2=Введено			1=Выведено	Режим незапрашиваемых ответов
Повторы UR	От 0 до 65535		1	3	Незапрашиваемые повторы перед переключением в автономный режим незапрашиваемых ответов
UR TO	От 0 до 65535	мс	1	5000	Тайм-аут незапрашиваемых ответов
Интервал автономного режима UR	От 0 до 65535	мин	1	15	Интервал автономного режима незапрашиваемых ответов
Класс UR 1, события, мин.	От 0 до 999		1	2	Минимальное количество событий класса 1 для генерации незапрашиваемых ответов
Класс UR 1 TO	От 0 до 65535	мс	1	50	Максимальное время удержания для генерации незапрашиваемых ответов в случае событий класса 1
Класс UR 2, события, мин.	От 0 до 999		1	2	Минимальное количество событий класса 2 для генерации незапрашиваемых ответов
Класс UR 2 TO	От 0 до 65535	мс	1	50	Максимальное время удержания для генерации незапрашиваемых ответов в случае событий класса 2
Класс UR 3, события, мин.	От 0 до 999		1	2	Минимальное количество событий класса 3 для генерации незапрашиваемых ответов
Класс UR 3 TO	От 0 до 65535	мс	1	50	Максимальное время удержания для генерации незапрашиваемых ответов в случае событий класса 3
Действующий Ведущий UR	1=Выведено 2=Введено			1=Выведено	Поддержка режима незапрашиваемых ответов Действующего ведущего DNP. Если включено, ИЭУ не отправляет начальное незапрашиваемое сообщение.
Предыдущий ведущий SBO	1=Выведено 2=Введено			1=Выведено	Разрешение выхода за пределы номера последовательности SBO для действующего главного устройства DNP
Перем. по умолч. объек. 01	1=1:BI 2=2:BI и состояние			1=1:BI	1=BI; 2=BI с указанием состояния.
Перем. по умолч. объек. 02	1=1:событие BI 2=2:событие и время BI			2=2:событие и время BI	1=Событие BI; 2=Событие BI с отметкой времени.
Перем. по умолч. объек. 03	1=1:DBI 2=2:DBI и состояние			1=1:DBI	1=DBI; 2=DBI с указанием состояния.
Перем. по умолч. объек. 04	1=1:событие DBI 2=2:событие и время DBI			2=2:событие и время DBI	1=Событие DBI; 2=Событие DBI с отметкой времени.

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Перем. по умолч. объек. 20	1=1:32бит Счетч 2=2:16бит Счетч 5=5:32бит Счетч без призн 6=6:16бит Счетч без призн			2=2:16бит Счетч	1=32-бит. счетчик; 2=16-бит. счетчик; 5=32-бит. счетчик без признака; 6=16-бит. счетчик без признака.
Перем. по умолч. объек. 21	1=1:32бит ФиксСчетч 2=2:16бит ФиксСчетч 5=5:32бит ФиксСчетч.и Время 6=6:16бит ФиксСчетч.и Время 9=9:32бит ФиксСчетч без призн 10=10:16бит ФиксСчетч без призн			6=6:16бит ФиксСчетч.и Время	1 = 32-бит. счетчик с фиксацией; 2 = 16-бит. счетчик с фиксацией; 5 = 32-бит. счетчик с фиксацией и меткой времени; 6 = 16-бит. счетчик с фиксацией и меткой времени; 9 = 32-бит. счетчик с фиксацией без признака; 10 = 16-бит. счетчик с фиксацией без признака.
Перем. по умолч. объек. 22	1=1:32бит Счетч соб. 2=2:16бит Счетч соб. 5=5:32бит Счетч соб. и Время 6=6:16бит Счетч соб. и Время			6=6:16бит Счетч соб. и Время	1=событие на 32-битов. счетчике; 2=событие на 16-битов. счетчике; 5=событие на 32-битов. счетчике с отметкой времени; 6=событие на 16-битов. счетчике с отметкой времени.
Перем. по умолч. объек. 23	1=1:32бит ФиксСчетч соб. 2=2:16бит ФиксСчетч соб. 5=5:32бит ФиксСчетч соб. и Время 6=6:16бит ФиксСчетч соб. и Время			6=6:16бит ФиксСчетч соб. и Время	1=событие на 32-битов. счетчике с фиксацией; 2=событие на 16-битов. счетчике с фиксацией; 5=событие на 32-битов. счетчике с фиксацией с отметкой времени; 6=событие на 16-битов. счетчике с фиксацией с отметкой времени.
Перем. по умолч. объек. 30	1=1:32бит АнВх 2=2:16бит АнВх 3=3:32бит АнВх без призн 4=4:16бит АнВх без призн 5=5:АнВх плав. 6=6:АнВх двойн.			5=5:АнВх плав.	1=32-бит. аналог.вход; 2=16-бит. аналог.вход; 3=32-бит. аналог.вход без признака; 4=16-бит. аналог.вход без признака; 5=аналог. вход с плавающей запятой; 6=аналог. вход двойной точности.
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Перем. по умолч. объек. 32	1=1:32бит АнВх соб. 2=2:16бит АнВх соб. 3=3:32бит АнВх соб. и Время 4=4:16бит АнВх соб. и Время 5=5: АнВх плав. соб. 6=6:АнВх двойн. соб. 7=7:АнВх плав. соб. и Время 8=8:АнВх двойн. соб. и Время			7=7:АнВх плав. соб. и Время	1 = 32-бит. аналог. вход с событием; 2 = 16-бит. аналог. вход с событием; 3 = 32-бит. аналог. вход с событием с отметкой времени; 4 = 16-бит. аналог. вход с событием с отметкой времени; 5 = аналог. вход с плавающей запятой; 6 = аналог. вход двойной точности; 7 = аналог. вход с плавающей запятой с отметкой времени; 8 = аналог. вход с плавающей запятой двойной точности с отметкой времени.
Перем. по умолч. объек. 40	1=1:32бит АнВых 2=2:16бит АнВых 3=3:АнВых плав. 4=4:АнВых двойн.			2=2:16бит АнВых	1=32-бит. аналог.выход; 2=16-бит. аналог.выход; 3=аналог. выход с плавающей запятой; 4=аналог. выход двойной точности.
Перем. по умолч. объек. 42	1=1:32бит АнВых соб. 2=2:16бит АнВых соб. 3=3:32бит АнВых соб. и Время 4=4:16бит АнВых соб. и Время 5=5: АнВых плав. соб. 6=6:АнВых двойн. соб. 7=7:АнВых плав. соб. и Время 8=8:АнВых двойн. соб. и Время			4=4:16бит АнВых соб. и Время	1 = 32-бит. аналог. выход с событием; 2 = 16-бит. аналог. выход с событием; 3 = 32-бит. аналог. выход с событием с отметкой времени; 4 = 16-бит. аналог. выход с событием с отметкой времени; 5 = аналог. выход с плавающей запятой; 6 = аналог. выход двойной точности; 7 = аналог. выход с плавающей запятой с отметкой времени; 8 = аналог. выход двойной точности с отметкой времени.

Таблица 24: Уставки последовательной связи COM1

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим волокна	0=Не волоконно-оптический 2=Волоконно-оптический			0=Не волоконно-оптический	Режим волокна
Последовательный режим	1=RS485 2-проводный 2=RS485 4-проводный 3=RS232 без квитирования 4=RS232 с квитированием			1=RS485 2-проводный	Последовательный режим
Выдержка времени CTS	От 0 до 60000	мс	1	0	Выдержка времени CTS
Выдержка времени RTS	От 0 до 60000	мс	1	0	Выдержка времени RTS
Скорость передачи данных в бодах	1=300 2=600 3=1200 4=2400 5=4800 6=9600 7=19200 8=38400 9=57600 10=115200			6=9600	Скорость передачи данных в бодах

Таблица 25: Уставки последовательной связи COM2

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим волокна	0=Не волоконно-оптический 2=Волоконно-оптический			0=Не волоконно-оптический	Режим волокна
Последовательный режим	1=RS485 2-проводный 2=RS485 4-проводный 3=RS232 без квитирования 4=RS232 с квитированием			1=RS485 2-проводный	Последовательный режим
Выдержка времени CTS	От 0 до 60000	мс	1	0	Выдержка времени CTS
Выдержка времени RTS	От 0 до 60000	мс	1	0	Выдержка времени RTS
Скорость передачи данных в бодах	1=300 2=600 3=1200 4=2400 5=4800 6=9600 7=19200 8=38400 9=57600 10=115200			6=9600	Скорость передачи данных в бодах

3.2 Самодиагностика

Комплексная система самодиагностики устройства защиты непрерывно контролирует работу программного обеспечения и электронного оборудования. Она отслеживает ситуации отказов, возникающих в процессе работы, и информирует пользователя о повреждениях через ЛИЧМ и по каналам связи.

Имеется два типа индикаций повреждений.

- Внутренние неисправности
- Предупреждения

3.2.1 Внутренние неисправности

При обнаружении внутренней неисправности устройства срабатывание защит блокируется, зеленый светодиод "Готов" начинает мигать, и приводится в действие выходной контакт самодиагностики.

Индикация внутренних неисправностей имеет наивысший приоритет в ЛИЧМ. Ни одна из индикаций ЛИЧМ не может заместить индикацию о неисправности.

Индикация о неисправности отображается в виде сообщения на ЛИЧМ. Текст `Internal Fault (Внутренняя неисправность)` и дополнительный текст сообщения, а также код, дата и время отображаются в целях определения типа неисправности.

В зависимости от серьезности неисправности предпринимаются различные действия. Устройство пытается устранить неисправность посредством перезапуска. Когда обнаруживается устойчивый характер неисправности, устройство остается в режиме внутренней неисправности. При внутренней неисправности все остальные выходные контакты возвращаются в исходное состояние и блокируются. Устройство продолжает выполнять внутренние проверки в течение всего времени, пока устройство находится в состоянии неисправности.

Если внутренняя неисправность исчезнет, зеленый светодиод "Работа" прекратит мигать и устройство снова вернется в рабочее состояние. Сообщение индикации неисправности остается на экране до тех пор, пока не будет сброшено вручную.

Сигнальный выход самодиагностики работает по принципу замкнутой цепи. В нормальных условиях на устройство защиты подается питание, и контакты 3-5 в слоте X100 замыкаются. При отказе блока питания или обнаружении внутренней неисправности контакты 3-5 разомкнуты.

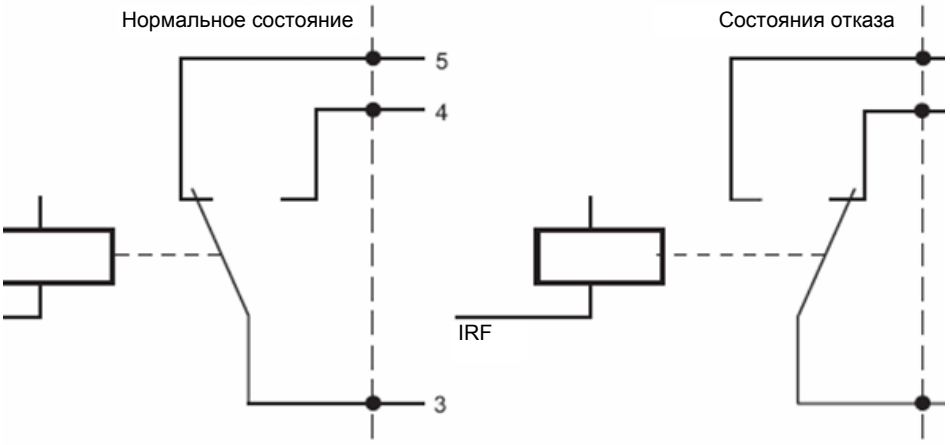


Рис. 11: Выходной контакт

Код внутренней неисправности обозначает тип внутренней неисправности ИЭУ. При возникновении неисправности код необходимо записать, чтобы его можно было сообщить в сервисную службу АББ.

Таблица 26: Индикация и коды внутренней неисправности

Индикация неисправности	Код неисправности	Дополнительная информация
Внутренняя неисправность Системная ошибка	2	Произошла внутренняя системная ошибка.
Внутренняя неисправность Ошибка файловой системы	7	Произошла ошибка файловой системы.
Внутренняя неисправность Тест	8	Тест внутренней неисправности запущен вручную пользователем.
Внутренняя неисправность Ошибка системы самоконтроля программного обеспечения	10	Сброс системы самоконтроля выполнялся много раз в течение часа.
Внутренняя неисправность выходное сигнальное реле, X100	43	Неисправное(ые) выходное сигнальное реле на плате, расположенной в слоте X100.
Внутренняя неисправность выходное сигнальное реле, X110	44	Неисправное(ые) выходное сигнальное реле на плате, расположенной в слоте X110.
Внутренняя неисправность SO-реле, X120	45	Неисправны сигнальные выходные реле в плате, находящейся в слоте X120.
Внутренняя неисправность Реле сигнального выхода,X130	46	Неисправное(ые) выходное сигнальное реле на плате, расположенной в слоте X130.
Внутренняя неисправность выходное силовое реле,X100	53	Неисправное(ые) выходное силовое реле на плате, расположенной в слоте X100.
Внутренняя неисправность выходное силовое реле,X110	54	Неисправное(ые) выходное силовое реле на плате, расположенной в слоте X110.
Внутренняя неисправность PO-реле, X120	55	Неисправны силовые выходные реле в плате, находящейся в слоте X120.
Внутренняя неисправность выходное силовое реле,X130	56	Неисправное(ые) выходное силовое реле на плате, расположенной в слоте X130.
Внутренняя неисправность Неисправность оптического датчика	57	Неисправность входа(ов) датчика ARC.
Продолжение таблицы на следующей странице		

Индикация неисправности	Код неисправности	Дополнительная информация
Внутренняя неисправность Ошибка конфигурации,X000	62	Плата в слоте X000 неправильного типа, отсутствует, не относится к исходному составу либо повреждена.
Внутренняя неисправность Ошибка конфигурации,X100	63	Неверный тип платы в слоте X100, или плата не соответствует изначальной комплектации.
Внутренняя неисправность Ошибка конфигурации,X110	64	Неверный тип платы в слоте X110, плата отсутствует или не соответствует изначальной комплектации.
Внутренняя неисправность Ошибка конфигурации,X120	65	Неверный тип платы в слоте X120, плата отсутствует или не соответствует изначальной комплектации.
Внутренняя неисправность Ошибка конфигурации, X130	66	Неверный тип платы в слоте X130, плата отсутствует или не соответствует изначальной комплектации.
Внутренняя неисправность Неисправность платы,X000	72	Неисправна плата в слоте X000.
Внутренняя неисправность Неисправность платы,X100	73	Неисправна плата в слоте X100.
Внутренняя неисправность Неисправность платы,X110	74	Неисправна плата в слоте X110.
Внутренняя неисправность Неисправность платы,X120	75	Неисправна плата в слоте X120.
Внутренняя неисправность Неисправность платы,X130	76	Неисправна плата в слоте X130.
Внутренняя неисправность Модуль ЛИЧМ	79	Неисправность модуля ЛИЧМ. При неисправности индикация неисправности может не отображаться на ЛИЧМ.
Внутренняя неисправность Неисправность RAM	80	Неисправность ОЗУ на плате CPU.
Внутренняя неисправность Неисправность ROM	81	Неисправность памяти ПЗУ на плате CPU.
Внутренняя неисправность Неисправность EEPROM	82	Неисправность памяти EEPROM на плате CPU.
Продолжение таблицы на следующей странице		

Индикация неисправности	Код неисправности	Дополнительная информация
Внутренняя неисправность Неисправность FPGA	83	Неисправность памяти FPGA на плате CPU.
Внутренняя неисправность Неисправность RTC	84	Неисправность RTC на плате CPU.
Внутренняя неисправность Ошибка платы RTD, X130	96	Возможна устойчивая неисправность платы RTD, находящейся в слоте X130. Непостоянная ошибка повторилась слишком много раз за короткий промежуток времени.
Внутренняя неисправность Ошибка COM-платы	116	Ошибка COM-платы.

Для получения более подробной информации об индикации внутренней неисправности см. руководство по эксплуатации.

3.2.2 Предупреждения

При появлении предупреждения релейная защита продолжает работать, за исключением тех функций защиты, на которые повлияло повреждение, устройства LED функционирую в нормальном режиме (горит светодиод «Готов»).

Предупреждения выводятся на ЛИЧМ в виде текстового сообщения `Warning (Предупреждение)` с указанием названия предупреждения, числового кода, даты и времени. Предупредительное сообщение о неисправности можно стереть вручную.



При появлении предупредительного сообщения запишите название и код сообщения, чтобы сообщить их в центр сервисного обслуживания ABB.

Таблица 27: Индикация и коды предупреждения

Индикация предупреждения	Код предупреждения	Дополнительная информация
Warning, Watchdog reset (Предупреждение, Сброс системы самоконтроля)	10	Произошел сброс системы самоконтроля.
Warning Power down det. (Предупреждение, Пониженное напряжение)	11	Слишком низкое напряжение питания.
Warning IEC61850 error (Предупреждение, Ошибка МЭК 61850)	20	Ошибка построения модели данных МЭК 61850 .
Warning Modbus error (Предупреждение, Ошибка Modbus)	21	Ошибка связи Modbus.
Warning DNP3 error (Предупреждение, Ошибка DNP3)	22	Ошибка связи DNP3.
Warning Dataset error (Предупреждение, Ошибка набора данных)	24	Ошибка набора (наборов) данных.
Warning Report cont. error (Предупреждение, Ошибка блока управления сообщениями)	25	Ошибка блока (блоков) управления сообщениями.
Warning GOOSE contr. error (Предупреждение, Ошибка управления GOOSE)	26	Ошибка блока (блоков) управления GOOSE.
Warning SCL config error (Предупреждение, Ошибка конфигурации SCL)	27	Ошибка файла конфигурации SCL или файл отсутствует.
Warning Logic error (Предупреждение, Логическая ошибка)	28	Слишком много соединений в конфигурации.
Warning SMT logic error (Предупреждение, Логическая ошибка SMT)	29	Ошибка соединений SMT.
Продолжение таблицы на следующей странице		

Индикация предупреждения	Код предупреждения	Дополнительная информация
Warning GOOSE input error (Предупреждение, Ошибка входа GOOSE)	30	Ошибка соединений GOOSE.
Ошибка ACT	31	Ошибка в соединениях ACT.
Warning Ошибка приема GOOSE-сообщения	32	Ошибка приема сообщений GOOSE.
Warning AFL error (Предупреждение, Ошибка AFL)	33	Ошибка конфигурации аналогового канала.
Warning Ошибка конфиг. SMV	34	Ошибка конфигурации SMV.
Warning Отказ канала связи	35	Прерывание резервной связи Ethernet (HSR/PRP).
Warning Unack card comp. (Предупреждение, Неподтвержденная плата)	40	Новая комплектация не подтверждена/не принята.
Warning Protection comm. (Предупреждение, Защита связи)	50	Ошибка защиты связи.
Warning ARC1 cont. light (Предупреждение, горит индикатор ARC1)	85	Горит индикатор ARC, вход 1.
Warning ARC2 cont. light (Предупреждение, горит индикатор ARC2)	86	Горит индикатор ARC, вход 2.
Warning ARC3 cont. light (Предупреждение, горит индикатор ARC3)	87	Горит индикатор ARC, вход 3.
Warning, Watchdog reset Ошибка платы RTD, X130	96	Временная ошибка платы RTD в слоте X130.
Warning Ошибка измерения RTD, X130	106	Ошибка при измерении на плате RTD, находящейся в слоте X130.

Для получения более подробной информации об индикации предупреждений см. руководство по эксплуатации.

3.3 Управление светодиодной индикацией

3.3.1 Функциональный блок

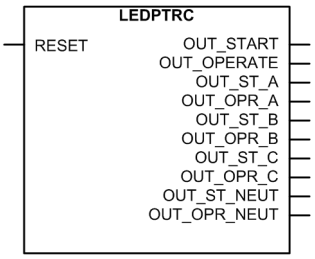


Рис. 12: Функциональный блок

3.3.2 Функциональная возможность

ИЭУ включает в себя глобальную функцию LEDPTRC, которая используется со светодиодами индикации защит.



Управление светодиодной индикацией никогда не должно использоваться для отключения. В конфигурации устройства имеется отдельная логика отключения - функция TRPPTRC.

Управление светодиодной индикацией предварительно конфигурируется таким образом, чтобы все общие пусковые сигналы и сигналы отключения функции защиты объединялись с этой функцией (в виде выходных сигналов OUT_START и OUT_OPERATE). Эти сигналы в устройстве всегда заводятся на светодиоды Пуск и Сраб. Функция LEDPTRC собирает и объединяет данные по каждой фазе от различных функций защиты (в виде выходных сигналов OUT_ST_A /_B /_C и OUT_OPR_A /_B /_C). Имеется также объединенная информация о замыканиях на землю, собранная от всех соответствующих функций защиты, предусмотренных в конфигурации релейной защиты (в виде выходных сигналов OUT_ST_NEUT и OUT_OPR_NEUT).

3.4 Программируемые светодиоды

3.4.1 Функциональный блок

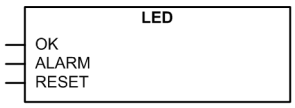


Рис. 13: Функциональный блок

3.4.2 Функциональные возможности

Программируемые светодиоды находятся справа от дисплея на ЛИЧМ.

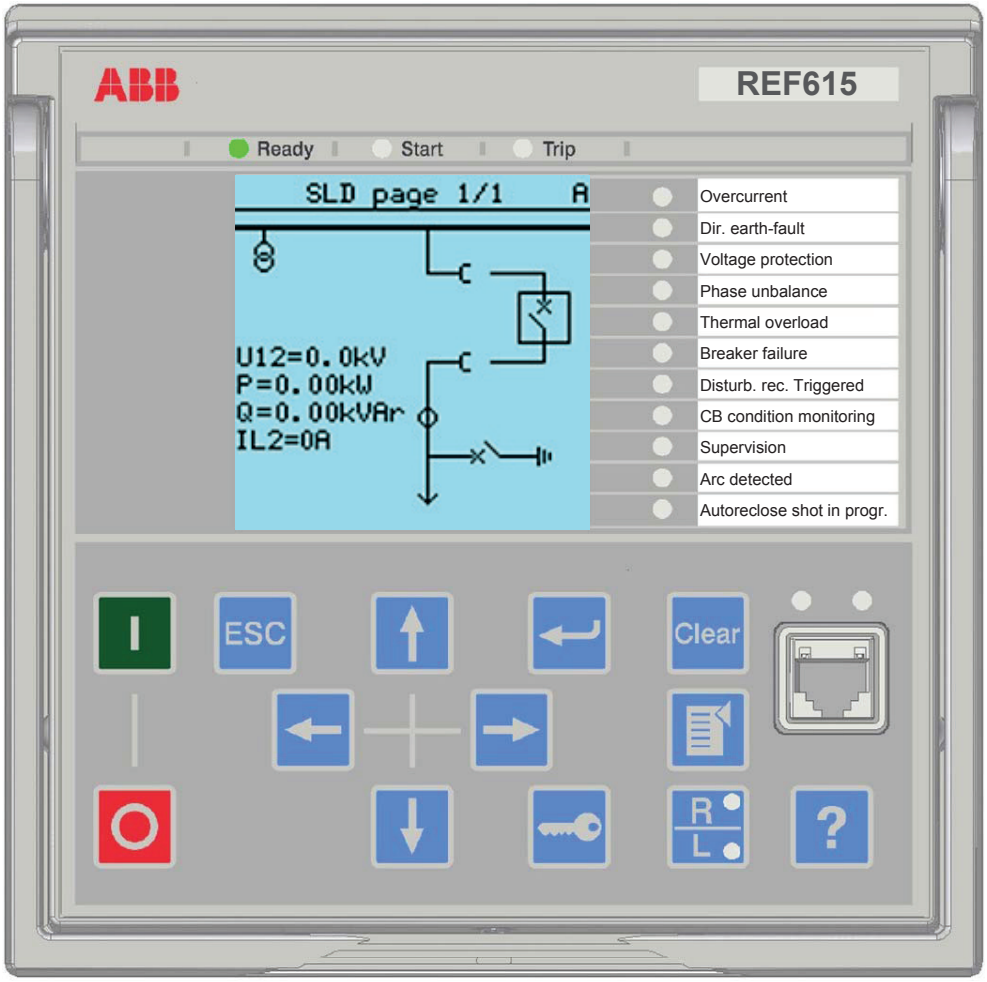


Рис. 14: Программируемые светодиоды находятся справа от дисплея на ЛИЧМ.

Все программируемые светодиоды на ЛИЧМ ИЭУ имеют два цвета, зеленый и красный. Цвет каждого светодиода контролируется индивидуально.

Каждый светодиод имеет два управляющих входа: ALARM и OK. Настройка цвета для всех светодиодов одинакова. Цвет определяется параметром *Цвет светодиода*, значение по умолчанию — "Красный". Вход OK соответствует имеющемуся цвету, значение по умолчанию — "Зеленый".

Если значение параметра *Цвет светодиода* изменено на "Зеленый", цвет для входов OK изменяется на красный.

Приоритет входа ALARM выше приоритета входа OK.

Каждый светодиод в инструмента конфигурации приложений виден как самостоятельный функциональный блок. Каждый светодиод имеет текст для описания событий, который может редактироваться пользователем. Состояние каждого светодиода ("Нет", "OK", "Сигнализация") также можно прочитать в экране данных мониторинга по программируемым светодиодам.

Состояние каждого отдельного светодиода можно сбросить по каналу связи. Сброс светодиода можно выполнить через конфигурацию, при помощи входа RESET.

Функции сброса и очистки всех светодиодов находятся в меню **Сброс**.

Структура меню для программируемых светодиодов представлена на Рисунке 15. Общий параметр выбора цвета *Цвет светодиода* для всех входов ALARM находится в меню **Общее**, тогда как параметры конкретного светодиода находятся в меню соответствующих светодиодов.

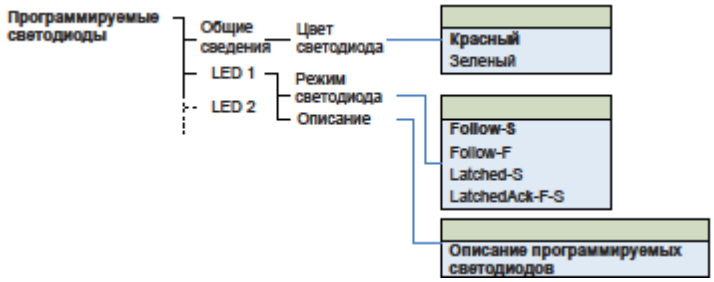


Рис. 15: Структура меню

Альтернативные режимы светодиода

Поведение входа ALARM можно выбрать при помощи параметра Режим светодиода, из таких вариантов как "БезФикс-Свечение", "БезФикс-Мигание", "Фиксация-Свечение" и "ФиксКвит-Миг-Свеч". Поведение входа OK всегда соответствует характеристике "БезФикс-Свечение". Режимы светодиодов аварийной сигнализации с фиксацией можно сбрасывать через вход сброса в логике конфигурирования приложений.

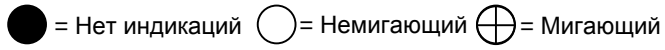


Рис. 16: Обозначения, используемые в схемах последовательностей

"БезФикс-Свечение": Повторяет входной сигнал, Вкл

В этом режиме сигнал ALARM повторяет значение входного сигнала, без фиксации.

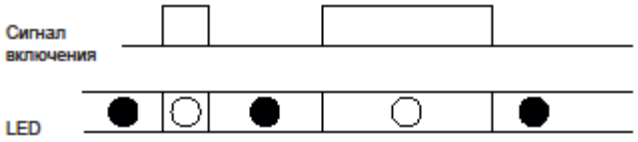


Рис. 17: Рабочая последовательность "БезФикс-Свечение"

"БезФикс-Мигание": Повторяет входной сигнал, Мигает

Подобна последовательности "БезФикс-Свечение", но светодиод мигает, когда вход активен, без фиксации.

"Фиксация-Свечение": С фиксацией, горит

Этот режим - функция с фиксацией. При активации входного сигнала аварийный сигнал имеет устойчивое свечение. После того как локальный оператор подтвердит получение сигнала, нажав любую клавишу на клавиатуре, аварийный сигнал отключается.

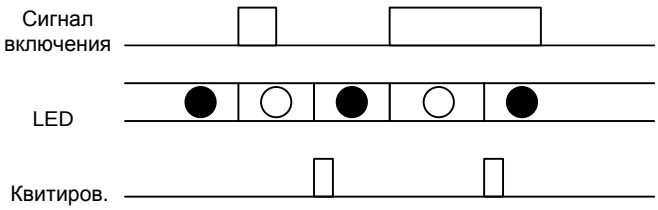


Рис. 18: Рабочая последовательность "Фиксация-Свечение"

"ФиксКвит-Миг-Свеч": С фиксацией, мигает-горит

Этот режим - функция с фиксацией. При активации входного сигнала аварийный сигнал начинает мигать. После квитирования аварийный сигнал исчезает, если сигнала больше нет, или начинает светиться постоянно, если сигнал все еще присутствует.

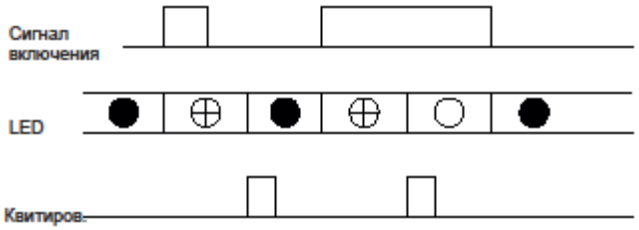


Рис. 19: Рабочая последовательность "ФиксКвит-Миг-Свеч"

3.4.3 Сигналы

Таблица 28: Входные сигналы

Название	Тип	По умолчанию	Описание
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 1
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 1
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 1
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 2
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 2
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 2
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 3
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 3
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 3
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 4
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 4
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 4
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 5
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 5
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 5
Продолжение таблицы на следующей странице			

Название	Тип	По умолчанию	Описание
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 6
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 6
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 6
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 7
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 7
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 7
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 8
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 8
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 8
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 9
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 9
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 9
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 10
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 10
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 10
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход Ok для светодиода 11
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийной сигнализации для светодиода 11
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса для светодиода 11

3.4.4 Уставки

Таблица 29: Параметры светодиодов

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Цвет светодиода	1=Зеленый 2=Красный			2=Красный	Цвет сигнального светодиода
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 1
Описание				Программируемые СИД Светодиод 1	Описание сигнализации
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 2
Описание				Программируемые СИД Светодиод 2	Описание сигнализации
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 3
Описание				Программируемые СИД Светодиод 3	Описание сигнализации
Режим аварийной сигнализации	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 4
Описание				Программируемые СИД Светодиод 4	Описание сигнализации

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим аварийной сигнализации	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 5
Описание				Программируемые СИД Светодиод 5	Описание сигнализации
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 6
Описание				Программируемые СИД Светодиод 6	Описание сигнализации
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 7
Описание				Программируемые СИД Светодиод 7	Описание сигнализации
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 8
Описание				Программируемые СИД Светодиод 8	Описание сигнализации
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 9
Описание				Программируемые СИД Светодиод 9	Описание сигнализации

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 10
Описание				Программируемые СИД Светодиод 10	Описание сигнализации
Режим светодиода	0=БезФикс-Свечение 1=БезФикс-Мигание 2=Фиксация-Свечение 3=ФиксКвит-Миг-Свеч			0=БезФикс-Свечение	Режим сигнального светодиода 11
Описание				Программируемые СИД Светодиод 11	Описание сигнализации

3.4.5 Контролируемые данные

Таблица 30: Данные мониторинга

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Программируемый светодиод 1	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 1
Программируемый светодиод 2	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 2
Программируемый светодиод 3	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 3
Программируемый светодиод 4	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 4
Программируемый светодиод 5	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 5
Программируемый светодиод 6	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 6

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Программируемый светодиод 7	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 7
Программируемый светодиод 8	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 8
Программируемый светодиод 9	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 9
Программируемый светодиод 10	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 10
Программируемый светодиод 11	Enum	0=Нет 1=Ok 3=Сигнализация		Состояние программируемого светодиода 11

3.5 Синхронизация времени

3.5.1 Контроль опорного сигнала времени GNRLLTMS

3.5.1.1 Функциональный блок

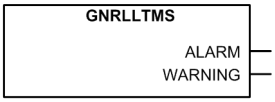


Рис. 20: Функциональный блок

3.5.1.2 Функциональные возможности

ИЭУ имеет встроенные часы реального времени, которые могут работать независимо либо синхронизировано с внешним источником. Часы реального времени используются для маркировки по времени событий, зарегистрированный данных и аварийных осциллограмм.

ИЭУ оснащено конденсаторной батареей резервного питания, рассчитанной на 48 часов работы, которая позволяет часам показывать точное время при отключении оперативного питания.

Уставка *Источник синхр.* определяет способ синхронизации часов реального времени. Если задано значение “Нет”, часы работают в автономном режиме и

время можно устанавливать вручную с помощью уставок *Дата* и *Время*. При использовании других значений активируется протокол связи, обеспечивающий синхронизацию времени. Одновременно может быть активным только один способ синхронизации. Протоколы IEEE 1588 v2 и SNTP обеспечивают резервирование времени от ведущего устройства.

Устройство релейной защиты для обновления часов реального времени использует протоколы SNTP, IRIG-B, IEEE 1588 v2, DNP3, Modbus и МЭК 60870-5-103. Протокол IEEE 1588 v2 с ведущими часами системы GPS обеспечивает самую высокую точность ±1 мкс. При использовании протоколов IRIG-B и SNTP обеспечивается точность ±1 мс.

Функция синхронизации времени 1588 ИЭУ соответствует требованиям профиля для электроэнергетики IEEE C37.238-2011 и обеспечивает возможность работы с IEEE 1588 v2. В соответствии с профилем мощности используется формат кадров Ethernet IEEE 802.3 с 88F7 Ethertype в качестве службы связи и с механизмом задержки P2P. Уставка *Режим объявления PTP* со значениями "Базовый IEEE1588" и "Профиль мощности" определяет формат кадров объявления PTP, отправляемых релейной защитой, которая работает как ведущее устройство 1588. В режиме "Профиль мощности" в кадры объявлений включаются TLV, являющиеся обязательными согласно требованиям к профилю мощности IEEE C37.238-2011.

Для синхронизации времени IEEE 1588 v2 требуется плата связи с поддержкой резервирования (COM0031...COM0037).

При использовании Modbus TCP или DNP3 по TCP/IP для лучшей точности синхронизации следует использовать синхронизацию времени по SNTP или IRIG-B.

Что касается устаревших протоколов, то сообщение синхронизации должно быть получено в течение четырех минут после последнего сообщения. В противном случае от ИЭУ поступит сообщение о плохом состоянии синхронизации. При использовании SNTP необходимо, чтобы сервер SNTP реагировал на запрос в течение 12 мс, в противном случае отклик считается недействительными.

ИЭУ может использовать один из двух SNTP серверов, первичный или вторичный. В основном используется первичный сервер, вторичный сервер используется в случае, когда недоступен первичный сервер. При использовании вторичного SNTP сервера защитное устройство пытается снова переключиться на первичный сервер при каждом третьем обращении. Если недоступны оба SNTP сервера, то отметки времени событий получают

статус недостоверных. Время запрашивается у SNTP сервера каждый 60 секунд. Поддерживаются версии SNTP 3 и 4.

IRIG-B Для синхронизации времени требуется формат IRIG-B B004/B005 по стандарту 200-04 IRIG-B. Предыдущие стандарты IRIG-B имеют формат B000/B001, и могут использоваться с программными расширениями IEEE-1344. Для синхронизации времени может использоваться глобальное время (UTC) либо местное время. Так как перезагрузка не требуется, синхронизация начинается сразу же после выбора источника синхронизации IRIG-B и подключения к источнику сигнала IRIG-B.

Для синхронизации времени требуется плата связи (плата COM) с входом IRIG-B.

При использовании связи между устройствами RED615 для дифференциальной защиты линии сообщения синхронизации от ИЭУ с противоположного конца линии могут приниматься в телеграммах защиты. ИЭУ начинает синхронизировать часы реального времени с временем ИЭУ на другом конце линии, если выбран источник синхронизации времени дифференциальной защиты линии. Это не оказывает влияния на синхронизацию, используемую в дифференциальной защите линии, или на выбор метода синхронизации релейной защиты на удаленном конце. [1]

3.5.1.3 Сигналы

Таблица 31: Выходные сигналы функции GNRLLTMS

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал синхронизации времени
WARNING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение синхронизации времени

3.5.1.4 Уставки

Таблица 32: Формат времени

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Формат времени	1=24Ч:ММ:СС:МС 2=12Ч:ММ:СС:МС			1=24Ч:ММ:СС:МС	Формат времени
Формат даты	1=ДД.ММ.ГГГГ 2=ДД/ММ/ГГГГ 3=ДД-ММ-ГГГГ 4=ММ.ДД.ГГГГ 5=ММ/ДД/ГГГГ 6=ГГГГ-ММ-ДД 7=ГГГГ-ДД-ММ 8=ГГГГ/ДД/ММ			1=ДД.ММ.ГГГГ	Формат даты

[1] Дифференциальная защита линий доступна только в устройствах RED615.

Таблица 33: Параметры времени

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Источник синхр.	0=Нет 1=SNTP 2=Modbus 3=IEEE 1588 5=IRIG-B 9=DNP 17=IEC60870-5-103			1=SNTP	Источник синхронизации времени
Идент. домена PTP	0...255		1	0	Домен определяет целое число (ДоменНомер) в диапазоне от 0 до 255.
PTP, приоритет 1[1)]	0...255		1	128	PTP, приоритет 1, в диапазоне от 0 до 255.
PTP, приоритет 2	0...255		1	128	PTP, приоритет 2, в диапазоне от 0 до 255.
Режим объявления PTP	1=Базовый IEEE1588 2=Профиль для электроэнергетики			1=Базовый IEEE1588	Режим профиля объявления PTP

1) Чем меньше величина, тем выше приоритет

Таблица 34: Параметры времени

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Дата				0	Дата
Время				0	Время
Сдвиг времени	-840...840	мин	1	0	Сдвиг местного времени в минутах

Таблица 35: Параметры времени

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
IP SNTP первичный				10.58.125.165	IP-адрес первичного сервера SNTP
IP SNTP вторичный				192.168.2.165	IP-адрес вторичного сервера SNTP

Таблица 36: Параметры времени

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Использование перехода на летнее время	0=Нет 1=Да			1=Да	Настройка использования перехода на летнее время
Переход на летнее время (часы)	0...23	ч		2	Время перехода на летнее время (ЧЧ)
Переход на летнее время (минуты)	0...59	мин		0	Время перехода на летнее время (ММ)
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Дата перехода на летнее время (день)	1...31			1	Дата перехода на летнее время (ДД:ММ)
Дата перехода на летнее время (месяц)	1=Январь 2=Февраль 3=Март 4=Апрель 5=Май 6=Июнь 7=Июль 8=Август 9=Сентябрь 10=Октябрь 11=Ноябрь 12=Декабрь			5=Май	Дата перехода на летнее время (ДД:ММ)
День перехода на летнее время (день недели)	0=резерв 1=Понедельник 2=Вторник 3=Среда 4=Четверг 5=Пятница 6=Суббота 7=Воскресенье			0=резерв	День недели перехода на летнее время
Переход на зимнее время (часы)	0...23	ч		2	Время перехода на зимнее время (ЧЧ)
Переход на зимнее время (минуты)	0...59	мин		0	Время перехода на зимнее время (ММ)
Дата перехода на зимнее время (день)	1...31			25	Дата перехода на зимнее время (ДД:ММ)
Дата перехода на зимнее время (месяц)	1=Январь 2=Февраль 3=Март 4=Апрель 5=Май 6=Июнь 7=Июль 8=Август 9=Сентябрь 10=Октябрь 11=Ноябрь 12=Декабрь			9=Сентябрь	Дата перехода на зимнее время (ДД:ММ)
День перехода на зимнее время (день недели)	0=резерв 1=Понедельник 2=Вторник 3=Среда 4=Четверг 5=Пятница 6=Суббота 7=Воскресенье			0=резерв	День недели перехода на зимнее время
Сдвиг времени	-720...720	мин	1	60	Сдвиг летнего времени

3.6 Группы уставок

3.6.1 Функциональный блок

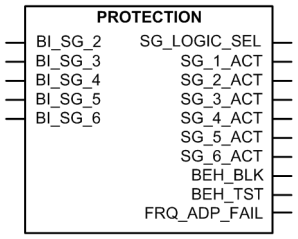


Рис. 21: Функциональный блок

3.6.2 Функциональные возможности

ИЭУ поддерживает шесть групп уставок. Каждая группа уставок содержит категории параметров, используемые определенными функциями. В процессе работы заказчик может менять активную группу уставок.

Активная группа уставок может изменяться при помощи параметра или через дискретные входы, в зависимости от того, какой режим выбран в меню **Конфигурация/Группа уставок/Режим SG**.

По умолчанию все входы имеют значение "0", что делает возможным использование только требуемого количества входов, оставляя неподключенными остальные. Выбор группы уставок не зависит от выходов SG_x_ACT.

Таблица 37: Дополнительные режимы выбора групп уставок

Режим SG	Описание
Оператор (По умолчанию)	Группу уставок можно изменить в меню **Уставки/Группа уставок/Активная группа**. Значение выхода SG_LOGIC_SEL — НЕТ.
Логический режим 1	Группу уставок можно менять через дискретные входы (BI_SG_2...BI_SG_6). Активная группа уставок определяется самым высоким дискретным входом со значением 1. Значение выхода SG_LOGIC_SEL — ДА.
Логический режим 2	Группу уставок можно менять через дискретные входы, где для выбора групп уставок 1-3 или 4-6 используется вход BI_SG_4. Когда дискретный вход BI_SG_4 имеет значение 0, то группы уставок 1-3 выбираются через дискретные входы BI_SG_2 и BI_SG_3. Когда дискретный вход BI_SG_4 имеет значение 1, группы уставок 4-6 выбираются через дискретные входы BI_SG_5 и BI_SG_6. Значение выхода SG_LOGIC_SEL — ДА.

Например, шесть групп уставок могут контролироваться тремя дискретными входами. Для параметра *Режим SG* задано значение “Логический режим 2”, а входы BI_SG_2 и BI_SG_5 соединены между собой таким же образом, как и входы BI_SG_3 и BI_SG_6.

Таблица 38: Режим SG = “Логический режим 1”

Вход					
BI_SG_2	BI_SG_3	BI_SG_4	BI_SG_5	BI_SG_6	Активная группа
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	2
любое	1	0	0	0	3
любое	любое	1	0	0	4
любое	любое	любое	1	0	5
любое	любое	любое	любое	1	6

Таблица 39: Режим SG = “Логический режим 2”

Вход					
BI_SG_2	BI_SG_3	BI_SG_4	BI_SG_5	BI_SG_6	Активная группа
0	0	0	любое	любое	1
1	0	0	любое	любое	2
любое	1	0	любое	любое	3
любое	любое	1	0	0	4
любое	любое	1	1	0	5
любое	любое	1	любое	1	6

Группу уставок 1 можно скопировать в другую группу или во все имеющиеся группы в ИЧМ (копирование группы 1).

3.7 Режим тестирования

3.7.1 Функциональные блоки

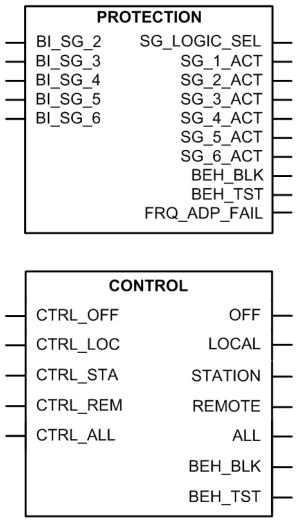


Рис. 22: Функциональные блоки

3.7.2 Функциональные возможности

Режим всех логических узлов в модели данных МЭК 61850 можно задать с помощью параметра *Тестовый режим*. *Тестовый режим* выбирается при помощи одного общего параметра меню веб-ИЧМ: **Тестирование/ Тестирование ИЭУ**. По умолчанию *Тестовый режим* можно задать только локально с помощью ЛИЧМ. *Тестовый режим* также доступен по протоколу связи МЭК 61850 (LD0.LLN0.Mod).

Таблица 40: Режим тестирования

Режим тестирования	Описание	Блокировка защиты BEH_BLK
Нормальный режим	Нормальный режим работы	НЕТ
ИЭУ заблокировано	Защита работает как в нормальном режиме, но конфигурация логики АСТ может использоваться для блокировки физических выходов к управляемому процессу. Выдача команд блоком управления заблокирована.	ДА
Тестирование ИЭУ	Защита работает, как в нормальном режиме, но функции защиты работают параллельно с параметрами тестирования.	НЕТ
Тест, ИЭУ заблокировано	Защита работает, как в нормальном режиме, но функции защиты работают параллельно с параметрами тестирования. Логика АСТ может использоваться для блокировки физических выходов к управляемому процессу. Выдача команд блоком управления заблокирована.	ДА

Объекты данных поведения во всех логических узлах соответствуют значению LD0.LLN0.Mod. Если выбран "Нормальный режим", объекты данных поведения следуют объекту данных режима (.Mod) соответствующего логического устройства.

Передача данных по вертикали или горизонтали не блокируется режимами "ИЭУ заблокировано" и "Тест, ИЭУ заблокировано".

3.7.3 Прикладная конфигурация и тестовый режим

Физические выходы от команд управления на процессы блокируются режимами "ИЭУ заблокировано" и "Тест, ИЭУ заблокировано". Если необходимо отключить физические выходы от защиты, для блокирования этих сигналов необходимо использовать прикладную конфигурацию. Для схемы блокировки требуется выход `BEH_BLK` функционального блока защиты PROTECTION.

3.7.4 Режим управления

Режим работы всех логических узлов, относящихся к логическому устройству CTRL, задается при помощи параметра *Режим управления*. Параметр *Режим управления* доступен через ИЧМ или программу PCM600 в меню **Конфигурация/Управление/Общее**. По умолчанию уставку *Режим управления* можно задать только локально с помощью ЛИЧМ.*Режим управления* наследует значение от параметра *Тестовый режим*, но значения "Вкл.", "Заблокировано" и "Выкл." параметра *Режим управления* можно также задавать независимо. *Режим управления* также доступен по протоколу связи МЭК 61850 (CTRL.LLN0.Mod).

Таблица 41: Режим управления

Режим управления	Описание	Блокировка управления BEH_BLK
Вкл.	Нормальный режим работы	НЕТ
Заблокировано	Выдача команд блоком управления заблокирована	ДА
Выкл.	Функции управления отключены	НЕТ

Объекты данных поведения в логическом устройстве CTRL соответствуют значению CTRL.LLN0.Mod. Если выбрано

значение "Вкл.", объекты данных поведения следуют режиму соответствующего логического устройства.

3.7.5 Прикладная конфигурация и режим управления

В режиме "Заблокировано" физические выходы команд к управляемому процессу заблокированы. Если необходимо полностью заблокировать физические выходы, что означает также блокировку подачи команд на дискретные выходы, для блокирования этих сигналов необходимо использовать прикладную конфигурацию. Для схемы блокировки используется выход BEH_BLK функционального блока CONTROL.

3.7.6 Авторизация

По умолчанию параметры *Тестовый режим* и *Режим управления* могут быть изменены только из ЛИЧМ. Можно записать тестовый режим с помощью удаленного клиента, если это требуется в конфигурации. Это можно сделать только с помощью ЛИЧМ, задав параметр *Дистанционный режим теста* в меню **Тестирование/Тестирование ИЭУ/Режим тестирования**. Дистанционная работа возможна только в том случае, если в ИЭУ для режима управления установлено дистанционное управление. Локальное и дистанционное управление можно выбрать кнопкой R/L или с помощью функционального блока управления в прикладной конфигурации.

При использовании средства контроля сигналов для принудительного задания сетевых значений должны выполняться указанные ниже условия.

- *Дистанционно принудительно* имеет значение "Все уровни"
- *Тестовый режим* включен
- Положение управления ИЭУ находится в дистанционном положении

Таблица 42: Режим дистанционного тестирования

Режим дистанционного тестирования	61850-8-1-MMS	WHMI/PCM600
Выкл.	Нет доступа	Нет доступа
Техническое обслуживание	Техническое обслуживание категории источника команд	Нет доступа
Все уровни	Все категории источников	Да

3.7.7 Индикация ЛИЧМ

Когда ИЭУ находится в состоянии "ИЭУ заблокировано" или "Тест, ИЭУ заблокировано", мигает желтый светодиод "Пуск". Мигание зеленого светодиода "Готов" свидетельствует о том, что включен режим "Тест, ИЭУ заблокировано" или "ИЭУ заблокировано".

3.7.8 Сигналы

Таблица 43: Входные сигналы функции PROTECTION

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
BI_SG_2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Активирована группа уставок 2
BI_SG_3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Активирована группа уставок 3
BI_SG_4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Активирована группа уставок 4
BI_SG_5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Активирована группа уставок 5
BI_SG_6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Активирована группа уставок 6

Таблица 44: Входные сигналы функции CONTROL

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
CTRL_OFF	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Управление ВЫКЛ.
CTRL_LOC	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Локальное управление
CTRL_STA	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Станция управления
CTRL_REM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Дистанционное управление
CTRL_ALL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Управление для всех

Таблица 45: Выходные сигналы функции PROTECTION

Название	Тип	Описание
SG_LOGIC_SEL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выбор логики для группы уставок
SG_1_ACT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Активирована группа уставок 1
SG_2_ACT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Активирована группа уставок 2
SG_3_ACT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Активирована группа уставок 3
SG_4_ACT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Активирована группа уставок 4
SG_5_ACT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Активирована группа уставок 5
SG_6_ACT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Активирована группа уставок 6
BEH_BLK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние блокировки логического устройства LD0
BEH_TST	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние тестирования логического устройства LD0
FRQ_ADP_FAIL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние сбоя адаптивности по частоте

Таблица 46: Выходные сигналы УПРАВЛЕНИЯ

Название	Тип	Описание
ВЫКЛ.	ЛОГИЧЕСКИЙ	Управление ВЫКЛ.
Местное	ЛОГИЧЕСКИЙ	Локальное управление
Станция	ЛОГИЧЕСКИЙ	Станция управления
Дистанционное	ЛОГИЧЕСКИЙ	Дистанционное управление
ВСЕ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Управление для всех
BEH_BLK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние блокировки логического устройства LD0
BEH_TST	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние тестирования логического устройства LD0

3.8 Регистратор аварийных событий FLTRFRC

3.8.1 Функциональный блок

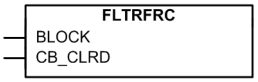


Рис. 23: Функциональный блок

3.8.2 Функциональные возможности

В ИЭУ предусмотрена возможность хранить записи 128 последних аварийных событий. Записи аварий включают величины тока основной частоты или среднеквадратичные величины. Записи позволяют пользователю анализировать последние события энергосистемы. Каждой записи аварийного события (FLTRFRC) присваивается номер (в порядке возрастания) и отметка времени его начала.

Период записи аварии начинается с события пуска любой функции защиты и завершается срабатыванием функции защиты или возвратом защиты до события срабатывания. Если возврат защиты происходит без события срабатывания, будет показана длительность пуска функции, которая запустилась первой.

Длительность пуска, имеющая значение 100%, указывает на то, что функция защиты сработала во время повреждения, а если ни одна из функций защиты не сработала, параметр «длительность пуска» всегда будет иметь значение менее 100%.

Данные регистратора аварий Защита и Длительность пуска поступают от одной и той же функции защиты. Время срабатывания регистратора аварийных событий показывает время фактического периода аварии. Это

значение представляет собой разность по времени между активацией внутреннего пускового сигнала и сигнала срабатывания. Фактическое время срабатывания также включает в себя время пуска и выдержку времени выходного ИЭУ. Записанные данные аварийного события *Время отключения выключателя* представляют собой промежуток времени между моментом появления внутреннего сигнала срабатывания и моментом активации входа CB_CLRD.



Если некоторые функции релейной защиты довольно чувствительны и часто запускаются, то рекомендуется задать параметр *Режим пуска* в значение “От срабатывания”. В этом случае только аварии, которые привели к срабатыванию защиты, запускают новую запись.

Значения тока, напряжения, частоты и угла во время повреждения, также значения счетчика попыток АПВ и номер активной группы уставок, регистрируются, начиная с момента события срабатывания, или с момента начала повреждения, если при повреждении имеет место только событие пуска. Производится сбор максимальных значений тока повреждения во время повреждения. Если частоту измерить невозможно, в качестве значения частоты используется номинальная частота, в качестве градиента частоты – ноль, а достоверность устанавливается соответствующим образом.

Режим измерения значений фазных токов и тока нулевой последовательности можно выбирать при помощи параметра *Режим измерения* .

3.8.3 Уставки

Таблица 47: Общие уставки функции FLTRFRC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим пуска	0=При всех авариях 1=От срабатывания 2=Только по пуску			0=При всех авариях	Режим пуска

Таблица 48: Общие уставки функции FLTRFRC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения фазных токов и тока нулевой последовательности

3.8.4 Контролируемые данные

Таблица 49: Контролируемые данные функции FLTRFRC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Номер повреждения	INT32	0...999999		Номер аварийной записи
Время и дата	Метка времени			Время записи
Функции защиты	Enum	0=Не определена 1=PHLPTOC1 2=PHLPTOC2 6=PHHPTOC1 7=PHHPTOC2 8=PHHPTOC3 9=PHHPTOC4 12=PHIPTOC1 13=PHIPTOC2 17=EFLPTOC1 18=EFLPTOC2 19=EFLPTOC3 22=EFHPTOC1 23=EFHPTOC2 24=EFHPTOC3 25=EFHPTOC4 30=EFIPTOC1 31=EFIPTOC2 32=EFIPTOC3 35=NSPTOC1 36=NSPTOC2 -7=INTRPTEF1 -5=STTPMSU1 -3=JAMPTOC1 41=PDNSPTOC1 44=T1PTTR1 46=T2PTTR1 48=MPTTR1 50=DEFLPDEF1 51=DEFLPDEF2 53=DEFHPDEF1 56=EFPADM1 57=EFPADM2 58=EFPADM3 59=FRPFRQ1 60=FRPFRQ2 61=FRPFRQ3 62=FRPFRQ4 63=FRPFRQ5 64=FRPFRQ6		Функция защиты
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
		65=LSHDPFRQ1 66=LSHDPFRQ2 67=LSHDPFRQ3 68=LSHDPFRQ4 69=LSHDPFRQ5 71=DPHLPDOC1 72=DPHLPDOC2 74=DPHHPDOC1 77=MAPGAPC1 78=MAPGAPC2 79=MAPGAPC3 85=MNSPTOC1 86=MNSPTOC2 88=LOFLPTUC1 90=TR2PTDF1 91=LNPLDF1 92=LREFPNDF1 94=MPDIF1 96=HREFPDIF1 100=ROVPTOV1 101=ROVPTOV2 102=ROVPTOV3 104=PHPTOV1 105=PHPTOV2 106=PHPTOV3 108=PHPTUV1 109=PHPTUV2 110=PHPTUV3 112=NSPTOV1 113=NSPTOV2 116=PSPTUV1 118=ARCSARC1 119=ARCSARC2 120=ARCSARC3 -96=SPHIPTOC1 -93=SPHLPTOC2 -92=SPHLPTOC1 -89=SPHHPTOC2 -88=SPHHPTOC1 -87=SPHPTUV4 -86=SPHPTUV3 -85=SPHPTUV2 -84=SPHPTUV1 -83=SPHPTOV4 -82=SPHPTOV3 -81=SPHPTOV2 -80=SPHPTOV1		

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
		-25=OEPVPH4 -24=OEPVPH3 -23=OEPVPH2 -22=OEPVPH1 -19=PSPTOV2 -18=PSPTOV1 -15=PREVPTOC1 -12=PHPTUC2 -11=PHPTUC1 -9=PHIZ1 5=PHLTPTOC1 20=EFLPTOC4 26=EFHPTOC5 27=EFHPTOC6 37=NSPTOC3 38=NSPTOC4 45=T1PTTR2 54=DEFHPDEF2 75=DPHHPDOC2 89=LOFLPTUC2 103=ROVPTOV4 117=PSPTUV2 -13=PHPTUC3 3=PHLPTOC3 10=PHHPTOC5 11=PHHPTOC6 28=EFHPTOC7 29=EFHPTOC8 107=PHPTOV4 111=PHPTUV4 114=NSPTOV3 115=NSPTOV4 -30=PHDSTPDIS1 -29=TR3PTDF1 -28=HICPDIF1 -27=HIBPDIF1 -26=HIAPDIF1 -32=LSHDPFRQ8 -31=LSHDPFRQ7 70=LSHDPFRQ6 80=MAPGAPC4 81=MAPGAPC5 82=MAPGAPC6 83=MAPGAPC7 -102=MAPGAPC12 -101=MAPGAPC11 -100=MAPGAPC10 -99=MAPGAPC9		
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
		-98=RESCPSCH1 -57=FDEFLPDEF2 -56=FDEFLPDEF1 -54=FEFLPTOC1 -53=FDPHLPDOC2 -52=FDPHLPDOC1 -50=FPHLPTOC1 -47=MAP12GAPC8 -46=MAP12GAPC7 -45=MAP12GAPC6 -44=MAP12GAPC5 -43=MAP12GAPC4 -42=MAP12GAPC3 -41=MAP12GAPC2 -40=MAP12GAPC1 -37=HAEFPTOC1 -35=WPWDE3 -34=WPWDE2 -33=WPWDE1 52=DEFLPDEF3 84=MAPGAPC8 93=LREFPNDF2 97=HREFPDIF2 -117=XDEFLPDEF2 -116=XDEFLPDEF1 -115=SDPHLPDOC2 -114=SDPHLPDOC1 -113=XNSPTOC2 -112=XNSPTOC1 -111=XEFIPTOC2 -110=XEFHPTOC4 -109=XEFHPTOC3 -108=XEFLPTOC3 -107=XEFLPTOC2 -66=DQPTUV1		
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
		-65=VVSPPAM1 -64=PHPVOC1 -63=H3EFPSEF1 -60=HCUBPTOC1 -59=CUBPTOC1 -72=DOPPDPR1 -69=DUPPDPR1 -61=COLPTOC1 -106=MAPGAPC16 -105=MAPGAPC15 -104=MAPGAPC14 -103=MAPGAPC13 -76=MAPGAPC18 -75=MAPGAPC17 -62=SRCPTOC1 -74=DOPPDPR3 -73=DOPPDPR2 -70=DUPPDPR2 -58=UZPDIS1 -36=UEXPDIS1 14=MFADPSDE1 -10=LVRTPTUV1 -8=LVRTPTUV2 -6=LVRTPTUV3 -122=DPH3LPDOC1 -121=DPH3HPDOC2 -120=DPH3HPDOC1 -119=PH3LPTOC2 -118=PH3LPTOC1 -79=PH3HPTOC2 -78=PH3HPTOC1 -77=PH3IPTOC1 -127=PHAPTUV1 -124=PHAPTOV1 -123=DPH3LPDOC2 -68=PHPVOC2 -67=DQPTUV2 -39=UEXPDIS2 98=MHZPDIF1 -4=MREFPTOC1		
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Длительность пуска	FLOAT32	0,00...100,00	%	Максимальная длительность пуска всех ступеней при аварии
Время срабатывания	FLOAT32	0,000...999999,999	с	Время срабатывания
Время отключения выключателя	FLOAT32	0,000...3,000	с	Время отключения выключателя
Расстояние до места повреждения	FLOAT32	0,00...3000,00	о. е.	Расстояние до места повреждения в отн. ед.
Сопротивление в месте повреждения	FLOAT32	0,00...1000000,00	Ом	Сопротивление в месте повреждения
Активная группа	INT32	1...6		Активная группа уставок
Счетчик циклов АПВ	INT32	1...7		Значение указателя циклов АПВ
Макс дифток, ф.A	FLOAT32	0,000...80,000	о. е.	Максимальный дифференциальный ток в фазе A
Макс дифток, ф.B	FLOAT32	0,000...80,000	о. е.	Максимальный дифференциальный ток в фазе B
Макс дифток, ф.C	FLOAT32	0,000...80,000	о. е.	Максимальный дифференциальный ток в фазе C
Дифток ф.A	FLOAT32	0,000...80,000	о. е.	Дифференциальный ток в фазе A
Дифток ф.B	FLOAT32	0,000...80,000	о. е.	Дифференциальный ток в фазе B
Дифток ф.C	FLOAT32	0,000...80,000	о. е.	Дифференциальный ток в фазе C
Макс торм ток, ф.A	FLOAT32	0,000...50,000	о. е.	Максимальный ток торможения в фазе A
Макс торм ток, ф.B	FLOAT32	0,000...50,000	о. е.	Максимальный ток торможения в фазе B
Макс торм ток, ф.C	FLOAT32	0,000...50,000	о. е.	Максимальный ток торможения в фазе C
Ток торможения ф.A	FLOAT32	0,000...50,000	о. е.	Ток торможения в фазе A
Ток торможения ф.B	FLOAT32	0,000...50,000	о. е.	Ток торможения в фазе B
Ток торможения ф.C	FLOAT32	0,000...50,000	о. е.	Ток торможения в фазе C
Дифток 3Io	FLOAT32	0,000...80,000	о. е.	Дифференциальный ток нулевой последовательности
Ток торможения 3Io	FLOAT32	0,000...50,000	о. е.	Ток торможения нулевой последовательности

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Макс ток Ia	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе A
Макс ток Ib	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе B
Макс ток Ic	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе C
Макс ток 3Io	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток нулевой последовательности
Ток Ia	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе A
Ток Ib	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе B
Ток Ic	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе C
Ток 3Io	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток нулевой последовательности
Ток 3Io (расч)	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Расчетный ток нулевой последовательности
Ток I1	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток прямой последовательности
Ток I2	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток обратной последовательности
Макс ток Ia'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе A (сторона 2)
Макс ток Ib'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе B (сторона 2)
Макс ток Ic'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе C (сторона 2)
Макс ток 3Io'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток 3Io (сторона 2)
Ток Ia'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе A (сторона 2)
Ток Ib'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе B (сторона 2)
Ток Ic'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе C (сторона 2)
Ток 3Io'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток 3Io (сторона 2)
Ток 3Io' (расч)	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Расчетный ток нулевой последовательности (сторона 2)
Ток I1'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток прямой последовательности (сторона 2)
Ток I2'	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток обратной последовательности (сторона 2)
Макс ток Ia"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе A (сторона 3)
Макс ток Ib"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе B (сторона 3)

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Макс ток Ic"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток в фазе C (сторона 3)
Макс ток 3Io"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Максимальный ток 3Io (сторона 3)
Ток Ia"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе A (сторона 3)
Ток Ib"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе B (сторона 3)
Ток Ic"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток в фазе C (сторона 3)
Ток 3Io"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток нулевой последовательности (сторона 3)
Ток 3Io" (расч)	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Расчетный ток нулевой последовательности (сторона 3)
Ток I1"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток прямой последовательности (сторона 3)
Ток I2"	FLOAT32	0,000...50,000	xIn	Ток обратной последовательности (сторона 3)
Напряжение Ua	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение фазы A
Напряжение Ub	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение фазы B
Напряжение Uc	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение фазы C
Напряжение Uab	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение Uab
Напряжение Ubc	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение Ubc
Напряжение Uca	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение Uca
Напряжение Uo	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение нулевой последовательности
Напряжение U0	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение нулевой последовательности
Напряжение U1	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение прямой последовательности
Напряжение U2	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение обратной последовательности
Напряжение Ua'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение фазы A (сторона 2)
Напряжение Ub'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение фазы B (сторона 2)
Напряжение Uc'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение фазы B (сторона 2)
Напряжение Uab'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение Uab (сторона 2)
Напряжение Ubc'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение Ubc (сторона 2)
Напряжение Uca	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение Uca (сторона 2)
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Напряжение Uo'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение обратного провода (сторона 2)
Напряжение U0'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение нулевой последовательности (сторона 2)
Напряжение U1'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение прямой последовательности (сторона 2)
Напряжение U2'	FLOAT32	0,000...4,000	xUn	Напряжение обратной последовательности (сторона 2)
Температура PTTR	FLOAT32	0,00...99,99		Расчетная температура (PTTR) защищаемого объекта относительно температуры срабатывания
PDNSPTOC1 I2/I1	FLOAT32	0,00...999,99	%	Отношение I2/I1 для PDNSPTOC1
Частота	FLOAT32	30,00...80,00	Гц	Частота
Градиент частоты	FLOAT32	-10,00...10,00	Гц/с	Градиент частоты
Активная проводимость Yo	FLOAT32	-1000,00...1000,00	мСм	Активная проводимость Yo
Реактивная проводимость Yo	FLOAT32	-1000,00...1000,00	мСм	Реактивная проводимость Yo
Угол Uo - Io	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между 3Uo и 3Io
Угол Ubc - Ia	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между напряжением Ubc и током Ia
Угол Uca - Ib	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между напряжением Uca и током Ib
Угол Uab - Ic	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между напряжением Uab и током Ic
Угол UoB - IoB	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между 3Uo и 3Io (сторона 2)
Угол Ubc' - Ia'	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между напряжением Ubc и током Ia (сторона 2)
Угол Uca' - Ib'	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между напряжением Uca и током Ib (сторона 2)
Угол Uab' - Ic'	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между напряжением Uab и током Ic (сторона 2)

3.9 Энергонезависимая память

Устройство релейной защиты не оснащено резервным аккумуляторным источником питания. При перебоях вспомогательного питания важная информация, такая как конфигурация и уставки, записи о событиях, аварийных процессах и другие данные сохраняются в энергонезависимой памяти устройства релейной защиты. Питание на часы реального времени устройства подается конденсаторной батареей резервного питания, рассчитанной на 48 часов работы,

- В памяти может храниться до 1024 событий. Сохраненные события можно увидеть при помощи ЛИЧМ, веб-ИЧМ и утилиты для просмотра событий Event viewer в программном обеспечении PCM600.
- Записанные данные
  - Записи аварийных событий (до 128)
  - Максимальные средние величины
- Данные мониторинга положения выключателя
- Состояния светодиодов сигнализации и срабатывания
- Блокировка цепи отключения
- Значения счетчиков

3.10 Входы датчиков для сигналов тока и напряжения

В этой главе приведены краткие примеры порядка определения правильных параметров датчиков.

Для повышения точности измерения исходных значений датчики имеют поправочные коэффициенты, измеренные и проверенные производителем датчика. Рекомендуется задавать поправочные коэффициенты. Для датчиков напряжения и датчиков Роговского предусмотрены поправочные коэффициенты двух типов. Амплитудный поправочный коэффициент называется *ВыравнивАмплит_A(B/C)*, а угловой поправочный коэффициент называется *Выравнивание угла A(B/C)*. Эти поправочные коэффициенты указаны на табличке с техническими данными датчика. Если поправочные коэффициенты не указаны, за дополнительными сведениями обращайтесь к производителю датчика.

Пример уставки катушки Роговского

В данном примере используется датчик 80 A/0,150 В при частоте 50 Гц, номинальный ток (In) составляет 150 A. Так как датчик (катушка Роговского)

является линейным и не насыщается, датчик 80 А/0,150 В при частоте 50 Гц работает так же, как датчик 150 А/0,28125 В при частоте 50 Гц. При определении другого первичного значения, для датчика необходимо также переопределить значение номинального напряжения, чтобы не изменился коэффициент трансформации. Однако единицами измерения уставки ИЭУ (*Номинальное значение на вторичной обмотке*) являются не В, а мВ/Гц, поэтому ее значение в одинаковой степени будет верным как для номинальной частоты 50 Гц, так и 60 Гц.

$$RSV = \frac{\frac{I_n}{I_{pr}} \times K_r}{f_n}$$

(Уравнение 1)

RSV	*Номинальное значение на вторичной обмотке* в мВ/Гц
I_n	Номинальный ток приложения
I_{pr}	Номинальный первичный ток датчика
f_n	Номинальная частота сети
K_r	Номинальное напряжение датчика при номинальном токе, в мВ

В этом примере вычисление по формуле дает следующее значение.

$$\frac{\frac{150A}{80A} \times 150mV}{50Hz} = 5.625\frac{mV}{Hz}$$

(Уравнение 2)

На основе этой информации можно задать уставки пояса Роговского в релейной защите.

Таблица 50: ***Пример значений уставок для катушки Роговского***

Уставка	Величина
Первичный ток	150 А
Номинальная вторичная величина	5,625 мВ/Гц
Номинальный ток	150 А

Если не указано иное, уставка *Номинальный ток* всегда должна быть равна уставке *Первичный ток*.

Если отношение номинального тока приложения I_n к номинальному первичному току датчика I_{pr} повышается и номинальное вторичное значение должно быть задано выше 46,875 мВ/Гц, максимальное значение, которое

устройство может измерить до насыщения входа датчика тока, будет меньше, чем максимальное значение уставки токовой защиты.

Таблица 51: Максимальные значения уставок защиты по току

Номинальный ток приложения (I_n)	Номинальное вторичное значение с 80 А/0,150 В при 50 Гц	Максимальное значение уставки токовой защиты, которое нельзя превышать
...1250 А	1,000...46,875 мВ/Гц	40 × I_n (Также максимум диапазона уставки начального значения)
1250...2500 А	46,875...93,750 мВ/Гц	20 × I_n
2500...4000 А	93,750...150,000 мВ/Гц	12,5 × I_n

Пример уставки датчика напряжения

Работа датчика напряжения основана на принципе резистивного или емкостного делителя. Поэтому характеристика напряжения является линейной во всем диапазоне измерений. Выходным сигналом является напряжение, прямо пропорциональное первичному напряжению. Для датчика напряжения все параметры берутся из его таблички технических характеристик, никакие преобразования не требуются.

В этом примере номинальное напряжение между фазами в системе составляет 10 кВ. Поэтому для параметра *Первичное напряж.* задается значение 10 кВ. Для устройств релейной защиты, совместимых с функцией измерения датчиками, для уставки *Вход напряжения* всегда задано значение «Датчик CVD», которое не может быть изменено. Это же касается параметра *Подключение ТН*, для которого всегда задан тип «Звезда». Чаще всего датчики напряжения АББ имеют коэффициент деления 10000:1. Поэтому для параметра *Коэф. масштабир.* обычно задается значение «10000». Первичное напряжение пропорционально делится на коэффициент деления.

Таблица 52: Пример значений уставок для датчика напряжения

Уставка	Величина
Первичное напряж.	10 кВ
Подключение ТН	Звезда
Вход напряжения	3=Датчик CVD
Коэф. масштабир.	10000

3.11 Дискретный вход

3.11.1 Время фильтрации дискретного входа

Время фильтрации устраняет дребезг и короткие всплески на дискретных входах. Время фильтрации регулируется на каждом дискретном входе устройства релейной защиты.

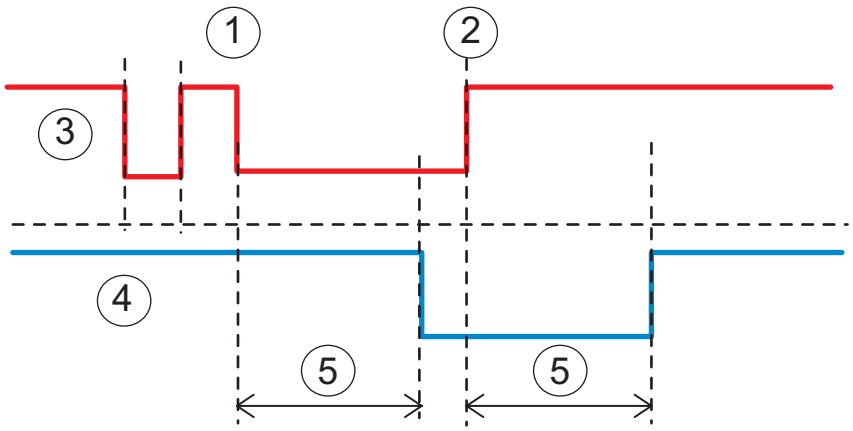


Рис. 24: Фильтрация на дискретном входе

1 t_0
2 t_1
3 Входной сигнал
4 Фильтрованный входной сигнал
5 Время фильтрации

Изначально уровень входного сигнала высокий, кратковременный низкий уровень фильтруется, и изменения состояния входа не наблюдается. Низкий уровень, который начинается в момент времени t_0, превышает время фильтрации, что означает, что обнаружено изменение состояния входа, и к этому изменению состояния добавлена временная метка t_0. Высокий уровень начинается с момента t_1, это обнаруживается, и ставится метка времени t_1.

Каждый дискретный вход имеет параметр времени фильтрации Фильтр входа №, где № - это номер дискретного входа соответствующего модуля (например, Фильтр входа 1).

Таблица 53: Значения параметров фильтра входа

Параметр	Значения	По умолчанию
Время фильтрации входа №	5...1000 мс	5 мс

3.11.2 Инверсия дискретного входа

Параметр *Инверсия входа №* используется для инвертирования дискретного входа.

Таблица 54: Состояние дискретных входов

Управляющее напряжение	Инверсия входа №	Состояние дискретного входа
Нет	0	НЕТ (0)
Да	0	ДА (1)
Нет	1	ДА (1)
Да	1	НЕТ (0)

При инвертировании дискретного входа его состояние «Да» (1), если на выводы не подается управляющее напряжение. Соответственно, когда управляющее напряжение подается на выводы дискретного входа, он устанавливается в состояние «Нет» (0).

3.11.3 Подавление колебаний

Блокировка колебаний используется для уменьшения нагрузки со стороны системы при частом изменении состояний дискретного входа. Считается, что на дискретном входе есть колебания, если количество действительных изменений состояний (= количество событий после фильтрации) в течение одной секунды равно или больше заданного значения уровня колебаний. Во время колебаний дискретный вход блокируется (статус – недостоверный), при этом генерируется событие. Когда вход заблокирован, его состояние не меняется, т.е. состояние входа зависит от его состояния до блокировки.

Считается, что на дискретном входе нет колебаний, если количество изменений состояния в течение одной секунды меньше заданного уровня колебаний минус заданное значение гистерезиса колебаний. Обратите внимание, что гистерезис колебаний должен задаваться ниже уровня колебаний, чтобы разблокировать вход. Когда вход перестает колебаться, то он деблокируется (статус – достоверный), и генерируется событие.

Таблица 55: Значения параметров колебаний

Параметр	Значения	По умолчанию
БлокирВходнКолеб.	2...50 событий/с	30 событий/с
ДеблокирВходнКолеб.	2...50 событий/с	10 событий/с

3.12 Дискретные выходы

ИЭУ имеет ряд дискретных выходов, используемых для отключения, выполнения местных или дистанционных команд управления выключателем

или разъединителем, а также для подключения внешнего оборудования оповещения, предназначенного для индикации, сигнализации и регистрации данных.

Сильноточные выходные контакты используются в случае высоких требований к токовой нагрузке контактов, например, для управления выключателем, а именно, для подачи напряжения на катушки отключения или включения выключателя.

Контакты, используемые для внешней сигнализации, регистрации данных и индикации, сигнальные выходы должны быть настроены на меньшие токи, но им может потребоваться минимальный ток (нагрузка), который обеспечит гарантированное срабатывание.

Устройство релейной защиты оснащено как силовыми, так сигнальными выходными контактами. Чтобы гарантировать правильность срабатывания, тип используемых контактов выбирается в зависимости от времени срабатывания и времени возврата, длительности токовой нагрузки, допустимого тока через контакты в момент замыкания и в течение короткого времени, отключающей способности и минимальной подключенной нагрузки. В особых случаях также может использоваться сочетание последовательных или параллельных контактов. При необходимости сигнальный контакт также может применяться для действия на внешнее отключающее ИЭУ, которое, в свою очередь, заводится на управление катушками включения или отключения выключателя.



При использовании внешнего отключающего ИЭУ может потребоваться ИЭУ контроля цепей отключения. Здесь также может потребоваться отдельный контакт отключающего ИЭУ, который будет заведен на функцию УРОВ в ИЭУ.

Все контакты, кроме выхода внутренней неисправности IRF, могут свободно программироваться.

3.12.1 Сильноточные выходные контакты

Сильноточные выходные контакты обычно используются для подачи напряжения на катушки отключения и включения выключателя, внешние реле блокировки или отключения, работающие с большой нагрузкой.

3.12.1.1 Сдвоенные однополюсные силовые выходы PO1 и PO2

Сдвоенные (последовательно подключенные) однополюсные (нормально разомкнутые/тип A) сильноточные выходные контакты PO1 и PO2 рассчитаны для длительный ток 8 A. Эти контакты обычно используются для включения выключателей и подачи напряжения на реле отключения с большой нагрузкой. Их также можно настроить на отключение выключателей

в случае отсутствия функции контроля цепей отключения или при наличии внешнего реле контроля цепей отключения.

Сильноточные выходы находятся в слоте X100 блока питания.

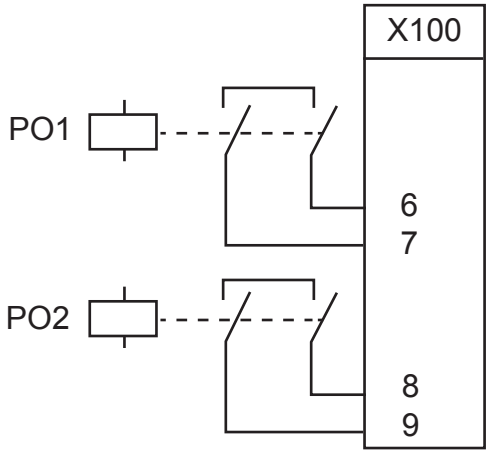


Рис. 25: Сдвоенные однополюсные сильноточные выходные контакты PO1 и PO2

3.12.1.2 Двухполюсные силовые выходы PO3 и PO4 с контролем цепей отключения

Сильноточные выходы PO3 и PO4 - это двухполюсные нормально разомкнутые/тип A сильноточные выходы с функцией контроля цепей отключения.

Когда двухполюсные контакты подключены последовательно, они имеют такие технические характеристики размыкающей мощности, что и контакт PO1. Имеется аппаратура контроля цепей отключения и соответствующая функция, которая может контролировать катушку выключателя как при отключении, так и при включении. Контакты PO3 и PO4 почти всегда используются для подачи напряжения на катушки отключения выключателя.

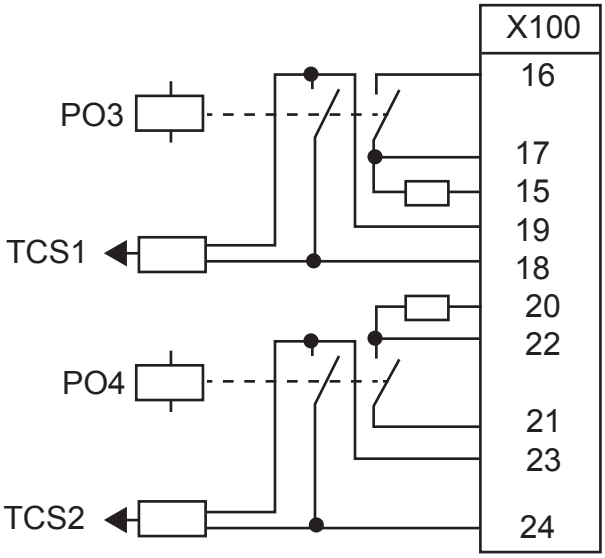


Рис. 26: Двухполюсные сильноточные выходы PO3 и PO4 с контролем цепей отключения

Сильноточные выходы PO3 и PO4 находятся в блоке питания, расположенном в слоте X100 устройства релейной защиты.

3.12.1.3 Сдвоенные однополюсные быстродействующие силовые выходы HSO1, HSO2 и HSO3

HSO1, HSO2 и HSO3 - это сдвоенные параллельно подключенные однополюсные нормально разомкнутые /тип A быстродействующие сильноточные выходы. Быстродействующий сильноточный выход — это гибридный дискретный и электромеханический выход с номиналом сильноточного выхода.

Эти выходы обычно используются там, где требуется быстрая активация контакта ИЭУ для скорейшего отключения выключателя при срабатывании дуговой защиты или УРОВ, чтобы минимизировать воздействие замыкания на оборудование или избежать распространения повреждения по сети. При использовании быстродействующих выходов общее время активации контактов на 5...6 мс меньше, чем при использовании выходных контактов традиционных механических выходных ИЭУ. Быстродействующие сильноточные выходы могут длительно выдерживать ток 6 А.

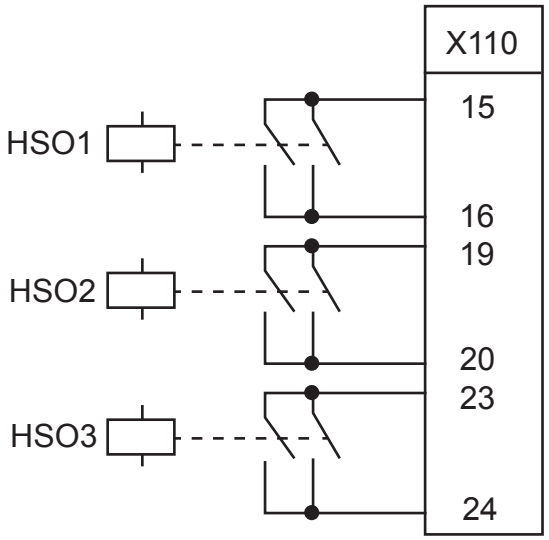


Рис. 27: Быстродействующие сильноточные выходы HSO1, HSO2 и HSO3

Время возврата быстродействующих выходных контактов больше времени возврата традиционных выходных контактов.

Быстродействующие сильноточные контакты являются частью платы BIO0007 с восемью дискретными входами и тремя HSO-выходами. Они могут использоваться в качестве альтернативы традиционным платам дискретных входов/выходов ИЭУ.

3.12.2 Сигнальные выходные контакты

Сигнальные выходные контакты - это однополюсные одинарные (нормально разомкнутые/тип A или перекидные/тип C) сигнальные выходные контакты (SO1, SO2,...) или параллельно подключенные сдвоенные контакты.

Сигнальные выходные контакты используются для подачи напряжения, например, на внешние маломощные реле отключения, промреле, индикаторы и светодиоды.

Одиночный сигнальный контакт рассчитан на длительное воздействие тока 5 А. Допустимый ток через контакты в момент замыкания и в течение 0,5 секунд составляет 15 А.

При параллельном соединении двух контактов реле имеет другую конструкцию. Такая конструкция выдерживает ток через контакты в момент замыкания и в течение 0,5 секунд 30 А. Это может использоваться для подачи напряжения на катушки включения и отключения выключателя. Из-за ограниченной отключающей способности может потребоваться, чтобы отключение цепи производилось вспомогательным контактом.

3.12.2.1 Сигнальный выход внутренней неисправности устройства IRF

Сигнальный выход внутренней неисправности IRF (перекидной контакт/тип C) — это одиночный контакт в составе блока питания устройства релейной защиты.

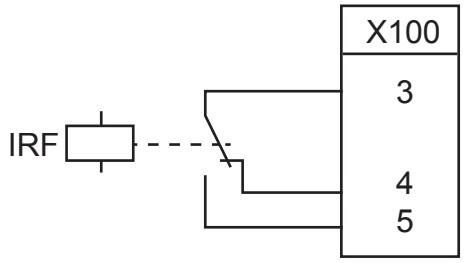


Рис. 28: Сигнальный выход внутренней неисправности устройства IRF

3.12.2.2 Сигнальные выходы SO1 и SO2 в блоке питания

Сигнальные выходы (нормально разомкнутый контакт/тип A или перекидной контакт/тип C) SO1 (сдвоенный параллельный контакт тип form C) и SO2 (одиночный контакт/тип A) являются частью блока питания устройства релейной защиты.

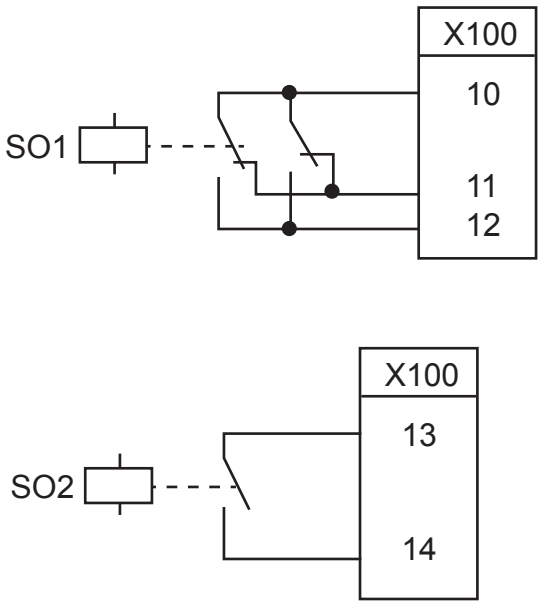


Рис. 29: Сигнальные выходы SO1 и SO2 в блоке питания

3.12.2.3 Сигнальные выходы SO1, SO2, SO3 и SO4 в модуле BIO0005

Сигнальные выходы SO1, SO2 SO3 и SO4 находятся на дополнительной плате BIO0005. Сигнальные выходы SO1 и SO2 - сдвоенные параллельные контакты типа C; выход SO3 - одиночный контакт типа C, а выход SO4 - одиночный контакт типа A.

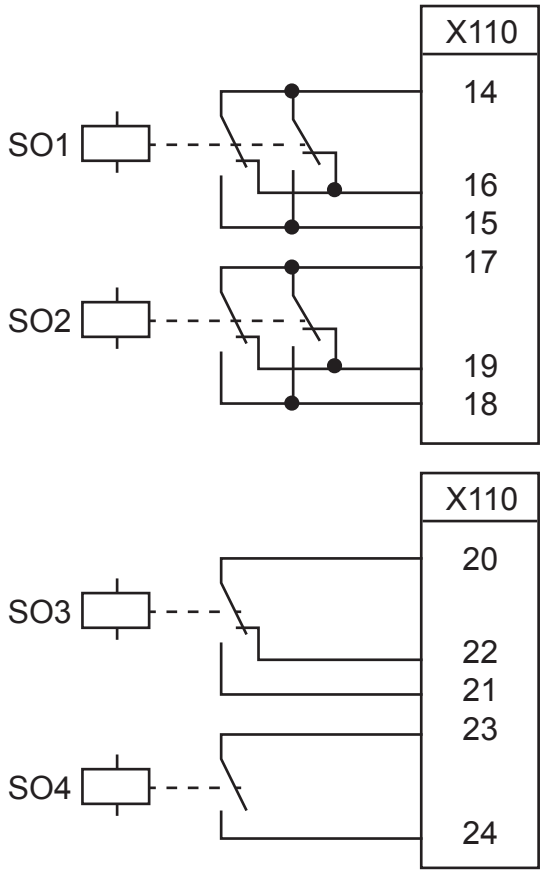


Рис. 30: Сигнальный выход в модуле BIO0005

3.12.2.4 Сигнальные выходы SO1, SO2 и SO3 в модуле BIO0006

Сигнальные выходы SO1, SO2 и SO3 предусмотрены на дополнительной плате BIO0006. Сигнальные выходы SO1 и SO2 являются сдвоенными параллельными контактами типа C; SO3 – это одиночный контакт типа C/

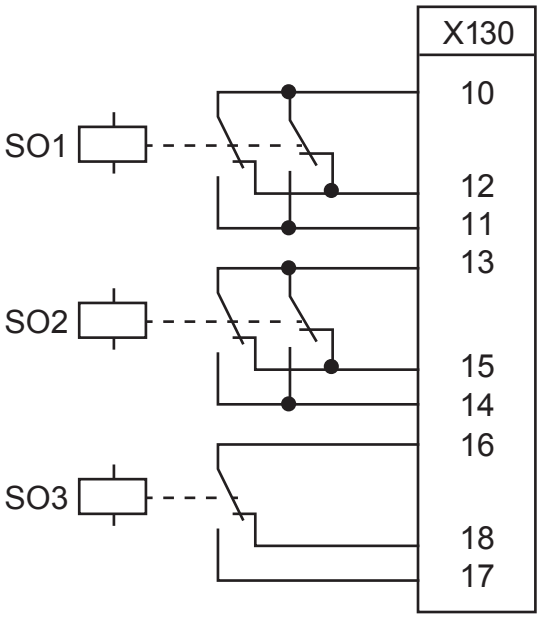


Рис. 31: Сигнальные выходы в модуле BIO0006

3.13 RTD/мА-входы

3.13.1 Функциональные возможности

Модуль RTD/миллиамперных входов используется для контроля и измерения тока (мА), температуры (°C) и сопротивления (Ом). Каждый вход может линейно масштабироваться для конкретных случаев, например, для индикации положения отпайки РПН. Каждый вход имеет независимые уставки для мониторинга уровней и «мертвых» зон для измерений с выдачей предупредительных и аварийных сигналов.

3.13.2 Принцип действия

Все RTD и мА каналы являются независимыми измерительными входами с индивидуальной электрической защитой, развязкой общего провода и оптической развязкой каждого входа, что делает их гальванически развязанными друг от друга и от остальной части модуля. Однако входы RTD имеют общую точку для заземления.

3.13.2.1 Выбор типа входного сигнала

Входы модуля используются для приема сигналов тока или сигналов сопротивления. Входы настраиваются для конкретного типа канала при помощи уставки *Режим входа*. По умолчанию все входы установлены в

значение “Не используется”, что означает, что выборки по этому каналу не производятся, и признак качества выходного значения устанавливается соответствующим образом.

Таблица 56: Предельные значения RTD/мА входов

Режим входа	Описание
Не используется	Используется по умолчанию. Используется в случае, когда соответствующий вход не работает.
0...20 мА	Выбор аналоговых миллиамперных токовых (постоянного тока) входных сигналов в диапазоне входных величин 0...20 мА.
Сопротивление	Выбор RTD-входов в диапазоне входных величин 0...2000 Ом.
Pt100 Pt250 Ni100 Ni120 Ni250 Cu10	Выбор RTD-входов при использовании датчика температуры. Все типы датчиков имеют свою резистивно-температурную характеристику, которая сохранена в модуле; по умолчанию диапазон измерений составляет от -40 до 200°C.

3.13.2.2 Выбор формата выходного сигнала

Каждый вход имеет свой параметр *Единица измерения*, который используется для выбора единицы измерения выходных данных канала. По умолчанию значение параметра *Единица измерения* - "Безразмерная". Уставки *Мин значение входа* и *Макс значение входа*, а также *Макс значение выхода* и *Мин значение выхода* должны регулироваться в зависимости от канала. Значения этих уставок по умолчанию устанавливаются на максимальной и минимальное значение.

При использовании канала с датчиком температуры необходимо задать параметр *Единица измерения* в значение "Градус С". Когда *Единица измерения* устанавливается в значение "Градус С", линейное масштабирование невозможно, но используемый по умолчанию диапазон (-40…200 °C) можно уменьшить при помощи уставок *Макс значение выхода* и *Мин значение выхода*.

Когда канал используется для миллиамперного сигнала постоянного тока, а применение требует линейного масштабирования входного диапазона, параметр *Единица измерения* нужно установить в значение "Безразмерная", в этом случае входной диапазон можно линейно масштабировать при помощи уставок *Мин значение входа* и *Макс значение входа* путем их установки в значение *Мин значение выхода* и *Макс значение выхода*. Если в качестве единицы измерения на выходе используется "миллиампер", параметр *Единица измерения* должен быть установлен в значение "Ампер". Когда параметр *Единица измерения* установлен в значение "Ампер", линейное масштабирование невозможно, но используемый по умолчанию диапазон (0…20 мА) можно уменьшить при помощи уставок *Макс значение выхода* и *Мин значение выхода*.

Когда канал используется для сигнала сопротивления, а применение требует линейного масштабирования входного диапазона, значение параметра *Единица измерения* нужно установить в значение "Безразмерная", в таком случае входной диапазон можно линейно масштабировать при помощи уставок *Мин значение входа* и *Макс значение входа* путем их установки в значение *Мин значение выхода* и *Макс значение выхода*. Если на выходе используется сигнал сопротивления, параметр *Единица измерения* должен быть установлен в значение "Ом". Когда параметр *Единица измерения* установлен в значение "Ом", линейное масштабирование невозможно, но используемый по умолчанию диапазон (0…2000 Ом) можно уменьшить при помощи уставок *Макс значение выхода* и *Мин значение выхода*.

3.13.2.3 Линейное преобразование входной величины

Каждый вход RTD/мА вход может быть линейно преобразован путем построения кривой линейной зависимости выхода от входа. Такая кривая состоит из двух точек, где ось y (*Мин значение входа* и *Макс значение входа*) определяет диапазон входных значений, а ось x (*Мин значение выхода* и *Макс значение выхода*) – диапазон преобразованных входных значений.

Можно обойти выполнение преобразования входного сигнала, для этого параметр *Единица измерения* нужно установить в значение = "Ом", когда используется *Режим входа* = "Сопротивление", *Единица измерения* = установить в значение "Ампер", когда используется *Режим входа* = "0...20 мА".

Пример линейного масштабирования

Для получения информации о положении РПН используется миллиамперный вход. Информация датчика от 4 мА до 20 мА эквивалентна положению РПН от -36 до 36 соответственно.

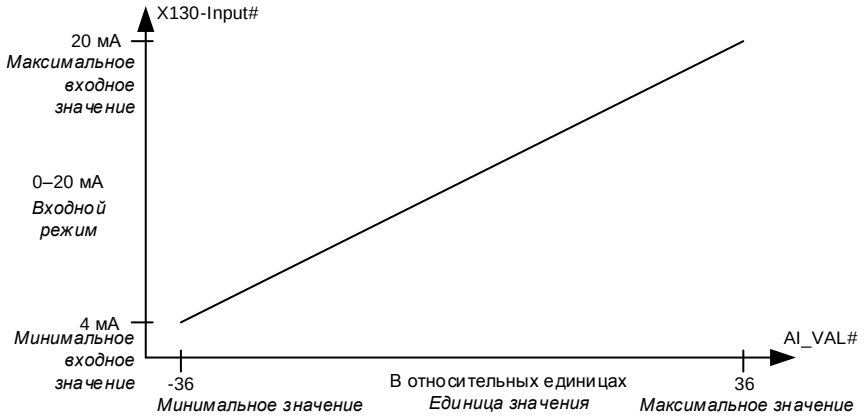


Рис. 32: мА вход, настроенный для отображения положения привода РПН трансформатора

3.13.2.4 Контроль цепи измерения

Каждый вход содержит функцию контроля измерительной цепи. Функция проводит непрерывный контроль цепей RTD и при обрыве цепи любого активного входного канала выдает аварийный сигнал. Если измеренное на входе значение выходит за пределы заданного диапазона, то минимальное/максимальное значение будет показано на соответствующем выходе. Исправность соответствующих каналов определяется в соответствии заданными пределами измерений RTD/mA входов.

Таблица 57: Определение функции, пределы измерений RTD/mA входов

Вход	Предельное значение
Максимальная температура RTD	> 200 °C
Минимальная температура RTD	< -40 °C
Максимальный ток, мА	> 23 мА
Максимальное сопротивление	> 2000 Ом

3.13.2.5 Самодиагностика

Перед подачей в алгоритм фильтрации каждую выборку входного сигнала необходимо оценить. Выборки оцениваются путем измерения заданного в устройстве опорного тока сразу же после того как на входе сделана выборка. Каждый датчик RTD в зависимости от типа имеет на выходе ток определенной величины. Если измеренная выборка тока отклоняется от номинального диапазона датчика более чем на 20%, то она не учитывается, а выход устанавливается в состояние "недостоверный". Состояние неправильного измерения устраняется, как только измеренный на входе сигнал будет в пределах допустимого отклонения.

3.13.2.6 Калибровка

Входы RTD и миллиамперные входы модуля калибруются на заводе-изготовителе. Контроль измерительных цепей каналов RTD выполняется непрерывно, а в случае обрыва цепи выдается сообщение.

3.13.2.7 Контроль предельного значения

Функция контроля предельного значения показывает измеренное значение AI_INST#, а именно, не опустилось ли оно ниже или не превысило ли заданное предельное значение. Все измерительные каналы имеют свою функцию контроля предельного значения. Измеренное значение содержит данные о соответствующем диапазоне AI_RANGE# и имеет значение от 0 до 4:

- 0: “нормальный”
- 1: “высокий”
- 2: “низкий”
- 3: “наивысший”
- 4: “наинизший”

Информация о диапазоне изменяется, и сообщаются новые значения.

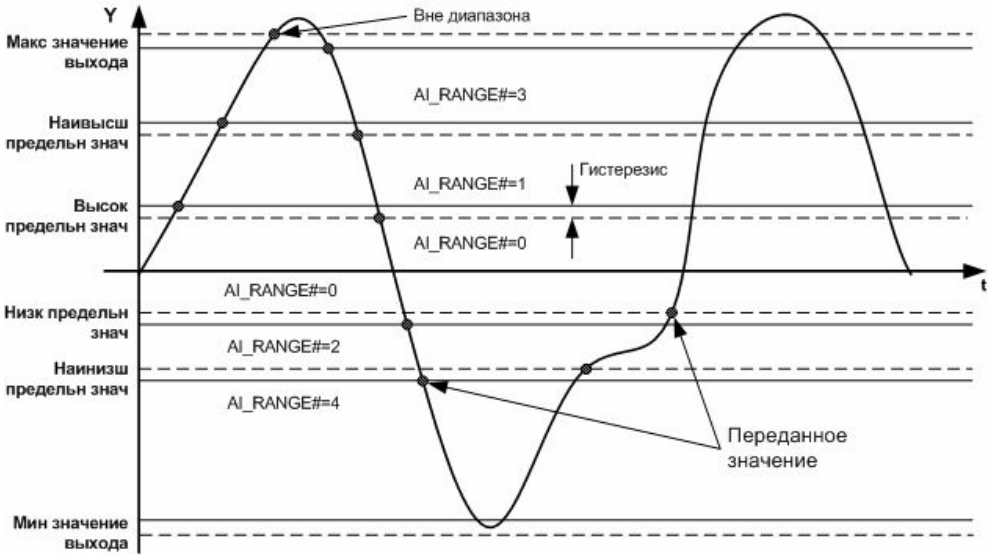


Рис. 33: Контроль предельного значения для RTD (X130)

Информация диапазона "Наивысший предел" и "Наинизший предел" объединяется от всех каналов измерения и заводится на логический выход ALARM. Информация диапазона "Высокий предел" и "Низкий предел" объединяется от всех каналов измерения и заводится на логический выход ALARM.

Таблица 58: Уставки для контроля предельного значения аналогового входа X130 (RTD)

Функция	Уставки контроля предельного значения	
Аналоговый вход X130 (RTD)	Вне диапазона	Макс значение выхода
	Наивысший предел	Наивысшее предельное значения
	Высок предельн знач	Высокое предельное значения
	Низк предельн знач	Низкое предельное значение
	Наинизш предельн знач	Наинизшее предельное значение
	Вне диапазона	Мин значение выхода

Когда измеренное значение превысит уставку *Макс значение выхода* или уставку *Мин значение выхода*, соответствующий признак качества устанавливается в значение "вне диапазона", и, после того как значение выйдет за пределы с учетом гистерезиса, будет показано соответственно максимальное или минимальное значение. Гистерезис добавляется к предельному значению диапазона, чтобы измерение могло немного выйти за пределы диапазона, прежде чем будет считаться "вне диапазона".

3.13.2.8 Контроль зоны нечувствительности

Каждый вход имеет независимый контроль зоны нечувствительности. Функция контроля зоны нечувствительности сообщает об изменении измеренного значения за определенный период времени.

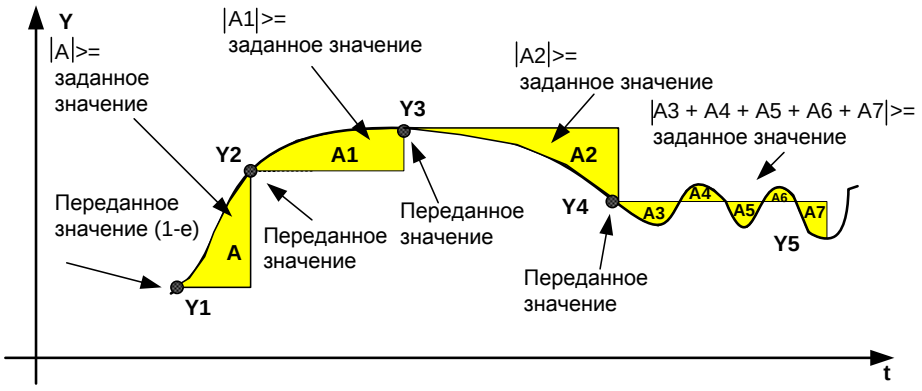


Рис. 34: Контроль зоны нечувствительности с интегрированием по времени

Значение зоны нечувствительности, используемое при расчете с интегрированием по времени, конфигурируется при помощи уставки *Зона нечувствительн*. Это значение представлено в виде процентной величины разности между предельным максимальным и предельным минимальным значениями в единицах 0,001 % * секунды. Время задержки выдачи отчета

алгоритма с интегрированием по времени в секундах рассчитывается по формуле:

$$t(s) = \frac{(Value\ maximum - Value\ minimum) \cdot \frac{deadband}{100000} s}{\Delta Y}$$

(Уравнение 3)

Пример контроля зоны нечувствительности аналогового входа X130 (RTD)

Датчик температуры Pt100 используется в диапазоне температур от 15 до 180 °C. Используется *Единица измерения* “Градус C”, и заданные значения *Мин значение выхода* и *Макс значение выхода* устанавливаются на 15 и 180 соответственно.

Зона нечувствительн = 7500 (7,5% от всего диапазона измерения 165)

AI_VAL# = AI_DB# = 85

Если значение AI_VAL# изменится на 90, задержка выдачи отчета составит:

$$t(s) = \frac{(180°C - 15°C) \cdot \frac{7500\,\%s}{100000} s}{90°C - 85°C} \approx 2.5s$$

(Уравнение 4)

Таблица 59: ***Уставки для контроля зоны нечувствительности аналогового входа X130 (RTD)***

Функция	Уставка	Максимальное/минимальное значение (=диапазон)
Аналоговый вход X130 (RTD)	Зона нечувствительн	Макс значение выхода / Мин значение выхода (=20000)

Так как функция может использоваться в различных режимах измерения, используемые по умолчанию значения устанавливаются в предельные значения; таким образом, чтобы функция контроля зоны нечувствительности работала правильно, очень важно сначала задать правильные предельные значения, чтобы они отвечали требованиям применения.

3.13.2.9 Диапазона измерения RTD датчиков, температура/ сопротивление

Таблица 60: Температура/сопротивление

Темп °C	Платиновый TCR 0.00385		Никелевый TCR 0.00618			Медный TCR 0.00427
	Pt 100	Pt 250	Ni 100	Ni 120	Ni 250	Cu 10
-40	84,27	210,675	79,1	94,92	197,75	7,49
-30	88,22	220.55	84,1	100,92	210,25	-
-20	92,16	230,4	89,3	107,16	223,25	8,263
-10	96,09	240,225	94,6	113,52	236,5	-
0	100	250	100	120	250	9,035
10	103,9	259,75	105,6	126,72	264	-
20	107,79	269,475	111,2	133,44	278	9,807
30	111,67	279,175	117,1	140,52	292,75	-
40	115,54	288,85	123	147,6	307,5	10,58
50	119,4	298,5	129,1	154,92	322,75	-
60	123,24	308,1	135,3	162,36	338,25	11,352
70	127,07	317,675	141,7	170,04	354,25	-
80	130,89	327,225	148,3	177,96	370,75	12,124
90	134,7	336,75	154,9	185,88	387,25	-
100	138,5	346,25	161,8	194,16	404,5	12,897
120	146,06	365,15	176	211,2	440	13,669
140	153,58	383,95	190,9	229,08	477,25	14,442
150	-	-	198,6	238,32	496,5	-
160	161,04	402,6	206,6	247,92	516,5	15,217
180	168,46	421,15	223,2	267,84	558	-
200	175,84	439,6	240,7	288,84	601,75	-

3.13.2.10 Подключение RTD/мА входа

Входы RTD могут иметь двухпроводное или трехпроводное подключение с общим проводом заземления. При использования трехпроводного подключения очень важно, чтобы все три провода, соединяющие датчик, были симметричны, т.е., чтобы они были одного типа и одной длины. Следовательно, компенсация сопротивления соединительного провода будет выполняться автоматически.

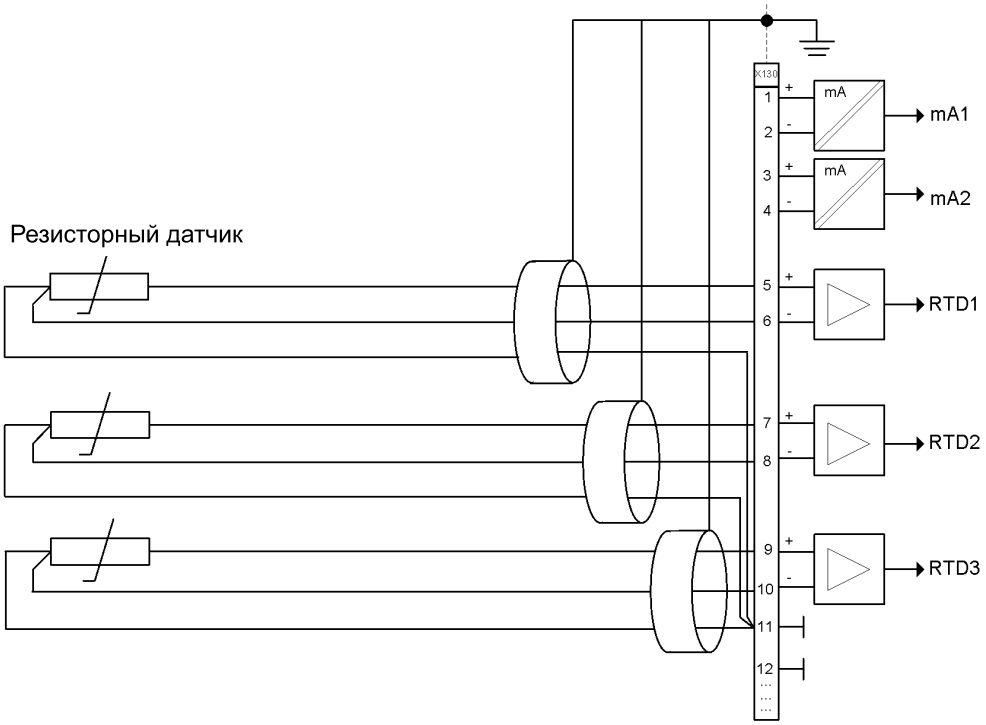


Рис. 35: Подключение трех датчиков RTD/сопротивления с использованием трехпроводного соединения

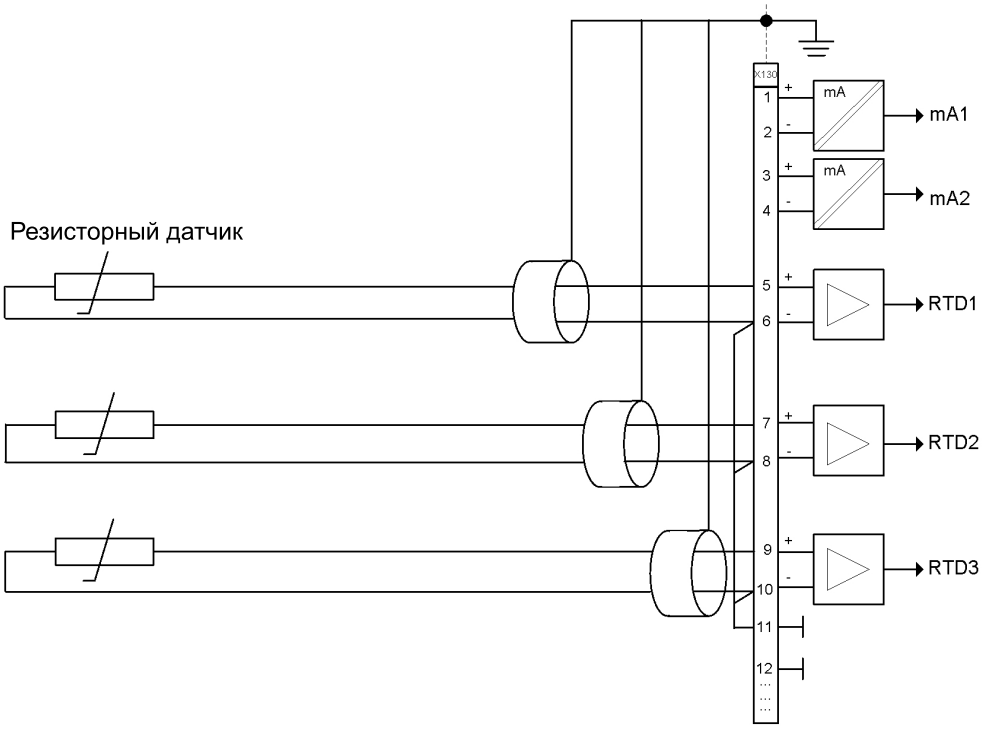


Рис. 36: Подключение трех датчиков RTD/сопротивления с использованием двухпроводного соединения

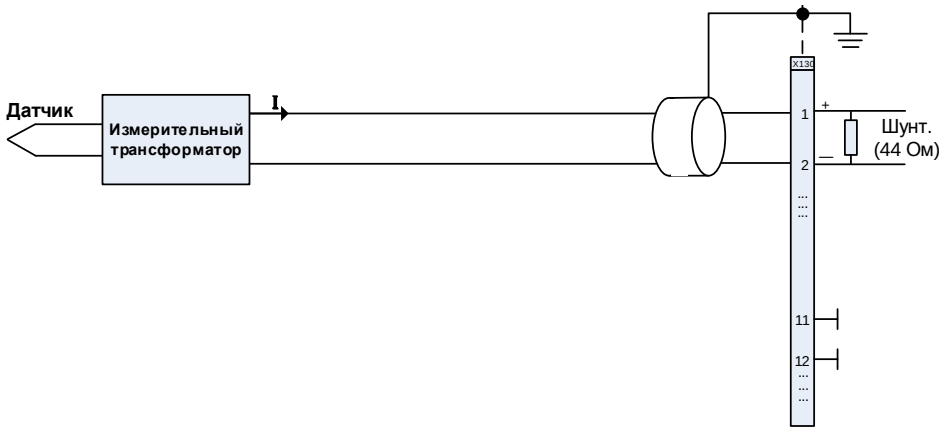


Рис. 37: подключение мА входа

3.13.2.11 Варианты платы RTD/мА входов

Имеющиеся варианты плат RTD: 6RTD/2mA и 2RTD/1mA. Функции обеих плат одинаковы.

Плата 6RTD/2mA

Эта плата имеет два миллиамперных входа и шесть входов для датчиков термометра сопротивления. Входы 1 и 2 используются для измерения тока, а входы с 3 по 8 - для измерения сопротивления.

Подключение RTD/мА входа

Датчики сопротивления и температуры могут подключаться к плате 6RTD/2mA посредством трехпроводного и двухпроводного соединения.

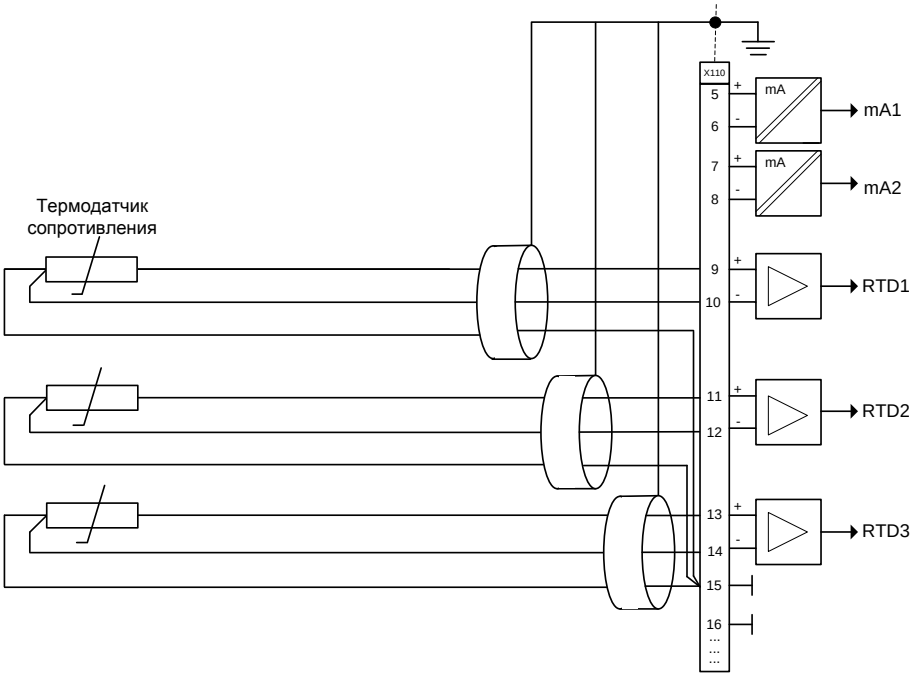


Рис. 38: Подключение трех датчиков RTD и двух датчиков сопротивления к плате 6RTD/2mA с использованием трехпроводного соединения

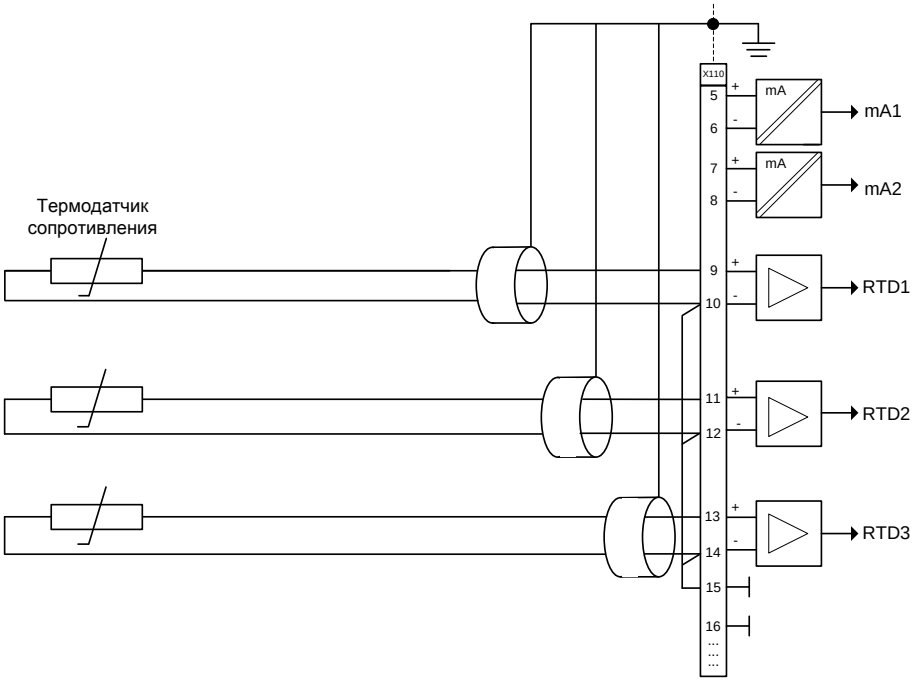


Рис. 39: Подключение трех датчиков RTD и двух датчиков сопротивления к плате 6RTD/2mA с использованием двухпроводного соединения

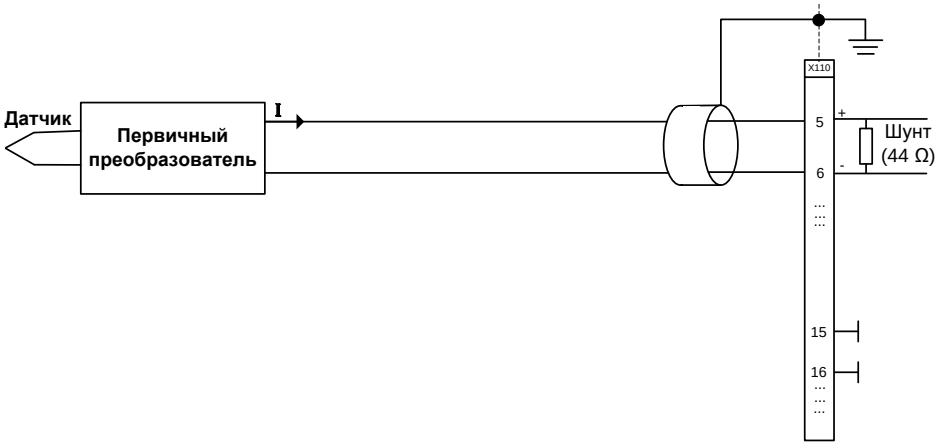


Рис. 40: Подключение мА-сигналов к плате 6RTD/2mA

Плата 2RTD/1mA

Этот тип платы имеет один миллиамперный вход, два входа от датчиков RTD и пять входов от трансформаторов напряжения. Вход 1 предназначен для измерения тока, входы 2 и 3 - для датчиков RTD, а входы с 4 по 8 используются для получения данных измерений от трансформаторов напряжения.

Подключение RTD/мА входа

Примеры трехпроводных и двухпроводных соединений датчиков сопротивления и температуры к плате 2RTD/1mA показаны на рисунке ниже:

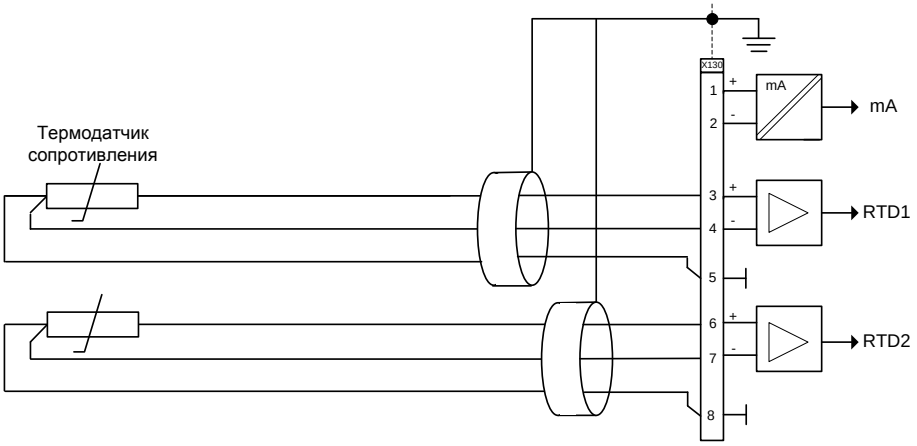


Рис. 41: Подключение двух датчиков RTD и датчиков сопротивления к плате RTD/мА входов с использованием трехпроводного соединения

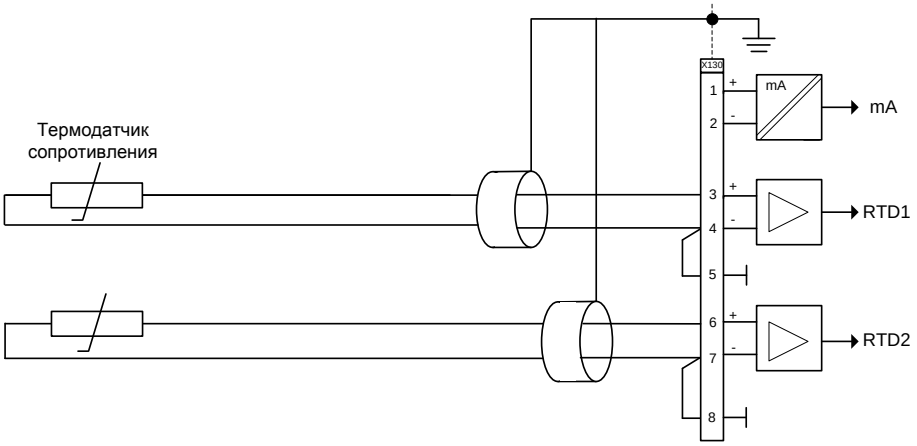


Рис. 42: Подключение двух датчиков RTD и датчиков сопротивления к плате RTD/мА входов с использованием двухпроводного соединения

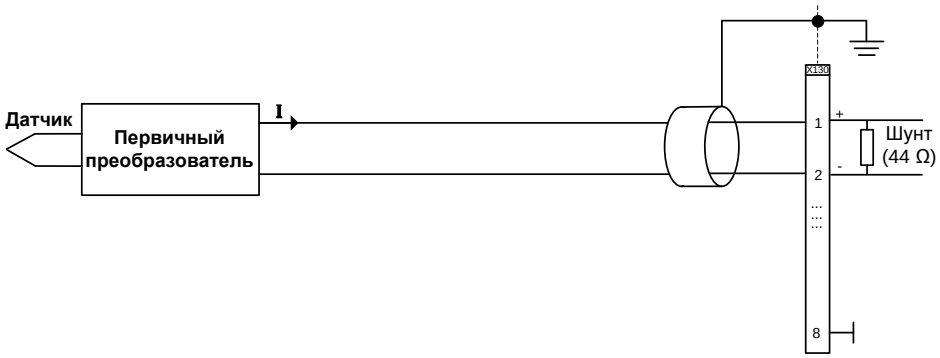


Рис. 43: Подключение мА-сигналов к плате RTD/мА входов

3.13.3 Сигналы

Таблица 61: Аналоговые входные сигналы X130 (RTD/mA)

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Общая сигнализация
WARNING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Общее предупреждение
AI_VAL1	FLOAT32	мА вход, клеммы 1-2, мгновенное значение
AI_VAL2	FLOAT32	мА вход, клеммы 3-4, мгновенное значение
AI_VAL3	FLOAT32	Вход RTD, клеммы 5-6-11c, мгновенное значение
AI_VAL4	FLOAT32	Вход RTD, клеммы 7-8-11c, мгновенное значение
AI_VAL5	FLOAT32	Вход RTD, клеммы 9-10-11c, мгновенное значение
AI_VAL6	FLOAT32	Вход RTD, клеммы 13-14-12c, мгновенное значение
AI_VAL7	FLOAT32	Вход RTD, клеммы 15-16-12c, мгновенное значение
AI_VAL8	FLOAT32	Вход RTD, клеммы 17-18-12c, мгновенное значение

3.13.4 Уставки

Таблица 62: Уставки входа RTD

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим входа	1=Не используется 2=Сопротивление 10=Pt100 11=Pt250 20=Ni100 21=Ni120 22=Ni250 30=Cu10			1=Не используется	Режим аналоговых входов
Макс значение входа	0...2000	Ом	1	2000	Максимальное значение на аналоговом входе в мА или Ом
Мин значение входа	0...2000	Ом	1	0	Минимальное значение на аналоговом входе в мА или Ом
Единица измерения	1=Безразмерная 5=Ампер 23=Градус С 30=Ом			1=Безразмерная	Единица измерения выходного значения
Макс значение выхода	-10000,0...10000,0		1	10000.0	Максимальное выходное значение для масштабирования и контроля
Мин значение выхода	-10000,0...10000,0		1	-10000,0	Минимальное выходное значение для масштабирования и контроля
Наивысшее предельное значения	-10000,0...10000,0		1	10000.0	Высокий сигнальный предел выходного значения для контроля
Высок предельн знач	-10000,0...10000,0		1	10000.0	Высокий предупредительный предел выходного значения для контроля
Низк предельн знач	-10000,0...10000,0		1	-10000,0	Низкий предупредительный предел выходного значения для контроля
Наинизш предельн знач	-10000,0...10000,0		1	-10000,0	Низкий сигнальный предел выходного значения для контроля
Зона нечувствительн	100...100000		1	1000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001%)

Таблица 63: Уставки мА входов

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим входа	1=Не используется 5=0..20 мА			1=Не используется	Режим аналоговых входов
Макс значение входа	0...20	мА	1	20	Максимальное значение на аналоговом входе в мА или Ом
Мин значение входа	0...20	мА	1	0	Минимальное значение на аналоговом входе в мА или Ом

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Единица измерения	1=Безразмерная 5=Ампер 23=Градус С 30=Ом			1=Безразмерная	Единица измерения выходного значения
Макс значение выхода	-10000,0...10000,0		1	10000.0	Максимальное выходное значение для масштабирования и контроля
Мин значение выхода	-10000,0...10000,0		1	-10000,0	Минимальное выходное значение для масштабирования и контроля
Наивысшее предельное значения	-10000,0...10000,0		1	10000.0	Высокий сигнальный предел выходного значения для контроля
Высок предельн знач	-10000,0...10000,0		1	10000.0	Высокий предупредительный предел выходного значения для контроля
Низк предельн знач	-10000,0...10000,0		1	-10000,0	Низкий предупредительный предел выходного значения для контроля
Наинизш предельн знач	-10000,0...10000,0		1	-10000,0	Низкий сигнальный предел выходного значения для контроля
Зона нечувствительн	100...100000		1	1000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001%)

3.13.5 Контролируемые данные

Таблица 64: Контролируемые данные X130 (RTD/mA)

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
AI_DB1	FLOAT32	-10000,0...10000,0		мА вход, Клеммы 1-2, отчетное значение
AI_RANGE1	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		мА-вход, Клеммы 1-2, диапазон
AI_DB2	FLOAT32	-10000,0...10000,0		мА вход, Клеммы 3-4, отчетное значение
AI_RANGE2	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		мА-вход, Клеммы 3-4, диапазон
AI_DB3	FLOAT32	-10000,0...10000,0		Вход RTD, клеммы 5-6-11c, отчетное значение
AI_RANGE3	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Вход RTD, клеммы 5-6-11c, диапазон

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
AI_DB4	FLOAT32	-10000,0...10000,0		Вход RTD, клеммы 7-8-11c, отчетное значение
AI_RANGE4	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Вход RTD, клеммы 7-8-11c, диапазон
AI_DB5	FLOAT32	-10000,0...10000,0		Вход RTD, клеммы 9-10-11c, отчетное значение
AI_RANGE5	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Вход RTD, клеммы 9-10-11c, диапазон
AI_DB6	FLOAT32	-10000,0...10000,0		Вход RTD, клеммы 13-14-12c, отчетное значение
AI_RANGE6	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Вход RTD, клеммы 13-14-12c, диапазон
AI_DB7	FLOAT32	-10000,0...10000,0		Вход RTD, клеммы 15-16-12c, отчетное значение
AI_RANGE7	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Вход RTD, клеммы 15-16-12c, диапазон
AI_DB8	FLOAT32	-10000,0...10000,0		Вход RTD, клеммы 17-18-12c, отчетное значение
AI_RANGE8	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Вход RTD, клеммы 17-18-12c, диапазон

3.14 Функциональные блоки SMV

Функциональные блоки SMV используются в системах с шиной процесса при отправке значений выборки аналоговых токов и напряжений, а также при получении значений выборки напряжений.

3.14.1 МЭК 61850-9-2 LE, отправка мгновенных значений SMVSENDER

3.14.1.1 Функциональные возможности

Функциональный блок SMVSENDER позволяет активировать функцию отправки сообщений SMV. Он добавляет в конфигурацию отправляющего устройства блок управления значениями выборки и соответствующими наборами данных или удаляет этот блок из конфигурации. У него нет входных или выходных сигналов.

Блок SMVSENDER можно отключить, задав для уставки *Активизация* значение "Выкл.". Блок SMVSENDER, отключенный из ЛИЧМ, можно включить только через этот интерфейс. Когда блок отключен, отправка значений выборки отключена.

3.14.1.2 Уставки

Таблица 65: Уставки функции SMVSENDER

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация

3.14.2 МЭК 61850-9-2 LE, получение значений выборки SMVRCV

3.14.2.1 Функциональный блок

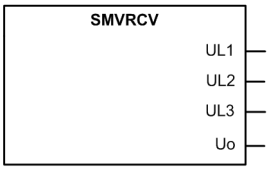


Рис. 44: Функциональный блок

3.14.2.2 Функциональные возможности

Функциональный блок SMVRCV используется для активации функций приема сообщений SMV.

3.14.2.3 Сигналы

Таблица 66: Выходные сигналы функции SMVRCV

Название	Тип	Описание
UL1	INT32-UL1	Напряжение фазы 1 IEC61850-9-2
UL2	INT32-UL2	Напряжение фазы 2 IEC61850-9-2
UL3	INT32-UL3	Напряжение фазы 3 IEC61850-9-2
U0	INT32-Uo	Напряжение нулевой последовательности IEC61850-9-2

3.14.3 Функциональный блок ULTVTR

3.14.3.1 Функциональный блок

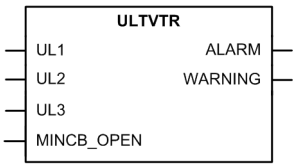


Рис. 45: Функциональный блок

3.14.3.2 Функциональные возможности

Функция ULTVTR используется в системах приема для контроля за значениями выборки, а также для подключения входов принятых аналоговых значений фазного напряжения к системе. Контролируются точность синхронизации, задержки передачи кадров значений выборки и отсутствующие кадры.

Типовое дополнительное увеличение времени срабатывания составляет +2 см для всех функций приема (при использовании выборок данных местного или дистанционного управления), когда используются сообщения SMV.

3.14.3.3 Принцип действия

Выход ALARM в приемнике активируется, если точность синхронизации отправителя или приемника неизвестна либо хуже 100 мс. Выходной сигнал сохраняется в течение 10 секунд после возврата точности синхронизации в допустимые пределы.

Выход ALARM активируется при потере или запаздывании двух и более последовательных кадров SMV. Утрата одного кадра корректируется с использованием схемы удержания нулевого порядка. В этом случае влияние на защиту считается пренебрежимо малым, и выходы WARNING и ALARM не активируются. Выходной сигнал сохраняется в течение 10 секунд после восстановления нормальных условий.

Уставка *Макс. задержка SMV* определяет, как долго приемник ожидает кадры SMV, прежде чем активировать выход ALARM. Этот параметр можно открыть по пути **Конфигурация/Система/Общее**. При ожидании кадров SMV также задерживаются локальные измерения приемника, чтобы обеспечить их правильное согласование по времени. Значения параметра *Макс. задержки SMV* включают выборку, обработку и сетевые задержки.

Входной сигнал MINCB_OPEN должен быть подключен через дискретный вход устройства релейной защиты к Н.З. блок-контакту миниатюрного выключателя, защищающего вторичную цепь ТН. Сигнал MINCB_OPEN устанавливает выходной сигнал FUSEF_U на блокировку всех функций защиты по напряжению, если миниатюрный выключатель отключен.

Выход WARNING в приемнике активируется, если точность синхронизации отправителя или получателя хуже 4 мкс. Выходной сигнал сохраняется в течение 10 секунд после возврата точности синхронизации в допустимые пределы. Если ИЭУ поддерживает адаптивность по частоте и она включена, выход WARNING также активируется, когда адаптивность не готова.

Выход WARNING всегда находится в активном внутреннем состоянии, когда активен выход ALARM.

Приемник активирует выходы WARNING и ALARM, если активированы какие-либо биты качества, кроме производных битов. Когда приемник находится в тестовом режиме, он принимает кадры SMV с тестовым битом, не активируя выходы WARNING и ALARM.

3.14.3.4 Сигналы

Таблица 67: Входные сигналы функции ULTVTR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
UL1	INT32-UL1	0	Напряжение фазы 1 IEC61850-9-2
UL2	INT32-UL2	0	Напряжение фазы 2 IEC61850-9-2
UL3	INT32-UL3	0	Напряжение фазы 3 IEC61850-9-2
MINCB_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Активен при срабатывании автомата защиты цепей ТН

Таблица 68: Выходные сигналы функции ULTVTR

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал
WARNING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение

3.14.3.5 Уставки

Таблица 69: Общие уставки функции ULTVTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Первичное напряж.	0,100...440,000	кВ	0,001	20,000	Номинальное первичное напряжение
Вторичное напряжение	60...210	В	1	100	Номинальное вторичное напряжение
Подключение ТН	1=Звезда 2=Треугольник 3=U12 4=UL1			2=Треугольник	Тип подключения трансформатора напряжения
Выравнивание амплитуды A	0,9000...1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание значения напряжения фазы A внешнего ТН
Выравнивание амплитуды B	0,9000...1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание значения напряжения фазы B внешнего ТН
Выравнивание амплитуды C	0,9000...1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание значения напряжения фазы C внешнего ТН
Коэф. масштабир.	1000...20000		1	10000	Коэффициент масштабирования датчика напряжения
Вход напряжения	1=ТН 3=Датчик CVD			1=ТН	Тип входа напряжения
Выравнивание угла A	-20,0000...20,0000	град.	0,0001	0,0000	Выравнивание угла вектора напряжения фазы A внешнего ТН
Выравнивание угла B	-20,0000...20,0000	град.	0,0001	0,0000	Выравнивание угла вектора напряжения фазы B внешнего ТН
Выравнивание угла C	-20,0000...20,0000	град.	0,0001	0,0000	Выравнивание угла вектора напряжения фазы C внешнего ТН

3.14.3.6 Контролируемые данные

Контролируемые данные доступны в трех местах.

- **Мониторинг/Состояния Вх/Вых/Аналоговые входы**
- **Мониторинг/Состояние ИЭУ/Трафик SMV**
- **Мониторинг/Состояние ИЭУ/Точность SMV**

3.14.4 Функциональный блок RESTVTR

3.14.4.1 Функциональный блок



Рис. 46: Функциональный блок

3.14.4.2 Функциональные возможности

Функция RESTVTR используется в системах приема для контроля за значениями выборки аналогового напряжения нулевой последовательности, а также для подключения входа полученного аналогового значения напряжения нулевой последовательности к системе. Контролируются точность синхронизации, задержки передачи кадров значений выборки и отсутствующие кадры.

Типовое дополнительное увеличение времени срабатывания составляет +2 см для всех функций приема (при использовании выборок данных местного или дистанционного управления), когда используются сообщения SMV.

3.14.4.3 Принцип действия

Выход ALARM в приемнике активируется, если точность синхронизации отправителя или приемника неизвестна либо хуже 100 мс. Выходной сигнал сохраняется в течение 10 секунд после возврата точности синхронизации в допустимые пределы.

Выход ALARM активируется при потере или запаздывании двух и более последовательных кадров SMV. Утрата одного кадра корректируется с использованием схемы удержания нулевого порядка. В этом случае влияние на защиту считается пренебрежимо малым, и выходы WARNING и ALARM не активируются. Выходной сигнал сохраняется в течение 10 секунд после восстановления нормальных условий.

Уставка *Макс. задержка SMV* определяет, как долго приемник ожидает кадры SMV, прежде чем активировать выход ALARM. Этот параметр можно открыть по пути **Конфигурация/Система/Общее**. При ожидании кадров SMV также задерживаются локальные измерения приемника, чтобы обеспечить их правильное согласование по времени. Значения параметра *Макс. задержки SMV* включают выборку, обработку и сетевые задержки.

Выход WARNING в приемнике активируется, если точность синхронизации отправителя хуже 4 мкс. Выходной сигнал сохраняется в течение 10 секунд после возврата точности синхронизации в допустимые пределы.

Выход WARNING всегда находится в активном внутреннем состоянии, когда активен выход ALARM.

3.14.4.4 Сигналы

Таблица 70: Входные сигналы функции RESTVTR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Uo	INT32-UL0	0	Напряжение нулевой последовательности IEC61850-9-2

Таблица 71: Выходные сигналы функции RESTVTR

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал
WARNING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение

3.14.4.5 Уставки

Таблица 72: Общие уставки функции RESTVTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Первичное напряж.	0,100...440,000	кВ	0,001	11,547	Первичное напряж.
Вторичное напряжение	60...210	В	1	100	Вторичное напряжение
Выравнивание амплитуды	0,9000...1,1000		0,0001	1,0000	Выравнивание амплитуды
Выравнивание по углу	-20,0000...20,0000	град.	0,0001	0,0000	Коэффициент выравнивания угла

3.14.4.6 Контролируемые данные

Контролируемые данные доступны в трех местах.

- **Мониторинг/Состояния Вх/Вых/Аналоговые входы**
- **Мониторинг/Состояние ИЭУ/Трафик SMV**
- **Мониторинг/Состояние ИЭУ/Точность SMV**

3.15 Функциональные блоки связи по профилю GOOSE

Функциональные блоки GOOSE используются для приема информации по этой технологии. Поддерживаются следующие типы данных: BOOLEAN (булев или логический), Dbpos (двухбитовый), Enum (перечисляемый), FLOAT32 (вещественный, 32 разряда), INT8 (целочисленный, 8 разрядов) и INT32 (целочисленный, 32 разряда).

Общие сигналы

Выходной сигнал VALID указывает достоверность принятых по GOOSE данных, что означает, если данные достоверны, что связь по GOOSE работает, и бит качества полученных данных (если сконфигурирован) свидетельствует о хорошем качестве данных процесса. Статус недостоверности обусловлен либо плохим качеством данных, либо отсутствием связи по GOOSE. Подробные данные смотрите в руководстве по настройке МЭК 61850.

Выход OUT передает полученное по GOOSE значение. При недостоверном состоянии выхода VALID по умолчанию используется значение (0). Вход IN определяется в конфигурации GOOSE, и всегда виден в SMT.

Уставки

Функциональные блоки GOOSE не имеют никаких уставок, задаваемых в ЛИЧМ или PCM600.

3.15.1 Функциональный блок GOOSERCV_BIN

3.15.1.1 Функциональный блок

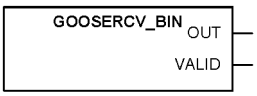


Рис. 47: Функциональный блок

3.15.1.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_BIN используется для приема однобитового сигнала по GOOSE связи.

3.15.1.3 Сигналы

Таблица 73: Выходные сигналы функции GOOSERCV_BIN

Название	Тип	Описание
OUT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.15.2 Функциональный блок GOOSERCV_DP

3.15.2.1 Функциональный блок

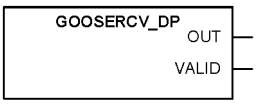


Рис. 48: Функциональный блок

3.15.2.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_DP используется для приема входных двухпозиционных сигналов индикации GOOSE.

3.15.2.3 Сигналы

Таблица 74: Выходные сигналы функции GOOSERCV_DP

Название	Тип	Описание
OUT	Dbpos	Выходной сигнал
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.15.3 Функциональный блок GOOSERCV_MV

3.15.3.1 Функциональный блок

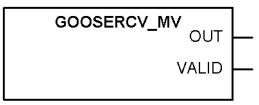


Рис. 49: Функциональный блок

3.15.3.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_MV используется для приема входных сигналов измеренных аналоговых величин GOOSE.

3.15.3.3 Сигналы

Таблица 75: Выходные сигналы функции GOOSERCV_MV

Название	Тип	Описание
OUT	FLOAT32	Выходной сигнал
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.15.4 Функциональный блок GOOSERCV_INT8

3.15.4.1 Функциональный блок

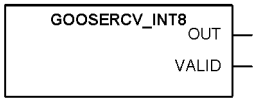


Рис. 50: Функциональный блок

3.15.4.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_INT8 используется для приема целочисленной (8 разрядов) величины по GOOSE связи.

3.15.4.3 Сигналы

Таблица 76: Выходные сигналы функции GOOSERCV_INT8

Название	Тип	Описание
OUT	INT8	Выходной сигнал
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.15.5 Функциональный блок GOOSERCV_INTL

3.15.5.1 Функциональный блок

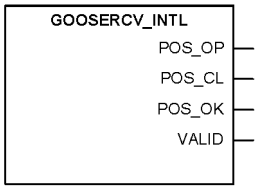


Рис. 51: Функциональный блок

3.15.5.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_INTL используется для приема входных двухпозиционных сигналов индикации GOOSE и извлечения из этого сигнала сигналов однопозиционной индикации.

Выходной сигнал OP означает отключенное положение. При недостоверном состоянии выхода VALID по умолчанию используется значение (0).

Выходной сигнал CL означает включенное положение. При недостоверном состоянии выхода VALID по умолчанию используется значение (0).

Выходной сигнал OK указывает, что положение не является "неисправным" или "промежуточным". При недостоверном состоянии выхода VALID по умолчанию используется значение (0).

3.15.5.3 Сигналы

Таблица 77: Выходные сигналы функции GOOSERCV_INTL

Название	Тип	Описание
POS_OP	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал отключенного положения
POS_CL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал включенного положения
POS_OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал нормального положения
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.15.6 Функциональный блок GOOSERCV_CMV

3.15.6.1 Функциональный блок

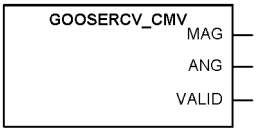


Рис. 52: Функциональный блок

3.15.6.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_CMV используется для приема входных сигналов измеренных величин GOOSE. Входные сигналы MAG_IN (амплитуда) и ANG_IN (угол) определяются в конфигурации GOOSE программного обеспечения (PCM600).

Выходной сигнал MAG передает принятое значение GOOSE (амплитуду). При недостоверном состоянии выхода VALID по умолчанию используется значение (0).

Выход ANG передает принятое значение GOOSE (угол). При недостоверном состоянии выхода VALID по умолчанию используется значение (0).

3.15.6.3 Сигналы

Таблица 78: Выходные сигналы функции GOOSERCV_CMV

Название	Тип	Описание
MAG	FLOAT32	Выходной сигнал (амплитуда)
ANG	FLOAT32	Выходной сигнал (угол)
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.15.7 Функциональный блок GOOSERCV_ENUM

3.15.7.1 Функциональный блок

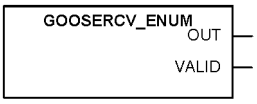


Рис. 53: Функциональный блок

3.15.7.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_ENUM используется для приема перечисляемой переменной GOOSE.

3.15.7.3 Сигналы

Таблица 79: Выходные сигналы функции GOOSERCV_ENUM

Название	Тип	Описание
OUT	Enum	Выходной сигнал
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.15.8 Функциональный блок GOOSERCV_INT32

3.15.8.1 Функциональный блок

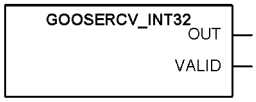


Рис. 54: Функциональный блок

3.15.8.2 Функциональные возможности

Функциональный блок GOOSERCV_INT32 используется для приема целочисленной (32 разряда) величины по GOOSE связи.

3.15.8.3 Сигналы

Таблица 80: Выходные сигналы функции GOOSERCV_INT32

Название	Тип	Описание
OUT	INT32	Выходной сигнал
VALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.16 Функциональные блоки преобразования типов данных

3.16.1 Функциональный блок QTY_GOOD

3.16.1.1 Функциональный блок

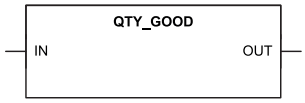


Рис. 55: Функциональный блок

3.16.1.2 Функциональные возможности

Функциональный блок QTY_GOOD оценивает бит достоверности входного сигнала и пересылает его на выход как логический (Boolean) сигнал для дальнейшего использования.

Вход IN блока можно завести на любой логический сигнал (выход логической функции, дискретный вход, выход прикладной функции или сигнал GOOSE). Благодаря распространению бита достоверности логики приложения, каждый сигнал (простой и даже комбинированный) будет иметь статус достоверности, который можно оценить.

Выход OUT указывает достоверность входного сигнала. Входные сигналы, не имеющие заданного бита достоверности или имеющие только тестовый бит, будут иметь статус достоверности.

3.16.1.3 Сигналы

Таблица 81: Входные сигналы функции QTY_GOOD

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN	Любой	0	Входной сигнал

Таблица 82: Выходные сигналы функции QTY_GOOD

Название	Тип	Описание
OUT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.16.2 Функциональный блок QTY_BAD

3.16.2.1 Функциональный блок

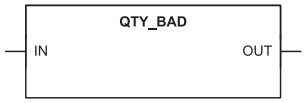


Рис. 56: Функциональный блок

3.16.2.2 Функциональные возможности

Функциональный блок QTY_BAD оценивает бит достоверности входного сигнала и пересылает его на выход как логический (Boolean) сигнал для дальнейшего использования.

Вход IN блока можно завести на любой логический сигнал (выход логической функции, дискретный вход, выход прикладной функции или сигнал GOOSE). Благодаря распространению бита достоверности логики приложения, каждый сигнал (простой и даже комбинированный) has quality which can be evaluated.

Выход OUT указывает недостоверность входного сигнала. Входные сигналы, которые не имеют бита достоверности в своем составе будут иметь недостоверный статус.

3.16.2.3 Сигналы

Таблица 83: Входные сигналы функции QTY_BAD

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN	Любой	0	Входной сигнал

Таблица 84: Выходные сигналы функции QTY_BAD

Название	Тип	Описание
OUT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.16.3 Функциональный блок QTY_GOOSE_COMM

3.16.3.1 Функциональный блок

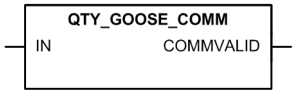


Рис. 57: Функциональный блок

3.16.3.2 Функциональные возможности

Функциональный блок QTY_GOOSE_COMM оценивает состояние связи между равноправными устройствами на основании бита достоверности входного сигнала и пересылает его на выход как логический сигнал для дальнейшего использования.

Вход IN может быть подключен к любому выходному сигналу GOOSE логики приложения, например, GOOSERCV_BIN.

Выход OUT показывает состояние связи функционального блока GOOSE. Когда выходной сигнал имеет значение "Да" (1), связь по технологии GOOSE активна. Значение "Нет" (0) показывает отсутствие связи.

3.16.3.3 Сигналы

Таблица 85: Входные сигналы функции QTY_GOOSE_COMM

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN	Любой	0	Входной сигнал

Таблица 86: Выходные сигналы функции QTY_GOOSE_COMM

Название	Тип	Описание
COMMVALID	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.16.4 Функциональный блок T_HEALTH

3.16.4.1 Функциональный блок

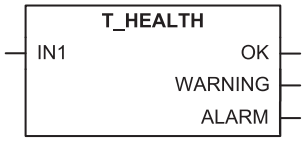


Рис. 58: Функциональный блок

3.16.4.2 Функциональные возможности

Функция T_HEALTH оценивает перечисляемые данные атрибута данных “Health” ("Исправность"). Этот функциональный блок может использоваться только с технологией GOOSE.

Вход IN может быть заведен на функциональный блок GOOSERCV_ENUM, принимает атрибут данных LD0.LLN0.Health.stVal, посылаемый другим устройством.

Выходные сигналы OK, WARNING и ALARM извлекаются из входного значения (перечисляемых данных). Одновременно может быть активным только один выход. Если функциональный блок GOOSERCV_ENUM не получает значение от посылающего устройства или это значение недействительно, будет использоваться значение по умолчанию (0), и в функциональном блоке T_HEALTH активируется сигнал ALARM.

3.16.4.3 Сигналы

Таблица 87: Входные сигналы функции T_HEALTH

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	Любой	0	Входной сигнал

Таблица 88: Выходные сигналы функции T_HEALTH

Название	Тип	Описание
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал
WARNING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

3.16.5 Функциональный блок T_F32_INT8

3.16.5.1 Функциональный блок

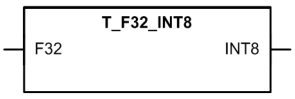


Рис. 59: Функциональный блок

3.16.5.2 Функциональные возможности

Функция T_F32_INT8 служит для преобразования 32-битовых данных с плавающей запятой в целочисленные 8-битовые значения. Сюда включена и

операция округления. Выходное значение будет выдано, если входное значение ниже минимального или выше максимального. .

3.16.5.3 Сигналы

Таблица 89: Входные сигналы функции T_F32_INT8

Название	Тип	По умолчанию	Описание
F32	FLOAT32	0,0	Входной сигнал

Таблица 90: Выходные сигналы функции T_F32_INT8

Название	Тип	Описание
INT8	INT8	Выходной сигнал

3.16.6 Функциональный блок T_DIR

3.16.6.1 Функциональный блок

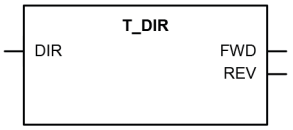


Рис. 60: Функциональный блок

3.16.6.2 Функциональные возможности

Функция T_DIR оценивает перечисляемые данные атрибута FAULT_DIR направленных функций. Функция T_DIR может использоваться только с технологией GOOSE. Вход `DIR` может заводиться на функциональный блок GOOSERCV_ENUM, который принимает атрибут данных LD0.<function>.Str.dirGeneral или LD0.<function>.Dir.dirGeneral, посланный другим устройством.

Если функциональный блок GOOSERCV_ENUM не получает значение от посылающего устройства или это значение недействительно, в выходных сигналах функции будет использоваться значение по умолчанию (0).

Выходные сигналы `FWD` и `REV` извлекаются из входного значения (перечисляемых данных).

3.16.6.3 Сигналы

Таблица 91: Входные сигналы функции T_DIR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
DIR	Enum	0	Входной сигнал

Таблица 92: Выходные сигналы функции T_DIR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
FWD	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Направленность прямая
REV	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Направленность обратная

3.16.7 Функциональный блок T_TCMD

3.16.7.1 Функциональный блок

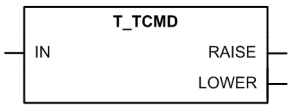


Рис. 61: Функциональный блок

3.16.7.2 Функциональные возможности

Функция T_TCMD служит для преобразования перечислимого входного сигнала в логические выходные сигналы.

Таблица 93: Преобразование из перечисления в логическое значение

IN	RAISE	LOWER
0	НЕТ	НЕТ
1	НЕТ	ДА
2	ДА	НЕТ
x	НЕТ	НЕТ

3.16.7.3 Сигналы

Таблица 94: Входные сигналы T_TCMD

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN	Enum	0	Входной сигнал

Таблица 95: Выходные сигналы T_TCMD

Название	Тип	Описание
RAISE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда "Повысить"
LOWER	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда "Понизить"

3.16.8 Функциональный блок T_TCMD_BIN

3.16.8.1 Функциональный блок

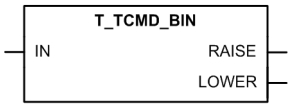


Рис. 62: Функциональный блок

3.16.8.2 Функциональные возможности

Функция T_TCMD_BIN служит для преобразования входного сигнала 32-разрядного целого типа в логические выходные сигналы.

Таблица 96: Преобразование из целого значения в логическое

IN	RAISE	LOWER
0	НЕТ	НЕТ
1	НЕТ	ДА
2	ДА	НЕТ
x	НЕТ	НЕТ

3.16.8.3 Сигналы

Таблица 97: Входные сигналы T_TCMD_BIN

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN	INT32	0	Входной сигнал

Таблица 98: Выходные сигналы T_TCMD_BIN

Название	Тип	Описание
RAISE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда "Повысить"
LOWER	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда "Понизить"

3.16.9 Функциональный блок T_BIN_TCMD

3.16.9.1 Функциональный блок

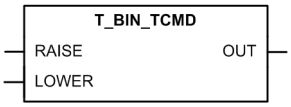


Рис. 63: Функциональный блок

3.16.9.2 Функциональные возможности

Функция T_BIN_TCMD служит для преобразования логических входных сигналов в 32-разрядные целые выходные сигналы.

Таблица 99: Преобразование из логического значения в целое

RAISE	LOWER	OUT
НЕТ	НЕТ	0
НЕТ	ДА	1
ДА	НЕТ	2

3.16.9.3 Сигналы

Таблица 100: Входные сигналы функции T_BIN_TCMD

Название	Тип	По умолчанию	Описание
RAISE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Команда "Повысить"
LOWER	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Команда "Понизить"

Таблица 101: Выходные сигналы функции T_BIN_TCMD

Название	Тип	Описание
OUT	INT32	Выходной сигнал

3.17 Конфигурируемые логические блоки

3.17.1 Стандартные конфигурируемые логические блоки

3.17.1.1 Функциональный блок OR

Функциональный блок

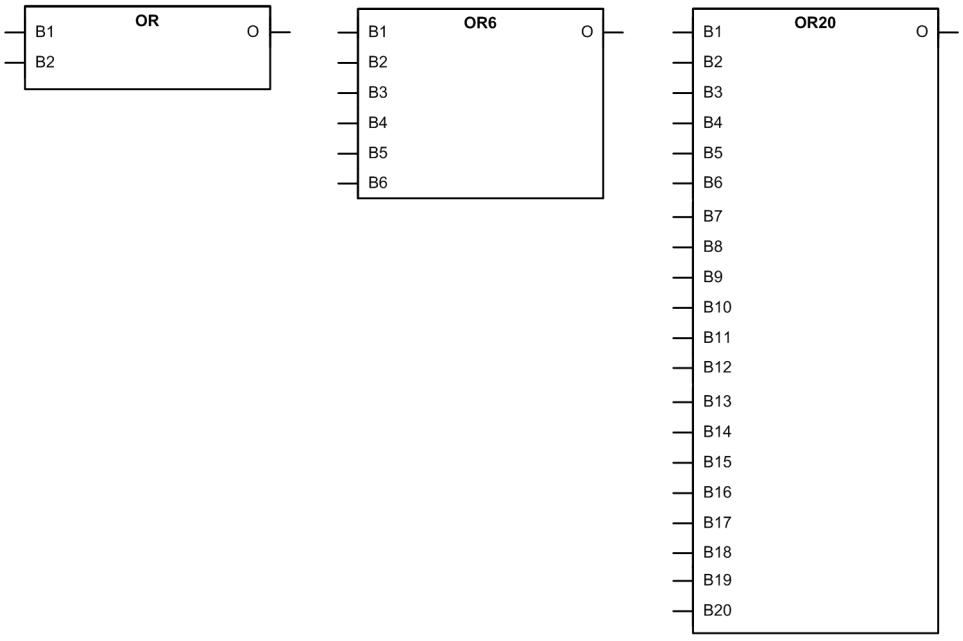


Рис. 64: Функциональные блоки

Функциональные возможности

Функциональные блоки OR, OR6 и OR20 (ИЛИ) используются для выполнения операции "ИЛИ" над логическими (Булевыми) переменными.

Выход O становится активным, когда как минимум на одном входе имеется значение "Да" (1). По умолчанию все входы имеют значение "0", что делает возможным использование только требуемого количества входов, оставляя неподключенными остальные.

Функция OR имеет два входа, функция OR6 — шесть входов, а функция OR20 — двадцать входов.

Сигналы

Таблица 102: Входные сигналы функции OR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
B1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 1
B2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 2

Таблица 103: Входные сигналы функции OR6

Название	Тип	По умолчанию	Описание
B1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 1
B2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 2
B3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 3
B4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 4
B5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 5
B6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 6

Таблица 104: Входные сигналы функции OR20

Название	Тип	По умолчанию	Описание
B1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 1
B2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 2
B3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 3
B4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 4
B5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 5
B6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 6
B7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 7
B8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 8
B9	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 9
B10	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 10
B11	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 11
B12	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 12
B13	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 13
B14	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 14
B15	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 15
B16	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 16
B17	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 17
B18	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 18
B19	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 19
B20	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 20

Таблица 105: Выходной сигнал функции OR

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Таблица 106: Выходной сигнал функции OR6

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Таблица 107: Выходной сигнал функции OR20

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.2 Функциональный блок AND

Функциональный блок

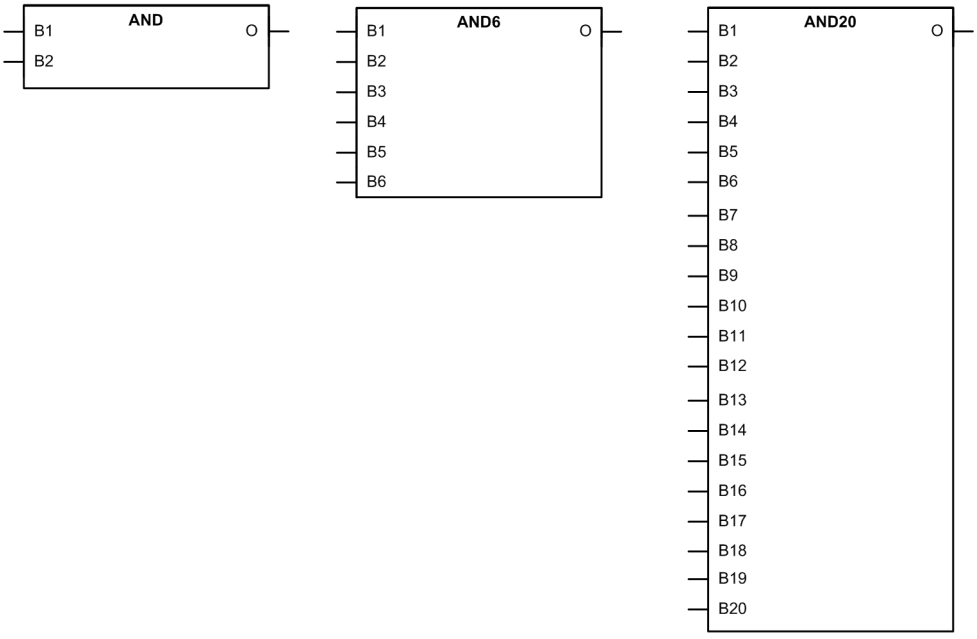


Рис. 65: Функциональные блоки

Функциональные возможности

Функциональные блоки AND, AND6 и AND20 (И) используются для выполнения операции "И" над логическими (Булевыми) переменными.

По умолчанию все входы установлены в значение "логическая 1", что делает возможным использование только требуемого количества входов, оставляя неподключенными остальные.

Функция AND имеет два входа, функция AND6 — шесть входов, а функция AND20 — двадцать входов.

Сигналы

Таблица 108: Входные сигналы функции AND

Название	Тип	По умолчанию	Описание
B1	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 1
B2	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 2

Таблица 109: Входные сигналы функции AND6

Название	Тип	По умолчанию	Описание
B1	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 1
B2	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 2
B3	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 3
B4	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 4
B5	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 5
B6	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Входной сигнал 6

Таблица 110: Входные сигналы функции AND20

Название	Тип	По умолчанию	Описание
B1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 1
B2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 2
B3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 3
B4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 4
B5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 5
B6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 6
B7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 7
B8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 8
B9	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 9
B10	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 10
B11	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 11
B12	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 12
B13	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 13
B14	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 14
B15	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 15
B16	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 16
B17	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 17
B18	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 18
B19	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 19
B20	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 20

Таблица 111: Выходной сигнал функции AND

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Таблица 112: Выходной сигнал функции AND6

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Таблица 113: Выходной сигнал функции AND20

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.3 Функциональный блок XOR

Функциональный блок



Рис. 66: Функциональный блок

Функциональные возможности

Функция XOR ("исключающее ИЛИ") используется для формирования комбинаторных выражений с булевыми переменными.

Выходной сигнал имеет значение логической "1", если входные сигналы различные, и значение логического "0", если они равны.

Сигналы

Таблица 114: Входные сигналы функции XOR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
B1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 1
B2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал 2

Таблица 115: Выходной сигнал функции XOR

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.4 Функциональный блок NOT

Функциональный блок

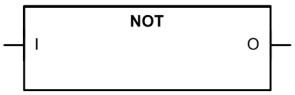


Рис. 67: Функциональный блок

Функциональные возможности

Функция NOT ("НЕ") используется для формирования комбинаторных выражений с булевыми переменными.

Функция NOT инвертирует входной сигнал

Сигналы

Таблица 116: Входной сигнал функции NOT

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал

Таблица 117: Выходной сигнал функции NOT

Название	Тип	Описание
O	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.5 Функциональный блок MAX3

Функциональный блок

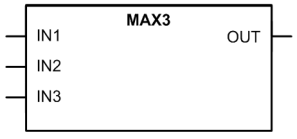


Рис. 68: Функциональный блок

Функциональные возможности

Функциональный блок MAX3 выбирает максимальное из трех аналоговых значений на своих входах. Отсоединенные входы и входы с низким уровнем качества игнорируются. Если все входы отключены или имеют низкий уровень качества, выходное значение функции MAX3 равно -2^21.

Сигналы

Таблица 118: Входные сигналы функции MAX3

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	FLOAT32	0	Входной сигнал 1
IN2	FLOAT32	0	Входной сигнал 2
IN3	FLOAT32	0	Входной сигнал 3

Таблица 119: Выходной сигнал функции MAX3

Название	Тип	Описание
OUT	FLOAT32	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.6 Функциональный блок MIN3

Функциональный блок

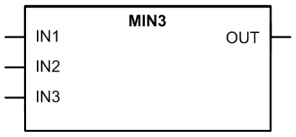


Рис. 69: Функциональный блок

Функциональные возможности

Функциональный блок MIN3 выбирает минимальное из трех аналоговых значений на своих входах. Отсоединенные входы и входы с низким уровнем качества игнорируются. Если все входы отключены или имеют низкий уровень качества, выходное значение функции MIN3 равно 2^21.

Сигналы

Таблица 120: Входные сигналы функции MIN3

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	FLOAT32	0	Входной сигнал 1
IN2	FLOAT32	0	Входной сигнал 2
IN3	FLOAT32	0	Входной сигнал 3

Таблица 121: Выходной сигнал функции MIN3

Название	Тип	Описание
OUT	FLOAT32	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.7 Функциональный блок R_TRIG

Функциональный блок

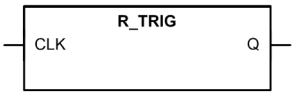


Рис. 70: Функциональный блок

Функциональные возможности

R_TRIGTrig используется как детектор падающего фронта.

Функция R_TRIG выявляет переход от состояния «НЕТ» к «ДА» на входе CLK. При обнаружении падающего фронта выходу присваивается значение «ДА». На следующем этапе выполнения, несмотря на состояние входа, выход переходит в состояние «НЕТ».

Сигналы

Таблица 122: Входные сигналы функции R_TRIG

Название	Тип	По умолчанию	Описание
CLK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал

Таблица 123: Входные сигналы функции R_TRIG

Название	Тип	Описание
Q	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.8 Функциональный блок F_TRIG

Функциональный блок

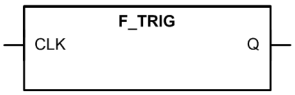


Рис. 71: Функциональный блок

Функциональные возможности

F_TRIG используется как детектор падающего фронта.

Функция выявляет переход от состояния «ДА» к «НЕТ» на входе `CLK`. При обнаружении падающего фронта выходу `Q` присваивается значение «ДА». На следующем этапе выполнения, несмотря на состояние входа, выход переходит в состояние «НЕТ».

Сигналы

Таблица 124: Входные сигналы функции F_TRIG

Название	Тип	По умолчанию	Описание
CLK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Входной сигнал

Таблица 125: Выходной сигнал функции F_TRIG

Название	Тип	Описание
Q	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.9 Функциональные блоки T_POS_XX

Функциональный блок

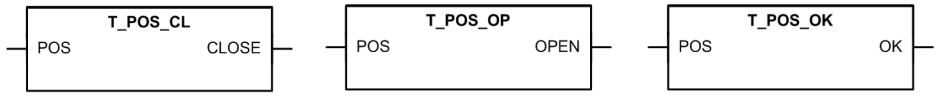


Рис. 72: Функциональные блоки

Функциональные возможности

Информация о положении выключателя может передаваться по технологии GOOSE МЭК 61850. Информация о положении выключателя передается как

двухбитовая переменная, которая подключается к входу POS функционального блока.

Для определения положения выключателя используются выходы T_POS_CL и T_POS_OP. Соответственно выход T_POS_OK используется для индикации того, что состояние выключателя определено.

Таблица 126: Таблица соответствий положения выключателя и выходов функционального блока

Положение выключателя	Выход функционалнотго блока		
	T_POS_CL	T_POS_OP	T_POS_OK
Промежуточное '00'	0	0	0
Включен '01'	1	0	1
Отключен '10'	0	1	1
Неисправность '11'	1	1	0

Сигналы

Таблица 127: Входные сигналы функции T_POS_CL

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POS	Двойная индикация	0	Входной сигнал

Таблица 128: Входные сигналы функции T_POS_OP

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POS	Двойная индикация	0	Входной сигнал

Таблица 129: Входные сигналы функцииT_POS_OK

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POS	Двойная индикация	0	Входной сигнал

Таблица 130: Входной сигнал функции T_POS_CL

Название	Тип	Описание
CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Таблица 131: Выходной сигнал функции T_POS_OP

Название	Тип	Описание
OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Таблица 132: Выходной сигнал функции T_POS_OK

Название	Тип	Описание
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выходной сигнал

Уставки

Какие-либо параметры функции не доступны для выбора в или .

3.17.1.10 Функциональный блок SWITCHR

Функциональный блок

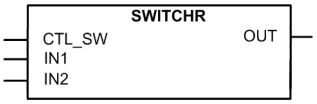


Рис. 73: Функциональный блок

Функциональные возможности

Функциональный блок SWITCHR для типа данных REAL управляется по входу `CTL_SW` и выбирает выходное значение `OUT` между входами `IN1` и `IN2`.

CTL_SW	OUT
0	IN2
1	IN1

Сигналы

Таблица 133: Входные сигналы функции SWITCHR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
CTL_SW	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Управляющий переключатель
IN1	REAL	0,0	Вещественный входной сигнал 1
IN2	REAL	0,0	Вещественный входной сигнал 2

Таблица 134: Выходные сигналы функции SWITCHR

Название	Тип	Описание
OUT	REAL	Вещественный выходной сигнал

3.17.1.11 Функциональный блок SWITCHI32

Функциональный блок

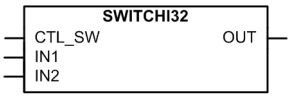


Рис. 74: Функциональный блок

Функциональные возможности

Функциональный блок SWITCHI32 для 32-разрядных целых данных управляется по входу `CTL_SW`, который выбирает выходное значение `OUT` между входами `IN1` и `IN2`.

Таблица 135: SWITCHI32

CTL_SW	OUT
НЕТ	IN2
ДА	IN1

Сигналы

Таблица 136: Входные сигналы SWITCHI32

Название	Тип	По умолчанию	Описание
CTL_SW	ЛОГИЧЕСКИЙ	1	Управляющий переключатель
IN1	INT32	0	Входной сигнал 1
IN2	INT32	0	Входной сигнал 2

Таблица 137: Выходные сигналы SWITCHI32

Название	Тип	Описание
OUT	INT32	Выходной сигнал

3.17.1.12 Функциональный блок SR

Функциональный блок

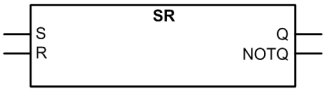


Рис. 75: Функциональный блок

Функциональные возможности

Триггерный выход SRQ может устанавливаться и сбрасываться с помощью входов S и R. Приоритет входа S выше приоритета входа R. Выход NOTQ является отрицанием выхода Q.

Состояния выходов Q и NOTQ не сохраняются в энергонезависимой памяти.

Таблица 138: Таблица состояния триггера SR

S	R	Q
0	0	0[1)]
0	1	0
1	0	1
1	1	1

1) Сохранить состояние/без изменений

Сигналы

Таблица 139: Входные сигналы функции SR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
S	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации активизирует выход Q
R	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации сбрасывает выход Q

Таблица 140: Выходные сигналы функции SR

Название	Тип	Описание
Q	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q
NOTQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние NOTQ

3.17.1.13 Функциональный блок RS

Функциональный блок

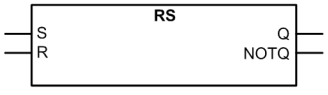


Рис. 76: Функциональный блок

Функциональные возможности

Триггерный выход RSQ может устанавливаться и сбрасываться с помощью входов S и R. Приоритет входа R выше приоритета входа S. Выход NOTQ является отрицанием выхода Q.

Состояния выходов Q и NOTQ не сохраняются в энергонезависимой памяти.

Таблица 141: Таблица состояния триггера RS

S	R	Q
0	0	0[1)]
0	1	0
1	0	1
1	1	0

1) Сохранить состояние/без изменений

Сигналы

Таблица 142: Входные сигналы функции RS

Название	Тип	По умолчанию	Описание
S	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации активизирует выход Q
R	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации сбрасывает выход Q

Таблица 143: Выходные сигналы функции RS

Название	Тип	Описание
Q	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q
NOTQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние NOTQ

Данные о технических изменениях

Таблица 144: Данные о технических изменениях функции RS

Версия	Изменение
L	Название функции изменено с SR на RS.

3.17.2 Таймер минимальной длительности импульса

3.17.2.1 Таймер минимальной длительности импульса TPGAPC

Функциональный блок

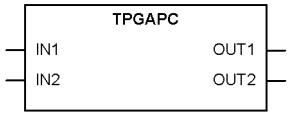


Рис. 77: Функциональный блок

Функциональные возможности

Минутный таймер минимальной длительности импульса TPGAPC включает в себя два независимых таймера. Функция имеет задаваемую длительность импульса (в миллисекундах). Таймеры используются для задания минимальной длительности импульса, например, на сигнальных выходах. После активации входа устанавливается определенная длительность выходного импульса, для чего используется уставка *Длительность импульса*. Оба таймера используют один параметр уставки.

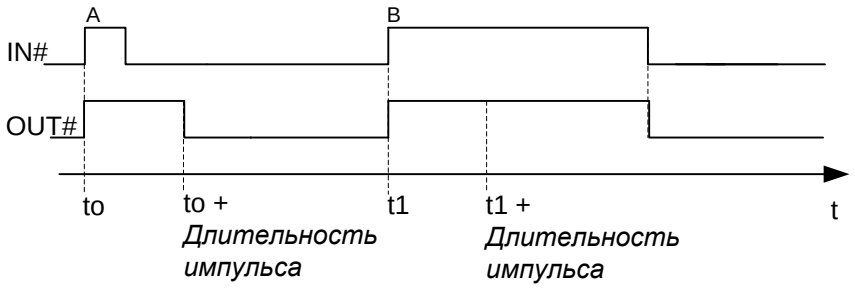


Рис. 78: A = Импульс отключения короче уставки Длительность импульса , B = Импульс отключения длиннее уставки Длительность импульса.

Сигналы

Таблица 145: Входные сигналы функции TPGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 1
IN2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 2

Таблица 146: Выходные сигналы функции TPGAPC

Название	Тип	Описание
OUT1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 1
OUT2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 2

Уставки

Таблица 147: Общие уставки функции TPGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Длительность импульса	0...60000	мс	1	150	Минимальная длительность импульса

Данные о технических изменениях

Таблица 148: Данные о технических изменениях функции TPGAPC

Версия	Изменение
B	Выходы теперь отображаются в меню
C	Внутреннее улучшение

3.17.2.2 Таймер минимальной длительности импульса TPSGAPC

Функциональный блок

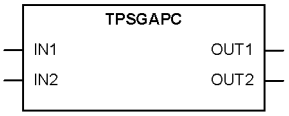


Рис. 79: Функциональный блок

Функциональные возможности

Секундный таймер минимальной длительности импульса TPSGAPC включает в себя два независимых таймера. Функция имеет задаваемую длительность импульса (в секундах). Таймеры используются для задания минимальной длительности импульса, например, на сигнальных выходах. После активации входа устанавливается определенная длительность выходного импульса, для чего используется уставка *Длительность импульса*. Оба таймера используют один параметр уставки.

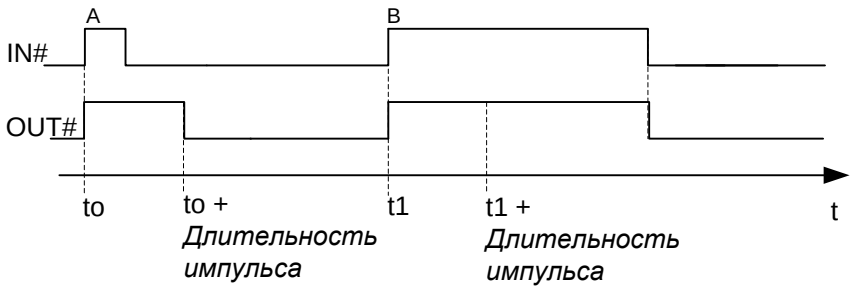


Рис. 80: *A = Запускающий импульс короче, чем значение уставки Длительность импульса, B = Длительность импульса больше значения уставки Длительность импульса*

Сигналы

Таблица 149: ***Входные сигналы***

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 1
IN2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 1

Таблица 150: ***Выходные сигналы функции TPSGAPC***

Название	Тип	Описание
OUT1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 1
OUT2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 2

Уставки

Таблица 151: ***Общие уставки функции TPSGAPC (базовые)***

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Длительность импульса	0...300	с	1	0	Минимальная длительность импульса

Данные о технических изменениях

Таблица 152: ***Данные о технических изменениях функции TPSGAPC***

Версия	Изменение
B	Выходы теперь отображаются в меню
C	Внутреннее улучшение

3.17.2.3 Таймер минимальной длительности импульса TPMGAPC

Функциональный блок

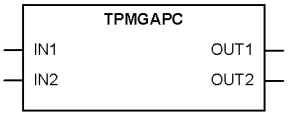


Рис. 81: Функциональный блок

Функциональные возможности

Минутный таймер минимальной длительности импульса TPMGAPC включает в себя два независимых таймера. Функция имеет задаваемую длительность импульса (в минутах). Таймеры используются для задания минимальной длительности импульса, например, на сигнальных выходах. После активации входа устанавливается определенная длительность выходного импульса, для чего используется уставка *Длительность импульса*. Оба таймера используют один параметр уставки.

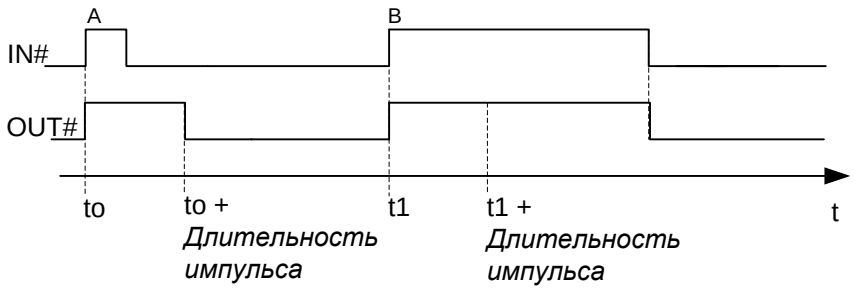


Рис. 82: A = Запускающий импульс короче, чем значение уставки Длительность импульса, B = Длительность импульса больше значения уставки Длительность импульса

Сигналы

Таблица 153: Входные сигналы

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 1
IN2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 1

Таблица 154: Выходные сигналы функции TPMGAPC

Название	Тип	Описание
OUT1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 1
OUT2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 2

Уставки

Таблица 155: Общие уставки функции TPMGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Длительность импульса	0...300	мин	1	0	Минимальная длительность импульса

3.17.3 Импульсный таймер PTGAPC

3.17.3.1 Функциональный блок

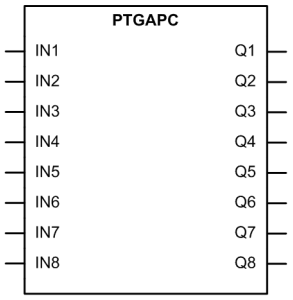


Рис. 83: Функциональный блок

3.17.3.2 Функциональные возможности

Функция таймера длительности импульса PTGAPC содержит восемь независимых таймеров. Длительность импульса регулируется. После активации входа устанавливается определенная длительность выходного импульса, для чего используется параметр *Длительность импульса*.

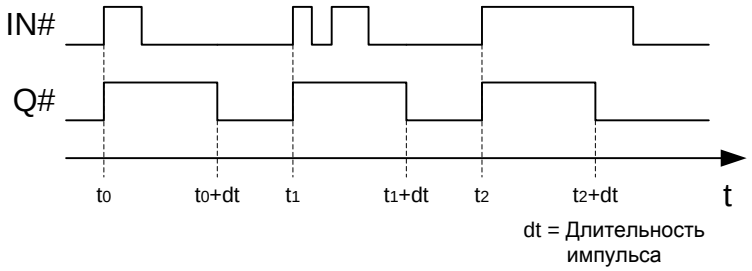


Рис. 84: Диаграмма работы таймера

3.17.3.3 Сигналы

Таблица 156: Входные сигналы функции PTGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 1
IN2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 2
IN3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 3
IN4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 4
IN5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 5
IN6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 6
IN7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 7
IN8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 8

Таблица 157: Выходные сигналы функции PTGAPC

Название	Тип	Описание
Q1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 1
Q2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 2
Q3	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 3
Q4	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 4
Q5	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 5
Q6	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 6
Q7	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 7
Q8	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 8

3.17.3.4 Уставки

Таблица 158: Общие уставки функции PTGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Длительность импульса 1	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса
Длительность импульса 2	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса
Длительность импульса 3	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Длительность импульса 4	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса
Длительность импульса 5	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса
Длительность импульса 6	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса
Длительность импульса 7	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса
Длительность импульса 8	0...3600000	мс	10	0	Длительность импульса

3.17.3.5 Технические данные

Таблица 159: Технические данные функции PTGAPC

Характеристика	Значение
Погрешность времени срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс

3.17.4 Таймер выдержки на возврат (8 экз.) TOFGAPC

3.17.4.1 Функциональный блок

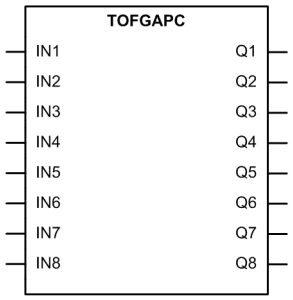


Рис. 85: Функциональный блок

3.17.4.2 Функциональные возможности

Функция таймера выдержки на возврат (8 экз.) TOFGAPC может использоваться, например, для продления выходного сигнала, связанного со входным сигналом. Функция включает восемь независимых таймеров. Выдержка времени задается уставкой. Сразу после активации входного сигнала становится активным выходной сигнал. После сброса входного сигнала выходной сигнал продлевается на время, заданное уставкой *Выдержка времени на возврат*.

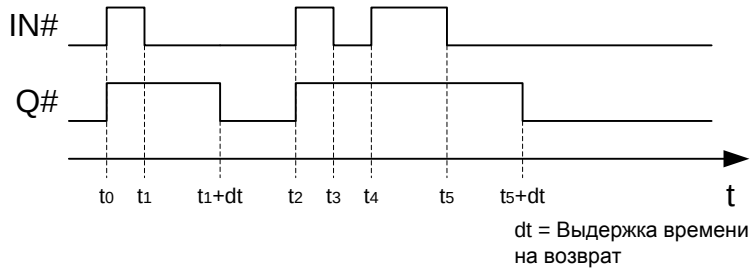


Рис. 86: Диаграмма работы таймера

3.17.4.3 Сигналы

Таблица 160: Входные сигналы функции TOFGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 1
IN2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 2
IN3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 3
IN4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 4
IN5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 5
IN6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 6
IN7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 7
IN8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа 8

Таблица 161: Входные сигналы функции TOFGAPC

Название	Тип	Описание
Q1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 1
Q2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 2
Q3	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 3
Q4	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 4
Q5	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 5
Q6	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 6
Q7	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 7
Q8	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 8

3.17.4.4 Уставки

Таблица 162: Общие уставки функции TOFGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
ВыдВрВозвр 1	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат
ВыдВрВозвр 2	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат
ВыдВрВозвр 3	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат
ВыдВрВозвр 4	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат
ВыдВрВозвр 5	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат
ВыдВрВозвр 6	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат
ВыдВрВозвр 7	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат
ВыдВрВозвр 8	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на возврат

3.17.4.5 Технические данные

Таблица 163: Технические данные функции TOFGAPC

Характеристика	Значение
Погрешность времени срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс

3.17.5 Таймер выдержки на срабатывание (8 экз.) TONGAPC

3.17.5.1 Функциональный блок

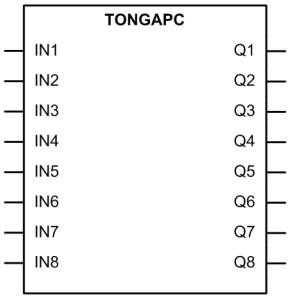


Рис. 87: Функциональный блок

3.17.5.2 Функциональные возможности

Функция таймера выдержки на срабатывание (8 экз.) TONGAPC может использоваться, например, для задержки выдачи выходного сигнала относительно входного сигнала. Функция TONGAPC включает в себя восемь независимых таймеров. Выдержка времени задается уставкой. После

активации входного сигнала выходной сигнал выдается с задержкой, заданной уставкой *Время срабатывания*.

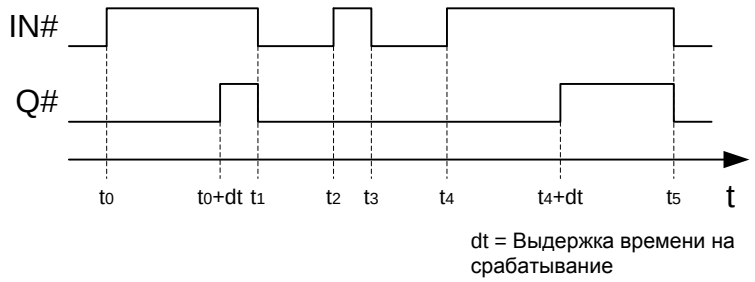


Рис. 88: Диаграмма работы таймера

3.17.5.3 Сигналы

Таблица 164: Входные сигналы функции TONGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 1
IN2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 2
IN3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 3
IN4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 4
IN5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 5
IN6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 6
IN7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 7
IN8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход 8

Таблица 165: Выходные сигналы функции TONGAPC

Название	Тип	Описание
Q1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 1
Q2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 2
Q3	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 3
Q4	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 4
Q5	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 5
Продолжение таблицы на следующей странице		

Название	Тип	Описание
Q6	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 6
Q7	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 7
Q8	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход 8

3.17.5.4 Уставки

Таблица 166: Общие уставки функции TONGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время срабатывания 1	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание
Время срабатывания 2	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание
Время срабатывания 3	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание
Время срабатывания 4	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание
Время срабатывания 5	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание
Время срабатывания 6	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание
Время срабатывания 7	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание
Время срабатывания 8	0...3600000	мс	10	0	Выдержка времени на срабатывание

3.17.5.5 Технические данные

Таблица 167: Технические данные функции TONGAPC

Характеристика	Значение
Погрешность времени срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс

3.17.6 RS-триггер (8 экз.) SRGAPC

3.17.6.1 Функциональный блок

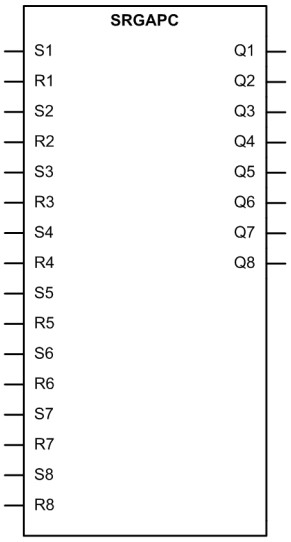


Рис. 89: Функциональный блок

3.17.6.2 Функциональные возможности

Функция RS-триггера (8 шт.) SRGAPC представляет собой простой триггер типа SR с памятью, который может устанавливать или сбрасывать выход от входов S# и R#, соответственно. Функция содержит восемь независимых триггеров с самоподхватом, где входу SET присвоен более высокий приоритет, чем входу RESET. Состояние каждого выхода Q# сохраняется в энергонезависимой памяти. Индивидуальный сброс каждого выхода Q# можно выполнить в ЛИЧМ или через средства связи.

Таблица 168: Таблица состояния для SRGAPC

S#	R#	Q#
0	0	0[1)]
0	1	0
1	0	1
1	1	1

1) Сохранить состояние/без изменений

3.17.6.3 Сигналы

Таблица 169: Входные сигналы функции SRGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
S1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q1
R1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q1
S2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q2
R2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q2
S3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q3
R3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q3
S4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q4
R4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q4
S5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q5
R5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q5
S6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q6
R6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q6
S7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q7
R7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q7
S8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа активизирует выход Q8
R8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	При активизации входа сбрасывает выход Q8

Таблица 170: Выходные сигналы функции SRGAPC

Название	Тип	Описание
Q1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q1
Q2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q2
Q3	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q3
Q4	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q4
Q5	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q5
Продолжение таблицы на следующей странице		

Название	Тип	Описание
Q6	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q6
Q7	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q7
Q8	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q8

3.17.6.4 Уставки

Таблица 171: Общие уставки функции SRGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Сброс Q1	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q1
Сброс Q2	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q2
Сброс Q3	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q3
Сброс Q4	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q4
Сброс Q5	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q5
Сброс Q6	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q6
Сброс Q7	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q7
Сброс Q8	0=Отмена 1=Сброс			0=Отмена	При активизации входа сбрасывает выход Q8

3.17.7 Функциональный блок Move (Переместить) (8 экз.) MVGAPC

3.17.7.1 Функциональный блок

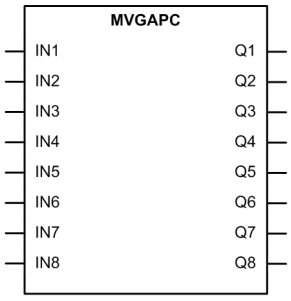


Рис. 90: Функциональный блок

3.17.7.2 Функциональные возможности

Функция перемещения (8 шт.) MVGAPC используется для передачи логических сигналов. Каждый логический сигнал на входе передается на выход. Это позволяет создавать события на основании различных логических комбинаций.

3.17.7.3 Сигналы

Таблица 172: Выходные сигналы функции MVGAPC

Название	Тип	Описание
Q1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q1
Q2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q2
Q3	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q3
Q4	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q4
Q5	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q5
Q6	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q6
Q7	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q7
Q8	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние Q8

3.17.7.4 Уставки

Таблица 173: Общие уставки функции MVGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Описание				MVGAPC1 Q1	Описание выходного сигнала
Описание				MVGAPC1 Q2	Описание выходного сигнала
Описание				MVGAPC1 Q3	Описание выходного сигнала
Описание				MVGAPC1 Q4	Описание выходного сигнала
Описание				MVGAPC1 Q5	Описание выходного сигнала
Описание				MVGAPC1 Q6	Описание выходного сигнала
Описание				MVGAPC1 Q7	Описание выходного сигнала
Описание				MVGAPC1 Q8	Описание выходного сигнала

3.17.8 Функциональный блок передачи целочисленного значения MVI4GAPC

3.17.8.1 Функциональный блок

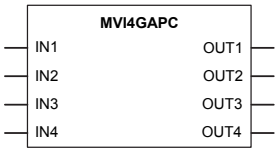


Рис. 91: Функциональный блок

3.17.8.2 Функциональные возможности

Функция перемещения целочисленного значения MVI4GAPC используется для создания событий из целочисленных значений. Вход `IN1...4` получает входное целочисленное значение. Выходное целочисленное значение доступно на выходе `OUT1...4`.

Диапазон входных целочисленных значений составляет от -2147483648 до 2147483647.

3.17.8.3 Сигналы

Таблица 174: Входные сигналы функции MVI4GAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IN1	INT32	0	Целочисленное значение входного сигнала 1
IN2	INT32	0	Целочисленное значение входного сигнала 2
IN3	INT32	0	Целочисленное значение входного сигнала 3
IN4	INT32	0	Целочисленное значение входного сигнала 4

Таблица 175: Выходные сигналы функции MVI4GAPC

Название	Тип	Описание
OUT1	INT32	Целочисленное значение выходного сигнала 1
OUT2	INT32	Целочисленное значение выходного сигнала 2
OUT3	INT32	Целочисленное значение выходного сигнала 3
OUT4	INT32	Целочисленное значение выходного сигнала 4

3.17.9 Блок масштабирования аналогового значения SCA4GAPC

3.17.9.1 Функциональный блок

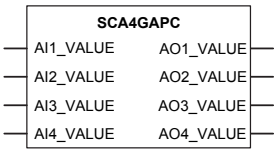


Рис. 92: Функциональный блок

3.17.9.2 Функциональные возможности

Функция масштабирования аналогового значения SCA4GAPC служит для масштабирования аналогового значения. Она позволяет создавать события из аналоговых значений.

Аналоговое значение, поступившее на вход `AIn_VALUE`, масштабируется с использованием параметра *Коэффициент n*. Значение после масштабирования подается на выход `AOn_VALUE`.

Диапазон входных аналоговых значений составляет от -10000,0 до 10000,0.

Диапазон выходных аналоговых значений составляет от -2000000,0 до 2000000,0.

Если значение на входе `AIn_VALUE` выходит за пределы диапазона входных аналоговых значений, на выходе `AOn_VALUE` устанавливается значение 0,0.

Если результат умножения значения `AIn_VALUE` на значение параметра *Коэффициент n* выходит за допустимый диапазон выходных аналоговых значений, выходное значение `AOn_VALUE` равно минимальному или максимальному значению в соответствии с диапазоном аналоговых значений.

3.17.9.3 Сигналы

Таблица 176: Входные сигналы функции SCA4GAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
AI1_VALUE	FLOAT32	0,0	Аналоговое входное значение канала 1
AI2_VALUE	FLOAT32	0,0	Аналоговое входное значение канала 2
AI3_VALUE	FLOAT32	0,0	Аналоговое входное значение канала 3
AI4_VALUE	FLOAT32	0,0	Аналоговое входное значение канала 4

Таблица 177: Выходные сигналы функции SCA4GAPC

Название	Тип	Описание
AO1_VALUE	FLOAT32	Аналоговое значение 1 после масштабирования
AO2_VALUE	FLOAT32	Аналоговое значение 2 после масштабирования
AO3_VALUE	FLOAT32	Аналоговое значение 3 после масштабирования
AO4_VALUE	FLOAT32	Аналоговое значение 4 после масштабирования

3.17.9.4 Уставки

Таблица 178: Общие уставки функции SCA4GAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Коэффициент масштабирования 1	0,001...1000,000		0,001	1,000	Коэффициент масштабирования для аналогового значения 1
Коэффициент масштабирования 2	0,001...1000,000		0,001	1,000	Коэффициент масштабирования для аналогового значения 2
Коэффициент масштабирования 3	0,001...1000,000		0,001	1,000	Коэффициент масштабирования для аналогового значения 3
Коэффициент масштабирования 4	0,001...1000,000		0,001	1,000	Коэффициент масштабирования для аналогового значения 4

3.17.10 Переключение режима управления "местное/дистанционное" CONTROL

3.17.10.1 Функциональный блок

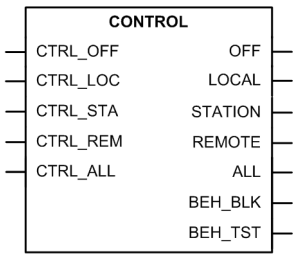


Рис. 93: Функциональный блок

3.17.10.2 Функциональные возможности

Переключение режима управления Местное/Дистанционное по умолчанию выполняется при помощи кнопки R/L на лицевой панели устройства. Режим управления через дискретный вход можно включить, задав для параметра *Управление М/Д* значение "Дискретный вход". Для управления через дискретный вход необходимо, чтобы в конфигурации продукта был создан экземпляр функции CONTROL.

Управление "Местное/Дистанционное" поддерживает многоуровневую систему доступа для операций управления в подстанциях в соответствии со стандартом МЭК 61850. Многоуровневая система контроля доступа с отдельными станционными уровнями контроля доступа поддерживается только протоколом МЭК 61850.

Текущий режим управления устройством определяется схемой приоритетов на входах функционального блока. Если активно более одного входа функционального блока, то выбирается вход с более высоким приоритетом. Порадок приоритетов: "откл.", "локальное", "станционное", "дистанционное"’, "все".

Текущий статус режима работы отображается активизацией соответствующего выходного сигнала блока. Одновременно может быть активным только один выход.

Таблица 179: Таблица состояний функции CONTROL

Вход					Выход
CTRL_OFF	CTRL_LOC	CTRL_STA	CTRL_REM	CTRL_ALL	
1	Нет	Нет	Нет	Нет	Выкл. = 1
0	1	Нет	Нет	Нет	Местное = 1
0	0	1	Нет	Нет	Станционное = 1
Продолжение таблицы на следующей странице					

Вход					Выход
CTRL_OFF	CTRL_LOC	CTRL_STA	CTRL_REM	CTRL_ALL	
0	0	0	1	1	Дистанционное = 1
0	0	0	0	1	ALL = ДА
0	0	0	0	0	Выкл. = 1

3.17.10.3 Доступ для управления М/Д

Возможны четыре различные сценария доступа для управления "Местное/Дистанционное", в зависимости от выбранного станционного уровня полномочий: “М,Д”, “М,Д,М+Д”, “М,С,Д” и “М, С, С+Д, М+С, М+С+Д”. Если команды управления должны быть разрешены с нескольких уровней, можно использовать многоуровневый доступ. Многоуровневый доступ возможен только при использовании станционных уровней полномочий “М,Д,М+Д” и “М, С, С+Д, М+С, М+С+Д”. Состояние многоуровневого доступа можно получить из объекта данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.MltLev.

Выбор доступа для управления производится кнопкой R/L или с помощью функционального блока CONTROL и объекта данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta. При записи объекта данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta клиент должен использовать станцию категории источника команд МЭК 61850 и удаленный доступ для управления согласно МЭК 61850 должен быть разрешен в полномочиях станции релейной защиты. Значение объекта данных CTRL.LLN0.LocSta сохраняется в энергонезависимой памяти. Текущее состояние управления можно контролировать вИЧМ или в программе PCM600, выбрав в менб **Мониторинг/Команда управления** параметр *Состояние Л/Д*, или из объекта данных МЭК 61850 CTRL.LLN0. LocKeyHMI.

Категория инициатора команд МЭК 61850 всегда задается клиентом МЭК 61850. Реле поддерживает станционную и дистанционную категорию инициатора команд МЭК 61850, в зависимости от выбранного уровня станционных полномочий.

3.17.10.4 Станционный уровень полномочий “L,R”

Уровнем полномочий по умолчанию для станции релейной защиты является “L,R”. В этом сценарии разрешено доступ только для локального или дистанционного управления. Доступ для управления со станционной категорией инициатора команд МЭК 61850 считается дистанционным доступом. Многоуровневый доступ отсутствует.

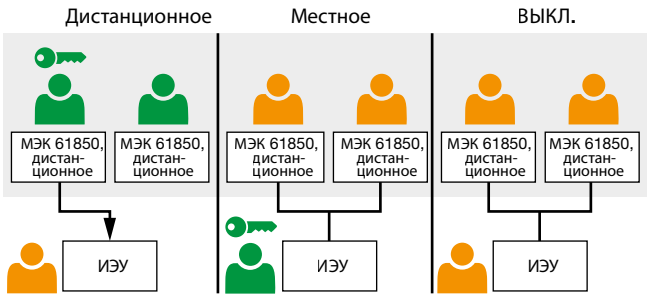


Рис. 94: Станционные полномочия равны “L,R”

Если используется уровень станционных полномочий “L,R”, доступ для управления можно выбирать с помощью кнопки R/L или функционального блока CONTROL. Объект данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta и входы CTRL_STA и CTRL_ALL функционального блока CONTROL не используются для этого уровня станционных полномочий.

Таблица 180: Уровень станционных полномочий “L,R” с использованием кнопки R/L

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления	
Кнопка R/L	**Выключатель CTRL.LLN0.LocSta**	**Выключатель CTRL.LLN0.MltLev**	**Состояние Л/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI**	**Локальный пользователь**	**Клиент МЭК 61850 1)**
Местное	Нет	НЕТ	1	x	
Дистанционное	Нет	НЕТ	2		x
Выкл.	Нет	НЕТ	0		

1) Контроль категории инициатора команд МЭК 61850 не производится.

Таблица 181: Станционные полномочия “L,R” с использованием функционального блока CONTROL

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления	
Вход управления FB	**Выключатель CTRL.LLN0.LocSta**	**Выключатель CTRL.LLN0.MltLev**	**Состояние Л/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI**	**Локальный пользователь**	**Клиент МЭК 61850 1)**
CTRL_OFF	Нет	НЕТ	0		
CTRL_LOC	Нет	НЕТ	1	x	
CTRL_STA	Нет	НЕТ	0		
CTRL_REM	Нет	НЕТ	2		x
CTRL_ALL	Нет	НЕТ	0		

1) Контроль категории инициатора команд МЭК 61850 не производится.

3.17.10.5 Станционный уровень полномочий “L,R,L+R”

Станционный уровень полномочий “L,R, L+R” добавляет поддержку многоуровневого доступа. Может быть разрешен одновременный доступ для местного и дистанционного управления. Одновременное местное и дистанционное управление не разрешается, так как доступ к управляемым объектам возможен только из одного клиента и местоположения, и эти

объекты остаются зарезервированными до тех пор, пока ранее запущенная операция управления не будет завершена клиентом. Доступ для управления со станционной категорией инициатора команд МЭК 61850 считается дистанционным доступом.

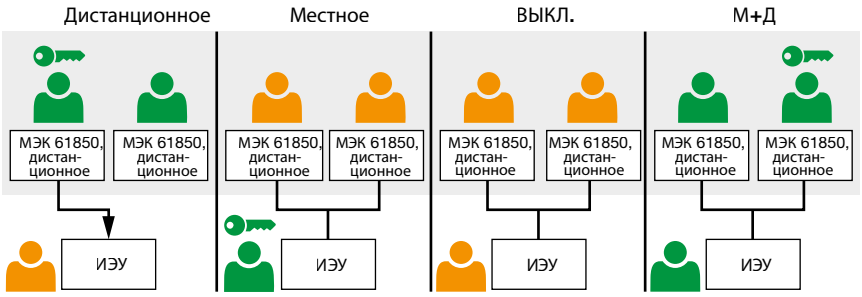


Рис. 95: Станционные полномочия: “L,R,L+R”

Если используется уровень станционных полномочий “L,R, L+R”, доступ для управления можно выбирать с помощью кнопки R/L или функционального блока CONTROL. Объект данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta и вход CTRL_STA функционального блока CONTROL не используются для этого уровня станционных полномочий.

Таблица 182: Уровень станционных полномочий “L,R,L+R” с использованием кнопки R/L

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления	
Кнопка R/L	Выключатель CTRL.LLN0.LocSta	Выключатель CTRL.LLN0.MltLev	Состояние М/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI	Локальный пользователь	Клиент МЭК 61850 1)
Местное	Нет	НЕТ	1	x	
Дистанционное	Нет	НЕТ	2		x
Местное + Дистанционное	Нет	ДА	4	x	x
Выкл.	Нет	НЕТ	0		

1) Контроль категории инициатора команд МЭК 61850 не производится.

Таблица 183: Станционные полномочия “L,R,L+R” с использованием функционального блока CONTROL

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления	
Вход управления FB	Выключатель CTRL.LLN0.LocSta	Выключатель CTRL.LLN0.MltLev	Состояние М/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI	Локальный пользователь	Клиент МЭК 61850 1)
CTRL_OFF	Нет	НЕТ	0		
CTRL_LOC	Нет	НЕТ	1	x	
CTRL_STA	Нет	НЕТ	0		
CTRL_REM	Нет	НЕТ	2		x
CTRL_ALL	Нет	ДА	4	x	x

1) Контроль категории инициатора команд МЭК 61850 не производится.

3.17.10.6 Станционный уровень полномочий “L,S,R”

Станционный уровень полномочий “L,S,R” добавляет станционный доступ для управления. На этом уровне выполняется проверка категории инициатора команд МЭК 61850 для определения, к какой категории инициатора команд МЭК 61850 относятся команды управления: “Дистанционное” или “Станция”. Многоуровневый доступ отсутствует.

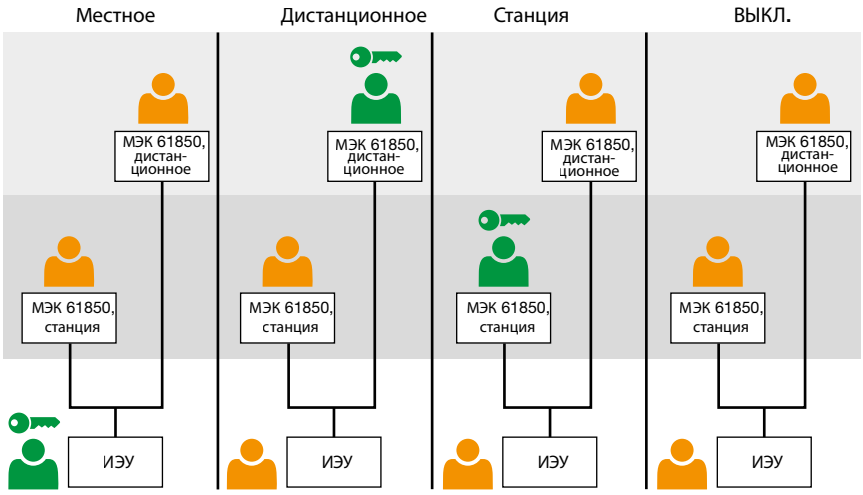


Рис. 96: Станционные полномочия имеют значение “L,S,R”

Если используется уровень станционных полномочий “L,S,R”, доступ для управления можно выбирать с помощью кнопки R/L или функционального блока CONTROL. Для этого уровня станционных полномочий используются объект данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta и вход `CTRL_STA` функционального блока CONTROL.

Станционный доступ для управления можно зарезервировать с помощью кнопки R/L или с помощью функционального блока CONTROL вместе с объектом данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta.

Таблица 184: Уровень станционных полномочий “L,S,R” с использованием кнопки R/L

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления		
Кнопка R/L	**CTRL.LLN0.LocSta 1)**	**Выключатель CTRL.LLN0.MltLev**	**Состояние М/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI**	**Локальный пользователь**	**Клиент МЭК 61850 2)**	**Клиент МЭК 61850 3)**
Местное	НЕТ	НЕТ	1	x		
Дистанционное	НЕТ	НЕТ	2		x	
Дистанционное	ДА	НЕТ	3			x
Выкл.	НЕТ	НЕТ	0			

1) Станционный клиент резервирует операцию управления, записывая управляемую точку LocSta.
2) Категория инициатора команд МЭК 61850 — дистанционное.
3) Категория инициатора команд МЭК 61850 — станция.

Таблица 185: Станционные полномочия “L,S,R” с использованием функционального блока CONTROL

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления		
Вход управления FB	CTRL.LLN0.LocSta [1]	Выключатель CTRL.LLN0.MltLev	Состояние М/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI	Локальный пользователь	Клиент МЭК 61850 [2]	Клиент МЭК 61850 [3]
CTRL_OFF	НЕТ	НЕТ	0			
CTRL_LOC	НЕТ	НЕТ	1	x		
CTRL_STA	ДА	НЕТ	3			x
CTRL_REM [4]	ДА	НЕТ	3			x
CTRL_REM	НЕТ	НЕТ	2		x	
CTRL_ALL	НЕТ	НЕТ	0			

1) Станционный клиент резервирует операцию управления, записывая управляемую точку LocSta.
2) Категория инициатора команд МЭК 61850 — дистанционное.
3) Категория инициатора команд МЭК 61850 — станция.
4) CTRL_STA в прикладной конфигурации не подключен. Станционный клиент резервирует операцию управления, записывая управляемую точку LocSta.

3.17.10.7 Уровень станционных полномочий "L,S,S+R,L+S,L+S+R"

Уровень станционных полномочий "L,S,S+R,L+S,L+S+R" добавляет станционный доступ для управления вместе с несколькими различными сценариями многоуровневого доступа. Может быть разрешен одновременный доступ для местного, станционного и дистанционного управления. Одновременное местное, станционное и дистанционное управление не разрешается, так как доступ к управляемым объектам возможен только из одного клиента и местоположения, и эти объекты остаются зарезервированными до тех пор, пока ранее запущенная операция управления не будет завершена клиентом.

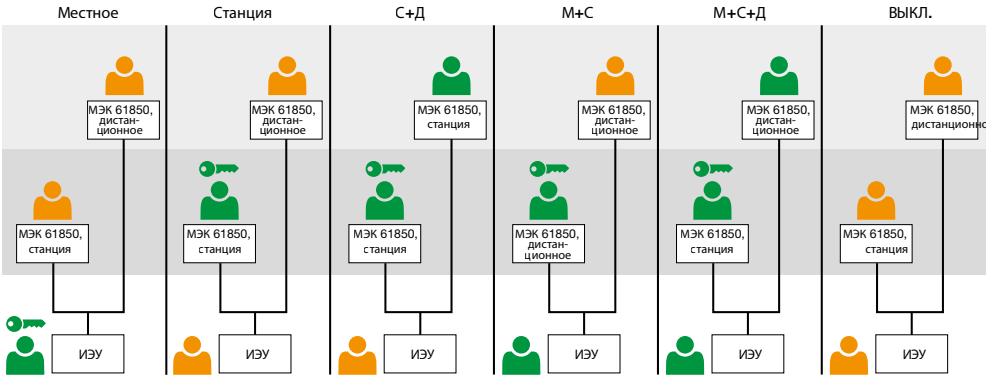


Рис. 97: Станционные полномочия имеют значение "L,S,S+R,L+S,L+S+R"

Если используется уровень станционных полномочий “L,S,S+R,L+S,L+S+R”, доступ для управления можно выбирать с помощью кнопки R/L или функционального блока CONTROL. Для этого уровня станционных

полномочий используются объект данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta и вход CTRL_STA функционального блока CONTROL.

Доступ для управления "Станция" и "Местное + Станция" можно зарезервировать с помощью кнопки R/L или с помощью функционального блока CONTROL вместе с объектом данных МЭК 61850 CTRL.LLN0.LocSta.

Таблица 186: Уровень станционных полномочий "L,S,S+R,L+S,L+S+R" с использованием кнопки R/L

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления		
Кнопка R/L	CTRL.LLN0.LocSta [1]	Выключатель CTRL.LLN0.MltLev	Состояние М/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI	Локальный пользователь	Клиент МЭК 61850 [2]	Клиент МЭК 61850 [3]
Местное	НЕТ	НЕТ	1	x		
Дистанционное	НЕТ	ДА	7		x	x
Дистанционное	ДА	НЕТ	3			x
Местное + Дистанционное	НЕТ	ДА	6	x	x	x
Местное + Дистанционное	ДА	ДА	5	x		x
Выкл.	НЕТ	НЕТ	0			

1) Станционный клиент резервирует операцию управления, записывая управляемую точку LocSta.
2) Категория инициатора команд клиента МЭК 61850 — дистанционное.
3) Категория инициатора команд клиента МЭК 61850 — станция.

Таблица 187: Уровень станционных полномочий "L,S,S+R,L+S,L+S+R" с использованием функционального блока CONTROL

Управление М/Д		Состояние управления М/Д		Доступ для управления		
Вход управления FB	CTRL.LLN0.LocSta [1]	Выключатель CTRL.LLN0.MltLev	Состояние М/Д Выключатель CTRL.LLN0.LocKeyHMI	Локальный пользователь	Клиент МЭК 61850 [2]	Клиент МЭК 61850 [3]
CTRL_OFF	НЕТ	НЕТ	0			
CTRL_LOC	НЕТ	НЕТ	1	x		
CTRL_STA	НЕТ	НЕТ	3			x
CTRL_REM [4]	ДА	ДА	3			x
CTRL_REM	НЕТ	ДА	7		x	x
CTRL_ALL	НЕТ	ДА	6	x	x	x
CTRL_ALL [4]	ДА	ДА	5	x		x

1) Станционный клиент резервирует операцию управления, записывая управляемую точку LocSta.
2) Категория инициатора команд клиента МЭК 61850 — дистанционное.
3) Категория инициатора команд клиента МЭК 61850 — станция.
4) CTRL_STA в прикладной конфигурации не подключен. Станционный клиент резервирует операцию управления, записывая управляемую точку LocSta.

3.17.10.8 Сигналы

Таблица 188: Входные сигналы функции CONTROL

Название	Тип	По умолчанию	Описание
CTRL_OFF	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Управление отсутствует (Выкл)
CTRL_LOC	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Управление с локального ИЧМ
CTRL_STA	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Управление от системы АСУ станции
CTRL_REM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Дистанционное управление
CTRL_ALL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0	Вход управления "Все"

Таблица 189: Выходные сигналы функции CONTROL

Название	Тип	Описание
ВЫКЛ.	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим работы Выкл
Местное	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим работы "Местное"
Станция	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим работы "Станционное"
Дистанционное	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим работы "Дистанционное"
ВСЕ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход управления "Все"
ВЕН_BLK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние блокировки логического устройства CTRL
ВЕН_TST	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние тестирования логического устройства CTRL

3.17.10.9 Уставки

Таблица 190: Общие уставки

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор М/Д	1=Ключ М/Д 2=Дискретный вход			1=Ключ М/Д	Выбор режима М/Д по ключу или через дискретный вход
ПолномочияСтанции	1=М,Д 2=М,С,Д 3=М,Д,М+Д 4=М,С,С+Д,М+С,М+С+Д			1=М,Д	Источник команд
Режим управления	1=Вкл 2=Заблокировано 5=Выкл			1=Вкл	Включение и отключение управления

3.17.10.10 Контролируемые данные

Таблица 191: Контролируемые данные

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Отклик команд	Enum	0=Нет команд 1=Выбрать ОТКЛЮЧИТЬ 2=Выбрать ВКЛЮЧИТЬ 3=Выполнить ОТКЛЮЧИТЬ 4=Выполнить ВКЛЮЧИТЬ 5=ОТКЛЮЧИТЬ 6=ВКЛЮЧИТЬ 7=Отмена 8=Полож. достигнуто 9=Ошибка положения 10=Только сост.объекта 11=Непоср.объект 12=Выбор объекта 13=М/Д Местное 14=М/Д Дистанционное 15=М/Д Выкл 16=Функция Выкл 17=Функция заблокир. 18=Ход выполнения 19=Интервал ожид.выбора 20=Нет прав доступа 21=Включение запрещено 22=Отключение запрещ. 23=Внутренняя неисправность 24=Уже включено 25=Неверный клиент 26 =Разреш. станционное 27=Изменение М/Д 28=Аварийное прекращение по команде отключения		Отклик на последнюю команду
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Состояние М/Д	Enum	0=Выкл 1=Местное 2=Дистанционное 3=Станционное 4=М+Д 5=М+С 6=М+С+Д 7=С+Д		Контроль состояния М/Д

3.17.11 Блок команд управления (16 экз.) SPCGAPC

3.17.11.1 Функциональный блок

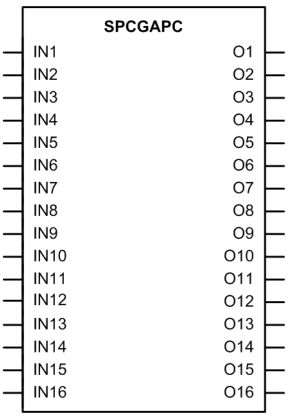


Рис. 98: Функциональный блок

3.17.11.2 Функциональные возможности

Функциональный блок SPCGAPC содержит 16 независимых команд управления. Функциональный блок SPCGAPC позволяет активировать выходы посредством команд местного или дистанционного управления. Команда местного управления подается с помощью кнопок на однолинейной схеме или через входы, а команда дистанционного управления – по связи. Восходящий фронт импульса входного сигнала расценивается как запрос на управляющее воздействие, при этом происходит переключение состояния выхода. При использовании дистанционного управления команды управления имеют устойчивый характер.

Уставка *Ограничение М/Д* используется для ввода или вывода режима отслеживания функцией SPCGAPC положения кнопки R/L. Если уставка *Ограничение М/Д* имеет значение "1", как оно используется по умолчанию, то местные или дистанционные воздействия принимаются в зависимости от положения кнопки R/L.

Каждая из 16 команд управления имеет уставки *Рабочий режим*, *Длительность импульса* и *Описание* . Если уставка *Рабочий режим* имеет значение "Переключение", то состояние выхода будет переключаться при получении каждого запроса на управляющее воздействие. Если уставка *Рабочий режим* имеет значение "Импульс", выходной импульс заданной длительности (уставка *Длительность импульса*) генерируется при приеме каждого запроса на команду управления. Уставка *Описание* может использоваться для хранения информации о фактическом использовании команды управления, например, в приложении.

Например, если уставка *Режим работы* имеет значение "Переключение", выход O# изначально имеет значение “0”. По переднему фронту сигнала на входе IN# на выходе O# устанавливается значение “1”. Задний фронт сигнала на входе IN# не оказывает никакого влияния. По следующему переднему фронту сигнала на входе IN# выход O# переходит в состояние “0”.

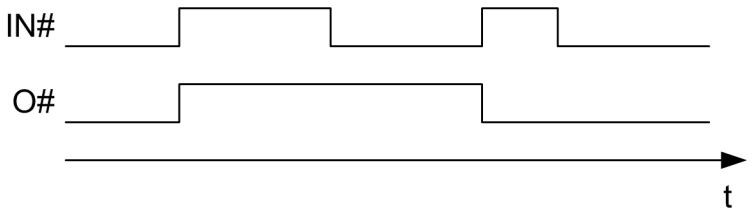


Рис. 99: Работа в режиме "Переключение"

Вход BLOCK может использоваться для блокировки срабатывания выходов. Действие входа BLOCK зависит от параметра *Режим работы* . Если уставка *Рабочий режим* имеет значение "Переключение", состояние выхода фиксируется и его нельзя изменить, пока активен вход BLOCK. Если уставка *Рабочий режим* имеет значение "Импульс", то при активации входа BLOCK состояние выходов будет устанавливаться в состояние "0", и дальнейшие запросы на выдачу команд управления будут игнорироваться, пока вход BLOCK будет оставаться активным .

С точки зрения дистанционной связи режим переключения функции SPCGAPC всегда работает как постоянный режим. Выход O# следует за значением, записанным во вход IN#.

3.17.11.3 Сигналы

Таблица 192: Входные сигналы функции SPCGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
IN1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 1
IN2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 2
IN3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 3
IN4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 4
IN5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 5
IN6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 6
IN7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 7
IN8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 8
IN9	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 9
IN10	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 10
IN11	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 11
IN12	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 12
IN13	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 13
IN14	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 14
IN15	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 15
IN16	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды управления 16

Таблица 193: Выходные сигналы функции SPCGAPC

Название	Тип	Описание
O1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 1
O2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 2
O3	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 3
O4	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 4
O5	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 5
Продолжение таблицы на следующей странице		

Название	Тип	Описание
O6	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 6
O7	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 7
O8	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 8
O9	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 9
O10	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 10
O11	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 11
O12	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 12
O13	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 13
O14	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 14
O15	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 15
O16	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние выхода 16

3.17.11.4 Уставки

Таблица 194: Общие уставки функции SPCGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Ограничение М/Д	0=Нет 1=Да			1=Да	Ограничения для ключа М/Д
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 1 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 2 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 3 SPCGAPC1	Описание команды управления

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 4 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 5 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 6 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 7 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 8 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Описание				Выход 9 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 10 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 11 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 12 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 13 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 14 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 15 SPCGAPC1	Описание команды управления
Режим работы	0=Импульс 1=Переключение/ Постоянный режим -1=Выкл			-1=Выкл	Режим срабатывания блока
Длительность импульса	10...3600000	мс	10	1000	Длительность импульса при импульсном режиме работы
Описание				Выход 16 SPCGAPC1	Описание команды управления

3.18 Восстановление заводских уставок

В случае потери данных конфигурации или любой другой ошибки файловой системы, из-за которой устройство релейной защиты не работает должным образом, всю файловую систему можно восстановить в исходное состояние, определенное производителем. При этом будут восстановлены все уставки по умолчанию и файлы конфигурации, созданные при изготовлении. Более подробную информацию о восстановлении заводских уставок смотрите в "Руководстве оператора".

3.19 Запись профиля нагрузки LDPRLRC

3.19.1 Функциональный блок

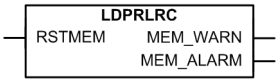


Рис. 100: Функциональный блок

3.19.2 Функциональные возможности

В ИЭУ имеется регистратор профиля нагрузки. Функция регистрации профиля нагрузки позволяет сохранить данные за определенный интервал времени (интервал усреднения измеряемой нагрузки). Для записи и сохранения в энергонезависимой памяти можно выбрать до 12 загружаемых величин. Диапазон значений зарегистрированных загружаемых величин почти в восемь раз превышает номинальную величину, а значения больше этого не учитываются. Время записи зависит от заданного параметра

интервала усреднения измеряемой нагрузки и количества выбранных величин. Выходной формат записи - COMTRADE.

3.19.2.1 Величины

Выбор величин зависит от конкретного продукта.

Таблица 195: Описание величин

Выбор величины x	Описание
Выведено	Не выбранная величина
Ia	Ток в фазе A
Ib	Ток в фазе B
Ic	Ток в фазе C
3Io	Ток нейтрали/заземления/нулевой последовательности
Ia'	Ток в фазе A на стороне 2
Ib'	Ток в фазе B на стороне 2
Ic'	Ток в фазе C на стороне 2
3Io	Ток нейтрали/заземления/нулевой последовательности на стороне 2
Uab	Линейное напряжение Uab
Ubc	Линейное напряжение Ubc
Uca	Линейное напряжение Uca
Ua	Фазное напряжение a
Ub	Фазное напряжение b
Uc	Фазное напряжение c
Uab'	Линейное напряжение ab на стороне 2
Ubc'	Линейное напряжение bc на стороне 2
Uca'	Линейное напряжение ca на стороне 2
Ua'	Фазное напряжение a на стороне 2
Ub'	Фазное напряжение b на стороне 2
Uc'	Фазное напряжение c на стороне 2
S	Полная мощность
P	Активная мощность
Q	Реактивная мощность
Коэф мощности	Коэффициент мощности
S'	Полная мощность на стороне 2
P'	Активная мощность на стороне 2
Q'	Реактивная мощность на стороне 2
Коэфф мощности'	Коэффициент мощности на стороне 2
S_фA	Полная мощность, фаза L1
S_фB	Полная мощность, фаза L2
S_фC	Полная мощность, фаза L3
Продолжение таблицы на следующей странице	

Выбор величины x	Описание
P_фA	Активная мощность, фаза L1
P_фB	Активная мощность, фаза L2
P_фC	Активная мощность, фаза L3
QL1	Реактивная мощность, фаза L1
Q_фB	Реактивная мощность, фаза L2
Q_фC	Реактивная мощность, фаза L3
Коэф мощн_фA	Коэффициент мощности, фаза L1
Коэф мощн_фB	Коэффициент мощности, фаза L2
Коэф мощн_фC	Коэффициент мощности, фаза L3
S_фA'	Полная мощность, фаза L1, сторона B
S_фB'	Полная мощность, фаза L2, сторона B
S_фC'	Полная мощность, фаза L3, сторона B
P_фA'	Активная мощность, фаза L1, сторона B
P_фB'	Активная мощность, фаза L2, сторона B
P_фC'	Активная мощность, фаза L3, сторона B
Q_фA'	Реактивная мощность, фаза L1, сторона B
Q_фB'	Реактивная мощность, фаза L2, сторона B
Q_фC'	Реактивная мощность, фаза L3, сторона B
Коэф мощн_фA'	Коэффициент мощности, фаза L1, сторона B
Коэф мощн_фB'	Коэффициент мощности, фаза L2, сторона B
Коэф мощн_фC'	Коэффициент мощности, фаза L3, сторона B
Выключатель IL1C	Ток в фазе 1, сторона C
Выключатель IL2C	Ток в фазе 1, сторона C
Выключатель IL3C	Ток в фазе 1, сторона C

Если убрать источник данных для выбранной величины, например, при помощи инструмента конфигурации ACT в PCM600, регистратор профиля нагрузки прекратит запись, и ранее собранные данные будут удалены.

3.19.2.2 Длина записи

Запись может осуществляться в течение примерно 7,4 лет, если регистрируется одна величина, а интервал усреднения измеряемой нагрузки установлен в значение 180 минут. Время записи пропорционально уменьшается при выборе меньшего интервала усреднения измеряемой нагрузки или при выборе большего количества величин для регистрации. Длина записи в днях с применением различных уставок представлена в Таблице 196. После того как буфер для записи будет полностью заполнен, самые старые данные будут перезаписаны новыми.

Таблица 196: Возможность записи в днях при использовании различных уставок

	Интервал усреднения измеряемой нагрузки						
	1 минута	5 минут	10 минут	15 минут	30 минут	60 минут	180 минут
Количество величин	**Возможность записи в днях**						
1	15,2	75.8	151,6	227,4	454,9	909,7	2729,2
2	11,4	56,9	113,7	170,6	341,1	682,3	2046,9
3	9,1	45,5	91,0	136,5	272,9	545,8	1637,5
4	7,6	37,9	75,8	113,7	227,4	454,9	1364,6
5	6,5	32,5	65,0	97,5	194,9	389,9	1169,6
6	5,7	28,4	56,9	85,3	170,6	341,1	1023,4
7	5,1	25,3	50,5	75,8	151,6	303,2	909,7
8	4,5	22,7	45,5	68,2	136,5	272,9	818,8
9	4,1	20,7	41,4	62,0	124,1	248,1	744,3
10	3,8	19,0	37,9	56,9	113,7	227,4	682,3
11	3,5	17,5	35,0	52,5	105,0	209,9	629,8
12	3,2	16,2	32,5	48,7	97,5	194,9	584,8

3.19.2.3 Скачивание записи

ИЭУ сохраняет профиль нагрузки в файлах в формате COMTRADE в папку C:\LDP\COMTRADE. Эти файлы можно скачать при помощи инструмента PCM600 или любого другого подходящего программного обеспечения, которое может иметь доступ к папке C:\LDP\COMTRADE.

Профиль нагрузки состоит из двух типов файлов COMTRADE: файла конфигурации (.CFG) и файла данных (.DAT). Оба типа файлов имеют одинаковые имена.

Чтобы убедиться, что оба скачиваемых типа файлов берутся из одного контента, эти файлы нужно скачивать последовательно. После того как один из файлов будет скачан, буфер записи сделает остановку, чтобы дать время скачать второй файл.

Содержимое записи профиля нагрузки будет последовательно обновлено. Таким образом, атрибут размера обоих файлов COMTRADE имеет значение "0".

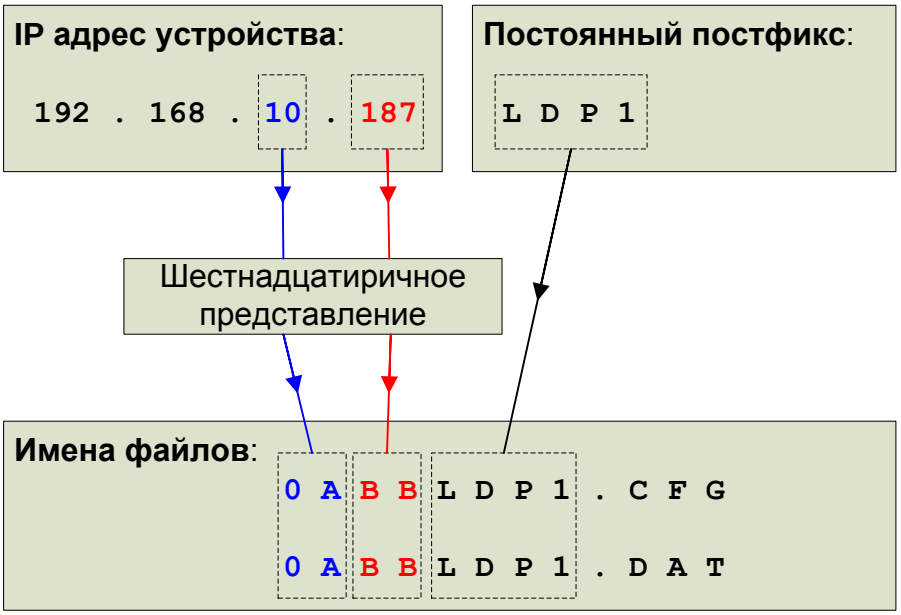


Рис. 101: Присваивание имени файла записи профиля нагрузки

3.19.2.4 Удаление записи

Запись профиля нагрузки можно удалить при помощи команды *Сбросить запись профиля нагрузки* через ИЧМ, по каналу связи или через вход ACT в программном обеспечении PCM600. Удаление записи разрешается только инженеру или администратору, обладающему соответствующим уровнем доступа.

Запись профиля нагрузки удаляется автоматически при изменении количественных параметров выбора или какого-либо иного параметра, который может оказать воздействие на содержание конфигурационного файла COMTRADE. Если же источник данных для выбранной величины будет удален, например, при помощи инструмента конфигурации ACT, регистратор профиля нагрузки прекратит запись, и ранее собранные данные будут удалены.

3.19.3 Конфигурация

Запись профиля нагрузки можно конфигурировать при помощи инструмента PCM600 или любого другого инструмента, поддерживающего стандарт МЭК 61850.

Запись профиля нагрузки можно включить или отключить при помощи параметра *Активизация* в меню **Конфигурация/Запись парам нагр-ки**.

Каждое устройство релейной защиты можно привязать к отдельному количественному каналу средства записи профиля нагрузки. Привязка осуществляется с помощью уставки *Выбор величины* соответствующего количественного канала.

IP-адрес устройства релейной защиты и содержимое уставки *Имя присоединения* включаются в файл конфигурации COMTRADE для целей идентификации.

Использование памяти для записи профиля нагрузки контролируется и индицируется двумя сигналами, MEM_WARN и MEM_ALARM, которые могут использоваться для уведомления заказчика о том, что необходимо сделать резервную копию записи, для чего нужно прочесть из устройства релейной защиты записанные данные. Уровни сигналов MEM_WARN и MEM_ALARM определяются параметрами *Предупр уровень пам* и *Сигнальн уровень пам*.

3.19.4 Сигналы

Таблица 197: Выходные сигналы функции LDPRLRC

Название	Тип	Описание
MEM_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние предупреждения при записи в память
MEM_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние аварии при записи в память

3.19.5 Уставки

Таблица 198: Общие уставки функции LDPRLRC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Выбор величины 1	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 2	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 3	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 4	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 5	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 6	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 7	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 8	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 9	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 10	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 11	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор величины 12	0=Выкл 1=IL1 2=IL2 3=IL3 4=Io 5=IL1B 6=IL2B 7=IL3B 8=IoB 9=U12 10=U23 11=U31 12=UL1 13=UL2 14=UL3 15=U12B 16=U23B 17=U31B 18=UL1B 19=UL2B 20=UL3B 21=S 22=P 23=Q 24=Коэф мощности 25=S' 26=P' 27=Q' 28=Коэфф мощности' 29=SL1 30=SL2 31=SL3 32=PL1 33=PL2 34=PL3 35=QL1 36=QL2 37=QL3 38=PFL1 39=PFL2 40=PFL3 41=SL1B 42=SL2B 43=SL3B 44=PL1B 45=PL2B 46=PL3B 47=QL1B 48=QL2B 49=QL3B 50=PFL1B 51=PFL2B 52=PFL3B 53=IL1C 54=IL2C 55=IL3C			0=Выкл	Выбор регистрируемой величины
Предупр уровень пам	0...100	%	1	0	Установить уровень предупреждения по памяти
Сигнальн уровень пам	0...100	%	1	0	Установить уровень сигнализации по памяти

3.19.6 Контролируемые данные

Таблица 199: Контролируемые данные функции LDPRLRC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Использовано памяти	INT32	0...100	%	Объем памяти, занятый осциллограммами

3.20 Функциональные блоки контроля канала ETHERNET

3.20.1 Контроль резервного канала Ethernet RCHLCCH

3.20.1.1 Функциональный блок

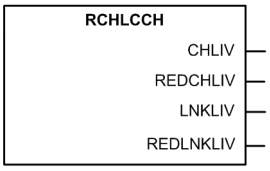


Рис. 102: Функциональный блок

3.20.1.2 Функциональные возможности

Функция контроля резервного Ethernet-канала RCHLCCH представляет дублированные Ethernet-каналы LAN A и LAN B.

3.20.1.3 Сигналы

Таблица 200: Выходные сигналы функции RCHLCCH

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
CHLIV	Да Нет				Состояние резервного канала Ethernet LAN A. Если для параметра *Резервный режим* установлено значение "HSR" или "PRP", то значение параметра будет равно "Да", при условии что ИЭУ принимает кадры контроля резервирования. В противном случае значение равно "Нет".
REDCHLIV	Да Нет				Состояние резервного канала Ethernet LAN B. Если для параметра *Резервный режим* установлено значение "HSR" или "PRP", то значение параметра будет равно "Да", при условии что ИЭУ принимает кадры контроля резервирования. В противном случае значение равно "Нет".
LNKLIV	Вверх Вниз				Состояние связи резервного порта LAN A. Действует только тогда, когда для параметра *Резервный режим* установлено значение "HSR" или "PRP".
REDLNKLIV	Вверх Вниз				Состояние связи резервного порта LAN B. Действует только тогда, когда для параметра *Резервный режим* установлено значение "HSR" или "PRP".

3.20.1.4 Уставки

Таблица 201: Параметры резервирования

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Резервный режим	Нет PRP HSR			Нет	Выбор режима для коммутатора Ethernet на резервных модулях связи. Режим "Нет" используется в сетях с обычной и самовосстанавливающейся топологией Ethernet.

3.20.1.5 Контролируемые данные

Доступ к контролируемым данным предусмотрен в четырех пунктах меню.

- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Действие/CHLIV_A**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Действие/REDCHLIV_B**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Состояния каналов/LNKLIV_A**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Состояния каналов/REDLNKLIV_B**

3.20.2 Контроль канала Ethernet SCHLCCH

3.20.2.1 Функциональный блок

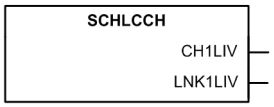


Рис. 103: Функциональный блок

3.20.2.2 Функциональные возможности

Функция контроля Ethernet-каналов SCHLCCH представляет Ethernet-каналы X1/LAN, X2/LAN и X3/LAN.

Для неиспользуемого Ethernet-порта можно задать значение "Откл." в меню **Конфигурация/Связь/Ethernet/Задние порты/Режим порта x**. Эта уставка закрывает порт из программного обеспечения, отключая Ethernet-связь по этому порту. Закрытие неиспользуемых Ethernet-портов повышает кибербезопасность ИЭУ.

3.20.2.3 Сигналы

Таблица 202: Выходные сигналы SCHLCCH1

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
CH1LIV	Да Нет				Состояние Ethernet-канала X1/LAN. Значение "Да" означает, что порт принимает Ethernet-кадры. Действует только тогда, когда для параметра *Резервный режим* установлено значение "Нет" или порт не является одним из резервных портов (LAN A или LAN B).
LNK1LIV	Вверх Вниз				Состояние канала связи порта Ethernet X1/LAN.

Таблица 203: Выходные сигналы SCHLCCH2

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
CH2LIV	Да Нет				Состояние Ethernet-канала X2/LAN. Значение "Да" означает, что порт принимает Ethernet-кадры. Действует только тогда, когда для параметра *Резервный режим* установлено значение "Нет" или порт не является одним из резервных портов (LAN A или LAN B).
LNK2LIV	Вверх Вниз				Состояние канала связи порта Ethernet X2/LAN.

Таблица 204: Выходные сигналы SCHLCCH3

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
CH3LIV	Да Нет				Состояние Ethernet-канала X3/LAN. Значение "Да" означает, что порт принимает Ethernet-кадры. Действует только тогда, когда для параметра *Резервный режим* установлено значение "Нет" или порт не является одним из резервных портов (LAN A или LAN B).
LNK3LIV	Вверх Вниз				Состояние канала связи порта Ethernet X3/LAN.

3.20.2.4 Уставки

Таблица 205: Настройки режима порта

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим порта 1	Выкл. Вкл.			Вкл.	Выбор режима для заднего порта (портов). Если порт не используется, для него можно установить состояние "Выкл.". Для порта нельзя задать состояние «Выкл.», если параметр *Резервный порт* имеет значение "HSR" или "PRP" и порт является одним из резервных портов (LAN A или LAN B) либо если порт используется для связи с дифференциальной защитой линии.
Режим порта 2	Выкл. Вкл.			Вкл.	Выбор режима для заднего порта (портов). Если порт не используется, для него можно установить состояние "Выкл.". Для порта нельзя задать состояние «Выкл.», если параметр *Резервный порт* имеет значение "HSR" или "PRP" и порт является одним из резервных портов (LAN A или LAN B).
Режим порта 3	Выкл. Вкл.			Вкл.	Выбор режима для заднего порта (портов). Если порт не используется, для него можно установить состояние "Выкл.". Для порта нельзя задать состояние «Выкл.», если параметр *Резервный порт* имеет значение "HSR" или "PRP" и порт является одним из резервных портов (LAN A или LAN B).

3.20.2.5 Контролируемые данные

Доступ к контролируемым данным предусмотрен в шести пунктах меню.

- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Действие/CH1LIV**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Действие/CH2LIV**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Действие/CH3LIV**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Состояния каналов/LNK1LIV**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Состояния каналов/LNK2LIV**
- **Мониторинг/Связь/Ethernet/Состояния каналов/LNK3LIV**

Раздел 4 Функции защиты

4.1 Трехфазная токовая защита

4.1.1 Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита PHxPTOC

4.1.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита, чувствительная ступень	PHLPTOC	3I>	51P-1
Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита, грубая ступень	PHHPTOC	3I>>	51P-2
Трехфазная ненаправленная максимальная токовая защита, отсечка	PHIPTOC	3I>>>	50P/51P

4.1.1.2 Функциональный блок

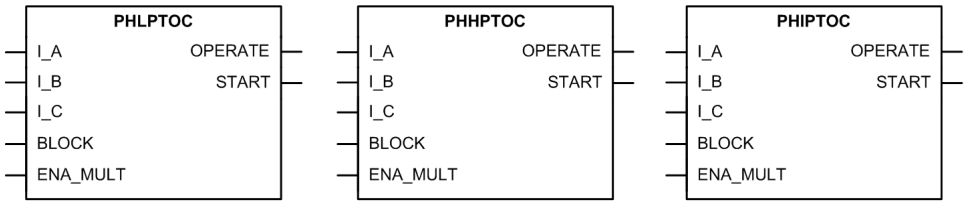


Рис. 104: Функциональный блок

4.1.1.3 Функциональные возможности

Функция трехфазной ненаправленной максимальной токовой защиты PHxPTOC используется в качестве ненаправленной защиты от однофазных, двухфазных или трехфазных повреждений, а также для защиты от коротких замыканий.

Запуск функции происходит при превышении заданной предельной величины тока. Характеристики срабатывания чувствительной ступени PHLPTOC и

грубой ступени PHHPTOC могут иметь независимую выдержку времени (DT) или обратнозависимую выдержку времени (IDMT). Мгновенная ступень PHIPTOC всегда имеет независимую выдержку времени (DT).

В режиме с независимой выдержкой времени (DT) функция срабатывает по истечении заданной выдержки времени и сбрасывается при исчезновении тока повреждения. Режим срабатывания IDMT имеет токозависимые характеристики выдержки времени.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.1.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PHxPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

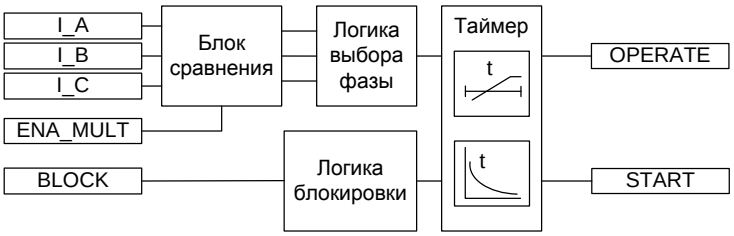


Рис. 105: Функциональная схема

Блок сравнения

Измеренные фазные токи пофазно сравниваются с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если измеренный ток превышает заданное значение уставки *Пусковое значение*, то блок сравнения сообщает об этом превышении в логику выбора фазы. Если активен вход ENA_MULT, *Пусковое значение* умножается на *МножительПускЗнач* .

ИЭУ не принимает уставки *Пусковое значение* или *МножительПускЗнач*, если эти уставки превышают диапазон настройки уставки *Пусковое значение*.

Обычно коэффициент пускового значения используется в случае подключения функции обнаружения броска тока намагничивания (INRPHAR) к входу ENA_MULT.

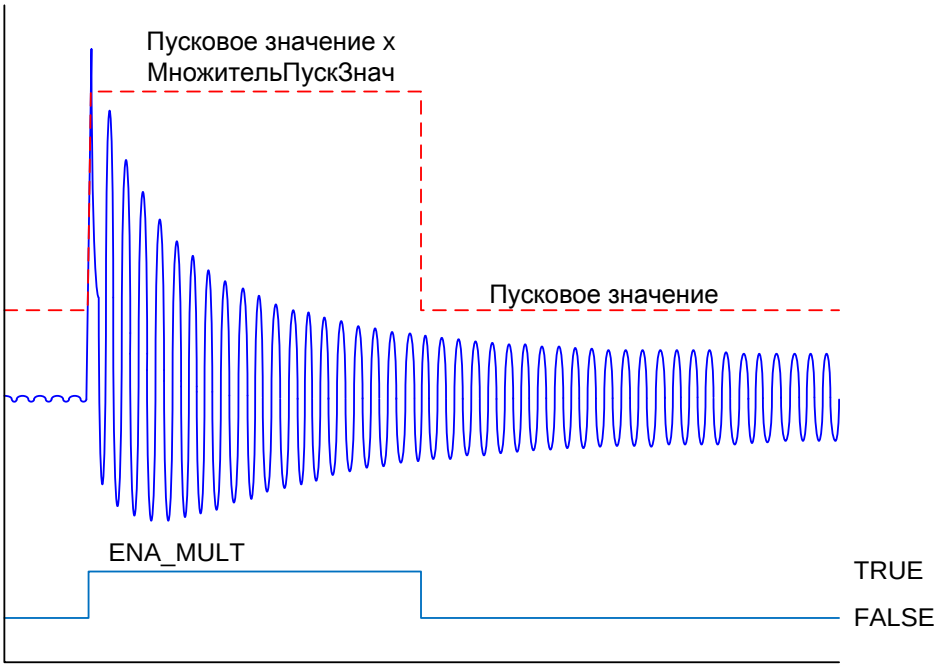


Рис. 106: Поведение пускового значения при активированном входе ENA_MULT

Логика выбора фазы

Если в блоке сравнения выполняются все критерии повреждения, то логика выбора фазы определяет фазу или фазы, в которых измеренный ток превышает значение уставки. Если информация совпадает с параметром *Количество фаз* , то логика выбора фазы включает таймер.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.* характеристика срабатывания может иметь независимую или обратнозависимую выдержку времени (DT или IDMT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* В режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе характеристики IDMT, программируемой пользователем, характеристики срабатывания определяются параметрами *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т.е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Действие таймера при возврате зависит от сочетания параметров *Хар-ка выдержки времени*, *Тип кривой возврата* и *Время возврата* . Если же выбрана характеристика с независимой выдержкой

времени, то таймер возврата будет работать до истечения заданного времени уставки *Время возврата* . При выборе характеристик IDMT параметр *Тип кривой возврата* можно установить в значение "Мгновенная", "Независимая" или "Инверсная". Характеристика возврата "Мгновенная" обеспечивает моментальный возврат. Если же тип характеристики возврата - "Независимая", то время возврата зависит от уставки *Время возврата* . Если тип характеристики возврата - "Инверсная", то время возврата зависит от величины тока в течение ситуации возврата. Выход START блокируется по истечении времени таймера возврата.



Выбор характеристики «Инверсная» поддерживается только для ANSI характеристик или для обратнозависимых характеристик, программируемых пользователем. Если же выбирается другой тип характеристики срабатывания, то в такой ситуации возврат производится моментально.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования времени срабатывания и возврата характеристики IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное возможное время срабатывания характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.



Уставка *Мин время срабат* должна использоваться с большой осторожностью, поскольку время срабатывания зависит от характеристики IDMT, но не может быть меньше значения уставки *Мин время срабат* . Более подробную информацию смотрите в разделе Обратнозависимые характеристики (IDMT) для максимальной токовой защиты в настоящем руководстве.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся

функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.1.1.5 Режимы измерения

Функция работает в четырех альтернативных режимах измерения: "Среднеквадратичный", "Фурье", "Амплитудный" и "Амплитудный с резервированием". Дополнительно в некоторых вариантах продукта имеется режим измерения “Широкий амплитудный”. Режим измерения выбирается при помощи уставки *Режим измерения*.

Таблица 206: Режимы измерения, поддерживаемые ступенями защиты функции PHxPTOC

Режим измерений	PHLPTOC	PHHPTOC	PHIPTOC
Среднеквадратичный	x	x	
Фурье	x	x	
Амплитудный	x	x	
Амплитудный с резервированием			x
Широкий амплитудный	x [1)]		

1) Предусмотрен только в стандартных конфигурациях C и D устройства REG615



Подробное описание режимов измерения смотрите в разделе Режимы измерения настоящего руководства.

4.1.1.6 Характеристики таймера

Функция PHxPTOC поддерживает оба типа характеристик срабатывания: независимую (DT) и инверсную (IDMT). Характеристики выдержки времени можно выбрать при помощи параметров *Тип кривой сработ.* и *Тип кривой возврата* . Когда выбирается независимая характеристика, на нее оказывают воздействие только уставки *Время срабатывания* и *Время возврата* .

ИЭУ имеет 16 характеристик срабатывания IDMT, семь из которых соответствуют стандарту IEEE C37.112 и шесть – стандарту МЭК 60255-3. Две характеристики являются специальными характеристиками, полученными на основе практического опыта АББ, они обозначаются RI и RD. Кроме того, если не подходит ни одна из стандартных характеристик, может использоваться характеристика, программируемая пользователем. Характеристики DT выбираются установкой для параметра *Характеристика срабатывания* значений "ANSI Независимая" или "МЭК Независимая". В обоих случаях функция работает идентично.

Для различных ступеней используются следующие характеристики, соответствующие перечню из спецификации МЭК 61850-7-4:

Таблица 207: Характеристики срабатывания для различных ступеней

Тип кривой срабат.	PHLPTOC	PHHPTOC
(1) ANSI Чезвычайно инверсная	x	x
(2)ANSI Сильно инверсная	x	
(3) ANSI Нормально инверсная	x	x
(4) ANSI Умеренно инверсная	x	
(5) ANSI независимая	x	x
(6) Длительно Чрезвычайно Инверсная	x	
(7) Длительно сильно инверсная	x	
(8) Длительно Инверсная	x	
(9) МЭК Нормально инверсная	x	x
(10) МЭК Сильно инверсная	x	x
(11) МЭК Инверсная	x	
(12) МЭК Чезвычайно инверсная	x	x
(13) МЭК Кратковременно Инверсная	x	
(14) МЭК Длительно Инверсная	x	
(15) МЭК Независимая	x	x
(17) Программируемая пользователем	x	x
(18) RI типа	x	
(19) RD типа	x	

Функция PHIPTOC поддерживает только независимую характеристику срабатывания.

Подробное описание таймеров смотрите в разделе Общие характеристики функциональных блоков настоящего руководства.

Таблица 208: Характеристики возврата для различных ступеней защит

Тип характеристики возврата	PHLPTOC	PHHPTOC	Примечание
(1) Мгновенная	x	x	Доступна для всех временных характеристик срабатывания
(2) Независимая	x	x	Доступна для всех временных характеристик срабатывания
(3) Инверсная	x	x	Доступна только для ANSI и программируемых пользователем характеристик

Уставка *Тип кривой возврата* не применяется к функции PHIPTOC или если выбрано срабатывание с независимой выдержкой времени. В этих случаях возврат определяется исключительно уставкой *Время возврата* .

4.1.1.7 Применение

Функция PHxPTOC в энергосистеме может иметь ряд назначений. Помимо прочего, функция может использоваться в качестве:

- Селективная максимальная токовая защита и защита от коротких замыканий фидеров в распределительных сетях и распределительных сетях высокого напряжения
- Резервная максимальная токовая защита и защита от коротких замыканий силовых трансформаторов и генератора
- Максимальная токовая защита и защита от коротких замыканий различных устройств, подключенных к энергосистеме, например, шунтирующих конденсаторов, шунтирующих реакторов и электродвигателей
- Резервная защита общего назначения

Функция PHxPTOC используется для однофазной, двухфазной и трехфазной ненаправленной максимальной токовой защиты и защиты от коротких замыканий. Обычно МТЗ используется для устранения двухфазных и трехфазных КЗ. Следовательно, пользователь может выбрать количество фаз, превышение уровня тока в которых приводит к срабатыванию функции. Если количество фаз для пуска функции установлено в значение "1 из 3", срабатывание функции PHxPTOC происходит при превышении предельной величины тока в одной из фаз.

Когда параметр установлен в значение "2 из 3" или "3 из 3", то обнаружение однофазных повреждений будет невозможно. Если значение параметра - "3 из 3", повреждение будет обнаружено только при его наличии во всех трех фазах.

Во многих случаях бывает необходимым использование нескольких ступеней защиты и различного уровня тока для запуска функции, а также различных выдержек времени. Функция PHxPTOC имеет три ступени защиты.

- Чувствительная ступень PHLPTOC
- Грубая ступень PHHPTOC
- Быстродействующая ступень PHIPTOC (отсечка)

Функция PHLPTOC используется для максимальной токовой защиты. Функция имеет несколько характеристик выдержки времени. Функции

PHHPTOC и PHIPTOC используются для быстрого устранения повреждений с очень большим током КЗ.

Максимальная токовая защита трансформатора

МТЗ трансформатора используется в качестве основной защиты трансформатора, когда не применяется дифференциальная защита. Она также может использоваться в качестве грубой резервной ступени для дифференциальной защиты при повреждениях внутри защищенной зоны, т.е., при повреждениях на входящих и отходящих фидерах в области выводов трансформатора и крышки бака. Это означает, что величина диапазона токов повреждения может быть достаточно большой. Диапазон может быть от $6xI_n$ до превышения тока I_n в нескольких сотен раз, в зависимости от полного сопротивления трансформатора и полного сопротивления источника питающей сети. С такой точки зрения становится ясно, что действие функции должно быть очень быстрым и селективным, чего обычно можно добиться за счет использования грубых уставок по току.

Также эта функция предназначена для защиты трансформатора от коротких замыканий вне защищенной зоны, от сквозных КЗ. МТЗ трансформатора также обеспечивает защиту шин на стороне низкого напряжения. В таком случае величина тока повреждения обычно не превышает $12xI_n$, в зависимости от места повреждения и полного сопротивления трансформатора. Следовательно, защита должна срабатывать как можно скорее, с учетом требований по селективности, токам включения, а также тепловой и механической стойкости трансформаторов и отходящих фидеров.

На Рисунке 107 показана типичная модель реализации МТЗ трансформатора. Чувствительная ступень PHLPTOC срабатывает селективно как в трансформаторе, так и на шинах на стороне низкого напряжения. Грубая ступень PHHPTOC срабатывает мгновенно, при этом селективность возможна только при КЗ на стороне ВН трансформатора. Если существует вероятность того, что ток повреждения также может подаваться со стороны низкого напряжения на сторону высокого напряжения, то есть необходимость установить МТЗ на стороне низкого напряжения трансформатора. В условиях пуска используются датчики броска тока намагничивания, чтобы умножить уставку пускового тока в каждом конкретном ИЭУ, где может иметь место бросок тока намагничивания. Устройство резервирования при отказе выключателя на базе контроля максимального тока и положения контактов CCBRBRF используется для подтверждения схемы защиты в случае неправильной работы выключателя.

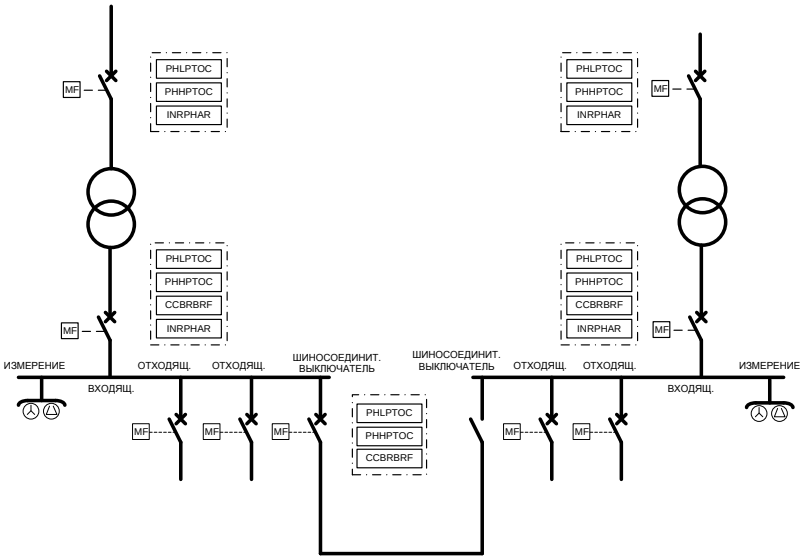


Рис. 107: Пример традиционной селективной МТЗ трансформатора

Время срабатывания основной и резервной максимальной токовой защиты по приведенной выше схеме становится слишком долгим, это относится, в основном, к повреждениям на шине, а также к повреждениям на выводах на стороне низкого напряжения трансформатора. Для улучшения работы приведенной выше схемы предлагается использовать многоступенчатую максимальную токовую защиту с использованием принципа обратной блокировки. Эта схема показана на Рисунке 108.

Максимальная токовая защита трансформатора и шин с использованием принципа обратной блокировки

Реализовав полный набор всех ступеней МТЗ и блокировки между защитами входящих фидеров, секционного выключателя и отходящих фидеров, можно ускорить срабатывание максимальной токовой защиты при повреждениях на шине и на стороне низкого напряжения трансформатора без утраты селективности. К тому же, возрастает степень надежности несрабатывания защиты шин, так как теперь есть специальная селективная и быстродействующая функция защиты шин, работа которой основана на принципе возможности блокирования МТЗ. Дополнительные селективные ступени на стороне ВН и НН трансформатора обеспечивают повышение надежности несрабатывания резервной защиты трансформатора, шин и отходящих фидеров.

В зависимости от ступени защиты селективность схемы на Рисунке 108 зависит от значения тока срабатывания, времени срабатывания или наличия блокировок между последовательными ступенями МТЗ. Блокирование каналов позволяет очень существенно сократить время срабатывания защиты

по сравнению с обычной селективной защитой. В дополнение к защите шин этот принцип блокировки применяется и для защиты выводов трансформатора на стороне низкого напряжения, а также для защиты коротких линий. Функциональность и характеристики предлагаемых МТЗ можно суммировать так, как показано в приведенной далее таблице.

Таблица 209: Предполагаемая функциональность максимальной токовой защиты цифрового трансформатора и шин. DT = Независимая выдержка времени, IDMT = Обратнозависимая выдержка времени

Ступень МТЗ	Характеристика срабатыв.	Режим селективности	Скорость срабатывания	Чувствительность
HV/3I>	DT/IDMT	с отстройкой по времени	низкая	очень высокая
HV/3I>>	DT	с блокировкой/ отстройкой по времени	высокая/низкая	высокая
HV/3I>>>	DT	с отстройкой по току	очень высокая	низкая
LV/3I>	DT/IDMT	с отстройкой по времени	низкая	очень высокая
LV/3I>>	DT	с отстройкой по времени	низкая	высокая
LV/3I>>>	DT	с блокировкой	высокая	высокая

Если шиносоединительный выключатель отключен, время срабатывания МТЗ с блокировкой составляет приблизительно 100 мс (время срабатывания релейной защиты). Когда шиносоединительный выключатель включен, т.е. ток повреждения протекает в направлении поврежденной части шины с двух направлений, время срабатывания становится таким: сначала срабатывает устройство защиты, отключая шиносоединительный выключатель в течение указанных выше 100 мс, что снижает ток повреждения наполовину. После этого устройство защиты входящего фидера поврежденной секции шины отключает выключатель примерно через 250 мс (время срабатывания релейной защиты), что и составляет в данном случае общее время устранения повреждения.

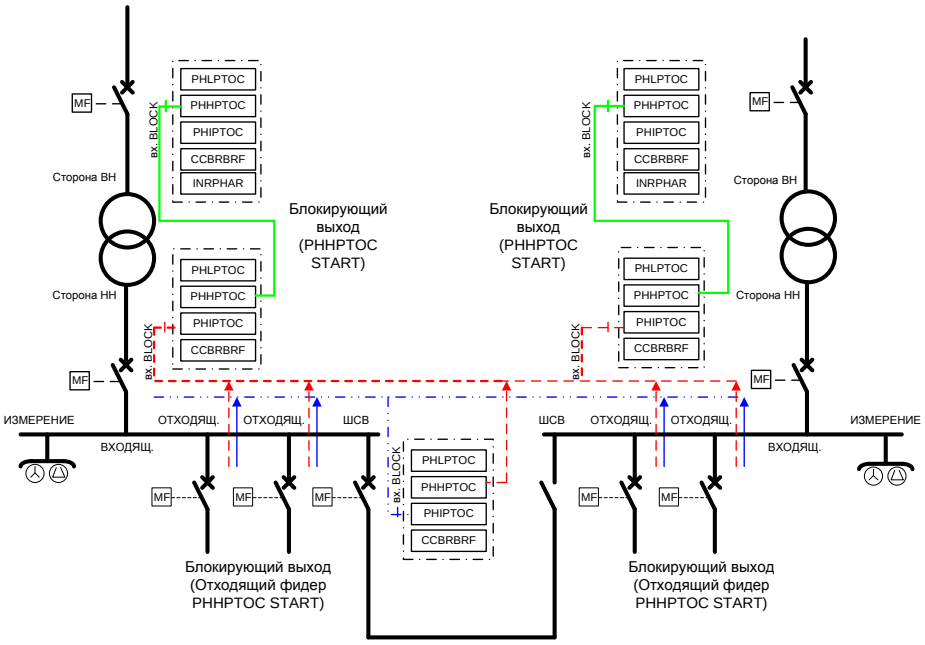


Рис. 108: *Максимальная токовая защита типовой подстанции распределительной сети среднего/высокого напряжения (защита фидера не показана).Blocking output (Блокирующий выходной сигнал) = цифровой выходной сигнал с момента пуска ступени защиты, Blocking in (Блокирующий входной сигнал) = цифровой входной сигнал блокировки срабатывания ступени защиты*

Времена срабатывания отстроенных по времени ступеней очень малы, так как диапазон отстройки по времени между ступенями защиты может быть небольшим. Это имеет место, в основном, благодаря новейшему принципу измерения, который допускает определенную степень насыщения ТТ, хорошей точности срабатывания и малым временем запаздывания цифровых устройств. Таким образом, в режиме с независимой выдержкой времени может использоваться, например, ступень селективности по времени 150 мс, при условии, что время отключения выключателя составляет менее 60 мс.

Чувствительность и скорость срабатывания ступеней защиты с отстройкой по току улучшаются насколько это возможно благодаря тому факту, что расширение области действия защиты при кратковременном замыкании очень незначительно. Кроме того, можно уменьшить воздействие бросков тока намагничивания, для чего используется логика ИЭУ, которая распознает бросок тока возбуждения и блокирует срабатывание либо загрубляет значение уставки пуска по току выбранной ступени МТЗ на какой-либо заданный коэффициент.

И, наконец, надежное отключение МТЗ обеспечивается правильным выбором уставок и способностью измерительных трансформаторов достоверно воспроизводить ток повреждения. Это важно для поддержания селективности, а также для срабатывания защиты без дополнительных

выдержек времени. Дополнительную информацию о режимах измерения и требованиях к трансформаторам тока смотрите в разделе Режимы измерения настоящего руководства.

МТЗ радиального отходящего фидера

Основные требования МТЗ фидера – это адекватная чувствительность и скорость срабатывания защиты с учетом минимального и максимального тока повреждения по всей длине защищенной линии, требований к селективности, бросков тока намагничивания и тепловой и механической стойкости защищенных линий.

Во многих случаях описанные выше требования можно выполнить наилучшим образом при помощи многоступенчатой МТЗ. Пример приводится на Рисунке 109. Был проведен краткий анализ согласования входящих и отходящих фидеров.

Схема защиты реализована с использованием трехступенчатой цифровой МТЗ, где третья ступень PHLPTOC срабатывает в режиме IDMT (с обратнозависимой времятоковой характеристикой), а две остальных ступени, PHHPTOC и PHIPTOC, имеют независимую выдержку времени (режим DT). Также показана тепловая стойкость участков линии и фидера на всем протяжении, а также максимальные ожидаемые броски тока намагничивания. Замыкания вблизи станции, где уровни тока самые высокие, быстро устраняются мгновенной ступенью, что минимально сокращает воздействие серьезных коротких замыканий. Влияние бросков тока намагничивания учитывается путем подключения выхода функции обнаружения бросков тока намагничивания к входу загрубления значения срабатывания мгновенной ступени. Таким образом, при обнаружении броска тока намагничивания пусковое значение умножается на заданный коэффициент, что позволяет избежать нежелательного отключения.

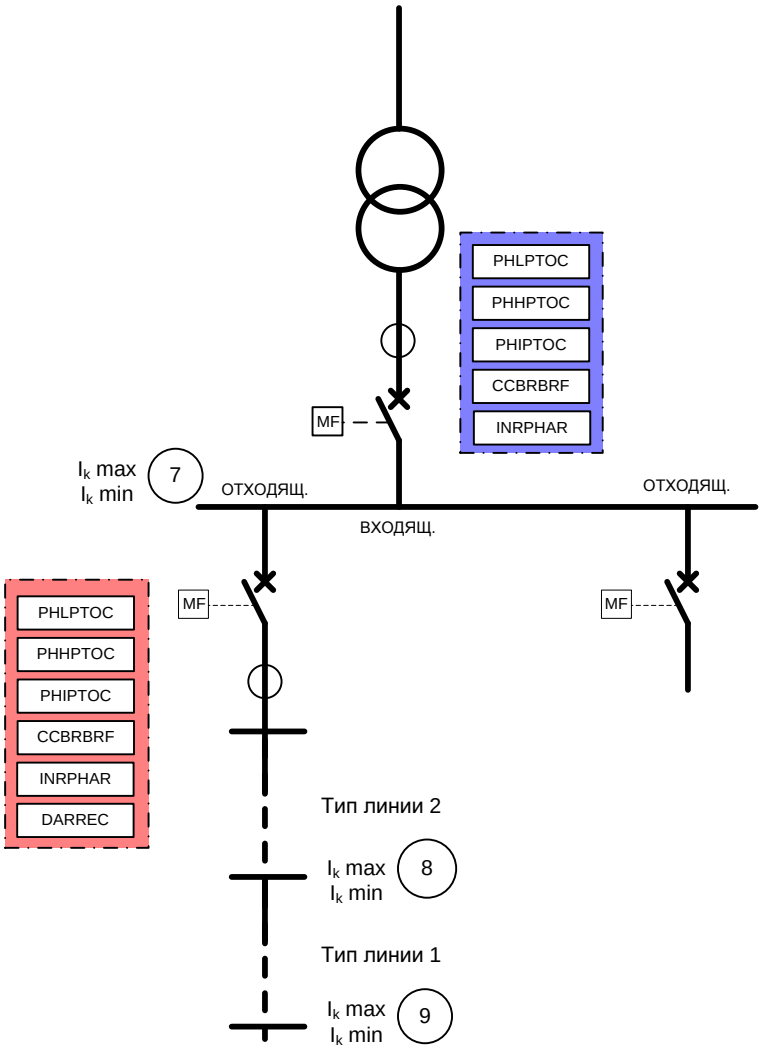


Рис. 109: Функциональные возможности цифровой многоступенчатой МТЗ

Эффективным средством для анализа характеристик с отстройкой по времени является диаграмма селективности. Все упомянутые ранее моменты, требуемые для определения параметров МТЗ, можно одновременно выразить на диаграмме селективности. На Рисунке 110 на диаграмме селективности показан пример характеристики срабатывания на входящем фидере на стороне низкого напряжения, и на отходящем радиальном фидере.

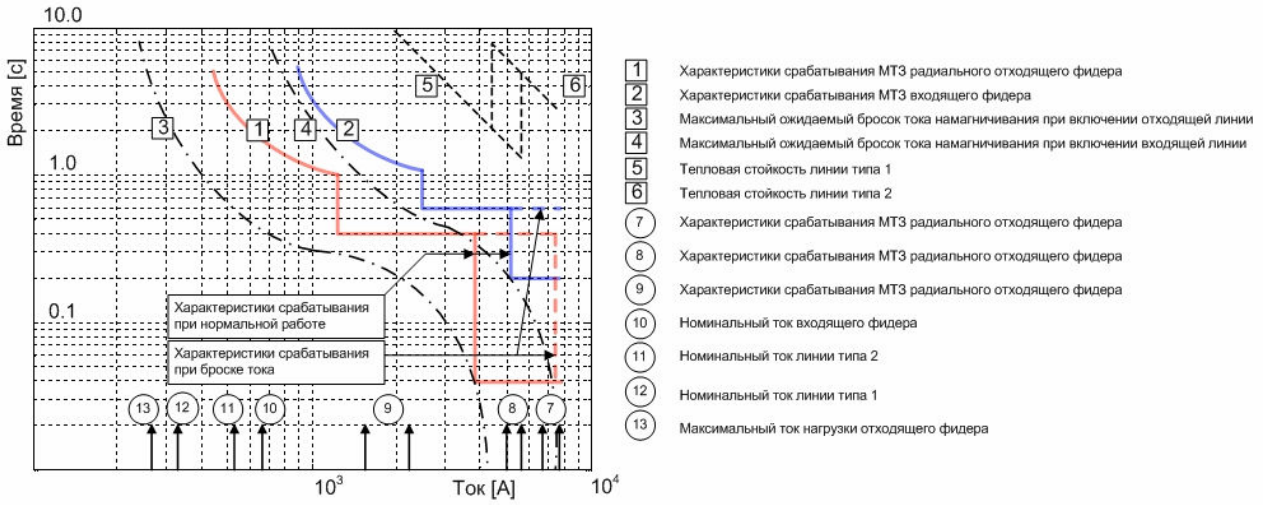


Рис. 110: Пример согласования цифровой многоступенчатой МТЗ

4.1.1.8 Сигналы

Таблица 210: Входные сигналы функции PHLPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току

Таблица 211: Входные сигналы функции PHHPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току

Таблица 212: Входные сигналы функции PHIPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току

Таблица 213: Выходные сигналы функции PHLPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 214: Выходные сигналы функции PHHPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 215: Выходные сигналы функции PHIPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.1.1.9 Уставки

Таблица 216: Групповые уставки функции PHLPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.05...5.00	xIn	0.01	0.05	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5 = ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 217: Групповые уставки функции PHLPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная (2) Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата

Таблица 218: Общие уставки функции PHLPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 219: Общие уставки функции PHLPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный 5=Широкий амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения

Таблица 220: Групповые уставки функции PHHPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.10...40.00	xIn	0.01	0.10	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 3 = ANSI НормИнв 5 = ANSI Независимая Время 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 12 = МЭК ЧрезвИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 221: Групповые уставки функции PHHPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата

Таблица 222: Общие уставки функции PHHPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 223: Общие уставки функции PHHPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения

Таблица 224: Групповые уставки функции PHIPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	1.00...40.00	xIn	0.01	1.00	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Время срабатывания	20...200000	мс	10	20	Время срабатывания

Таблица 225: Общие уставки функции PHIPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания

Таблица 226: Общие уставки функции PHIPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.1.1.10 Контролируемые данные

Таблица 227: Контролируемые данные функции PHLPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
PHLPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 228: Контролируемые данные функции PHHPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
PHHPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 229: Контролируемые данные функции PHIPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
PHIPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.1.1.11 Технические данные

Таблица 230: PHxPTOC Технические данные

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц		
	PHLPTOC	± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
	PHHPTOC и PHIPTOC	± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ (при значениях тока в диапазоне 0,1…10 × $I_{ном}$) ±5,0 % уставки (при значениях тока в диапазоне 10…40 x $I_{ном}$)		
Время запуска [1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	PHIPTOC: $I_{авар.}$ = 2 × уст. *Пусковое значение*	16 мс	19 мс	23 мс
	$I_{авар.}$ = 10 × уст. *Пусковое значение*	11 мс	12 мс	14 мс
	PHHPTOC и PHLPTOC: $I_{авар.}$ = 2 × уст. *Пусковое значение*	23 мс	26 мс	29 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<30 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0 % уставки или ±20 мс		
Погрешность срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени		± 5,0% теоретического значения или ±20 мс [3)]		
Подавление гармоник		Среднеквадратичное значение: подавление отсутствует Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, … Двойная амплитуда: подавление отсутствует Двойная амплитуда + резервирование: подавление отсутствует		

1) *Режим измерения* = по умолчанию (в зависимости от ступени), ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, Ток номинальной частоты подавался в одну фазу с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Максимальное *Пусковое значение* = 2,5 × $I_{ном}$, *Пусковое значение* имеет диапазон кратности 1,5...20

4.1.1.12 Данные о технических изменениях

Таблица 231: Данные о технических изменениях функции PHIPTOC

Исполнение	Изменение
B	Изменено минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* на 40 мс.
C	Для уставки *Время срабатывания* изменено минимальное значение и значение по умолчанию, которые теперь составляет 20 с. Для уставки *Пусковое значение* изменено минимальное значение, которое теперь составляет 1,00 x I_n.
D	Внутреннее улучшение
E	Внутреннее улучшение

Таблица 232: Данные о технических изменениях функции PPHHPTOC

Исполнение	Изменение
C	*Режим измерения* "Амплит.+резерв" заменен на "Амплитудный"
D	Для уставки *Множитель времени* изменено значение шага с 0,05 на 0,01.
E	Внутреннее улучшение
F	Внутреннее улучшение

Таблица 233: Данные о технических изменения функции PHLPTOC

Исполнение	Изменение
B	Изменено минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* на 40 мс.
C	Для уставки *Множитель времени* изменено значение шага с 0,05 на 0,01.
D	Внутреннее улучшение
E	Внутреннее улучшение

4.1.2 Трехфазная направленная максимальная токовая защита DPHxPDOC

4.1.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная направленная максимальная токовая защита, чувствительная ступень	DPHLPDOC	3I> ->	67-1
Трехфазная направленная максимальная токовая защита, грубая ступень	DPHHPDOC	3I>> ->	67-2

4.1.2.2 Функциональный блок

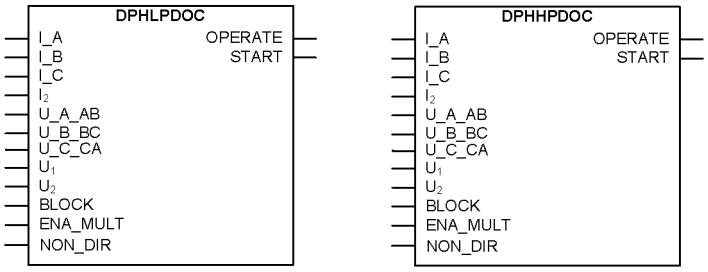


Рис. 111: Функциональный блок

4.1.2.3 Функциональные возможности

Функция трехфазной направленной максимальной токовой защиты DPHxPDOC используется в качестве направленной защиты от однофазных, двухфазных или трехфазных повреждений фидеров, а также для защиты фидеров от коротких замыканий.

Пуск функции DPHxPDOC производится в момент превышения заданной уставки тока при выполнении критерия направленности. Характеристики срабатывания чувствительной ступени DPHLPDOC и грубой ступени DPHHPDOC могут иметь независимую выдержку времени (DT) либо обратнозависимую выдержку времени (IDMT).

В режиме с независимой выдержкой времени (DT) функция срабатывает по истечении заданной выдержки времени и сбрасывается при исчезновении тока повреждения. Режим срабатывания IDMT имеет токозависимые характеристики выдержки времени.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.1.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции DPHxPDOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

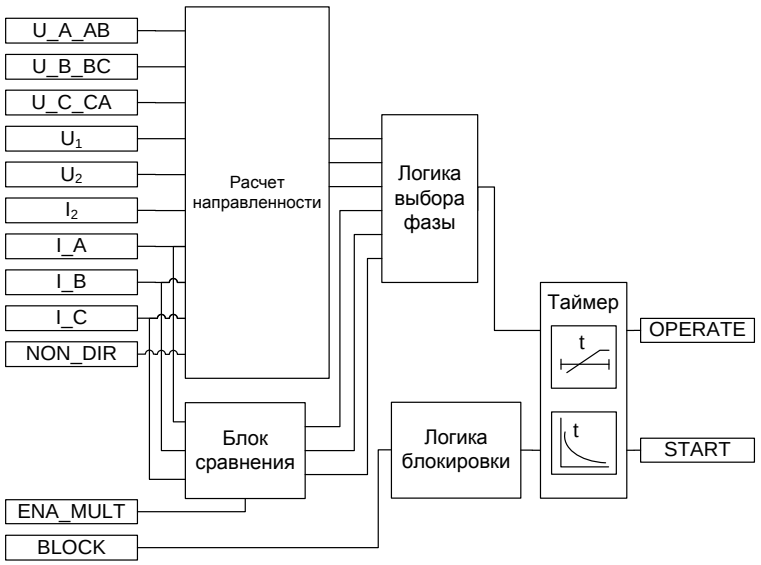


Рис. 112: Функциональная схема

Расчет направленности

Функция расчета направленности сравнивает векторы тока с вектором поляризации. Соответствующую величину поляризации можно выбрать из таких величин как напряжение прямой последовательности, напряжение обратной последовательности, напряжение самополяризации (повреждения) и напряжения кросс-поляризации (нормальные напряжения). Метод поляризации определяется параметром *Величина поляризации*.

Таблица 234: Поляризующие величины

Поляризующая величина	Описание
Напряж прям посл	Напряжение прямой последовательности
Напряж обр посл.	Напряжение обратной последовательности
Самополяризация	Самополяризация
Кросс-поляризац	Кросс-поляризация

Направленное действие выбирается при помощи параметра *Направленность* . Пользователь может выбрать один из следующих параметров работы функции: "Ненаправленная", "Прямая" или "Обратная". Установив параметр *Ненаправл действие* в значение "1", Вы разрешаете ненаправленное действие функции, когда информация о направленности недостоверна.

Уставка *Характеристический угол* используется для поворота направленной характеристики. Значение уставки *Характеристический угол* должно выбираться таким образом, чтобы все повреждения в направлении срабатывания функции были видны в зоне срабатывания, а все повреждения в противоположном направлении рассматривались как повреждения, находящиеся не в зоне срабатывания. Значение уставки *Характеристический угол* зависит от конфигурации сети.

Для надежной работы необходимо, чтобы величина срабатывания и поляризующая величина превысили определенный минимальный уровень амплитуды. Минимальный уровень амплитуды величины срабатывания (тока) определяется уставкой *Мин рабочий ток*. Минимальный уровень амплитуды поляризующей величины (напряжения) определяется уставкой *Мин рабочее напряж*. Если уровень амплитуды величины срабатывания или поляризующей величины ниже заданного уровня, информация о направленности соответствующей фазы устанавливается в значение "не определена".

Поляризующая величина может оставаться достоверной, даже если амплитуда поляризующей величины опустится ниже значения уставки *Мин рабочее напряж*. В этом случае информация о направленности предоставляется специальной функцией памяти в течение времени, определяемого уставкой *Напряжение памяти* .

Функция DPHxPDOC имеет функцию памяти для сохранения надежного и правильного направленного срабатывания интеллектуального устройства в случае ближнего короткого замыкания или при замыканиях на землю, характеризующихся чрезвычайно низким напряжением. При внезапной потере поляризующей величины разность углов рассчитывается на основании фиктивного напряжения. Фиктивное напряжение рассчитывается при помощи напряжения прямой последовательности, измеренного перед повреждением, при допущении, что повреждение не повлияло на напряжение. Функция памяти позволяет функции срабатывать еще в течение максимум трех секунд после полной потери напряжения. Это время задается уставкой *Напряжение памяти*. Память по напряжению нельзя использовать для поляризации по Напряжению обратной последовательности, так как невозможно заменить напряжение прямой последовательности напряжением обратной последовательности, не зная уровень несимметрии сети. Это причина, по которой угол фиктивного напряжения и соответствующая информация о направленности немедленно фиксируются для данного режима поляризации, когда возникает необходимость использования памяти по напряжению, и эти величины остаются фиксированными до тех пор, пока не истечет выдержка времени, определенная уставкой *Напряжение памяти*.

Необходимо очень внимательно выбирать значение уставки *Мин. рабочее напряж.*, так как на точность при низком уровне сигнала очень сильно влияет погрешность устройства измерения.

Когда уровень напряжения опускается ниже значения уставки *Мин. рабочее напряж.* при ближних КЗ, для определения фазного угла используется фиктивное напряжение. Как только напряжение поднимется выше значения уставки *Мин. рабочее напряж.* и гистерезиса, можно будет снова применять измеренное напряжение. Фиктивное напряжение невозможно использовать, когда измеренное напряжение остается ниже величины уставки *Мин. рабочее напряж.* и гистерезиса в течение периода времени, превышающего значение уставки *Напряжение памяти*, либо при исчезновении тока повреждения во время применения фиктивного наппряжения. Когда напряжение ниже значения уставки *Мин. рабочее напряж.* и гистерезиса, а фиктивное напряжение использовать невозможно, направление повреждения определить невозможно. Фиктивное напряжение невозможно использовать по двум причинам:

- Фиктивное напряжение не учитывается по истечении времени, определяемого уставкой *Напряжение памяти*
- Невозможно измерить фазный угол перед событием повреждения.

Функцию DPHxPDOC можно принудительно установить на работу в ненаправленном режиме при помощи входа `NON_DIR`. Когда вход `NON_DIR` активен, функция DPHxPDOC работает как ненаправленная максимальная токовая защита, независимо от значения параметра *Направленность* .

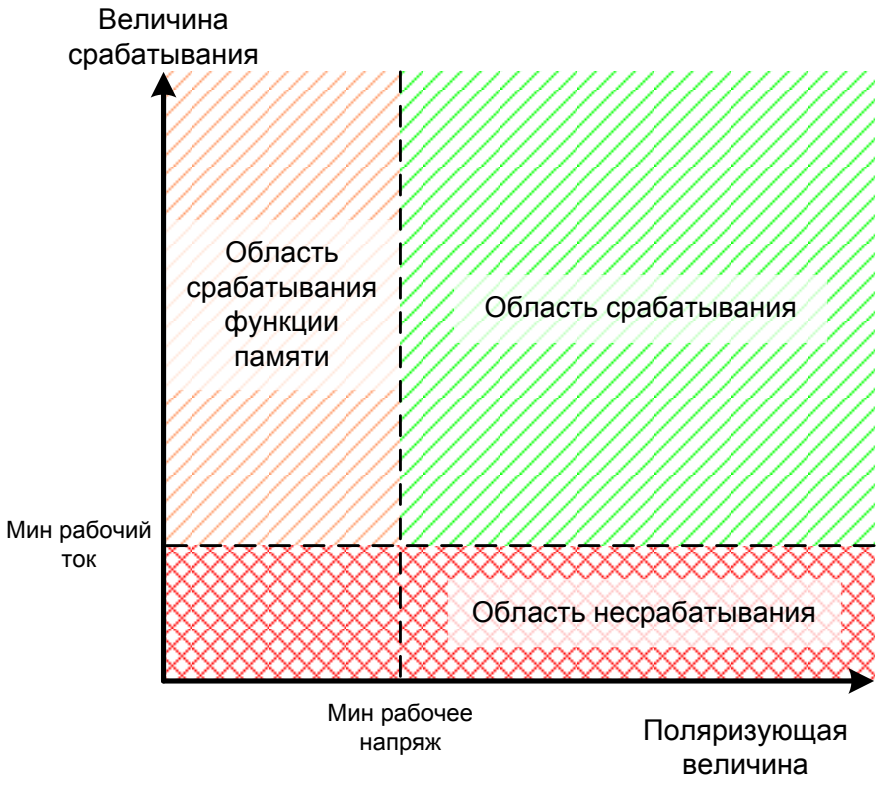


Рис. 113: Зоны срабатывания при минимальных уровнях

Блок сравнения

Измеренные фазные токи пофазно сравниваются с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если измеренный ток превышает заданное значение уставки *Пусковое значение*, то блок сравнения сообщает об этом превышении в логику выбора фазы. Если активен вход ENA_MULT, *Пусковое значение* умножается на *МножительПускЗнач* .

ИЭУ не принимает уставки *Пусковое значение* или *МножительПускЗнач*, если эти уставки превышают диапазон настройки уставки *Пусковое значение*.

Обычно коэффициент пускового значения используется в случае подключения функции обнаружения броска тока намагничивания (INRPHAR) к входу ENA_MULT.

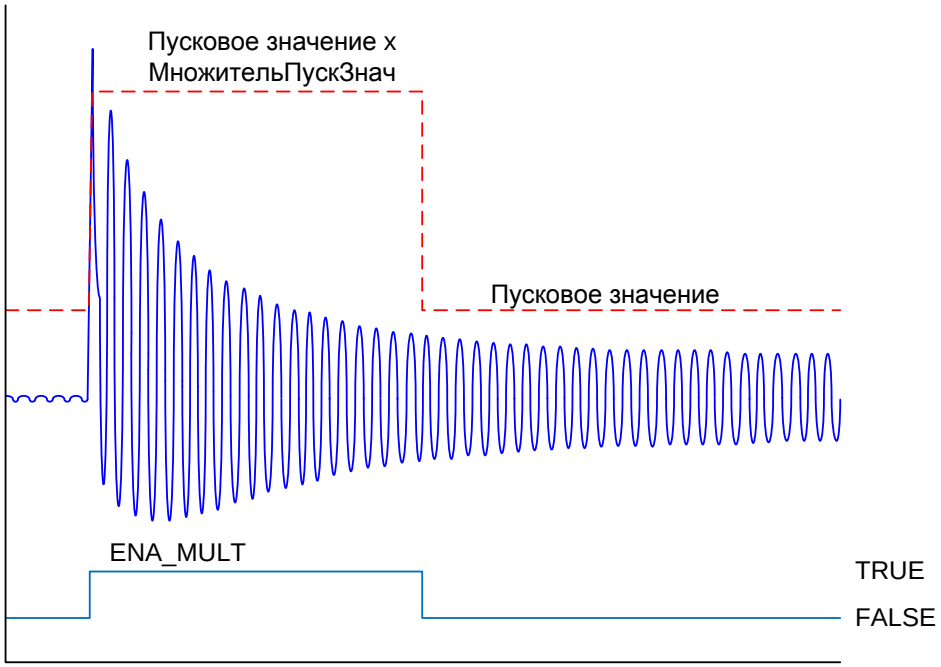


Рис. 114: Поведение пускового значения при активированном входе ENA_MULT

Логика выбора фазы

Если в блоке сравнения выполняются все критерии повреждения, а также выполняются критерии по расчету направленности, то логика выбора фазы определяет фазу или фазы, в которых измеренный ток превышает значение уставки. Если количество фаз совпадает со значением уставки *Количество фаз*, логика выбора фазы включает таймер.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.* характеристика срабатывания может иметь независимую или обратнозависимую выдержку времени (DT или IDMT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* В режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе характеристики IDMT, программируемой пользователем, характеристики срабатывания определяются параметрами *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т.е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Действие таймера при возврате зависит от сочетания параметров *Тип кривой срабат.*, *Тип кривой возврата* и *Время возврата* .

Если же выбрана характеристика с независимой выдержкой времени, то таймер возврата будет работать до истечения заданного времени уставки *Время возврата* . При выборе характеристик IDMT параметр *Тип кривой возврата* можно установить в значение "Мгновенная", "Независимая" или "Инверсная". Характеристика возврата "Мгновенная" обеспечивает моментальный возврат. Если же тип характеристики возврата - "Независимая", то время возврата зависит от уставки *Время возврата* . Если тип характеристики возврата - "Инверсная", то время возврата зависит от величины тока в течение ситуации возврата. Выход START блокируется по истечении времени таймера возврата.



Выбор характеристики «Инверсная» поддерживается только для ANSI характеристик или для обратнозависимых характеристик, программируемых пользователем. Если же выбирается другой тип характеристики срабатывания, то в такой ситуации возврат производится моментально.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования времени срабатывания и возврата характеристики IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное возможное время срабатывания характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.



Уставка *Минимальное время срабатывания* должна использоваться с большой осторожностью, поскольку время срабатывания зависит от характеристики IDMT, но не может быть меньше значения уставки *Минимальное время срабатывания* . Более подробную информацию смотрите в разделе Обратнозависимые характеристики (IDMT) для максимальной токовой защиты в настоящем руководстве.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания

останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.1.2.5 Режимы измерения

Функция имеет три альтернативных режима измерения: “Среднеквадратичный”, “Фурье” и “Амплитудный” . Режим измерения выбирается при помощи параметра *Режим измерений* .

Таблица 235: Режимы измерения, поддерживаемые ступенями защиты DPHxPDOC

Режим измерения	DPHLPDOC	DPHHPDOC
Среднеквадратичный	x	x
Фурье	x	x
Амплитудный	x	x

4.1.2.6 Характеристики направленной МТЗ

Сектора прямого и обратного направления задаются раздельно. Область срабатывания в прямом направлении ограничивается уставками *Мин.угол прям.напр.* и *Макс.угол прям.напр.* . Область срабатывания в обратном направлении ограничивается уставками *Мин. угол обр.напр.* и *Макс. угол обр.напр.* .

Значения данных уставок задаются как положительные величины.

В области срабатывания в прямом направлении уставка *Макс.угол прям.напр.* задает сектор срабатывания в направлении против часовой стрелки, а уставка *Мин.угол прям.напр.* - сектор в направлении по часовой стрелке относительно уставки *Характеристический угол* .

В области срабатывания в обратном направлении уставка *Макс. угол обр.напр.* задает сектор срабатывания в направлении против часовой стрелки, а уставка *Мин. угол обр.напр.* - сектор в направлении по часовой стрелке относительно уставки *Характеристический угол* , повернутой на 180 градусов.

Характеристический угол (RCA) имеет положительное значение, если ток срабатывания отстает от поляризующей величины, и отрицательное значение, если опережает поляризующую величину.

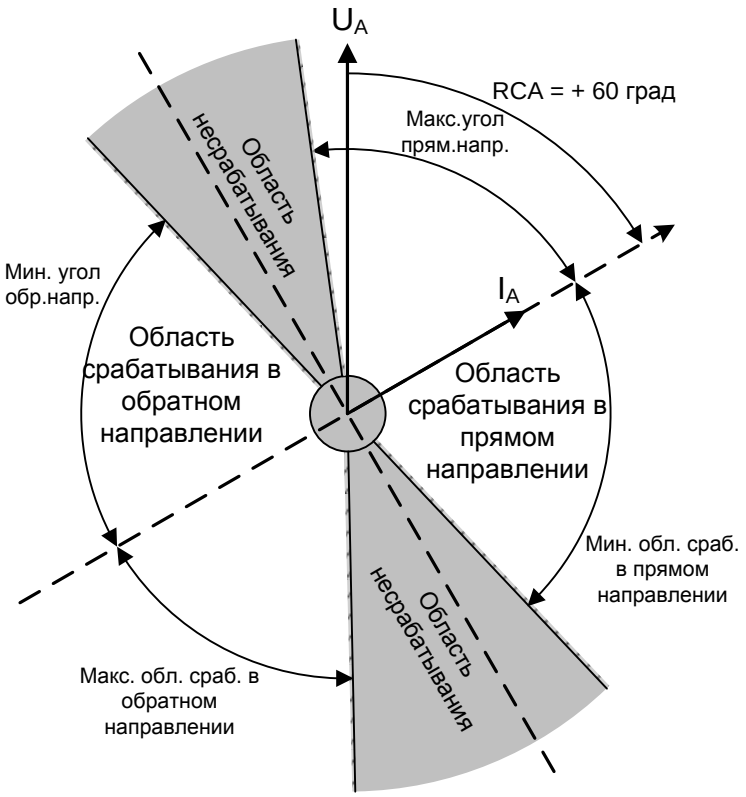


Рис. 115: Конфигурируемые секторы срабатывания

Таблица 236: Мгновенное пофазное значение направленности в данных мониторинга

Критерий пофазной информации о направленности	Значение направленности в фазах A, B и C – DIR_A/_B/_C
ANGLE_X не находится ни в одном из определенных секторов, или направление невозможно определить из-за слишком малой амплитуды	0 = неизвестно
ANGLE_X находится в секторе срабатывания в прямом направлении	1 = прямая
ANGLE_X находится в секторе срабатывания в обратном направлении	2 = обратная
(ANGLE_X одновременно находится в секторах срабатывания в прямом и обратном направлении, т.е., при наложении секторов)	3 = обе направленности

Таблица 237: Критерий общей информации о направленности по фазам в данных мониторинга

Критерий общей информации о направленности по фазам	Значение направленности (DIRECTION)
Информация о направленности (DIR_X) по всем фазам неизвестна	0 = неизвестно
Информация о направленности (DIR_X) как минимум по одной фазе - прямая, и ни для одной из фаз - обратная	1 = прямая
Информация о направленности (DIR_X) как минимум по одной фазе - обратная, и ни для одной из фаз - прямая	2 = обратная
Информация о направленности (DIR_X) для какой-либо фазы - прямая, для другой фазы - обратная	3 = обе направленности

Выход FAULT_DIR выдает диагностированное направление повреждения при активном выходе START активен.

Самополяризация как метод поляризации

Таблица 238: Уравнения для расчета разности углов для метода самополяризации

Поврежденные фазы	Используемый ток повреждения	Используемое напряжение поляризации	Разность углов
A	$\underline{I}_A$	$\underline{U}_A$	$ANGLE_A = \varphi(\underline{U}_A) - \varphi(\underline{I}_A) - \varphi_{RCA}$
B	$\underline{I}_B$	$\underline{U}_B$	$ANGLE_B = \varphi(\underline{U}_B) - \varphi(\underline{I}_B) - \varphi_{RCA}$
C	$\underline{I}_C$	$\underline{U}_C$	$ANGLE_C = \varphi(\underline{U}_C) - \varphi(\underline{I}_C) - \varphi_{RCA}$
A - B	$\underline{I}_A - \underline{I}_B$	$\underline{U}_{AB}$	$ANGLE_A = \varphi(\underline{U}_{AB}) - \varphi(\underline{I}_A - \underline{I}_B) - \varphi_{RCA}$
B - C	$\underline{I}_B - \underline{I}_C$	$\underline{U}_{BC}$	$ANGLE_B = \varphi(\underline{U}_{BC}) - \varphi(\underline{I}_B - \underline{I}_C) - \varphi_{RCA}$
C - A	$\underline{I}_C - \underline{I}_A$	$\underline{U}_{CA}$	$ANGLE_C = \varphi(\underline{U}_{CA}) - \varphi(\underline{I}_C - \underline{I}_A) - \varphi_{RCA}$

Пример векторной диаграммы при однофазном КЗ на землю, повреждение в фазе A, разность углов между поляризующей величиной U_A и рабочей величиной I_A обозначена символом φ. При использовании метода самополяризации нет необходимости вращать поляризующую величину.

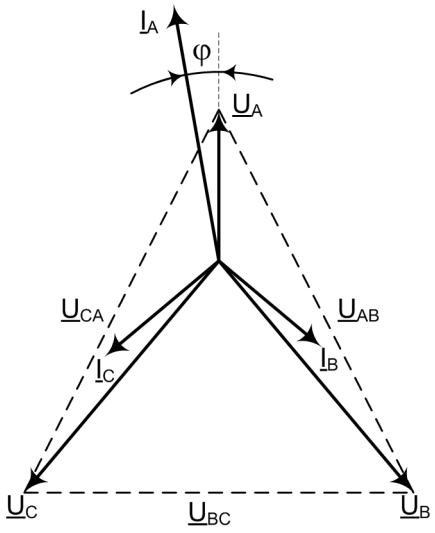


Рис. 116: Однофазное замыкание на землю, фаза A

Пример векторной диаграммы при междуфазном КЗ, повреждение между фазами B and C, при использовании метода самополяризации разность углов измеряется между поляризующей величиной U_{BC} и рабочей величиной $\underline{I}_B$ - $\underline{I}_C$.

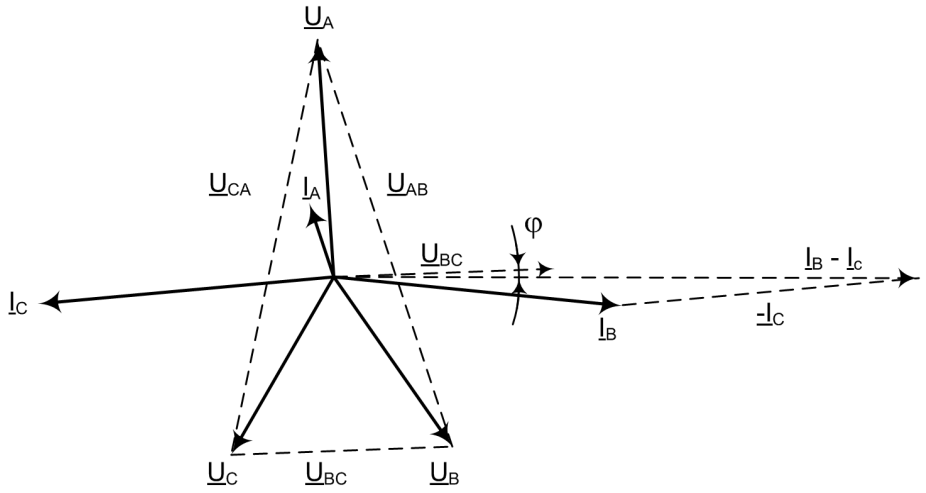


Рис. 117: Междуфазное короткое замыкание, короткое замыкание между фазами B и C

В качестве поляризующей величины используется кросс-поляризация

Таблица 239: Уравнения для расчета разности углов для метода кросс-поляризации

Поврежденные фазы	Используемый ток повреждения	Используемое напряжение поляризации	Разность углов
A	$\underline{I}_A$	$\underline{U}_{BC}$	$ANGLE_A = \varphi(\underline{U}_{BC}) - \varphi(\underline{I}_A) - \varphi_{RCA} + 90^o$
B	$\underline{I}_B$	$\underline{U}_{CA}$	$ANGLE_B = \varphi(\underline{U}_{CA}) - \varphi(\underline{I}_B) - \varphi_{RCA} + 90^o$
C	$\underline{I}_C$	$\underline{U}_{AB}$	$ANGLE_C = \varphi(\underline{U}_{AB}) - \varphi(\underline{I}_C) - \varphi_{RCA} + 90^o$
A - B	$\underline{I}_A - \underline{I}_B$	$\underline{U}_{BC} - \underline{U}_{CA}$	$ANGLE_A = \varphi(\underline{U}_{BC} - \underline{U}_{CA}) - \varphi(\underline{I}_A - \underline{I}_B) - \varphi_{RCA} + 90^o$
B - C	$\underline{I}_B - \underline{I}_C$	$\underline{U}_{CA} - \underline{U}_{AB}$	$ANGLE_B = \varphi(\underline{U}_{CA} - \underline{U}_{AB}) - \varphi(\underline{I}_B - \underline{I}_C) - \varphi_{RCA} + 90^o$
C - A	$\underline{I}_C - \underline{I}_A$	$\underline{U}_{AB} - \underline{U}_{BC}$	$ANGLE_C = \varphi(\underline{U}_{AB} - \underline{U}_{BC}) - \varphi(\underline{I}_C - \underline{I}_A) - \varphi_{RCA} + 90^o$

В примере векторной диаграммы однофазного КЗ на землю, повреждение в фазе A, разность углов между поляризующей величиной U_{BC} и рабочей величиной I_A обозначена символом φ . Поляризующая величина повернута на угол 90 градусов. Характеристический угол принимается равным примерно 0 градусов.

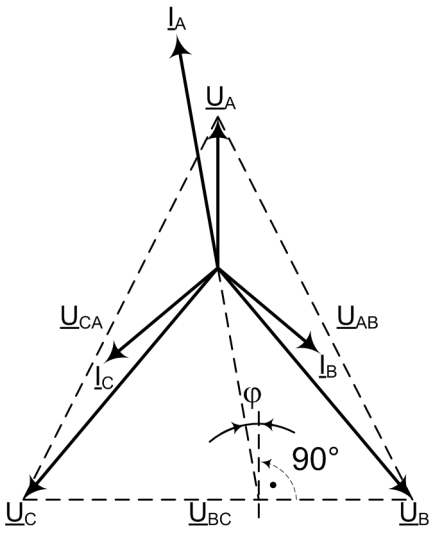


Рис. 118: Однофазное замыкание на землю, фаза A

Пример векторной диаграммы при междуфазном КЗ, повреждение между фазами B и C, разность углов измеряется между поляризующей величиной $\underline{U}_{AB}$ и рабочей величиной $\underline{I}_B$ - $\underline{I}_C$, обозначается символом φ.

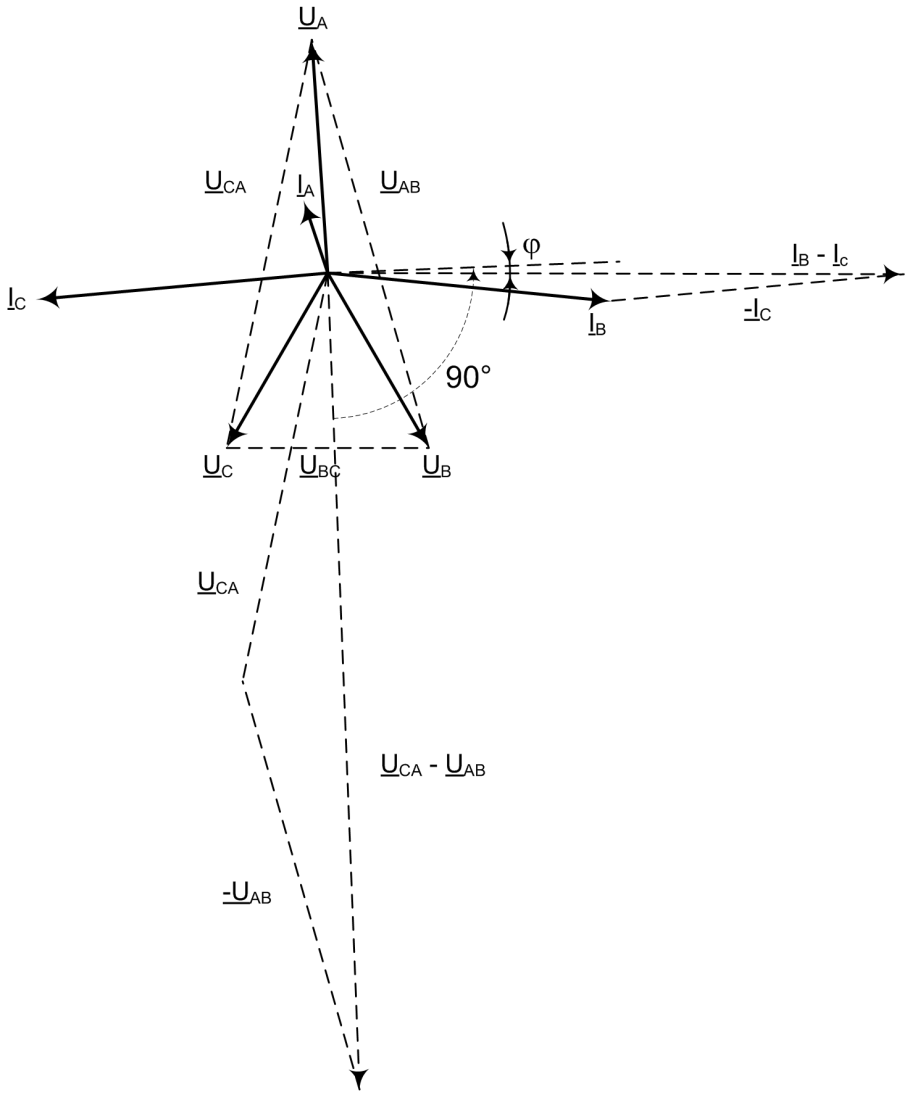


Рис. 119: *Междуфазное короткое замыкание, короткое замыкание между фазами B и C*

Эти уравнения действуют, когда направление чередования фаз в сети – против часовой стрелки, то есть, ABC. При изменении направления чередования на обратное, к расчетной разности фазных углов нужно добавить 180 градусов. Это выполняется автоматически при помощи системного параметра *Чередование фаз*.

Напряжение обратной последовательности в качестве поляризующей величины

Если в качестве поляризующей величины используется напряжение обратной последовательности, разность углов между рабочей и поляризующей величиной рассчитывается по одной и той же формуле для всех типов КЗ:

$$ANGLE_X = \varphi(-\underline{U}_2) - \varphi(\underline{I}_2) - \varphi_{RCA}$$

(Уравнение 5)

Это означает, что действующей поляризующей величиной является -$\underline{U}_2$.

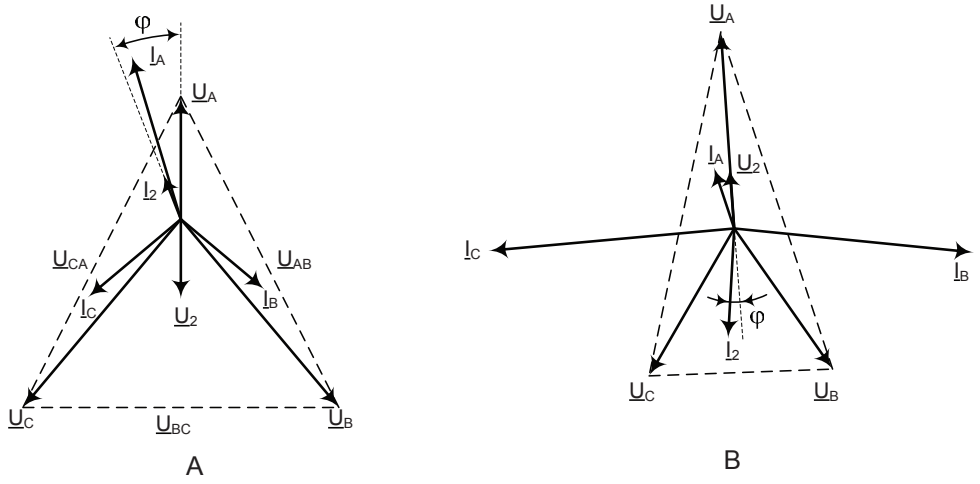


Рис. 120: Векторная диаграмма при однофазном КЗ на землю, фазы A-N, и междуфазном КЗ, фазы B и C, когда действующая поляризующая величина – напряжение обратной последовательности -U2

Напряжение прямой последовательности в качестве поляризующей величины

Таблица 240: Уравнения для расчета разности углов для метода поляризации по напряжению прямой последовательности

Поврежденные фазы	Используемый ток повреждения	Используемое напряжение поляризации	Разность углов
A	$\underline{I}_A$	$\underline{U}_1$	$ANGLE_A = \varphi(\underline{U}_1) - \varphi(\underline{I}_A) - \varphi_{RCA}$
B	$\underline{I}_B$	$\underline{U}_1$	$ANGLE_B = \varphi(\underline{U}_1) - \varphi(\underline{I}_B) - \varphi_{RCA} - 120^\circ$
C	$\underline{I}_C$	$\underline{U}_1$	$ANGLE_C = \varphi(\underline{U}_1) - \varphi(\underline{I}_C) - \varphi_{RCA} + 120^\circ$
Продолжение таблицы на следующей странице			

Поврежденные фазы	Используемый ток повреждения	Используемое напряжение поляризации	Разность углов
A - B	$\underline{I}_A - \underline{I}_B$	$\underline{U}_1$	$ANGLE_A = \varphi(\underline{U}_1) - \varphi(\underline{I}_A - \underline{I}_B) - \varphi_{RCA} + 30^\circ$
B - C	$\underline{I}_B - \underline{I}_C$	$\underline{U}_1$	$ANGLE_B = \varphi(\underline{U}_1) - \varphi(\underline{I}_B - \underline{I}_C) - \varphi_{RCA} - 90^\circ$
C - A	$\underline{I}_C - \underline{I}_A$	$\underline{U}_1$	$ANGLE_C = \varphi(\underline{U}_1) - \varphi(\underline{I}_C - \underline{I}_A) - \varphi_{RCA} + 150^\circ$

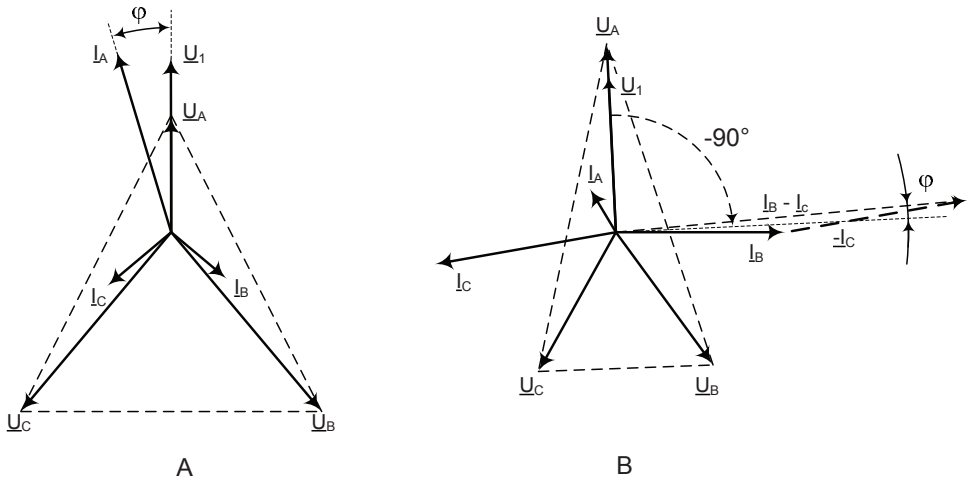


Рис. 121: Векторная диаграмма при однофазном КЗ на землю фазы A и междуфазном КЗ, фазы B и C, когда действующая поляризующая величина – напряжение прямой последовательности U_1

Порядок чередования фаз в сети

Обычно порядок чередования фаз в сети идет против часовой стрелки и определяется как "ABC". При обратном чередовании фаз в сети (по часовой стрелке), т.е. "ACB", уравнения для расчета разности углов необходимо изменить. Порядок чередования фаз в сети определяется системным параметром *Чередование фаз*. Изменение порядка чередования фаз в сети влияет на метод поляризации по междуфазному напряжению, когда расчетную разность углов необходимо повернуть на 180 градусов. К тому же, если используются составляющие, а именно, напряжение прямой последовательности или напряжение обратной последовательности, это влияет на расчет составляющих, а расчет разности углов остается прежним. Если в качестве метода поляризации используются напряжения между фазой

и землей, то изменение порядка чередования фаз в сети не оказывает влияния на расчет направления.

Порядок чередования фаз в сети задается в ИЭУ при помощи параметра в меню ИЧМ: **Конфигурация/Система/ Чередование фаз**. Используемое по умолчанию значение параметра – "ABC".

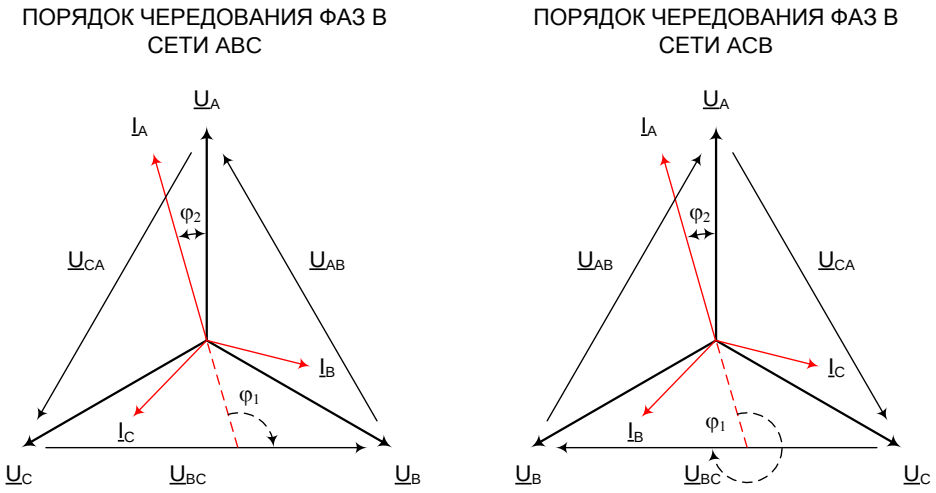


Рис. 122: Примеры порядка чередования фаз

4.1.2.7 Применение

Функция DPHxPDOC используется для защиты от коротких замыканий в трехфазных распределительных сетях среднего или высокого напряжения частотой 50 или 60 Гц.

В радиальных сетях для защиты линий, трансформаторов и другого оборудования от КЗ часто бывает достаточно использования фазной максимальной токовой защиты. Времятоковая характеристика выбирается в зависимости от общепринятой для данной сети практики. Для всех устройств максимальной токовой защиты в сети рекомендуется использовать одинаковую времятоковую характеристику. Это включает максимальную токовую защиту трансформаторов и другого оборудования.

Максимальная токовая защита также может использоваться в замкнутых системах с кольцевой топологией в качестве защиты от КЗ. Так как задание уставок МТЗ в замкнутых сетях с кольцевой топологией может быть очень сложным, требуется расчет большого количества токов КЗ. Возникают ситуации, при которых невозможно на основе ИЭУ сделать МТЗ селективной в замкнутых системах с кольцевой топологией.

В некоторых применениях селективность можно существенно улучшить за счет использования функции DPHxPDOC. Это также возможно в замкнутых кольцевых и радиальных сетях с подключением генерации к удаленной части системы, что дает подпитку током КЗ в обратном направлении. В схеме селективной защиты также используются устройства направленной максимальной токовой защиты, например, для защиты параллельных распределительных линий или силовых трансформаторов с питанием из одного источника.Функцию DPHxPDOC также можно использовать в замкнутых питающих линиях между подстанциями или в питающих линиях с двумя источниками питания.

Параллельные линии или трансформаторы

Если авария возникает в одной из параллельно подключенных линий, полезно иметь функцию DPHxPDOC для определения направления аварии. В ином случае существует риск, что повреждение в одной части системы приведет к отключению всей системы, подключенной к стороне НН.

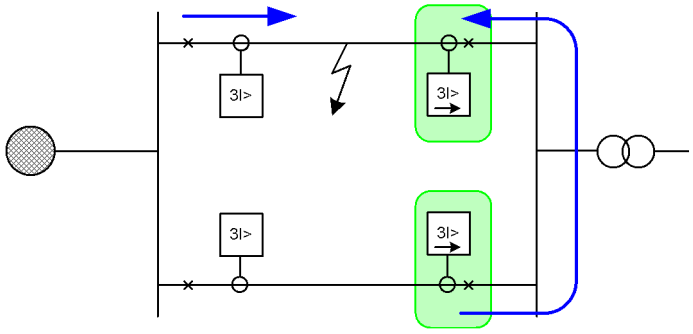


Рис. 123: МТЗ параллельных линий — использование ИЭУ направленного действия

Функция DPHxPDOC может использоваться может использоваться для защиты параллельно работающих трансформаторов.Функция В таких случаях существует возможность подачи тока повреждения со стороны НН на сторону ВН. Следовательно, трансформатору также нужна направленная максимальная токовая защита.

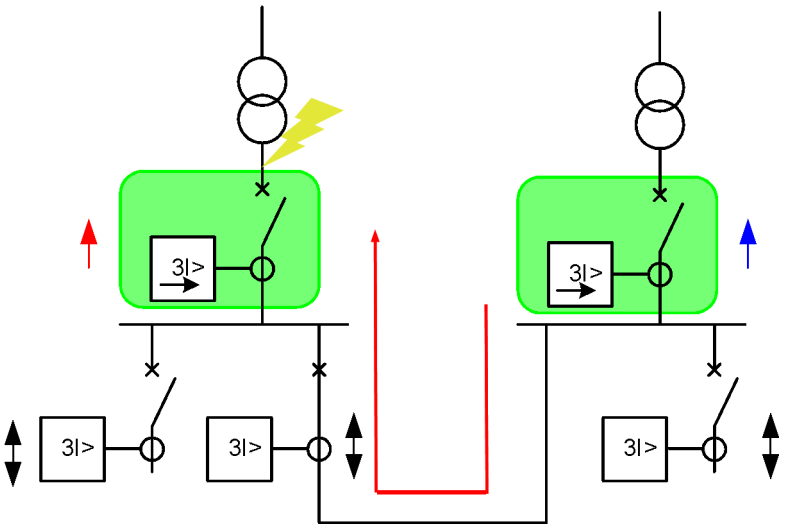


Рис. 124: Максимальная токовая защита параллельно работающих трансформаторов

Замкнутая сеть с кольцевой топологией

Замкнутая сеть с кольцевой топологией используется в случаях, когда распределение электроэнергии для потребителей обеспечивается и при повреждении в сети. Мощность подается как минимум с двух направлений, что означает, что направление тока может меняться. Отстройку ступеней защиты выдержкой времени на уровне сети сложно выполнить при помощи уставок без излишних выдержек времени. В таком случае, чтобы добиться селективности защиты, рационально использовать устройства направленной максимальной токовой защиты. Функции направленной МТЗ могут использоваться в сетях с кольцевой замкнутой топологией. Стрелками показано направление срабатывания функции направленности. Двойными стрелками показано ненаправленное действие, когда повреждения могут обнаруживаться в обоих направлениях.

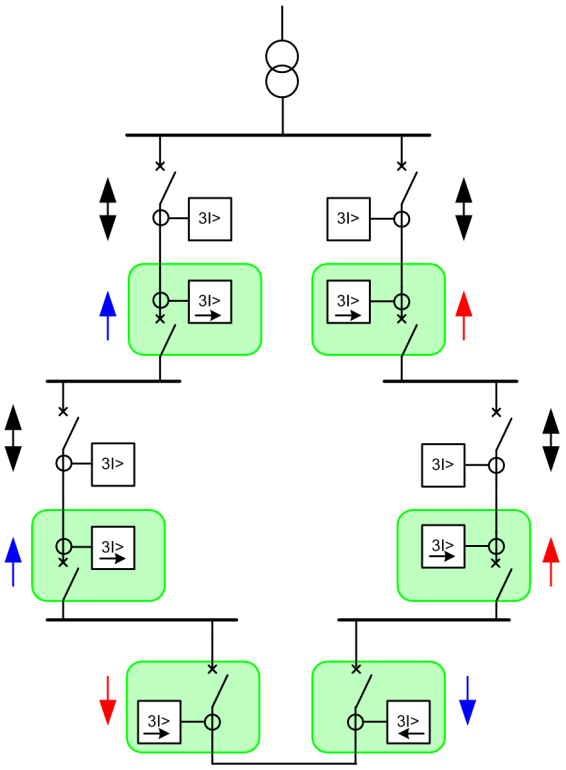


Рис. 125: Замкнутая сеть с кольцевой топологией, питающие линии защищены направленными устройствами максимальной токовой защиты

4.1.2.8 Сигналы

Таблица 241: Входные сигналы функции DPHLPDOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
U_2	СИГНАЛ	0	Напряжение обратной последовательности
Продолжение таблицы на следующей странице			

Название	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току
NON_DIR	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Принудительно устанавливает режим ненаправленного действия защиты

Таблица 242: Входные сигналы функции DPHHPDOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
U_2	СИГНАЛ	0	Напряжение обратной последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току
NON_DIR	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Принудительно устанавливает режим ненаправленного действия защиты

Таблица 243: Выходные сигналы функции DPHLPDOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 244: Выходные сигналы функции DPHHPDOC

Название	Тип	Описание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание

4.1.2.9 Уставки

Таблица 245: Групповые уставки функции DPHLPDOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.05...5.00	xIn	0.01	0.05	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5 = ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Направленность	1 = Ненаправленная 2 = Прямая 3 = Обратная			2 = Прямая	Направленность
Характеристический угол	-179...180	град.	1	60	Характеристический угол
Макс.угол прям.напр.	0...90	град.	1	80	Максимальный угол в прямом направлении
Макс. угол обр.напр.	0...90	град.	1	80	Максимальный угол в обратном направлении
Мин.угол прям.напр.	0...90	град.	1	80	Минимальный угол в прямом направлении
Мин. угол обр.напр.	0...90	град.	1	80	Минимальный угол в обратном направлении

Таблица 246: Групповые уставки функции DPHLPDOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата
Напряжение памяти	0...3000	мс	1	40	Напряжение памяти
Поляриз.величина	1=Самополяризация 4=Напряж обр посл. 5=Кросс-поляризац 7=Напряж прям посл			5=Кросс-поляризац	Опорная величина для определения направленности повреждения

Таблица 247: Общие уставки функции DPHLPDOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 248: Общие уставки функции DPHLPDOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Ненаправл действие	0=Нет 1=Да			0=Нет	Разрешение ненаправленного действия при недостоверности информации о направленности
Мин рабочий ток	0.01...1.00	xIn	0.01	0.01	Минимальный рабочий ток
Мин рабочее напряж	0.01...1.00	xUn	0.01	0.01	Минимальное рабочее напряжение

Таблица 249: Групповые уставки функции DPHHPDOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.10...40.00	xIn	0.01	0.10	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Направленность	1 = Ненаправленная 2 = Прямая 3 = Обратная			2 = Прямая	Направленность
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 3 = ANSI НормИнв 5 = ANSI Независимая Время 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 12 = МЭК ЧрезвИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Характеристический угол	-179...180	град.	1	60	Характеристический угол
Макс.угол прям.напр.	0...90	град.	1	80	Максимальный угол в прямом направлении
Макс. угол обр.напр.	0...90	град.	1	80	Максимальный угол в обратном направлении
Мин.угол прям.напр.	0...90	град.	1	80	Минимальный угол в прямом направлении
Мин. угол обр.напр.	0...90	град.	1	80	Минимальный угол в обратном направлении

Таблица 250: Групповые уставки функции DPHHPDOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата
Напряжение памяти	0...3000	мс	1	40	Напряжение памяти
Поляриз.величина	1=Самополяризация 4=Напряж обр посл. 5=Кросс-поляризац 7=Напряж прям посл			5=Кросс-поляризац	Опорная величина для определения направленности повреждения

Таблица 251: Общие уставки функции DPHHPDOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания

Таблица 252: Общие уставки функции DPHHPDOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Ненаправл действие	0=Нет 1=Да			0=Нет	Разрешение ненаправленного действия при недостоверности информации о направленности
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Мин рабочий ток	0.01...1.00	xIn	0.01	0.01	Минимальный рабочий ток
Мин рабочее напряж	0.01...1.00	xUn	0.01	0.01	Минимальное рабочее напряжение

4.1.2.10 Контролируемые данные

Таблица 253: Контролируемые данные функции DPHLPDOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
FAULT_DIR	Enum (перечисляемый)	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Направленность повреждения
DIRECTION	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Информация о направленности
DIR_A	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная -1=обе направленности		Направленность по фазе A
DIR_B	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная -1=обе направленности		Направленность по фазе B
DIR_C	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная -1=обе направленности		Направленность по фазе C
ANGLE_A	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Расчетная разность углов, фаза A
ANGLE_B	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Расчетная разность углов, фаза B
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ANGLE_C	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Расчетная разность углов, фаза C
VMEM_USED	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Память данных напряжения в состоянии "Используется"
DPHLPDOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 254: Контролируемые данные функции DPHHPDOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
FAULT_DIR	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Направленность повреждения
DIRECTION	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Информация о направленности
DIR_A	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная -1=обе направленности		Направленность по фазе A
DIR_B	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная -1=обе направленности		Направленность по фазе B
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
DIR_C	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная -1=обе направленности		Направленность по фазе C
ANGLE_A	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Расчетная разность углов, фаза A
ANGLE_B	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Расчетная разность углов, фаза B
ANGLE_C	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Расчетная разность углов, фаза C
VMEM_USED	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Память данных напряжения в состоянии "Используется"
DPHHPDOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Статус

4.1.2.11 Технические данные

Таблица 255: Технические данные DPHxPDOC

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания	DPHLPDOC	В зависимости от частоты измеряемого тока/ напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц		
		Ток: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ Напряжение: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $U_{ном}$ Фазный угол: ±2°		
	DPHHPDOC	Ток: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ (при значениях тока в диапазоне 0,1…10 × $I_{ном}$) ±5,0 % уставки (при значениях тока в диапазоне 10…40 x $I_{ном}$) Напряжение: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $U_{ном}$ Фазный угол: ±2°		
Время пуска[1)2)]	$I_{авар.}$ = 2,0 × установленное *Пусковое значение*	Мин.	Типов.	Макс.
		39 мс	43 мс	47 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Продолжение таблицы на следующей странице				

Характеристика	Значение
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Время невозврата	<35 мс
Погрешность срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0 % уставки или ±20 мс
Погрешность срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени	± 5,0% теоретического значения или ±20 мс[3)]
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) *Режим измерения* и *Величина поляризации* = по умолчанию, ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, напряжение до повреждения = 1,0 × $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, ток замыкания на землю в одной фазе с номинальной частотой, подаваемый с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Макс. *Пусковое значение* = 2,5 × $I_{ном}$, *Пусковое значение* диапазон кратности 1,5...20

4.1.2.12 Данные о технических изменениях

Таблица 256: Данные о технических изменениях функции DPHHPDOC

Исполнение	Изменение
B	Добавлен новый входной сигнал NON_DIR
C	Значение шага уставки *Множитель времени* изменено с 0,05 на 0,01.
D	Контролируемые данные VMEM_USED, указывающие использование памяти напряжений.
E	Внутреннее улучшение.

Таблица 257: Данные о технических изменениях функции DPHLPDOC

Исполнение	Изменение
B	Добавлен новый входной сигнал NON_DIR
C	Значение шага уставки *Множитель времени* изменено с 0,05 на 0,01.
D	Контролируемые данные VMEM_USED, указывающие использование памяти напряжений.
E	Внутреннее улучшение.

4.1.3 Трехфазная максимальная токовая защита с пуском по напряжению PHPVOC

4.1.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная максимальная токовая защита с пуском по напряжению	PHPVOC	3I(U)>	51V

4.1.3.2 Функциональный блок

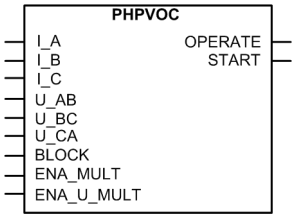


Рис. 126: Функциональный блок

4.1.3.3 Функциональные возможности

Функция трехфазной максимальной токовой защиты с пуском по напряжению PHPVOC служит для однофазной, двухфазной или трехфазной МТЗ по времени с пуском по напряжению, которая защищает генераторы от повышенных токов и короткого замыкания.

Функция запускается, если входной фазный ток превышает предельное значение, динамически вычисляемое на основе измерений напряжения на зажимах генератора. Характеристика срабатывания может иметь обратнозависимую выдержку времени IDMT или независимую выдержку времени DT.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.1.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PHPVOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.



Рис. 127: Функциональная схема

Блок расчета эффективного пускового значения

Нормальный пусковой ток, при превышении которого срабатывает максимальная токовая защита, задается с помощью уставки *Пусковое значение*. Действующее пусковое значение тока может потребоваться изменять при определенных условиях, таких как бросок тока намагничивания или падение напряжения на клеммах из-за аварии. Поэтому модуль вычисления действующего пускового значения динамически рассчитывает действующее пусковое значение, при превышении которого срабатывает максимальная токовая защита.

В функции PHPVOC предусмотрено четыре способа расчета действующего пускового значения. Их можно выбирать с помощью уставки *Режим управления*, задавая значение "По напряжению", "По входу", "По напряжению и входу" или "Нет зависимости от напряжения".

Рассчитанные значения действующего пускового значения по фазам, `EFF_ST_VAL_A`, `EFF_ST_VAL_B`, `EFF_ST_VAL_C`, доступны в контролируемых данных и используются модулем блока сравнения.

Для правильной работы функции должны быть доступны все три напряжения между фазами.

Режим управления по напряжению

В режиме управления по напряжению действующее пусковое значение рассчитывается на основе величин входных напряжений `U_AB`, `U_BC` и `U_CA`. Зависимость по напряжению зависит от фазы, т. е. амплитуда одного входного напряжения определяет пусковое значение только для соответствующей фазы; это означает, что величины входных напряжений

U_AB, U_BC и U_CA независимо определяют токовые пусковые значения для фаз A, B и C.

Две характеристики управления напряжением, ступенька напряжения и наклон напряжения, определяются уставками *Верхний предел напряжения* и *Нижний предел напряжения*.

Характеристика ступеньки напряжения достигается, когда значение уставки *Верхний предел напряжения* равно значению уставки *Нижний предел напряжения*. Действующее пусковое значение вычисляется на основе формул.

Уровень напряжения	Действующее пусковое значение (I> действующего)
U < *Верхний предел напряжения*	*Пусковое знач. Низк*
U ≥ *Верхний предел напряжения*	*Пусковое значение*

В этом примере U представляет измеренное напряжение входа. Эта характеристика ступенчатого напряжения графически показана на Рисунке 128.

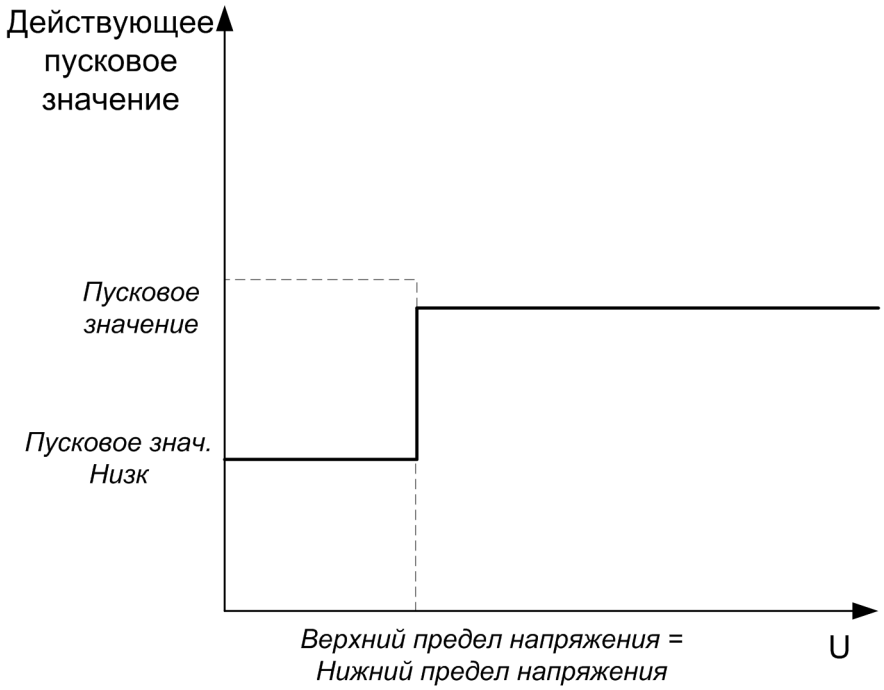


Рис. 128: Действующее пусковое значение для характеристики ступенчатого напряжения

Характеристика наклонного напряжения достигается путем присвоения различных значений уставкам *Верхний предел напряжения* и *Нижний предел*

напряжения. Расчет действующего пускового значения производится на основе формул.

Уровень напряжения	Действующее пусковое значение (I> действующего)
U < *Нижний предел напряжения*	*Пусковое знач. Низк*
U ≥ *Верхний предел напряжения*	*Пусковое значение*

Если *Нижний предел напряжения* ≤ U < *Верхний предел напряжения*,

$$I > (действ.) = A - \left[\left(\frac{A - I >}{C - D}\right)(C - U)\right]$$

(Уравнение 6)

A уставка *Пусковое знач. низкое*

I> уставка *Пусковое значение*

C уставка *Верхний предел напряжения*

D уставка *Нижний предел напряжения*

Здесь U представляет измеренное напряжение входа. Характеристика наклонного напряжения показана на графике.

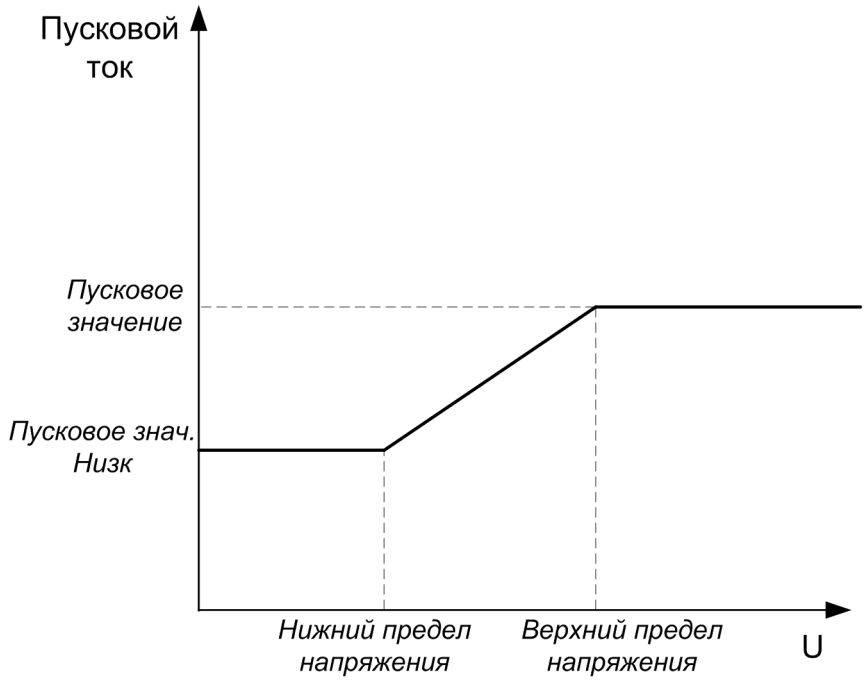


Рис. 129: Действующее пусковое значение для характеристики наклонного напряжения

Для получения характеристики наклонного напряжения значение *Верхний предел напряжения* должно быть больше значения *Нижний предел напряжения*.
Если *Верхний предел напряжения* меньше чем *Нижний предел напряжения*, действует ступенчатая характеристика напряжения, при этом значением отсечки является *Нижний предел напряжения*.

Значение уставки *Пусковое значение* всегда должно быть больше значения уставки *Пусковое знач. Низк*. В противном случае в качестве действующего пускового значения используется *Пусковое знач. Низк*.

Режим управления по внешнему входу

Режим управления по внешнему входу служит для управления по напряжению от внешнего приложения. Если для уставки *Режим управления* задано значение "По входу", эффективное пусковое значение для всех фаз будет зависеть от состояния дискретного входа ENA_U_MULT.

Если ENA _U_ MULT ИСТИННО:
Эффективное пусковое значение = Низкое пусковое значение

(Уравнение 7)

Если ENA_U_MULT ЛОЖНО:
Эффективное пусковое значение = низкое пусковое значение

(Уравнение 8)

Режим управления по напряжению и входу

Если для уставки *Режим управления* задано значение "По напряжению и входу", используются оба режима, "По напряжению" и "По входу". Однако при активном входе ENA_U_MULT функция "По входу" преобладает над функцией "По напряжению".

Режим без зависимости от напряжения

Если для уставки *Режим управления* задано значение "Нет зависимости от напряжения", действующее пусковое значение не зависит от напряжения и функция работает как обычная функция максимальной токовой защиты по времени, а действующее пусковое значение равно значению уставки *Пусковое значение*.

Блок сравнения

Измеренные фазные токи пофазно сравниваются с вычисленным действующим пусковым значением. Если измеренное значение превышает вычисленное действующее пусковое значение, детектор уровня сообщает о

превышении значения в модуль логики выбора фаз. Если вход ENA_MULT активен, действующее пусковое значение умножается на значение уставки *МножительПускЗнач*.



Не устанавливайте для множителя *МножительПускЗнач* значение, большее необходимого. Если значение будет слишком высоким, функция может не сработать при броске тока, за которым следует повреждение, независимо от того, насколько серьезным является это повреждение.

Обычно перемножение пускового значения используется при подключении функции обнаружения броска тока намагничивания INRPHAR к входу ENA_MULT.

Логика выбора фазы

Если в блоке сравнения выполняются все критерии повреждения, то логика выбора фазы определяет фазу или фазы, в которых измеренный ток превышает значение уставки. Если количество фаз совпадает со значением уставки *Количество фаз*, логика выбора фазы включает таймер.

Таймер

При активации модуля таймера активируется выход START.

В зависимости от значения уставки *Характеристика срабатывания*, характеристика срабатывания имеет тип DT или IDMT. После того как таймер достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе программируемой кривой IDMT характеристики времени срабатывания определяются уставками *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

В ситуации возврата, т. е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Работа таймера в состоянии возврата зависит от сочетания параметров *Характеристика срабатывания*, *Тип кривой возврата* и *Время возврата*. Если выбрана независимая выдержка времени (DT), таймер возврата работает до тех пор, пока не превысит значения уставки *Время возврата*. При выборе обратнозависимой характеристики (IDMT) для уставки *Тип кривой возврата* может быть задано значение "Мгновенная", "Независимая" или "Инверсная". Характеристика возврата "Мгновенная" обеспечивает моментальный возврат. Если же тип характеристики возврата - "Независимая", то время возврата зависит от уставки *Время возврата*. Если тип характеристики возврата - "Инверсная", то время возврата зависит от величины тока в течение ситуации возврата. Выход START блокируется по истечении времени таймера возврата.

Выбор характеристики "Инверсная" поддерживается только для ANSI характеристик или для обратнозависимых характеристик, программируемых пользователем. Если же выбирается другой тип характеристики срабатывания, то в такой ситуации возврат производится моментально.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования значений времени срабатывания IDMT и сброса.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования значений времени срабатывания IDMT и сброса.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное необходимое время срабатывания для характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.

Хотя параметры *Множитель времени* и *Мин время срабат* являются общими для различных характеристик IDMT, время срабатывания в значительной степени зависит от выбранного типа характеристики IDMT.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска `START_DUR`, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Эти выходные данные доступны в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход `BLOCK` и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом `BLOCK` может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала `BLOCK` выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход `OPERATE` не может перейти в активное состояние.

4.1.3.5 Применение

Трехфазная максимальная токовая защита с пуском по напряжению используется как резервная защита генераторов и систем от повреждений, вызванных фазовыми авариями, которые не были устранены основной защитой и связанными с ней выключателями.

В случае короткого замыкания сохраняющийся аварийный ток генератора, определяемый синхронным реактивным сопротивлением машины, может быть ниже тока полной нагрузки. Если напряжение возбуждения генератора подается с клемм генератора, падение напряжения, вызванное коротким замыканием, может приводить к низким токам при аварии. Основная защита, такая как обычная максимальная токовая защита, может не обнаруживать подобные аварии. В некоторых случаях автоматический регулятор напряжения АРН позволяет сохранить высокие токи аварии за счет регулировки системы возбуждения генератора. Если АРН не работает или возникла внутренняя неисправность в работе АРН, низкие аварийные токи могут оставаться незамеченными, поэтому следует использовать резервную максимальную токовую защиту с запуском по напряжению.

В функции PHPVOC доступны две характеристики управления напряжением: ступенчатое напряжение и наклонное напряжение. Выбор определяется параметрами системы и требуемым уровнем защиты.

Ступенчатая характеристика напряжения применяется для генераторов, используемых в промышленных системах. Когда в случае повреждения в ближней области напряжение на клеммах генератора падает ниже настраиваемого порогового значения, выбирается новое пусковое значение тока, которое значительно ниже обычного тока нагрузки. Уставка управляющего напряжения должна гарантировать, что функция PHPVOC не будет срабатывать в условиях максимальной возможной нагрузки на систему. Если для управляющего напряжения выбрано слишком высокое значение, возможно нежелательное срабатывание данной функции в случае повреждений в широкой области. Когда напряжение на клеммах генератора выше значения управляющего напряжения, используется обычное пусковое значение. Это гарантирует, что функция PHPVOC не будет срабатывать во время обычных перегрузок, когда на клеммах генератора поддерживается напряжение, близкое к нормальным значениям.

Наклонная характеристика напряжения часто используется как альтернатива защите полного сопротивления на генераторах небольшой и средней мощности (5...150 МВА) в качестве резервной защиты в дополнение к дифференциальной защите. Защита с наклонной характеристикой напряжения также применяется в сетях для улучшения координации и обнаружения повреждений по сравнению с простой максимальной токовой защитой. Метод наклонной характеристики напряжения обеспечивает повышенную чувствительность срабатывания максимальной токовой защиты, так как пусковое значение МТЗ изменяется пропорционально напряжению на клеммах. Пусковое значение тока изменяется в соответствии со значениями напряжения на клеммах генератора в пределах от заданных верхнего и нижнего пределов напряжения, обеспечивая срабатывание функции PHPVOC несмотря на падение значения тока при повреждении.

Срабатывание функции PHPVOC должно синхронизироваться по времени относительно главной схемы защиты, чтобы функция PHPVOC не срабатывала до срабатывания основной защиты.

4.1.3.6 Сигналы

Таблица 258: Входные сигналы функции PHPVOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
U_AB	СИГНАЛ	0	Междуфазное напряжение AB
U_BC	СИГНАЛ	0	Междуфазное напряжение BC
U_CA	СИГНАЛ	0	Междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току
ENA_LOW_LIM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход нижнего пускового значения в зависимости от напряжения

Таблица 259: Выходные сигналы функции PHPVOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.1.3.7 Уставки

Таблица 260: Групповые уставки функции PHPVOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0,05...5,00	xIn	0,01	0,05	Пусковое значение
Пусковое знач. Низк	0,05...1,00	xIn	0,01	0,05	Нижнее пусковое значение на основе управления напряжением
Высокий уровень напряжения	0,01...1,00	xUn	0,01	1,00	Верхний предел напряжения для управления напряжением
Низкий уровень напряжения	0,01...1,00	xUn	0,01	1,00	Нижний предел напряжения для управления напряжением
МножительПускЗнач	0,8...10,0		0,1	1,0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Множитель времени	0,05...15,00		0,01	1,00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Тип характеристики срабатывания	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5=ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15=МЭК Независимая Время 17=Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15=МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания

Таблица 261: Групповые уставки функции PHPVOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата

Таблица 262: Общие уставки функции PHPVOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания
Параметр кривой A	0,0086...120,0000		1	28,2000	Параметр A для программируемой кривой

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Параметр кривой B	0,0000...0,7120		1	0,1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0,02...2,00		1	2,00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0,46...30,00		1	29,10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0,0...1,0		1	1,0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 263: Общие уставки функции PHPVOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Режим управления	1=По напряжению 2=По входу 3=По напряжению и входу 4=Нет зависимости от напряжения			1=По напряжению	Тип управления
Мин время срабат	40...60000	мс	1	40	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.1.3.8 Контролируемые данные

Таблица 264: Контролируемые данные функции PHPVOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
EFF_ST_VAL_A	FLOAT32	0,00...50,00	xIn	Эффективное пусковое значение для фазы A
EFF_ST_VAL_B	FLOAT32	0,00...50,00	xIn	Эффективное пусковое значение для фазы B
EFF_ST_VAL_C	FLOAT32	0,00...50,00	xIn	Эффективное пусковое значение для фазы C
PHPVOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.1.3.9 Технические данные

Таблица 265: ТЕхнические данные функции PHPVOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного тока и напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц
	Ток: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ Напряжение: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $U_{ном}$
Время запуска [1)2)]	Типовое: 26 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени	±5,0% уставки или ±20 мс
Подавление гармоник	-50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5,…

1) *Режим измерения* = по умолчанию, ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, ток замыкания на землю в одной фазе при номинальной частоте и с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.1.4 Трехфазная тепловая защита фидеров, кабелей и распределительных трансформаторов T1PTTR

4.1.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита от тепловой перегрузки фидеров, кабелей и трансформаторов распределительной сети	T1PTTR	3Ith>F	49F

4.1.4.2 Функциональный блок

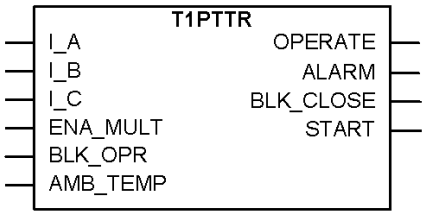


Рис. 130: Функциональный блок

4.1.4.3 Функциональные возможности

Увеличение использования энергосистем на уровне, близкому к их тепловому пределу, привело к необходимости применения функции защиты от тепловой перегрузки и для линий электропередач.

В некоторых случаях тепловая перегрузка не обнаруживается другими функциями защиты, и использование функции трехфазной тепловой защиты фидеров, кабелей и распределительных трансформаторов T1PTTR позволяет защищаемой цепи работать в температурных условиях, приближенных к ее тепловому пределу.

Установка порога выдачи аварийного сигнала позволяет предупредить оператора о необходимости принять меры до отключения линии. Для раннего предупреждения используется функция измерения трехфазного тока по тепловой модели с тепловыми потерями первого порядка и настраиваемой постоянной времени. При дальнейшем повышении температуры функция срабатывает в соответствии с тепловой моделью линии.

Повторное включение линии после срабатывания тепловой защиты можно запретить на время охлаждения линии. Охлаждение линии оценивается согласно тепловой модели.

4.1.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции T1PTTR можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

В функции используется температура окружающей среды, которая может измеряться локального или дистанционно. Локальное измерение производится ИЭУ. При дистанционном измерении используется аналоговая функция GOOSE для подключения входа `AMB_TEMP`.

Если дистанционно измеренная температура недействительна или произошел отказ канала связи, функция использует температуру окружающей среды, заданную в параметре *Темпер. окруж. среды*.

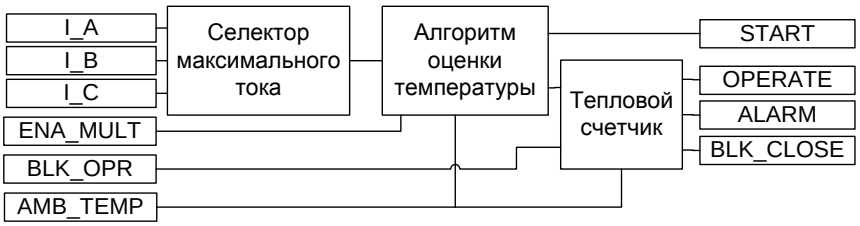


Рис. 131: Функциональная схема

Селектор максимального тока

Селектор максимального тока функции непрерывно контролирует максимальное истинное среднеквадратичное значение фазного тока. Селектор передает это значение в алгоритм оценки температуры.

Алгоритм оценки температуры

Конечная температура рассчитывается по наибольшим трехфазным токам по следующему уравнению:

$$\theta_{\text{окончательный}} = \left(\frac{I}{I_{ref}}\right)^2 \times T_{ref}$$

(Уравнение 9)

I максимальный фазный ток

$I_{нач}$ уст. *Ток превышения*

$T_{нач.}$ уст. *Превышение темпер.*

Температура окружающей среды добавляется к расчетной конечной температуре, и температура окружающей среды, используемая при расчете, также находится в данных мониторинга (TEMP_AMB) и указана в градусах. Если после окончательной оценки эта температура больше заданной уставки *Макс температура*, активируется выход START.

Значения уставок *Ток превышения* и *Повышение темпер.*, а также температуры окружающей среды используются при итоговой оценке температуры. Рекомендуется в течение нескольких часов в год устанавливать эти значения на максимальные для устоявшегося тока, допустимого для линии или кабеля в аварийном режиме. Значения тока и соответствующие температуры проводника приведены в руководствах на кабели. Эти значения

приведены для таких условий, как температура грунта, температура окружающего воздуха, способ прокладки кабеля и удельное тепловое сопротивление грунта.

Тепловой счетчик

Фактическая температура рассчитывается в текущем цикле по следующему уравнению:

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \left(\theta_{\text{окончательный}} - \theta_{n-1}\right) \times \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}\right)$$

(Уравнение 10)

Θ_n	расчетная температура
Θ_{n-1}	расчетная температура на предыдущем временном интервале
$\Theta_{конеч.}$	расчетная конечная температура при фактическом токе
Δt	шаг времени для расчета фактической температуры
τ	тепловая постоянная времени для защищенного устройства (линии или кабеля), уставка *Постоянная времени*

Фактическая температура защищенного элемента (линии или кабеля) рассчитывается путем сложения температуры окружающей среды и расчетной температуры, как показано выше. Температуре окружающей среды может присваиваться постоянное значение или она может измеряться. Расчетная составляющая температуры может контролироваться в виде вещественной величины, полученной от функции.

Когда температура компонента достигает уровня генерирования аварийного сигнала, заданного уставкой *Уровень сигнализ.*, активируется выходной сигнал ALARM. Когда температура компонента достигает уровня отключения, заданного уставкой *Макс. температура*, активируется выход OPERATE. Длительность импульса OPERATE фиксирована и составляет 100 мс.

Кроме того, выполняется расчет времени срабатывания при фактической величине тока. Этот расчет выполняется только в случае, когда расчетная конечная температура оказывается выше температуры срабатывания:

$$t_{\text{срабатывание}} = -\tau \times \ln\left(\frac{\theta_{\text{окончательный}} - \theta_{\text{срабатывание}}}{\theta_{\text{окончательный}} - \theta_n}\right)$$

(Уравнение 11)

После срабатывания защиты от тепловой перегрузки возможна блокировка повторного подключения отключившейся цепи. Выход блокировки BLK_CLOSE активруется одновременно с выходом OPERATE, и не сбрасывается до тех пор, пока температура объекта не опустится ниже заданного значения уставки *Температура для АПВ* . Значение уставки *Макс*

температура должно задаваться как минимум на два градуса выше заданного значения уставки *Температура для АПВ*.

Время для отпускания блокировки вычисляется, т.е. вычисление времени охлаждения оценивается уставкой. Расчетная температура может быть выставлена в исходное значение (уставка *Начальная темпер.*) при помощи параметра управления в меню Сброс. Это удобно в процессе тестирования, когда поданный вторичный ток рассчитывает неверный температурный уровень.

$$t_{\text{разреш_блокир.}} = -\tau \times \ln\left(\frac{\theta_{\text{окончательный}} - \theta_{\text{разреш_блокир.}}}{\theta_{\text{окончательный}} - \theta_{n}}\right)$$

(Уравнение 12)

Здесь конечная температура равна заданной или измеренной температуре окружающей среды.

В некоторых случаях, измеренный ток может включать в себя ток нескольких параллельных линий. Это часто используется для кабельных линий, где одно присоединение соединяет несколько параллельных кабелей. Если параметр *Множитель тока* задан в значение количества параллельных линий (кабелей), в алгоритме защиты можно использовать фактический ток одной линии. Для активизации этой опции необходимо активировать вход `ENA_MULT`.

Температура окружающей среды может измеряться при помощи термометров сопротивления - RTD. Затем измеренное значение температуры заводится, например, с выхода `AI_VAL3` X130 (RTD) на вход `AMB_TEMP` функции T1PTTR.

Уставка *Темпер. окруж. среды* используется для определения температуры окружающей среды, если функция измерения температуры окружающей среды не подключена ко входу `AMB_TEMP`. Уставка *Темпер. окруж. среды* также используется в случае, когда функция измерения температуры окружающей среды, заведенная на функцию T1PTTR, установлена в значение “Не используется” в функции RTD (X130).

Расчет температуры инициируется при значении, определенном с помощью параметра *Начальная темпер.*Это делается при включении ИЭУ: сначала функция выключается, а потом снова включается или сбрасывается через меню Сброс. Температура также сохраняется в энергонезависимой памяти и восстанавливается в исходное состояние при перезагрузке ИЭУ.

Тепловая постоянная времени защищенной цепи выражена в секундах и определяется уставкой *Постоянная времени* . Подробные данные смотрите в справочниках производителей кабеля.

Тепловая модель функции T1PTTR соответствует требованиям стандарта МЭК 60255-149.

4.1.4.5 Применение

Линии и кабели в энергосистеме рассчитаны на определенный максимальный уровень тока нагрузки. В случае превышения этого уровня потери будут выше ожидаемых. Это приведет к повышению температуры проводников. Значительное повышение температуры линий и кабелей может стать причиной следующих повреждений:

- Недопустимое провисание воздушных линий
- При чрезмерном повышении температуры проводников, например алюминиевых, их материал будет поврежден.
- Перегрев может повредить изоляцию кабелей, увеличивая риск возникновения межфазных замыканий или замыканий фазы на землю.

В условиях напряженной работы энергосистемы может потребоваться, чтобы в течение ограниченного времени линии и кабели работали в условиях перегрузки. При этом не должно возникать никаких описанных выше рисков.

Защита от тепловой перегрузки предоставляет информацию, которая допускает возможность временной перегрузки линий и кабелей. Функция защиты от тепловой перегрузки в непрерывном режиме производит оценку температуры проводника. Эта оценка выполняется с использованием тепловой модели линии/кабеля, в основе которой лежит измерение тока.

Если температура защищенного объекта достигнет уровня, при котором выдается предупреждение, выдается сигнал оператору. Это позволяет выполнить определенные действия в энергосистеме, прежде чем температура достигнет опасного уровня. Если же температура продолжает повышаться до максимального допустимого уровня, защита инициирует отключение защищенной линии.

4.1.4.6 Сигналы

Таблица 266: Входные сигналы функции T1PTTR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки
BLK_OPR	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход блокировки выходов срабатывания
AMB_TEMP	FLOAT32	0	Температура окружающей среды, используемая в расчетах

Таблица 267: Выходные сигналы функции T1PTTR

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Тепловая сигнализация
BLK_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал тепловой перегрузки. Для запрета повторного включения.

4.1.4.7 Уставки

Таблица 268: Групповые уставки функции T1PTTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Темпер. окруж. среды	-50...100	°C	1	40	Используемое значение температуры окружающей среды, когда внешние темпер. датчики отключены.
Ток превышения	0.05...4.00	xIn	0.01	1.00	Ток нагрузки, который приводит к нагреву до значения, определяемого уставкой
Превышение темпер.	0.0...200.0	°C	0.1	75.0	Конечное превышение температуры по отношению к окр.среде
Постоянная времени	60...60000	с	1	2700	Постоянная времени линии в секундах.
Макс температура	20.0...200.0	°C	0.1	90.0	Уровень температуры срабатывания
Уровень сигнализ.	20.0...150.0	°C	0.1	80.0	Температура пуска (сигнализации)
Температура для АПВ	20.0...150.0	°C	0.1	70.0	Температура сброса входа блокировки АПВ после срабатывания

Таблица 269: Групповые уставки функции T1PTTR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Множитель тока	1...5		1	1	Коэффициент для тока при использовании функции для параллельных линий

Таблица 270: Общие уставки функции T1PTTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 271: Общие уставки функции T1PTTR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Начальная темпер.	-50,0...100,0	°C	0.1	0.0	Превышение температуры объекта над температурой окр.среды при запуске

4.1.4.8 Контролируемые данные

Таблица 272: Контролируемые данные функции T1PTTR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
TEMP	FLOAT32	-100,0...9999,9	°C	Расчетная температура защищенного объекта
TEMP_RL	FLOAT32	0.00...99.99		Расчетная температура защищенного объекта относительно температуры срабатывания
T_OPERATE	INT32	0...60000	с	Расчетное время до срабатывания
T_ENA_CLOSE	INT32	0...60000	с	Расчетное время до сброса сигнала BLK_CLOSE
TEMP_AMB	FLOAT32	-99...999	°C	Температура окружающей среды, используемая в расчетах
T1PTTR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.1.4.9 Технические данные

Таблица 273: Технические данные T1PTTR

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц
	Текущее измеренное: ±1,5% уставки или ±0,002 × $I_{ном}$ (при величине тока в диапазоне 0,01...4,00 × $I_{ном}$)
Погрешность срабатывания[1)]	±2,0 % теоретического значения или ±0,50 с

1) Ток перегрузки > 1,2 × Температура срабатывания

4.1.4.10 Данные о технических изменениях

Таблица 274: Данные о технических изменениях функции T1PTTR

Исполнение	Изменение
C	Удален параметр *Датчик имеется* .
D	Добавлен вход AMB_TEMP
E	Внутреннее улучшение.
F	Внутреннее улучшение.

4.1.5 Трехфазная защита от тепловой перегрузки с двумя постоянными времени T2PTTR

4.1.5.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита от тепловой перегрузки с двумя постоянными времени	T2PTTR	3Ith>T/G/C	49T/G/C

4.1.5.2 Функциональный блок

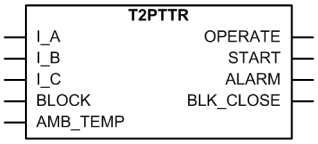


Рис. 132: Функциональный блок

4.1.5.3 Функциональные возможности

Трехфазная защита от тепловой перегрузки с двумя постоянными времени T2PTTR предназначена в основном для защиты трансформаторов от кратковременных перегрузок. Защиту трансформатора от длительных перегрузок обеспечивает датчик температуры масла входящий в состав трансформатора.

При достижении аварийного уровня выдается предупредительное сообщение, которое позволяет оператору предпринять какое-либо действие до отключения трансформатора. Раннее предупреждение основано на действии функции трехфазного измерения тока с использованием тепловой модели с использованием тепловой модели с двумя задаваемыми постоянными

времени. Если повышение температуры продолжается, функция T2PTTR срабатывает в зависимости от тепловой модели трансформатора.

После срабатывания тепловой защиты, повторное включение трансформатора запрещается в течении времени его охлаждения. Охлаждение происходит в соответствии с тепловой моделью.

4.1.5.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции T2PTTR можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

В функции используется температура окружающей среды, которая может измеряться локального или дистанционно. Локальное измерение производится ИЭУ. При дистанционном измерении используется аналоговая функция GOOSE для подключения входа `AMB_TEMP`.

Если дистанционно измеренная температура недействительна или произошел отказ канала связи, функция использует температуру окружающей среды, заданную в параметре *Темпер. окруж. среды*.

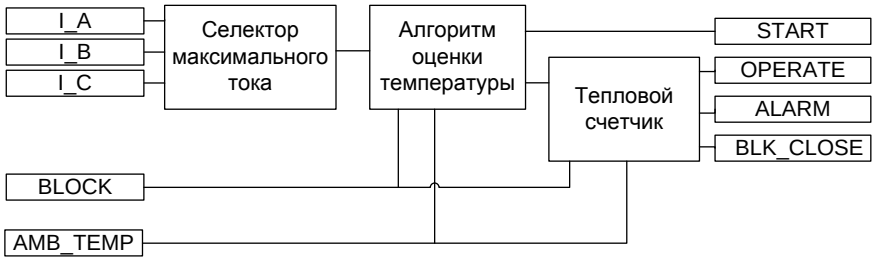


Рис. 133: Функциональная схема

Селектор максимального тока

Селектор максимального тока функции непрерывно контролирует максимальное истинное среднеквадратичное значение фазного тока. Селектор передает это значение в тепловой счетчик.

Алгоритм оценки температуры

Конечная температура рассчитывается по наибольшим трехфазным токам по следующему уравнению:

$$\theta_{окончательный} = \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)^2 \times T_{ref}$$

(Уравнение 13)

I максимальный измеренный фазный ток

$I_{нач}$ уставка *Ток превышения* задание

$T_{нач.}$ заданное значение уставки *Превышение темпер.* (превышение температуры (°C) с устоявшимся током $I_{нач.}$)

К оценке повышения рассчитанной финальной температуры добавляется температура окружающей среды. Если полученная температура превышает заданную уставку температуры срабатывания, то активируется выходной сигнал START.

Уставка *Ток превышения* определяет установившееся значение тока, при котором устанавливается окончательное значение *Превышение темпер.*. Это дает значение уставки, соответствующее номинальной мощности трансформатора.

Уставка *Превышение темпер.* используется, когда увеличение значения начальной температуры соответствует величине уставки *Ток превышения* . Величина нагрева в зависимости от токов нагрузки трансформатора обычно указывается производителем трансформатора.

Тепловой счетчик

Для измерения температуры функция T2PTTR использует тепловую модель с двумя постоянными времени. Повышение температуры в градусах Цельсия (°C) рассчитывается на базе самого высокого из трех фазных токов согласно следующему уравнению:

$$\Delta\Theta = \left[p * \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)^2 * T_{ref} \right] \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau 1}} \right) + \left[(1-p) \cdot \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)^2 \cdot T_{ref} \right] \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau 2}} \right)$$

(Уравнение 14)

ΔΘ Расчетное повышение температуры (°C) в трансформаторе

I самое высокое измеренное значение (истинное среднеквадратичное) фазного тока

Iнач уставка *Ток превышения* (номинальный ток защищенного объекта)

Тнач. Заданное значение уставки *Превышение темпер.* (превышение температуры (°C) с устоявшимся током $I_{нач.}$)

p уставка *Весовой коэф. p* (Весовой коэффициент короткой постоянной времени)

Δt шаг времени для расчета фактической температуры

τ_1 уставка *Коротк. пост. времени* (короткая постоянная времени нагрева / охлаждения)

τ_2 уставка *Длинная пост времени* (длинная постоянная времени нагрева / охлаждения)

Нагрев и охлаждение по тепловой модели с двумя постоянными времени являются характеристиками трансформаторов. Тепловые постоянные времени защищенного трансформатора выражены в секундах и определяются уставками *Коротк. пост. времени* и *Длинная пост времени*. Уставка *Коротк. пост. времени* описывает нагрев обмоток трансформатора. Уставка *Длинная пост времени* описывает нагрев масла трансформатора. Используя модель с двумя постоянными времени, ИЭУ может отслеживать и быстрые, и медленные изменения температуры защищенного объекта.

Уставка *Весовой коэф. p* означает весовой коэффициент между параметрами *Коротк. пост. времени* τ_1 и *Длинная пост времени* τ_2. Чем выше значение уставки *Весовой коэф. p* , тем больше крутой участок кривой нагрева. Когда *Весовой коэф. p* =1, используется только *короткая постоянная времени* . Когда *Весовой коэф. p* = 0, используется только *длинная пост времени* .

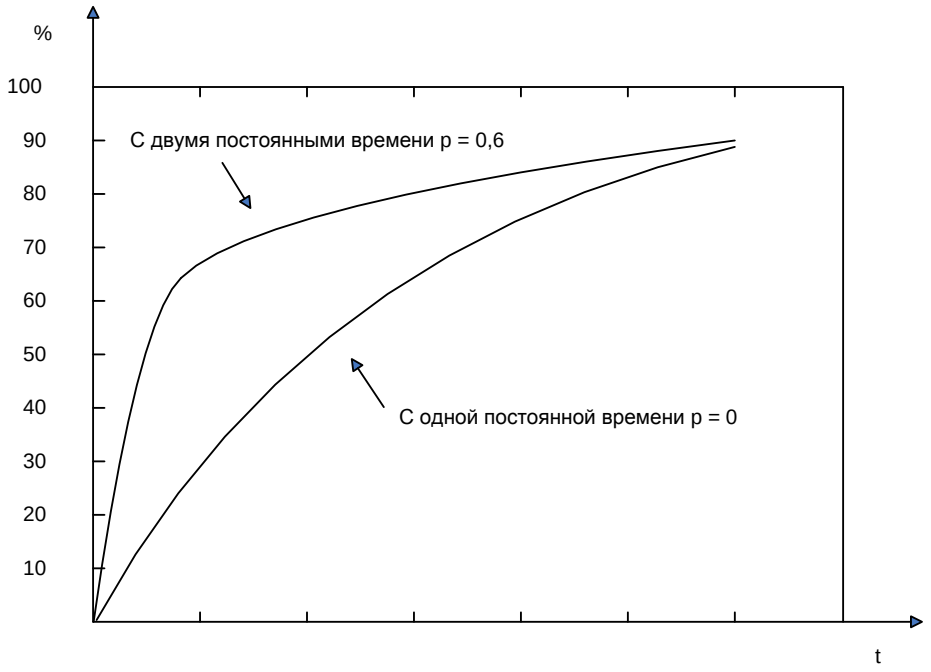


Рис. 134: Влияние параметра Весовой коэф. p и разница между моделями с двумя постоянными времени и с одной постоянной времени

Фактическая температура трансформатора рассчитывается путем сложения температуры окружающей среды и расчетной температуры.

$$\Theta = \Delta\Theta + \Theta_{amb}$$

(Уравнение 15)

Θ температура в трансформаторе (°C)

ΔΘ расчетное повышение температуры (°C) в трансформаторе

Θ_{amb} уставка *Темпер. окруж. среды* или измеренная температура окружающей среды

Для измерения температуры окружающей среды может использоваться функция измерения RTD. Измеренное значение температуры заводится, например, с выхода AI_VAL3 функции X130 (RTD) на вход AMB_TEMP функции T2PTTR.

Уставка *Темпер. окруж. среды* используется для определения температуры окружающей среды, если функция измерения температуры окружающей среды не подключена ко входу AMB_TEMP. Уставка *Темпер. окруж. среды* также используется в случае, когда функция измерения температуры окружающей среды, заведенная на функцию T2PTTR, установлена в значение “Не используется” в функции X130 (RTD).

Расчет температуры инициируется при значении, определенном с помощью параметров *Начальная темпер.* и *Макс. температура*. Начальное значение является долей от значения уставки *Макс. температура*, величина которой определяется уставкой *Начальная температура*. Это делается при включении ИЭУ, путем выключения и обратного включения функции или путем сброса через меню Сброс. Температура сохраняется в энергонезависимой памяти и восстанавливается в исходное состояние при перезагрузке ИЭУ.

Значение уставки *Макс. температура* определяет максимальную температуру трансформатора в градусах Цельсия (°C). Обычно значение уставки *Макс. температура* указывается производителем трансформатора. Фактические значения температуры сигнализации, срабатывания и блокировки для функции T2PTTR представлены в виде процентного значения от уставки *Макс. температура*.

Когда температура трансформатора достигает уровня генерирования аварийного сигнала, заданного уставкой *Температура аварийного сигнала*, активируется выходной сигнал ALARM. Когда температура трансформатора достигает уровня отключения, заданного уставкой *Температура срабатывания*, активируется выход OPERATE. Выход OPERATE отключается, когда измеренное значение тока будет составлять менее 10 % от значения уставки *Ток превышения* или измеренное значение температуры будет ниже заданного уставкой *Температура срабатывания*.

Также существует расчет текущего времени для срабатывания при актуальном значении тока. T_OPERATE рассчитывается только в том случае, если расчетное итоговое значение температуры будет превышать температуру срабатывания. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

После срабатывания защиты от тепловой перегрузки возможна блокировка повторного подключения отключившейся цепи. Выход блокировки BLK_CLOSE активируется, когда уставка *Температура для АПВ* превышает значение уставки температуры отпускания блокировки. Также рассчитывается время до отпускания блокировки T_ENA_CLOSE. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

4.1.5.5 Применение

Трансформаторы в энергосистеме предназначены для определенного максимального уровня тока нагрузки. Если ток превышает этот предел, потери будут гораздо выше ожидаемых. Это также приводит к повышению температуры трансформатора. Слишком высокая температура трансформатора может привести к повреждению оборудования:

- Старение изоляции будет более интенсивным, что, в свою очередь, увеличивает риск внутренних междуфазных замыканий или замыканий на землю.
- В трансформаторе возможно образование горячих точек (глубинных источников повышенной тепловой энергии), которые ухудшают качество трансформаторного масла.

В условиях больших нагрузок в энергосистеме может потребоваться, чтобы в течение ограниченного времени трансформаторы работали в условиях перегрузки. Защита от тепловой перегрузки предоставляет информацию, которая допускает возможность временной перегрузки трансформаторов.

Допустимый уровень нагрузки силового трансформатора в большой степени зависит от системы охлаждения трансформатора. Существует два основных принципа охлаждения:

- ONAN: Воздух естественным путем, без использования вентиляторов, поступает на радиаторы, циркуляция масла происходит естественным образом без насосов.
- OFAF: На радиаторах установлены вентиляторы для принудительной циркуляции охлаждающего воздуха, трансформаторное масло циркулирует при помощи насосов.

Защита имеет несколько наборов параметров, находящихся в различных группах уставок. Например, одна группа уставок предназначена для естественного охлаждения, другая - для условий с принудительным охлаждением. Система охлаждения трансформатора влияет и на допустимый уровень установившейся нагрузки, и на тепловую постоянную времени. Активную группу уставок можно изменить при помощи параметра или через дискретный вход, если этот дискретный вход активен. Это можно использовать для трансформаторов в случае отключения принудительного охлаждения или при включении дополнительного охлаждения. Параметры также можно изменять в случае отказа вентилятора или насоса.

Защита от тепловой перегрузки постоянно оценивает внутренний нагрев, т.е. температуру трансформатора. Эта оценка выполняется с использованием тепловой модели трансформатора, в основе которой лежит измерение тока.

Если нагрев защищенного трансформатора достигает заданного уровня сигнализации, оператору выдается сигнал. Это позволяет выполнить определенные действия в системе, прежде чем температура достигнет

слишком высокого уровня. Если же температура продолжает повышаться до уровня срабатывания, защита инициирует отключение защищенного трансформатора.

После отключения трансформатор должен охладиться до температуры, при которой его снова можно будет ввести в действие. Функция T2PTTR продолжает оценивать уровень нагрева трансформатора в течение этого периода времени при использовании заданной постоянной времени охлаждения.Функция Включение трансформатора блокируется до тех пор, пока его температура не опустится до заданного уровня.

Для трансформатора характерно использование функции с двумя постоянными времени. Тепловые постоянные времени защищенного трансформатора выражены в секундах и определяются уставками *Коротк. пост. времени* и *Длинная пост времени* . Если производителем не указано никакое иное значение, то уставка *Длинная пост времени* может задаваться в значение 4920 с (82 минуты) для распределительного трансформатора и 7260 с (121 минута) для силового трансформатора. Соответственно, уставка *Коротк. пост. времени* будет равна 306 с (5,1 минут) и 456 с (7,6 минут).

Если производитель трансформатора указал только одну постоянную времени, ее можно преобразовать в две постоянные времени. Одна постоянная времени также используется сама по себе, если уставка *Весовой коэф. p* установлена в значение "0", а постоянная времени - в значение *длинная пост времени* . В этом случае тепловая модель соответствует модели с одной постоянной времени.

Таблица 275: Сравнительная таблица между одной и двумя постоянными времени

Одна постоянная времени (мин)	*Коротк. пост. времени* (мин)	*Длинная пост времени* (мин)	*Весовой коэф. p*
10	1,1	17	0,4
15	1,6	25	0,4
20	2,1	33	0,4
25	2,6	41	0,4
30	3,1	49	0,4
35	3,6	58	0,4
40	4,1	60	0,4
45	4,8	75	0,4
50	5,1	82	0,4
55	5,6	90	0,4
60	6,1	98	0,4
65	6,7	107	0,4
70	7,2	115	0,4
75	7,8	124	0,4

По умолчанию уставка *Макс. температура* имеет значение 105°C. Такое значение выбрано потому что хотя стандарт МЭК 60076-7 рекомендует в качестве максимальной допустимой температуры при длительной нагрузке 98°C, в нем же утверждается, что трансформатор может выдерживать аварийную нагрузку в течение недель и даже месяцев, при это температура обмоток может достигать 140°C. Таким образом, температура 105°C - это безопасное значение максимальной температуры трансформатора, если уставка *Макс. температура* не предоставлена производителем трансформатора.

4.1.5.6 Сигналы

Таблица 276: Входные сигналы функции T2PTTR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
AMB_TEMP	FLOAT32	0	Температура окружающей среды, используемая в расчетах

Таблица 277: Выходные сигналы функции T2PTTR

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Тепловая сигнализация
BLK_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал тепловой перегрузки. Для запрета повторного включения.

4.1.5.7 Уставки

Таблица 278: Групповые уставки функции T2PTTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Темпер. окруж. среды	-50...100	°C	1	40	Используемое значение температуры окружающей среды, когда внешние темпер. датчики отключены.
Превышение темпер.	0.0...200.0	°C	0.1	78.0	Конечное превышение температуры по отношению к окр.среде
Макс. температура	0.0...200.0	°C	0.1	105.0	Максимально допустимая температура трансформатора
Температура срабат.	80.0...120.0	%	0.1	100.0	Температура срабатывания в процентах

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Темпер. сигнализац.	40.0...100.0	%	0.1	90.0	Температура срабатывания в процентах
Температура для АПВ	40.0...100.0	%	0.1	60.0	Температура сброса входа блокировки АПВ после срабатывания
Коротк. пост. времени	6...60000	с	1	450	Короткая постоянная времени в секундах
Длинная пост времени	60...60000	с	1	7200	Длинная постоянная времени в секундах
Весовой коэф. p	0.00...1.00		0.01	0.40	Весовой коэффициент короткой постоянной времени

Таблица 279: Групповые уставки функции T2PTTR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Ток превышения	0.05...4.00	xIn	0.01	1.00	Ток нагрузки, который приводит к нагреву до значения, определяемого уставкой

Таблица 280: Общие уставки функции T2PTTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 281: Общие уставки функции T2PTTR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Начальная темпер.	0.0...100.0	%	0.1	80.0	Начальная температура в процентах

4.1.5.8 Контролируемые данные

Таблица 282: Контролируемые данные функции T2PTTR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
TEMP	FLOAT32	-100,0...9999,9	°C	Расчетная температура защищенного объекта
TEMP_RL	FLOAT32	0.00...99.99		Расчетная температура защищенного объекта относительно температуры срабатывания
T_OPERATE	INT32	0...60000	с	Расчетное время до срабатывания
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
T_ENA_CLOSE	INT32	0...60000	с	Расчетное время до сброса сигнала BLK_CLOSE в секундах
TEMP_AMB	FLOAT32	-99...999	°C	Температура окружающей среды, используемая в расчетах
T2PTTR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.1.5.9 Технические данные

Таблица 283: Технические данные T2PTTR

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц
	Измеренное значение тока: ±1,5% от уставки или ±0,002 x $I_{ном}$ (при токах в диапазоне 0,01...4,00 x $I_{ном}$)
Погрешность времени срабатывания[1)]	±2,0 % теоретического значения или ±0,50 с

1) Ток перегрузки > 1,2 x Температура уровня срабатывания

4.1.5.10 Данные о технических изменениях

Таблица 284: Данные о технических изменениях функции T2PTTR

Исполнение	Изменение
B	Добавлен вход AMB_TEMP
C	Внутреннее улучшение.
D	Внутреннее улучшение.

4.1.6 Защита от заклинивания ротора двигателя JAMPTOC

4.1.6.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от заклинивания ротора двигателя	JAMPTOC	Ist>	51LR

4.1.6.2 Функциональный блок

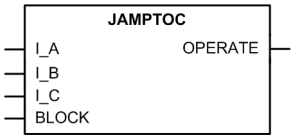


Рис. 135: Функциональный блок

4.1.6.3 Функциональные возможности

Функция защиты от заклинивания ротора двигателя JAMPTOC используется для защиты двигателя при остановке или при механическом заклинивании во время работы.

При запуске двигателя для защиты используется отдельная функция, в течение этого периода функция JAMPTOC, как правило, заблокирована. После завершения фазы запуска двигателя JAMPTOC контролирует величину фазных токов. Функция запускается, если измеренное значение тока превышает уровень предельного крутящего момента, т. е. заданный порог. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени.

Функция содержит блокировку. Можно блокировать выходы функции.

4.1.6.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции JAMPTOC можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

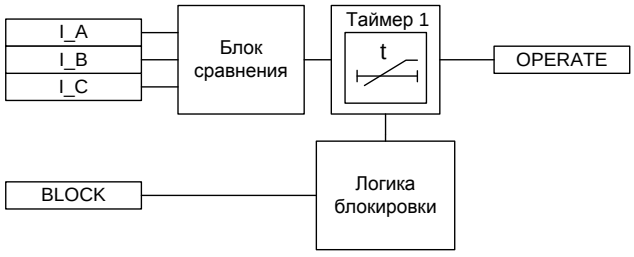


Рис. 136: Функциональная схема

Блок сравнения

Измеренные фазные токи сравниваются с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Для определения уровня используются действующие значения фазных токов. Включение таймера производится, когда как

минимум два из трех измеренных фазных токов превышаю величину уставки *Пусковое значение*.

Таймер

После включения таймера становится активным внутренний сигнал START. Это значение доступно только в окне данных мониторинга. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* , активируется выход OPERATE.

После того как таймер достигнет заданного значения уставки, и при этом условие опрокидывания будет по-прежнему присутствовать, выход OPERATE останется активным до тех пор, пока значения фазных токов не опустятся ниже значения уставки *Пусковое значение*, т.е. пока присутствует условие опрокидывания. Если же возврат происходит в момент, когда еще не закончился отсчет времени, активируется таймер возврата. Если время возврата превышает заданное значение уставки *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме «Останов таймера» таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.1.6.5 Применение

Защита двигателя при «опрокидывании» нужна, в первую очередь, для защиты двигателя от чрезмерного повышения температуры, так как двигатель в состоянии «опрокидывания» потребляет слишком большие токи. Это состояние приводит к повышению температуры в обмотках статора. Из-за снижения скорости также повышается температура ротора. Наиболее критичным повышение температуры ротора является при остановке двигателя.

Со временем свойства физической и диэлектрической изоляции системы ухудшаются, а повышение температуры значительно ускоряет этот процесс. Срок службы изоляции связан с интервалом времени, в течение которого изоляция может выдерживать определенную температуру.

«Опрокидывание» асинхронного двигателя происходит, когда значение крутящего момента нагрузки превышает значение опрокидывающего момента, при этом частота вращения уменьшается до нуля или до некой стабильной рабочей точки, значительно ниже номинальной частоты вращения. Это происходит, например, при внезапном увеличении нагрузки на валу, которая становится больше крутящего момента двигателя из-за поломок подшипников. При таком состоянии ток двигателя повышается почти до величины тока на заторможенном роторе.

Функция JAMPTOC предназначена для защиты двигателя от "опрокидывания" или механической блокировки ротора во время работы. Для хорошей и надежной защиты двигателей в условиях "опрокидывания" необходимо, чтобы температура двигателя находилась в пределах допустимой.

4.1.6.6 Сигналы

Таблица 285: Входные сигналы функции JAMPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 286: Выходные сигналы функции JAMPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание

4.1.6.7 Уставки

Таблица 287: Общие уставки функции JAMPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Пусковое значение	0.10...10.00	xIn	0.01	2.50	Пусковое значение
Время срабатывания	100...120000	мс	10	2000	Время срабатывания

Таблица 288: Общие уставки функции JAMPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	100	Время возврата

4.1.6.8 Контролируемые данные

Таблица 289: Контролируемые данные функции JAMPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Пуск
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
JAMPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.1.6.9 Технические данные

Таблица 290: Технические данные функции JAMPTOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Время задержки	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс

4.1.6.10 Данные о технических изменениях

Таблица 291: Данные о технических изменениях функции JAMPTOC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение

4.1.7 Защита от потери нагрузки LOFLPTUC

4.1.7.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от потери нагрузки	LOFLPTUC	3I<	37

4.1.7.2 Функциональный блок

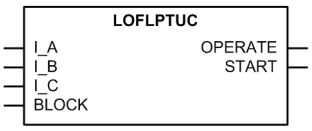


Рис. 137: Функциональный блок

4.1.7.3 Функциональные возможности

Функция защиты от потери нагрузки LOFLPTUC используется для обнаружения внезапной потери нагрузки, которая считается состоянием повреждения.

Пуск функции LOFLPTUC производится при величине тока ниже заданного предельного значения. Функция имеет независимую выдержку времени (DT), что означает, что она срабатывает с заданной выдержкой времени и возвращается при исчезновении тока повреждения.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер независимой выдержки времени или всю функцию полностью.

4.1.7.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции LOFLPTUC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

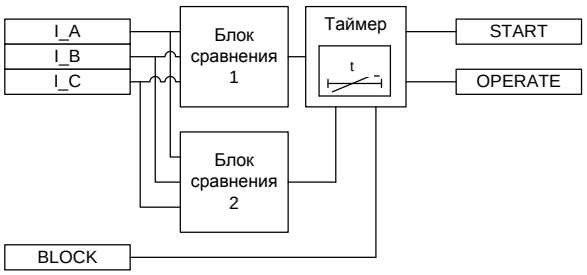


Рис. 138: Функциональная схема

Блок сравнения 1

Этот блок сравнивает фазные токи (действующее значение) со значением уставки *Пусковое знач. Высок* . Если величины всех фазных токов меньше значения уставки *Пусковое знач. Высок* , то обнаруживается состояние потери нагрузки, и на таймер посылается сигнал включения. Этот сигнал отключается, после того как один или несколько фазных токов превысит заданное значение уставки *Пусковое знач. Высок* соответствующего элемента.

Блок сравнения 2

Это модуль обнаружения понижения тока, который контролирует отключенное состояние двигателя. Этот блок сравнивает фазные токи (действующее значение) со значением уставки *Пусковое знач. Низк* . Если величина любого из фазных токов меньше заданного значения уставки *Пусковое знач. Низк*, посылается сигнал блокировки таймера.

Таймер

При активации таймера активируется выход `START`. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания*, активируется выход `OPERATE`. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер возврата достигнет значения, которое определяется уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, а выход `START` отключается.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Сигнал `BLOCK` блокирует срабатывание функции и сбрасывает таймер в исходное состояние.

4.1.7.5 Применение

Когда двигатель работает с подключенной нагрузкой, он потребляет ток, равный значению между нагрузкой холостого хода и номинальным током двигателя. Минимальный ток нагрузки может определяться путем анализа характеристик подключенной нагрузки. Если ток, потребляемый двигателем, меньше минимального отбираемого тока нагрузки, можно сделать вывод, что либо двигатель отключен от нагрузки, либо поврежден соединительный механизм. Если позволить двигателю работать в этом состоянии, это может ухудшить повреждение соединительного механизма или привести к травмам персонала, который работает с машиной. Следовательно, сразу же после обнаружения вышеуказанного состояния двигатель нужно отключить от источника питания.

Функция LOFLPTUC обнаруживает такое состояние путем контроля значений тока, и помогает отключить двигатель от источника питания мгновенно или по истечении выдержки времени, в зависимости от требований.

Когда двигатель бездействует, ток равен нулю, и в таком состоянии активировать отключение не рекомендуется. Минимальный ток, потребляемый двигателем, когда двигатель подключен к источнику питания, - это ток холостого хода, то есть, ток, превышающий пусковое значение. Если потребляемый ток ниже нижнего значения пускового тока, двигатель отключается от источника питания. Функция LOFLPTUC обнаруживает это состояние и интерпретирует его как отключение двигателя, после чего отключает двигатель и блокирует функцию, чтобы предотвратить непредусмотренные отключения.

4.1.7.6 Сигналы

Таблица 292: Входные сигналы функции LOFLPTUC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка всех дискретных выходов путем сброса таймеров

Таблица 293: Выходные сигналы функции LOFLPTUC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.1.7.7 Уставки

Таблица 294: Групповые уставки функции LOFLPTUC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое знач. Низк	0.01...0.50	xIn	0.01	0.10	Уставка по току/Пусковое значение (низкий уровень)
Пусковое знач. Высок	0.01...1.00	xIn	0.01	0.50	Уставка по току/Пусковое значение (высокий уровень)
Время срабатывания	400...600000	мс	10	2000	Время срабатывания

Таблица 295: Общие уставки функции LOFLPTUC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 296: Общие уставки функции LOFLPTUC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.1.7.8 Контролируемые данные

Таблица 297: Контролируемые данные функции LOFLPTUC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
LOFLPTUC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.1.7.9 Технические данные

Таблица 298: Технические данные функции LOFLPTUC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$
Время пуска	Типовое: 300 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой 1,04
Время задержки	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс

4.1.7.10 Данные о технических изменениях

Таблица 299: Данные о технических изменениях функции LOFLPTUC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение

4.1.8 Защита двигателей от тепловой перегрузки MPTTR

4.1.8.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита двигателей от тепловой перегрузки	MPTTR	3Ith>M	49M

4.1.8.2 Функциональный блок

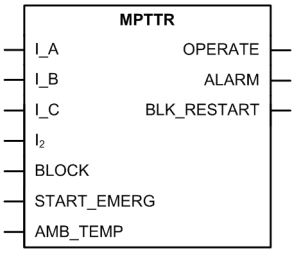


Рис. 139: Функциональный блок

4.1.8.3 Функциональные возможности

Функция защиты двигателей от тепловой перегрузки MPTTR защищает электродвигатели от перегрева. MPTTR моделирует тепловые характеристики двигателя на основе измеренных значений тока нагрузки и отключает его, когда значение тепловой перегрузки достигнет 100 %.

Тепловая перегрузка является наиболее распространенным аварийным состоянием промышленных двигателей. Как правило, она возникает вследствие аномального повышения рабочего тока двигателя, который вызывает повышенное рассеяние тепла двигателя и температуры или пониженное охлаждение. Функция MPTTR предотвращает излишнее потребление тока и перегрев, которые приводят к преждевременному пробою изоляции обмоток и, в худших случаях, к перегоранию двигателя.

4.1.8.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции MPTTR можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

В функции используется температура окружающей среды, которая может измеряться локального или дистанционно. Локальное измерение производится ИЭУ. При дистанционном измерении используется аналоговая функция GOOSE для подключения входа `AMB_TEMP`.

Если дистанционно измеренная температура недействительна или произошел отказ канала связи, функция использует температуру окружающей среды, заданную в параметре *Темпер. окруж. среды*.

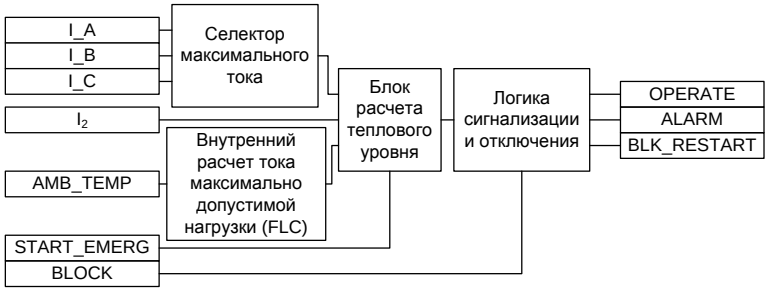


Рис. 140: Функциональная схема

Селектор максимального тока

Селектор максимального тока выбирает самый большой измеренный фазный ток (действующее значение) и передает эту информацию в блок расчета теплового уровня.

Внутренний расчет тока максимально допустимой нагрузки (FLC)

Ток максимально допустимой нагрузки (FLC) двигателя определяется производителем при температуре окружающей среды 40°C. При использовании двигателя в условиях температуры окружающей среды выше или ниже 40°C нужны специальные расчеты. Двигатель, работающий при повышенной температуре, даже при номинальной нагрузке или при нагрузке ниже номинальной, подвергает обмотки воздействию повышенной температуры, подобно тому, как это бывает в результате перегрузки при нормальной температуре окружающей среды. При такой повышенной температуре окружающей среды номинальные характеристики двигателя необходимо уменьшить для работы в условиях таких повышенных температур. Точно так же, когда температура окружающей среды существенно ниже номинальной температуры окружающей среды 40°C, двигатель может быть немного перегружен. Для расчета теплового уровня будет лучше, если значения FLC будут масштабироваться для различных температур. Масштабированный ток известен как внутренний FLC. Внутренний FLC рассчитывается на основании температуры окружающей среды, которая приводится в таблице. Уставка *РежимИзмерТемпер* определяет, будут ли расчеты теплового уровня выполняться на базе FLC на базе внутреннего FLC.

Когда параметр *РежимИзмерТемпер* установлен в режим "Только FLC", внутренний FLC не рассчитывается. Вместо этого используется значение FLC, которое приведено в спецификации производителя. Когда параметр *РежимИзмерТемпер* установлен в режим "Температура задана", внутреннее значение FLC рассчитывается на базе температуры окружающей среды, полученной в качестве входных данных при помощи уставки *Темпер. окруж. среды* . Если параметр *РежимИзмерТемпер* установлен в режим "ИспользВход", внутренний FLC рассчитывается на базе данных, полученных от термометров сопротивления (RTDs) через вход `AMB_TEMP`.

Таблица 300: Изменение внутреннего FLC

Температура окружающей T_{amb}	Внутренний FLC
<20°C	FLC x 1,09
от 20 до <40°C	FLC x (1,18 - T_{amb} x 0,09/20)
40°C	FLC
от >40 до 65°C	FLC x (1 –[(T_{amb} -40)/100])
>65°C	FLC x 0,75

Температура окружающей среды используется для расчета теплового уровня и находится в меню "Данные мониторинга", выход TEMP_AMB. Активация входа BLOCK не оказывает влияния на выход TEMP_AMB.

Уставка *Темпер. окруж. среды* используется в следующих случаях:

- Если измеренное значение температуры окружающей среды не заведено на вход AMB_TEMP в инструменте ACT.
- Когда измеренное значение температуры окружающей среды, подключенное к функции 49M, установлено в значение Не используется в функции RTD.
- В случае каких-либо ошибок или неправильного функционирования выхода RTD.

Блок расчета теплового уровня

Этот блок рассчитывает тепловую нагрузку с учетом действующих токов и токов обратной последовательности. Нагрев двигателя определяется значением тока нагрузки в квадрате.

Однако при несимметричных фазных токах ток обратной последовательности также приводит к дополнительному нагреванию. Используя защиту на базе контроля обеих составляющих тока, перегрева двигателя можно избежать.

Тепловая нагрузка рассчитывается с учетом различных ситуаций или действий, и также зависит от уровня фазного тока. Далее приводятся уравнения для расчета нагрева:

$$\theta_B = \left[\left(\frac{I}{k \times I_r} \right)^2 + K_2 \times \left(\frac{I_2}{k \times I_r} \right)^2 \right] \times \left(1 - e^{-t/\tau} \right) \times p\%$$

(Уравнение 16)

$$\theta_A = \left[\left(\frac{I}{k \times I_r} \right)^2 + K_2 \times \left(\frac{I_2}{k \times I_r} \right)^2 \right] \times \left(1 - e^{-t/\tau} \right) \times 100\%$$

(Уравнение 17)

I	Истинное среднеквадратичное значение измеренных максимальных фазных токов
$I_{ном}$	Заданный *Ток превышения*, FLC или внутренний FLC
I_2	измеренный ток обратной последовательности
k	заданное значение уставки *Коэфф перегрузки*
K_2	заданное значение уставки *Коэф обр послед*
p	заданное значение уставки *Весовой коэффициент*
τ	постоянная времени

Уравнение θ_B используется, когда значения фазных токов ниже предельного значения перегрузки, т.е., k x $I_{ном}$. Уравнение θ_A используется, когда значение одного из фазных токов превышает предельное значение перегрузки.

В условиях перегрузки блок расчета теплового уровня в фоновом режиме рассчитывает значение θ_B, и когда перегрузка заканчивается, тепловой уровень тепловой уровень линейно преобразуется из θ_A в θ_B со скорость 1,66 процеента в секунду. Для неработающего двигателя, т.е. когда ток ниже значения 0,12 x $I_{ном}$, охлаждение выражается следующей формулой:

$$\theta = \theta_{02} \times e^{\frac{-t}{\tau}}$$

(Уравнение 18)

θ_{02} Начальный уровень тепловой перегрузки при охлаждении

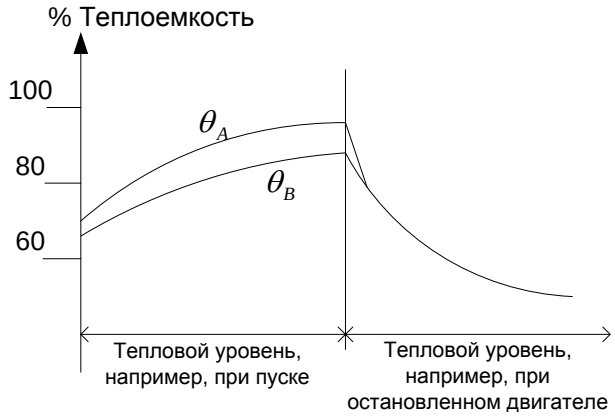


Рис. 141: Тепловая характеристика

Требуемый коэффициент перегрузки и коэффициент теплового воздействия тока обратной последовательности определяются значениями уставок *Коэфф перегрузки* и *Коэф обр послед* .

Для точного расчета тепловой нагрузки в приведенных выше уравнениях используются различные постоянные времени. Эти постоянные времени используются в зависимости от различных условий работы двигателя, например, при пуске двигателя, при нормальной работе или при остановке двигателя, и определяются уставками *ПостВрем.Пуск*, *ПостВрем.Норм* и *ПостВрем.Стоп*. Единовременно достоверной является лишь одна постоянная.

Таблица 301: Зависимость Постоянной времени от соответствующего значения фазного тока

Постоянная времени (tau)	Фазный ток
ПостВрем.Пуск	Любой ток, значение которого превышает 2,5 x $I_{ном}$
ПостВрем.Норм	Любой ток, значение которого превышает 0,12 x $I_{ном}$, и все токи со значением ниже 2,5 x $I_{ном}$
ПостВрем.Стоп	Все значения тока ниже 0,12 x $I_{ном}$

Уставка *Весовой коэф. p* определяет коэффициент повышения температуры двух кривых: θ_A и θ_B.

Тепловой уровень при включении питания ИЭУ определяется уставкой *НачТепловЗнач*.

Расчет температуры запускается по значению, заданному уставкой *НачТепловЗнач*. Это делается при включении ИЭУ, путем выключения и обратного включения функции или путем сброса через меню Сброс.

Расчет температуры защищенного объекта по отношению к рабочему уровню, выход TEMP_RL, можно увидеть в данных мониторинга. Активация входа BLOCK не оказывает влияния на расчетную температуру.

Тепловой уровень в момент пуска двигателя и в конце пуска двигателя можно получить через меню "Контролируемые данные" на выходах THERMLEV_ST и THERMLEV_END соответственно. Активация входа BLOCK не оказывает влияния на эти выходы.

Логика сигнализации и отключения

Модуль генерирует сигналы тревоги, запрета повторного пуска и отключения.

Когда тепловой уровень превышает заданное значение уставки *Уровень сигнализ.*, активируется выход ALARM. Иногда возникает необходимость запрета повторного пуска двигателя, например, при наличии определенного пускового условия, как, например, длительный пуск. Если значение тепловой перегрузки превышает значение уставки *Уровень перезапуска*, активируется выход BLK_RESTART. Время следующего возможного пуска двигателя можно увидеть в контролируемых данных через выход T_ENARESTART. Выход T_ENARESTART оценивает время блокировки входа BLK_RESTART с учетом того, что двигатель остановлен.

При подаче сигнала аварийного пуска START_EMERG тепловой уровень устанавливается в значение, которое ниже уровня запрета повторного пуска. Это позволяет выполнить, по меньшей мере, один пуск двигателя, даже если значение тепловой перегрузки превысило уровень запрета повторного пуска

Когда значение тепловой перегрузки достигнет 100%, активируется выход OPERATE. Выход OPERATE отключается, когда измеренное значение тока опустится ниже 12 процентов от значения уставки *Ток превышения* или если значение тепловой перегрузки опустится ниже 100 процентов.

При активации входа BLOCK блокируются выходы ALARM, BLK_RESTART и OPERATE.

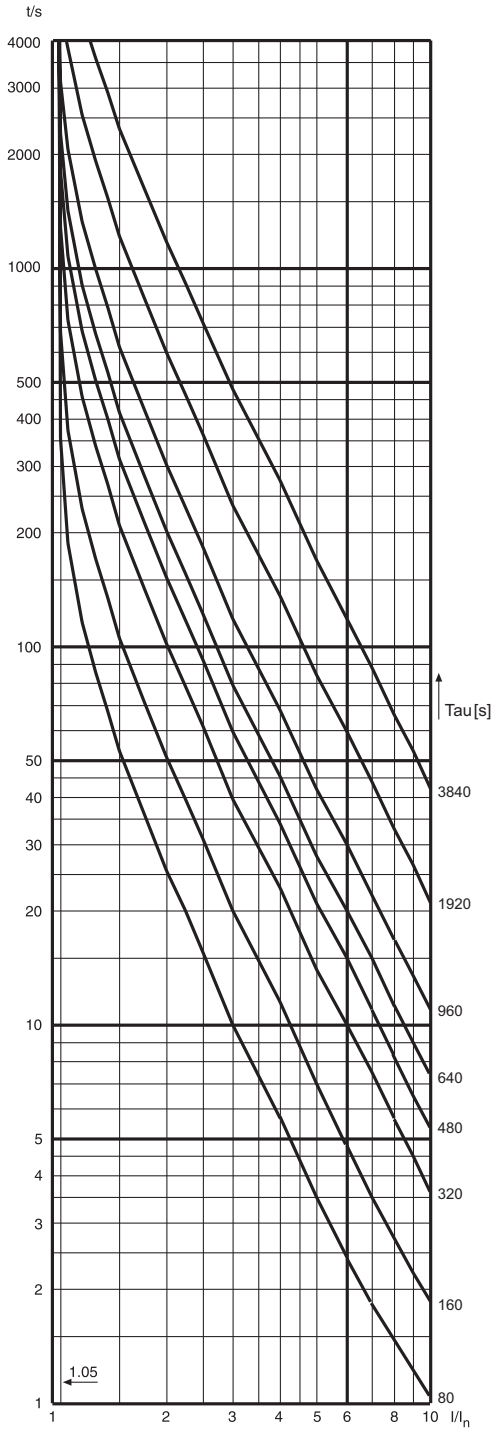


Рис. 142: Кривые отключения без предшествующей нагрузки, при p=20...100%. Коэффициент перегрузки = 1,05.

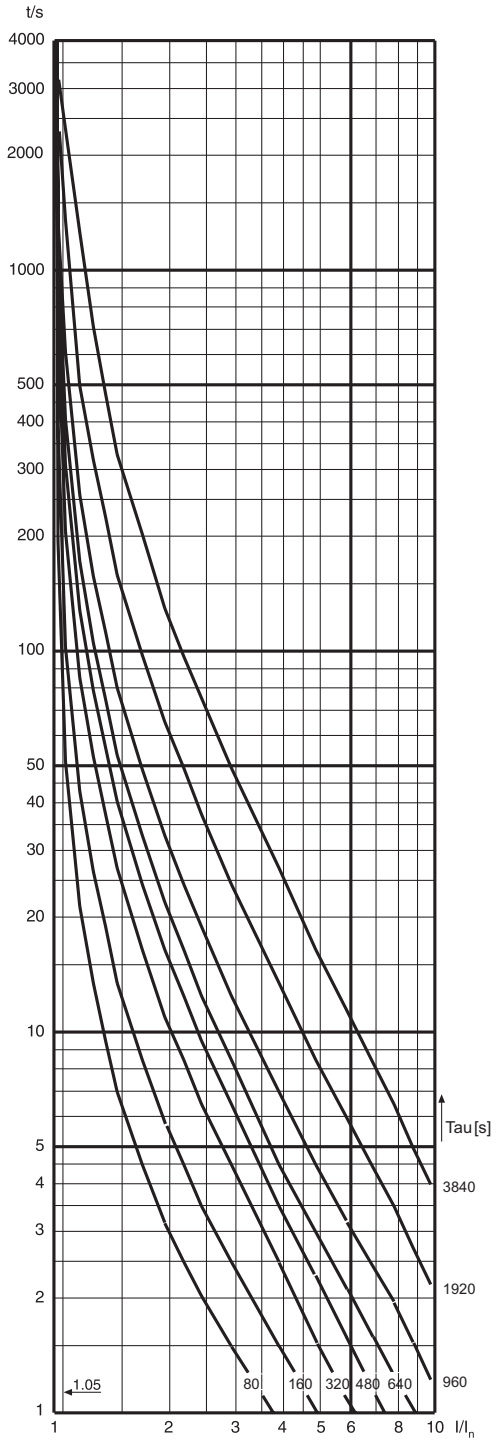


Рис. 143: Кривые отключения под нагрузкой 1 x FLC и p=100%, Коэффициент перегрузки = 1,05.

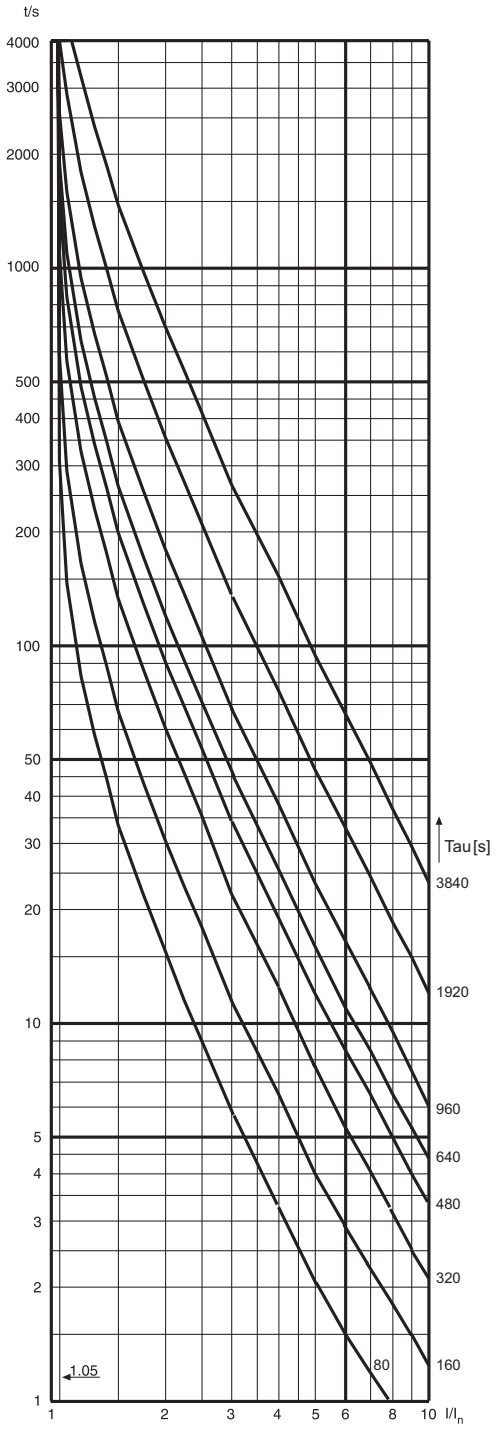


Рис. 144: Кривые отключения под нагрузкой 1 x FLC и p=50 %. Коэффициент перегрузки = 1,05.

4.1.8.5 Применение

Функция MPTTR предназначена для ограничения теплового уровня двигателя при аварийных режимах работы предварительно заданными значениями.. Это предотвращает преждевременное повреждение изоляции двигателя.

Аварийные условия, приводящие к перегреву, включают перегрузку, опрокидывание, отказ при пуске, высокую температуру окружающей среды, ограничение вентиляции двигателя, снижение скорости работы двигателя, многократный пуск или толчковый режим работы двигателя, высокое или низкое напряжение или частоты сети, механическое повреждение ведомой нагрузки, неправильную установку, несимметричное напряжение сети или работу с обрывом одной фазы. Защита от пробоя изоляции путем реализации считывания тока не может обнаружить некоторые из этих условий, например, такие как, недостаточная вентиляция. Так же защита, основанная на считывании температуры, может быть недостаточной в случаях многократного пуска или при толчковом режиме работы двигателя. Защита от тепловой перегрузки решает именно эти недочеты, в большей степени, за счет использования тепловой модели двигателя на базе контроля тока нагрузки.

Тепловая нагрузка рассчитывается с использованием истинного среднеквадратичного значения (True RMS) тока и значения тока обратной последовательности. Нагрев двигателя определяется значением тока нагрузки в квадрате. Однако при расчете теплового уровня значение номинального тока должно быть пересмотрено или снижено в зависимости от температуры окружающей среды. Кроме тока используется постоянная времени нагревания или охлаждения двигателя.

Установка весового коэффициента

Есть две тепловых кривых: одна кривая характеризует кратковременные нагрузки и длительные перегрузки, а также используется для отключения, и другая кривая, которая используется для контроля теплового режима двигателя. Значение уставки *Весовой коэф. p* определяет коэффициент повышения температуры двух кривых.

Если параметр *Весовой коэф. p* равен 100%, блок тепловой защиты выбирает тепловую модель с одной постоянной времени, которая используется, например, для защиты кабелей. Как показано на Рисунке 145, кривая нагрева со значением параметра *Весовой коэф. p*, равным 100%, разрешает время включения, которое составляет всего около 10% времени включения без предшествующей нагрузки. Например, когда заданная постоянная времени составляет 640 секунд, время срабатывания с предшествующей нагрузкой 1 x FLC (тока максимально допустимой нагрузки) и коэффициентом перегрузки 1,05 составляет только две секунды, даже если двигатель может выдержать как минимум от 5 до 6 секунд. Для использования полной мощности двигателя необходимо использовать меньшее значение уставки *Весовой коэф. p*.

Обычно при работе двигателя с полной нагрузкой используется приблизительно половина теплоемкости. Таким образом, устанавливая *Весовой коэф. p* равным 50 %, устройство извещает, что при полной нагрузке используется от 45 до 50% теплоемкости.

Для электродвигателей с прямым пуском от сети, имеющих тенденцию к локальному перегреву, значение *Весовой коэф. p* обычно устанавливается на 50%, что соответствующим образом позволяет распознать кратковременное температурное напряжение и данные о температуре за продолжительный период времени. После короткого периода температурного напряжения, например, при пуске двигателя, тепловой уровень начинает довольно резко уменьшаться, сглаживая места локального перегрева. Соответственно, возрастает вероятность последующих разрешенных пусков.

При защите объектов, не имеющих тенденции к локальному перегреву, например, двигателей с запуском от устройств плавного пуска и кабелей, уставка *Весовой коэф. p* задается равной 100%. Если значение уставки *Весовой коэф. p* равно 100%, тепловой уровень после большой нагрузки снижается медленно. Это делает защиту пригодной для тех случаев, где не ожидается появления мест локального перегрева. Только в особых случаях, когда необходимо, чтобы защита от тепловой перегрузки работала в соответствии с характеристиками защищенного объекта, и при этом теплоемкость объекта хорошо известна, нужно использовать значение от 50 до 100 процентов.

Например, в отношении защиты двигателя, разрешено два пуска из горячего состояния вместо трех пусков из холодного состояния, значение уставки *Весовой коэф. p* , равное 40%, оказалось самым эффективным. Задание уставки *Весовой коэф. p* в значение существенно ниже 50% требует осторожности, так как существует возможность перегрузки защищенного объекта, так как блок тепловой защиты может разрешить слишком много горячих пусков, или же не были в достаточной степени учтены данные о температуре за период времени.

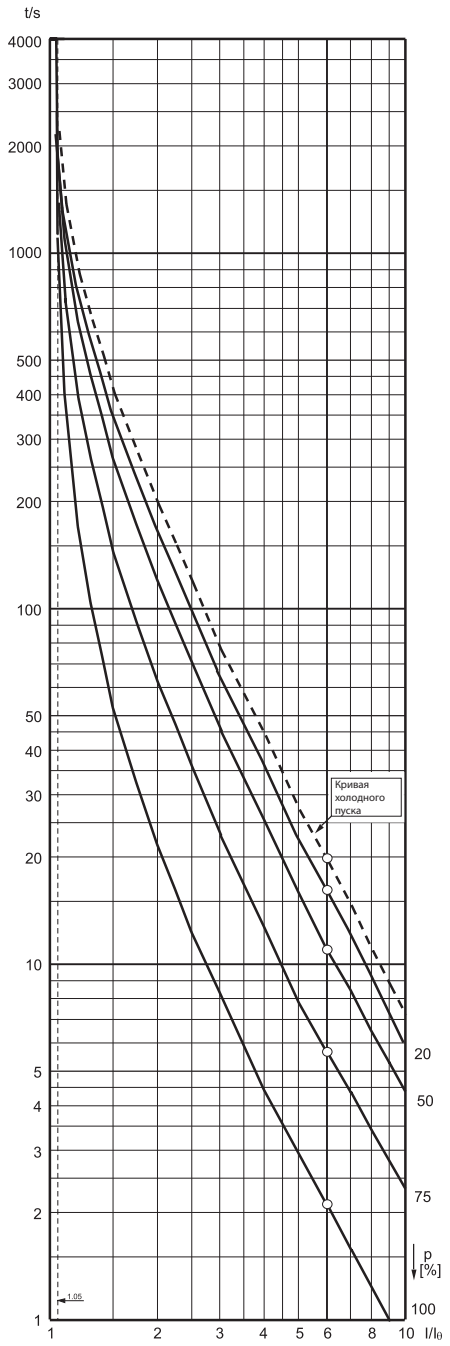


Рис. 145: Влияние параметра Весовой коэф. p при предшествующей нагрузке 1xFLC и постоянной времени = 640 секунд и значении уставки Коэффициент перегрузки = 1,05

Задание коэффициента перегрузки

Значение уставки *Коэфф перегрузки* определяет самую большую допустимую длительную нагрузку. Рекомендуемое значение - 1,05.

Задание коэффициента обратной последовательности

В условиях несимметрии, симметрия токов статора нарушается, и возникает ток обратной последовательности (NPS) с обратным чередованием фаз. Увеличение тока статора вызывает дополнительное нагревание статора и слишком сильное нагревание ротора током обратной последовательности. Могут также возникать механические проблемы, такие как вибрация ротора.

Наиболее частой причиной небаланса трехфазных двигателей является обрыв фазы вследствие перегорания предохранителя, отключения соединителя или обрыва проводника. Часто проблемы механического характера могут быть гораздо серьезнее, чем простое нагревание, и, следовательно, здесь используется отдельная защита от небаланса.

На двигатель также может оказывать влияние небаланс других подключенных нагрузок на той же шине. Небаланс напряжения приводит к возникновению небаланса тока в 5-7 раз выше. Так как защита от тепловой перегрузки основывается на самом высоком значении TRMS (Истинное среднеквадратичное значение) фазного тока, то автоматически учитывается дополнительное нагревание обмотки статора. Для построения более точной тепловой модели используется уставка *Коэф обр послед*, чтобы можно было учесть нагревание ротора.

$$Коэф\ обр\ послед = \frac{R_{R2}}{R_{R1}}$$

(Уравнение 19)

R_{R2} сопротивление обратной последовательности ротора

R_{R1} сопротивление прямой последовательности ротора

Можно рассчитать уставку с завышением погрешностей:

$$Коэф\ обр\ послед = \frac{175}{I_{LR}^2}$$

(Уравнение 20)

I_{LR} ток на заторможенном роторе (кратное уставки *Номинальный ток*). Такой же, как и ток в момент пуска двигателя.

Например, если номинальный ток двигателя составляет 230 А, пусковой ток составляет 5,7 x $I_{ном}$,

$$Коэф\ обр\ послед = \frac{175}{5.7^2} = 5.4$$

(Уравнение 21)

Задание уровня температуры для выполнения перезапуска

Уровень блокировки пуска можно рассчитать так:

$$\theta_i = 100\,\% - \left(\frac{\text{время пуска двигателя}}{\text{время работы без предшеств. нагрузки}} \times 100\,\% + \text{запас} \right)$$

(Уравнение 22)

Например, время пуска двигателя составляет 11 секунд, пусковой ток - 6 x номинальный ток, а значение уставки *ПостВрем.Пуск* равно 800 с. При использовании кривой срабатывания без предшествующей нагрузки время срабатывания при 6 x номинальный ток составляет 25 секунд, при одном пуске двигателя используется 11/25 ≈ 45 процентов теплоемкости двигателя. Следовательно, уровень блокировки повторного пуска должен устанавливаться на уровень менее 100% - 45% = 55%, например, на 50% (100% - (45% + запас), где запас составляет 5%).

Установка уровня тепловой сигнализации

Отключения из-за большой перегрузки можно избежать за счет уменьшения нагрузки двигателя после выдачи предупредительного сигнала.

Значение уставки *Уровень сигнализ.* задается на такой уровень, который позволяет использовать полную теплоемкость двигателя, не вызывая отключения в результате длительной перегрузки. Обычно уровень предупредительной сигнализации устанавливается на 80% - 90% от значения уровня отключения.

4.1.8.6 Сигналы

Таблица 302: Входные сигналы функции MPTTR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
START_EMERG	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал индикации необходимости аварийного пуска
AMB_TEMP	FLOAT32	0	Температура окружающей среды, используемая в расчетах

Таблица 303: Выходные сигналы функции MPTTR

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Тепловая сигнализация
BLK_RESTART	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация тепловой перегрузки для запрета повторного включения

4.1.8.7 Уставки

Таблица 304: Групповые уставки функции MPTTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Коэфф перегрузки	1.00...1.20		0.01	1.05	Коэффициент перегрузки (k)
Уровень сигнализ.	50.0...100.0	%	0.1	95.0	Тепловой уровень, при превышении которого функция выдает сигнал
Уровень перезапуска	20.0...80.0	%	0.1	40.0	Тепловой уровень, выше которого функция запрещает повторный запуск двигателя
Коэф обр послед	0.0...10.0		0.1	0.0	Коэффициент нагрева для тока обратной последовательности
Весовой коэф. p	20.0...100.0	%	0.1	50.0	Весовой коэффициент (p)
ПостВрем.Норм	80...4000	c	1	320	Постоянная времени двигателя при нормальной работе
ПостВрем.Пуск	80...4000	c	1	320	Постоянная двигателя при запуске
ПостВрем.Стоп	80...60000	c	1	500	Постоянная двигателя при остановке двигателя
РежимИзмерТемпер	1=Только FLC 2=ИспользВход 3=Температура задана			1=Только FLC	Режим измерения температуры окружающей среды
Темпер. окруж. среды	-20,0...70,0	°C	0.1	40.0	Используемое значение температуры окружающей среды, когда внешние темпер. датчики отключены.

Таблица 305: Общие уставки функции MPTTR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 306: Общие уставки функции MPTTR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Ток превышения	0.30...2.00	xIn	0.01	1.00	Номинальный ток (FLC) двигателя
НачТепловЗнач	0.0...100.0	%	0.1	74.0	Начальный тепловой уровень двигателя

4.1.8.8 Контролируемые данные

Таблица 307: Контролируемые данные функции MPTTR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
TEMP_RL	FLOAT32	0.00...9.99		Расчетная температура защищенного объекта относительно температуры срабатывания
TEMP_AMB	FLOAT32	-99...999	°C	Температура окружающей среды, используемая в расчетах
THERMLEV_ST	FLOAT32	0.00...9.99		Тепловой уровень в начале режима пуска двигателя
THERMLEV_END	FLOAT32	0.00...9.99		Тепловой уровень в конце режима пуска двигателя
T_ENARESTART	INT32	0...99999	с	Расчетное время сброса блокировки повторного пуска
MPTTR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
Therm-Lev	FLOAT32	0.00...9.99		Тепловой уровень защищаемого объекта (1,00 = уровень срабатывания)

4.1.8.9 Технические данные

Таблица 308: Технические данные функции MPTTR

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	Измерение тока: ±1,5% уставки или ±0,002 × $I_{ном}$ (при токах в диапазоне 0,01…4,00 × $I_{ном}$)
Погрешность срабатывания[1)]	±2,0% теоретического значения или ±0,50 с

1) Ток перегрузки > 1,2 × Температура срабатывания

4.1.8.10 Данные о технических изменениях

Таблица 309: Данные о технических изменениях функции MPTTR

Исполнение	Изменение
B	Добавлен новый вход AMB_TEMP. Добавлен новый вариант выбора параметра *РежимИзмерТемпер* : "ИспользВход".
C	Внутреннее улучшение.
D	Максимальное значение диапазона постоянной времени остановки изменено с 8000 с до 60000 с.
E	Внутреннее улучшение.

4.2 Защита от замыканий на землю

4.2.1 Ненаправленная защита от замыканий на землю EFxPTOC

4.2.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Ненаправленная защита от замыканий на землю, чувствительная ступень	EFLPTOC	Io>	51N-1
Ненаправленная защита от замыканий на землю, грубая ступень	EFHPTOC	Io>>	51N-2
Ненаправленная защита от замыканий на землю, отсечка	EFIPTOC	Io>>>	50N/51N

4.2.1.2 Функциональный блок

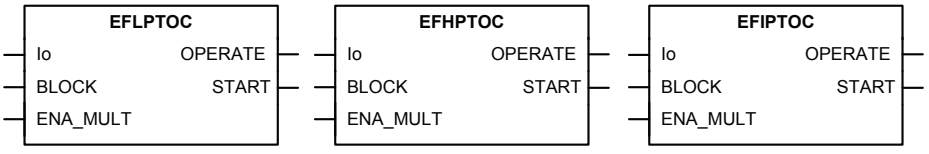


Рис. 146: Функциональный блок

4.2.1.3 Функциональные возможности

Функция ненаправленной защиты от замыканий на землю EFxPTOC используется в качестве ненаправленной защиты линий от замыканий на землю.

Запуск и срабатывание функции происходит при превышении заданной предельной величины остаточного тока. Характеристики срабатывания чувствительной ступени EFLPTOC и грубой ступени EFHPTOC могут иметь независимую выдержку времени (DT) или обратнозависимую выдержку времени (IDMT). Мгновенная ступень EFIPTOC всегда имеет независимую выдержку времени (DT).

В режиме с независимой выдержкой времени (DT) функция срабатывает по истечении заданной выдержки времени и сбрасывается при исчезновении тока повреждения. Режим срабатывания IDMT имеет токозависимые характеристики выдержки времени.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.2.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции EFxPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

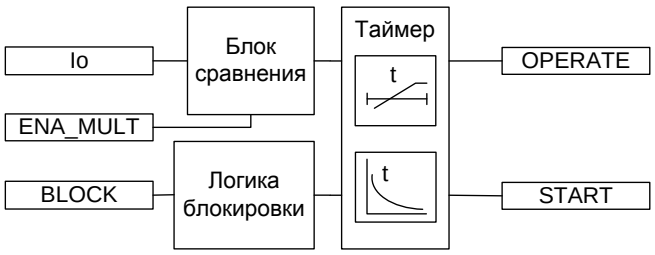


Рис. 147: Функциональная схема

Блок сравнения

Рабочая величина может выбираться параметром *Выбор сигнала 3Io*. Можно выбрать одно из двух значений: "Измеренный 3Io" и "Расчетный 3Io". Рабочая величина сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если измеренное значение превышает заданное значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения посылает сигнал активации таймера. Если активен вход ENA_MULT, уставка *Пусковое значение* умножается на *МножительПускЗнач* .

ИЭУ не принимает уставки *Пусковое значение* или *МножительПускЗнач*, если эти уставки превышают диапазон настройки уставки *Пусковое значение*.

Обычно коэффициент пускового значения используется в случае подключения функции обнаружения броска тока намагничивания (INRPHAR) к входу ENA_MULT.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.* характеристика срабатывания может иметь независимую или обратнозависимую выдержку времени (DT или IDMT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе характеристики IDMT, программируемой пользователем, характеристики срабатывания определяются параметрами *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т.е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Действие таймера при возврате зависит от сочетания параметров *Тип кривой срабат.*, *Тип кривой возврата* и *Время возврата* . Если же выбрана характеристика с независимой выдержкой времени, то таймер возврата будет работать до истечения заданного времени уставки *Время возврата* . При выборе характеристик IDMT параметр *Тип кривой возврата* можно установить в значение "Мгновенная", "Независимая" или "Инверсная". Характеристика возврата "Мгновенная" обеспечивает моментальный возврат. Если же тип характеристики возврата - "Независимая", то время возврата зависит от уставки *Время возврата* . Если тип характеристики возврата - "Инверсная", то время возврата зависит от величины тока в течение ситуации возврата. Выход START блокируется по истечении времени таймера возврата.

Выбор характеристики «Инверсная» поддерживается только для ANSI характеристик или для обратнозависимых характеристик, программируемых пользователем. Если же выбирается другой тип характеристики срабатывания, то в такой ситуации возврат производится моментально.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования времени срабатывания и возврата характеристики IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное возможное время срабатывания характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.



Уставка *Мин время срабат* должна использоваться с большой осторожностью, поскольку время срабатывания зависит от характеристики IDMT, но не может быть меньше значения уставки *Мин время срабат* . Более подробную информацию смотрите в разделе Обратнозависимые характеристики (IDMT) для максимальной токовой защиты в настоящем руководстве.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.2.1.5 Режимы измерения

Функция имеет три альтернативных режима измерения: “Среднеквадратичный”, “Фурье” и “Амплитудный” . Режим измерения выбирается при помощи параметра *Режим измерений* .

Таблица 310: Режимы измерения, поддерживаемые ступенями защиты функции EFxPTOC

Режим измерения	EFLPTOC	EFHPTOC	EFIPTOC
Среднеквадратичный	x	x	
Фурье	x	x	
Амплитудный	x	x	x

Подробное описание режимов измерения смотрите в разделе Режимы измерения настоящего руководства.

4.2.1.6 Характеристики таймера

Функция EFxPTOC поддерживает оба типа характеристик срабатывания: независимую (DT) и инверсную (IDMT). Для выбора характеристик таймера используются уставки *Тип кривой срабатывания* и *Тип кривой возврата*. При выборе характеристики DT на нее влияют только уставки *Время срабатывания* и *Время возврата*.

ИЭУ имеет 16 характеристик срабатывания IDMT, семь из которых соответствуют стандарту IEEE C37.112 и шесть – стандарту МЭК 60255-3. Две характеристики являются специальными характеристиками, полученными на основе практического опыта АББ, они обозначаются RI и RD. Кроме того, если не подходит ни одна из стандартных характеристик, может использоваться характеристика, программируемая пользователем. Пользователь может выбрать характеристику DT, выбрав для параметра *Характеристика срабатывания* значение "ANSI Независимая" или "МЭК Независимая". В обоих случаях функция работает идентично.

Для различных ступеней используются следующие характеристики, соответствующие перечню из спецификации МЭК 61850-7-4:

Таблица 311: Характеристики срабатывания для различных ступеней

Тип кривой срабат.	EFLPTOC	EFHPTOC
(1) ANSI Чрезвычайно инверсная	x	x
(2)ANSI сильно инверсная	x	
(3) ANSI нормально инверсная	x	x
(4) ANSI Умеренно инверсная	x	
(5) ANSI назависимая	x	x
(6) Длительно Чрезвычайно Инверсная	x	
(7) Длительно сильно Инверсная	x	
(8) Длительно Инверсная	x	
(9) МЭК Нормально инверсная	x	x
(10) МЭК Сильно инверсная	x	x
(11) МЭК Инверсная	x	
(12) IEC Чезвычайно инверсная	x	x
(13) МЭК Кратковременно Инверсная	x	
(14) МЭК Длительно Инверсная	x	
(15) МЭК Независимая	x	x
(17) Программируемая пользователем	x	x
(18) RI типа	x	
(19) RD типа	x	

Функция EFIPTOC поддерживает только независимую характеристику срабатывания.

Подробное описание таймеров смотрите в разделе Общие характеристики функциональных блоков настоящего руководства.

Таблица 312: Характеристики возврата для различных ступеней защит

Тип характеристики возврата	EFLPTOC	EFHPTOC	Примечание
(1) Мгновенная	x	x	Доступна для всех временных характеристик срабатывания
(2) Независимая	x	x	Доступна для всех временных характеристик срабатывания
(3) Инверсная	x	x	Доступна только для ANSI и программируемых пользователем характеристик

Параметр *Тип кривой возврата* не применяется к функции EFIPTOC или если выбрано срабатывание с независимой выдержкой времени. Возврат определяется исключительно уставкой *Время возврата*.

4.2.1.7 Применение

Функция EFxPTOC предназначена для защиты и устранения замыканий на землю в распределительных сетях и распределительных сетях высокого напряжения, в которых нейтраль изолирована или заземлена через резонансную катушку или через низкое активное сопротивление. Функция также применяется в сетях с глухозаземленной нейтралью и для защиты от замыканий на землю различного оборудования, подключенного к энергосистемам, например батарей шунтирующих конденсаторов или шунтирующих реакторов, а также для резервной защиты от замыканий на землю мощных трансформаторов.

Во многих случаях требуется использование нескольких ступеней защиты с различными уровнями пускового тока и выдержками повремени. Функция EFxPTOC имеет три ступени защиты.

- Чувствительная ступень EFLPTOC
- Грубая ступень EFHPTOC
- Быстродействующая ступень EFIPTOC (отсечка)

Функция EFLPTOC имеет несколько характеристик выдержки времени. EFHPTOC и EFIPTOC позволяют быстро устранить серьезные замыкания на землю.

4.2.1.8 Сигналы

Таблица 313: Входные сигналы функции EFLPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току

Таблица 314: Входные сигналы функции EFHPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току

Таблица 315: Входные сигналы функции EFIPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току

Таблица 316: Выходные сигналы функции EFLPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 317: Выходные сигналы функции EFHPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 318: Выходные сигналы функции EFIPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.2.1.9 Уставки

Таблица 319: Групповые уставки функции EFLPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.010...5.000	xIn	0.005	0.010	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5 = ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв (МЭК Кратковременная инверсная) 14 = МЭК ДлитИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 320: Групповые уставки функции EFLPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата

Таблица 321: Общие уставки функции EFLPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 322: Общие уставки функции EFLPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Режим измерений	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io

Таблица 323: Групповые уставки функции EFHPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.10...40.00	xIn	0.01	0.10	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 3 = ANSI НормИнв 5 = ANSI Независимая Время 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 12 = МЭК ЧрезвИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 324: Групповые уставки функции EFHPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата

Таблица 325: Общие уставки функции EFHPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 326: Общие уставки функции EFHPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io

Таблица 327: Групповые уставки функции EFIPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	1.00...40.00	xIn	0.01	1.00	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Время срабатывания	20...200000	мс	10	20	Время срабатывания

Таблица 328: Общие уставки функции EFIPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 329: Общие уставки функции EFIPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io

4.2.1.10 Контролируемые данные

Таблица 330: Контролируемые данные функции EFLPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
EFLPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 331: Контролируемые данные функции EFHPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
EFHPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 332: Контролируемые данные функции EFIPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
EFIPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.1.11 Технические данные

Таблица 333: Технические данные EFxPTOC

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц		
	EFLPTOC	± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
	EFHPTOC и EFIPTOC	± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ (при значениях тока в диапазоне 0,1…10 × $I_{ном}$) ±5,0 % уставки (при значениях тока в диапазоне 10…40 × $I_{ном}$)		
Время срабатывания [1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	EFIPTOC: $I_{авар.}$ = 2 × уст. *Пусковое значение* $I_{авар.}$ = 10 × уст. *Пусковое значение*	16 мс 11 мс	19 мс 12 мс	23 мс 14 мс
	EFHPTOC и EFLPTOC: $I_{авар.}$ = 2 × уст. *Пусковое значение*	23 мс	26 мс	29 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<30 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0 % уставки или ±20 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени		± 5,0% теоретического значения или ±20 мс [3)]		
Подавление гармоник		Среднеквадратичное значение: подавление отсутствует Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, … Двойная амплитуда: подавление отсутствует		

1) *Режим измерения* = по умолчанию (в зависимости от ступени), ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, ток замыкания на землю при номинальной частоте и с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Макс. *Пусковое значение* = 2,5 × $I_{ном}$, *Пусковое значение* диапазон кратности 1,5...20

4.2.1.12 Данные о технических изменениях

Таблица 334: Данные о технических изменениях функции EFIPTOC

Исполнение	Изменение
B	Минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* изменено на 40 мс.
C	Минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* изменено на 20 мс. Для уставки *Пусковое значение* изменено минимальное значение, которое теперь составляет 1,00 x I_n.
D	Добавлена уставка "Измеренный 3Io" или "Расчетный 3Io"
E	Внутреннее улучшение
F	Внутреннее улучшение

Таблица 335: Данные о технических изменениях функции EFHPTOC

Исполнение	Изменение
B	Минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* изменено на 40 мс.
C	Добавлена уставка "Измеренный 3Io" или "Расчетный 3Io"
D	Для уставки *Множитель времени* изменено значение шага с 0,05 на 0,01.
E	Внутреннее улучшение
F	Внутреннее улучшение

Таблица 336: Данные о технических изменения функции EFLPTOC

Исполнение	Изменение
B	Минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* изменено на 40 мс.
C	*Шаг уставки Пусковое значение* изменен на 0,005
D	Добавлена уставка "Измеренный 3Io" или "Расчетный 3Io"
E	Для уставки *Множитель времени* изменено значение шага с 0,05 на 0,01.
F	Внутреннее улучшение
G	Внутреннее улучшение

4.2.2 Направленная защита от замыканий на землю DEFxPDEF

4.2.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Направленная защита от замыканий на землю, чувствительная ступень	DEFLPDEF	Io> ->	67N-1
Направленная защита от замыканий на землю, грубая ступень	DEFHPDEF	Io>> ->	67N-2

4.2.2.2 Функциональный блок

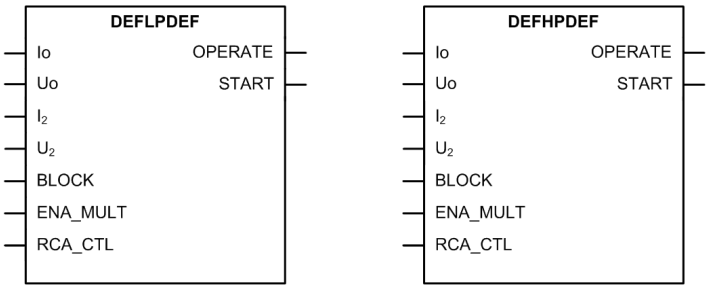


Рис. 148: Функциональный блок

4.2.2.3 Функциональные возможности

Функция направленной защиты от замыканий на землю DEFxPDEF используется в качестве направленной защиты линий от замыканий на землю.

Пуск и срабатывание функции имеет место, когда величина срабатывания (ток) и поляризующая величина (напряжение) превышают заданные пределы и угол между ними находится в заданном секторе срабатывания. Характеристики срабатывания чувствительной ступени (DEFLPDEF) и грубой ступени (DEFHPDEF) могут иметь независимую выдержку времени (DT) или обратнозависимую выдержку времени (IDMT).

В режиме с независимой выдержкой времени (DT) функция срабатывает по истечении заданной выдержки времени и сбрасывается при исчезновении тока повреждения. Режим срабатывания IDMT имеет токозависимые характеристики выдержки времени.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.2.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции DEFxPDEF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

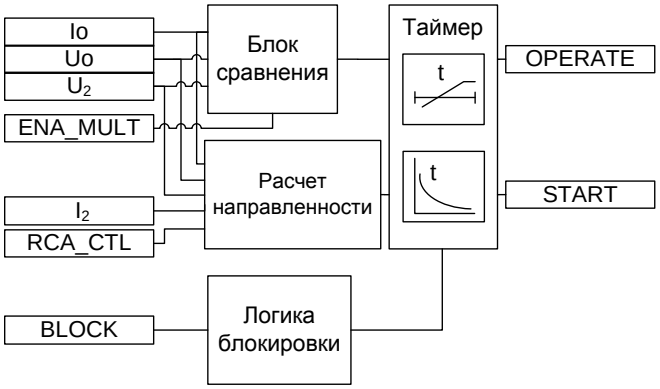


Рис. 149: Функциональная схема

Блок сравнения

Значение рабочей величины сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*, а значение поляризующей величины сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое знач. напряжения*. В случае превышения обоих предельных значений блок сравнения посылает сигнал на включение таймера. Если для уставки *Контроль напряжения* установлено значение "Нет", то уставка *Пусковое знач. напряжения* не действует, и уровень будет определяться только по рабочей величине. Если вход ENA_MULT активен, уставка *Пусковое значение* умножается на значение уставки *МножительПускЗнач*.

Рабочая величина (ток нулевой последовательности) может выбираться при помощи уставки *Выбор сигнала Io*. Возможно одно из двух значений: "Измеренный Io" и "Расчетный Io". Если выбран вариант "Измеренный Io", коэффициент тока для канала Io задается в **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (Io,TT)**. Если выбран вариант "Расчетный Io", коэффициент тока получается из каналов фазовых токов, указанных в **Конфигурация/ Аналоговые входы/Ток (3I,TT)**.

Рабочая величина (ток нулевой последовательности) может выбираться при помощи уставки *Выбор сигнала Uo*. Можно выбрать одно из двух значений: "Измеренное Uo" и "Расчетное Uo". Если выбран вариант "Измеренное Uo", коэффициент напряжения для канала Uo задается в **Конфигурация/ Аналоговые входы/Напряжение (Uo,TH)**. Если выбран вариант "Расчетное Uo", коэффициент напряжения получается из каналов фазовых напряжений, указанных в **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)**.

Пример 1: Io измеряется с помощью кабельного ТТ (100/1 A), а Uo измеряется с помощью ТН, подключенных по схеме разомкнутого треугольника (20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В : 100/3 В). В этом случае выбраны значения "Измеренный Io" и "Измеренное Uo". Номинальные значения для тока и напряжения нулевой последовательности получаются с учетом коэффициентов ТТ и ТН, введенных в ток нулевой последовательности Io: **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (Io,TT)**: 100 A : 1 A. Напряжение нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/Аналоговые входы/ Напряжение (Uo,TH)**: 11,547 кВ : 100 В. *Пусковое значение* 1,0 × In соответствует току 1,0 * 100 A = 100 A в первичной цепи. *Пусковое знач. напряжения* 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 * 11,547 кВ = 11,547 кВ в первичной цепи.

Пример 2: Значения Io и Uo рассчитываются из фазных значений. Фазный коэффициент ТТ равен 100 : 1 A и фазный коэффициент ТН равен 20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В. В этом случае выбраны значения "Расчетный Io" и "Расчетное Uo". Номинальные значения для тока и напряжения нулевой последовательности получаются с учетом коэффициентов ТТ и ТН, введенных в ток нулевой последовательности Io: **Конфигурация/ Аналоговые входы/Ток (3I,TT)**: 100 A : 1 A. Напряжение нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)**: 20,000 кВ : 100 В. *Пусковое значение* 1,0 × In соответствует току 1,0 * 100 A = 100 A в первичной цепи. *Пусковое знач. напряжения* 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 * 20,000 кВ = 20,000 кВ в первичной цепи.

Если выбрано значение "Расчетное Uo", номинальное значение напряжения нулевой последовательности всегда соответствует напряжению между фазами. Таким образом, допустимое максимальное значение пускового значения напряжения нулевой последовательности равно 0,577 x Un. Для расчетного значения Uo необходимо, чтобы к ИЭУ были подключены все три напряжения "фаза-земля". Напряжение Uo не может рассчитываться на основе значений напряжений "фаза-фаза".

Если для уставки *Контроль напряжения* задано значение "Да", поляризующая величина будет контролироваться даже в том случае, если для уставки *Направленность* выбран вариант "Ненаправленная" или для уставки *РазрешНенапрДейств* задано значение "Да". ИЭУ не принимает уставки *Пусковое значение* или *МножительПускЗнач*, если эти уставки превышают диапазон настройки уставки *Пусковое значение*.

Обычно вход ENA_MULT заводится на функцию обнаружения броска тока намагничивания INRHPAR. При броске тока функция INRPHAR активирует вход ENA_MULT, который умножает уставку *Пусковое значение* на уставку *МножительПускЗнач* .

Расчет направленности

Модуль расчета направленности контролирует угол между поляризующей величиной и рабочей величиной. В зависимости от значения уставки *Поляриз.величина* поляризующей величиной может быть напряжение нулевой последовательности (измеренное или расчетное) или напряжение обратной последовательности. Когда угол находится в пределах сектора срабатывания, модуль посылает сигнал на включение таймера.

Минимальный уровень сигнала, который разрешает направленное действие, определяется уставками *Мин рабочий ток* и *Мин рабочее напряж* .

Если для уставки *Поляриз.величина* задано значение "Напряжение нулевой последовательности", для расчета направленности используется напряжение нулевой последовательности и ток нулевой последовательности.

Если для уставки *Поляриз.величина* задано значение "Напряж обр посл", для расчета направленности используется ток обратной последовательности и напряжение обратной последовательности.

На векторных диаграммах, представляющих работу функции DEFxPDEF, показана обратная полярность поляризующей величины (3Uo или U2), то есть, поляризующая величина на векторных диаграммах - это -3Uo либо -U2. Реверс производится путем переключения полярности канала измерения тока нулевой последовательности (смотрите схему подключения в Руководстве по применению). Подобным образом переключается полярность расчетного 3Io и I_2.

Для определения сектора срабатывания имеется пять режимов, которые можно задать при помощи параметра *Режим работы* .

Таблица 337: Режимы работы

Режим работы	Описание
Фазный угол	Сектора срабатывания в прямом и обратном направлениях определяются уставками *Мин.угол прям.напр.*, *Макс.угол прям.напр.*, *Мин. угол обр.напр.* и *Макс. угол обр.напр.*.
3IoSin	Секторы срабатывания в прямом направлении определяются положительным значением выражения |3Io| x sin (ANGLE), а в обратном направлении - его отрицательным значением. ANGLE - это разность углов между -3Uo и 3Io.
3IoCos	То же, что и "3IoSin". Отличие в том, что косинус используется для расчета тока срабатывания.
Фазный угол 80	Максимальные значения сектора зафиксированы на 80 град. Задаются только *Мин.угол прям.напр.* и *Мин. угол обр.напр.* .
Фазный угол 88	Максимальные значения сектора зафиксированы на 88 град. Остальное - как в режиме "Фазный угол 80".

Выбор поляризующей величины "Напряж обр посл" возможен только в режиме "Фазный угол".

Направленное срабатывание выбирается при помощи уставки *Направленность*. Варианты выбора: "Ненаправленная", "Прямая" и "Обратная". Критерий срабатывания выбирается параметром *Режим работы*. Установка параметра *Ненаправл действие* в значение "Да" разрешает ненаправленное действие, когда информация о направленности недостоверна, то есть, когда значение поляризующей величины меньше значения уставки *Мин рабочее напряж*.

Обычно порядок чередования фаз в сети идет против часовой стрелки и определяется как "ABC". При обратном чередовании фаз в сети (по часовой стрелке), т.е. "ACB", уравнение для расчета напряжения обратной последовательности необходимо изменить. Порядок чередования фаз в сети определяется системным параметром *Чередование фаз*. Это влияет на расчет составляющих, но расчет разности углов остается прежним. Если в качестве метода поляризации используется напряжение нулевой последовательности, то изменение порядка чередования фаз в сети не оказывает влияния на расчет направления.

Порядок чередования фаз в сети задается в ИЭУ при помощи параметра в меню ИЧМ: **Конфигурация/Система/ Чередование фаз**.
Используемое по умолчанию значение параметра – "ABC".

Если параметр *Контроль напряжения* установлен в значение "Да", то значение поляризующей величины будет контролироваться даже в том случае, если параметр *Направленность* был установлен в значение "Ненаправленная" или параметр *Ненаправл действие* установлен в значение "Да".

В режиме "Фазный угол" для регулирования срабатывания в соответствии с методом заземления нейтрали используется уставка *Характеристический угол*, т. е. в сети с изолированной нейтралью *Характеристический угол* (φ_{RCA}) = —90 градусов, в сети с компенсированной нейтралью – φ_{RCA} = 0 градусов. Кроме того, характеристический угол можно изменить с помощью управляющего сигнала `RCA_CTL`. `RCA_CTL` влияет на значение уставки *Характеристический угол*.

Параметр *Корректирующий угол* может использоваться для улучшения селективности при наличии погрешностей в работе измерительных трансформаторов. Эта уставка уменьшает сектор срабатывания Коррекция может использоваться только в режимах "IoCos" или "IoSin".

Реверс поляризующей величины можно выполнить при помощи параметра *Реверс поляризации* , который необходимо установить в значение "Да", при этом произойдет поворот поляризующей величины на 180 градусов.

Определения различных характеристик направленной защиты от замыканий на землю смотрите в разделе Характеристики направленной защиты от замыканий на землю настоящего руководства.

Определения различных характеристик направленной защиты от замыканий на землю смотрите в описании соответствующих функциональных блоков.

Модуль расчета направления рассчитывает несколько значений, которые представлены в данных мониторинга.

Таблица 338: Значения данных мониторинга

Значения данных мониторинга	Описание
FAULT_DIR	Диагностированное направление повреждения при активном выходе START.
DIRECTION	Выход кратковременной индикации направления срабатывания.
ANGLE	Также называется "Угол срабатывания" - разность углов поляризующей величины (3Uo, U_2) и рабочей величины (3Io, I_2).
ANGLE_RCA	Разность между углом срабатывания и значением уставки *Характеристический угол*, т.е., ANGLE_RCA = ANGLE – *Характеристический угол*.
I_OPER	Ток, используемый для выявления повреждений. Если для уставки *Режим срабатывания* выбран вариант «Фазный угол», «Фазный угол 80» или «Фазный угол 88», измеренным или расчетным остаточным током будет I_OPER. Если для уставки *Режим срабатывания* выбран вариант "IoSin", I_OPER рассчитывается как I_OPER = Io x sin(ANGLE). Если для уставки *Режим срабатывания* выбран вариант "IoCos", I_OPER рассчитывается как I_OPER = Io x cos(ANGLE).

Значения контролируемых данных доступны через ЛИЧМ или при помощи специального инструментария по каналам связи.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.* характеристика срабатывания может иметь независимую или обратнозависимую выдержку времени (DT или

IDMT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе характеристики IDMT, программируемой пользователем, характеристики срабатывания определяются параметрами *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т.е. при внезапном самоустранении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Работа таймера в состоянии возврата зависит от сочетания параметров *Характеристика срабатывания*, *Тип кривой возврата* и *Время возврата*. Если выбрана независимая выдержка времени (DT), таймер возврата работает до тех пор, пока не превысит значения уставки *Время возврата*. при выборе обратнозависимой характеристики (IDMT) для уставки *Тип кривой возврата* может быть задано значение "Мгновенная", "Независимая" или "Инверсная". Характеристика возврата "Мгновенная" обеспечивает моментальный возврат. Если же тип характеристики возврата - "Независимая", то время возврата зависит от уставки *Время возврата*. Если тип характеристики возврата - "Инверсная", то время возврата зависит от величины тока в течение ситуации возврата. Выход START блокируется по истечении времени таймера возврата.



Выбор характеристики «Инверсная» поддерживается только для ANSI характеристик или для обратнозависимых характеристик, программируемых пользователем. Если же выбирается другой тип характеристики срабатывания, то в такой ситуации возврат производится моментально.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования времени срабатывания и возврата характеристики IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное возможное время срабатывания характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.



Уставка *Мин время срабат* должна использоваться с большой осторожностью, поскольку время срабатывания зависит от характеристики IDMT, но не может быть меньше значения уставки *Мин время срабат* . Более подробную информацию смотрите в разделе Обратнозависимые характеристики (IDMT) для максимальной токовой защиты в настоящем руководстве.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*

.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.2.2.5 Принципы направленной защиты от замыканий на землю

Во многих случаях сложно добиться селективной защиты от замыканий на землю лишь на основе величины тока нулевой последовательности. Для обеспечения селективности схемы защиты от замыканий на землю необходимо учитывать фазный угол 3Io. Это выполняется путем сравнения фазного угла I0 с фазным углом напряжения нулевой последовательности (-U0).

Характеристический угол

Уставка *Характеристический угол*, известная также как Характеристический угол реле (RCA), Базовый угол реле или Угол максимальной чувствительности (MTA), используется в режиме "Фазный угол" для изменения характеристики направленности, если ожидаемый угол тока повреждения не совпадает с поляризующей величиной для получения максимального момента. То есть, RCA — это угол между линией максимального момента и поляризующей величиной. Если поляризующая величина находится в фазе с линией максимального момента, то угол RCA равен 0 градусов. Угол имеет положительное значение, если ток срабатывания отстает от поляризующей величины, и отрицательное значение, если опережает поляризующую величину.

Пример 1

Выбран режим "Фазный угол", сеть с компенсированной нейтралью (jRCA = 0 град.)

=> *Характеристический угол* = 0 град.



Рис. 150: Определение характеристического угла реле, RCA=0 градусов, сеть с компенсированной нейтралью

Пример 2

Выбран режим "Фазный угол", сеть с глухо заземленной нейтралью (φRCA = +60 град.)

=> *Характеристический угол* = +60 град.

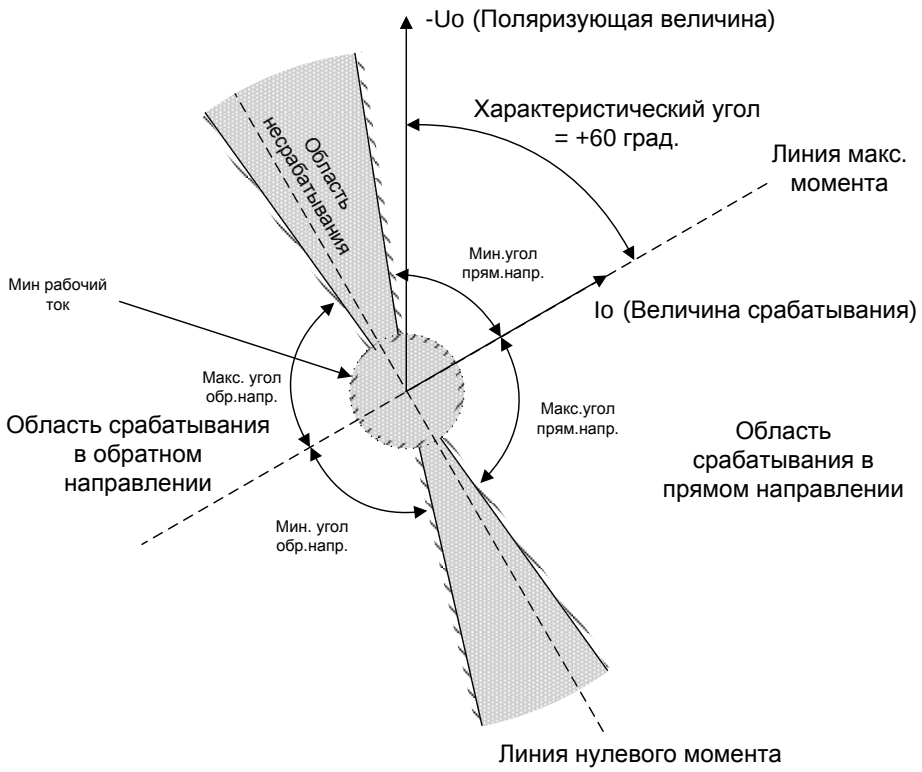


Рис. 151: Определение характеристического угла реле, RCA=+60 градусов, сеть с глухо заземленной нейтралью

Пример 3

Выбран режим "Фазный угол", сеть с изолированной нейтралью (φRCA = -90 град.)

=> *Характеристический угол* = -90 град.

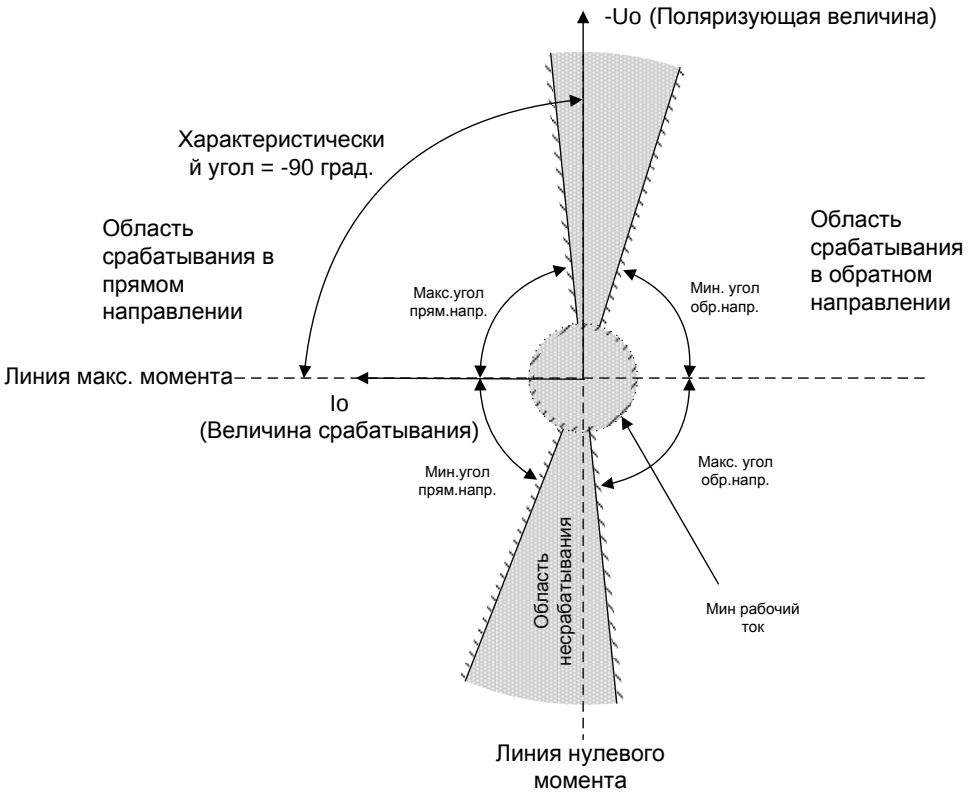


Рис. 152: Определение характеристического угла реле, RCA=-90 градусов, сеть с изолированной нейтралью

Направленная защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью

В изолированных сетях подключение между нейтралью и землей системы не предусмотрено. Единственное возможное подключение осуществляется через емкости между фазой и землей (C_0) и сопротивления утечки (R_0). Это означает, что по сравнению с поляризующим напряжением остаточный ток является в основном емкостным со сдвигом фазы –90 градусов. Следовательно, характеристический угол релейной защиты (RCA) должен устанавливаться в значение –90 градусов, а критерии срабатывания – в значение "IoSin" или "Фазный угол". Ширину сектора срабатывания для критериев фазового угла можно выбрать с помощью уставок *Мин.угол прям. напр.*, *Макс.угол прям. напр.*, *Мин. угол обр. напр.* или *Макс. угол обр. напр*. На Рисунке 153 изображена упрощенная эквивалентная схема для незаземленной сети с замыканием на землю в фазе C.

Определения различных характеристик направленной защиты от замыканий на землю смотрите в разделе Характеристики направленной защиты от замыканий на землю.

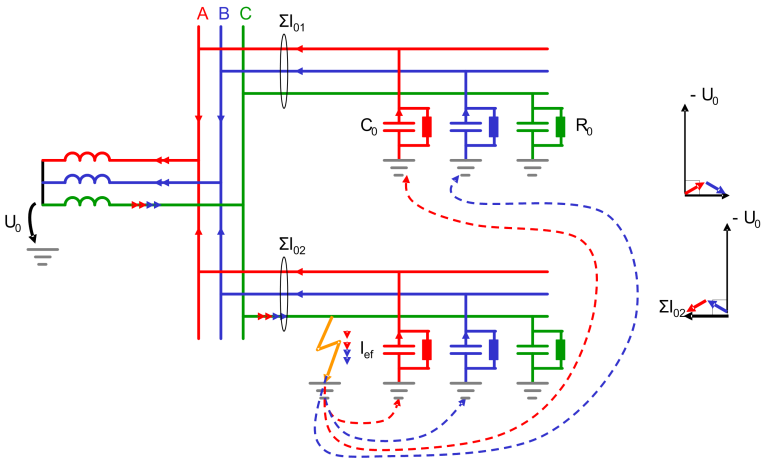


Рис. 153: Замыкание на землю в сети с изолированной нейтралью

Направленная защита от замыканий на землю в сетях с компенсированной нейтралью

В сетях с компенсированной нейтралью емкостный ток повреждения и ток индуктивной резонансной катушки компенсируют друг друга. Защита не может строиться на измерении реактивного тока, так как ток компенсационной катушки может нарушить работу ИЭУ. В этом случае селективность защиты основана на измерении активной составляющей тока. Величина этой составляющей часто бывает невелика, и должна увеличиваться с помощью параллельного сопротивления в оборудовании для компенсации. При измерении активной составляющей тока нулевой последовательности характеристический угол реле (RCA) должен устанавливаться в значение 0 градусов, а критерии срабатывания – в значение "IoSin" или "Фазный угол". На Рисунке 154 изображена упрощенная эквивалентная схема для компенсированной сети с замыканием на землю в фазе C.

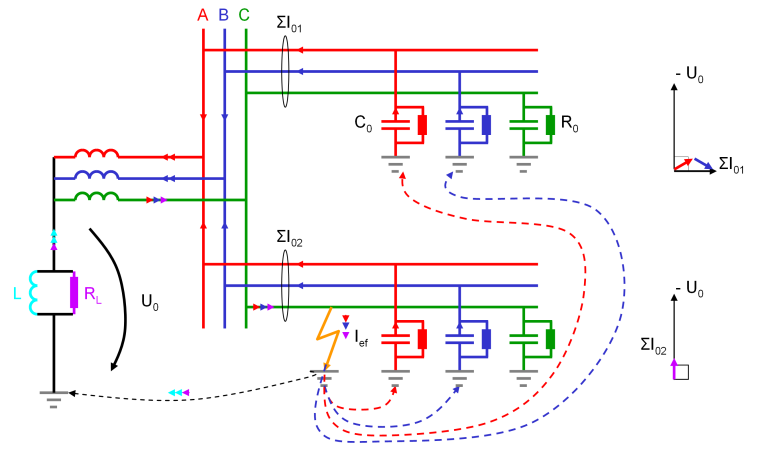


Рис. 154: Замыкание на землю в сети с компенсированной нейтралью

Катушку Петерсена или заземляющий резистор можно временно отключить. Для сохранения селективности схемы защиты необходимо обновить уставку *Характеристический угол* соответствующим образом. Это выполняется при помощи вспомогательного входа релейной защиты, который получает сигнал от блок-контакта разъединителя катушки Петерсена в сетях с компенсированной нейтралью. В результате характеристический угол устанавливается автоматически согласно используемому методу заземления. Для изменения критериев срабатывания может использоваться вход RCA_CTL, как описано в Таблице 339 и Таблице 340.

Таблица 339: ***Контроль характеристического угла реле при использовании критериев срабатывания 3Iosin(φ) и 3Iocos(φ)***

Уставка Режим работы :	RCA_CTL = НЕТ	RCA_CTL = ДА
3IoSin	Действующий критерий срабатывания: 3Iosin	Действующий критерий срабатывания: 3Iocos
3IoCos	Действующий критерий срабатывания: 3Iocos	Действующий критерий срабатывания: 3Iosin

Таблица 340: ***Контроль уставки Характеристический угол в режиме срабатывания с учетом фазного угла***

Уставка Характеристический угол	RCA_CTL = НЕТ	RCA_CTL = ДА
-90°	φ_{RCA} = -90°	φ_{RCA} = 0°
0°	φ_{RCA} = 0°	φ_{RCA} = -90°

Использование расширенной характеристики фазного угла

Традиционный метод адаптации направленной защиты от замыканий на землю к текущим условиям заземления нейтрали производится при помощи уставки *Характеристический угол* . В сетях с изолированной нейтралью уставка *Характеристический угол* задается в значение -90 градусов, а в сетях с компенсированной нейтралью уставка *Характеристический угол* задается в значение 0 градусов. Если метод заземления нейтрали сети временно меняется с компенсированной на изолированную в результате отключения дугогасительной катушки Петерсена, необходимо соответственно изменить уставку *Характеристический угол* . Это можно сделать путем изменения группы уставок или через вход RCA_CTL. Как вариант, сектор срабатывания направленной защиты от замыканий на землю можно расширить таким образом, чтобы он налагался на секторы срабатывания при обоих принципах заземления нейтрали. Такая характеристика действительна и для сети с изолированной нейтралью, и для сети с компенсированной нейтралью, и не требует никаких изменений при временном изменении метода подключения нейтрали с изолированной на компенсированную или наоборот.

Расширенная характеристика фазного угла создается посредством ввода значения уставки *Мин.угол прям.напр.,* превышающего 90 градусов; обычно используется значение 170 градусов (*Мин. угол обр.напр.,* когда

Направленность имеет значение "Обратная"). Уставка *Макс.угол прям.напр.* должна задаваться таким образом, чтобы покрыть возможные погрешности измерительных трансформаторов тока и напряжения; типовое значение составляет 80 градусов (*Макс. угол обр.напр.,* когда *Направленность* имеет значение "Обратная").

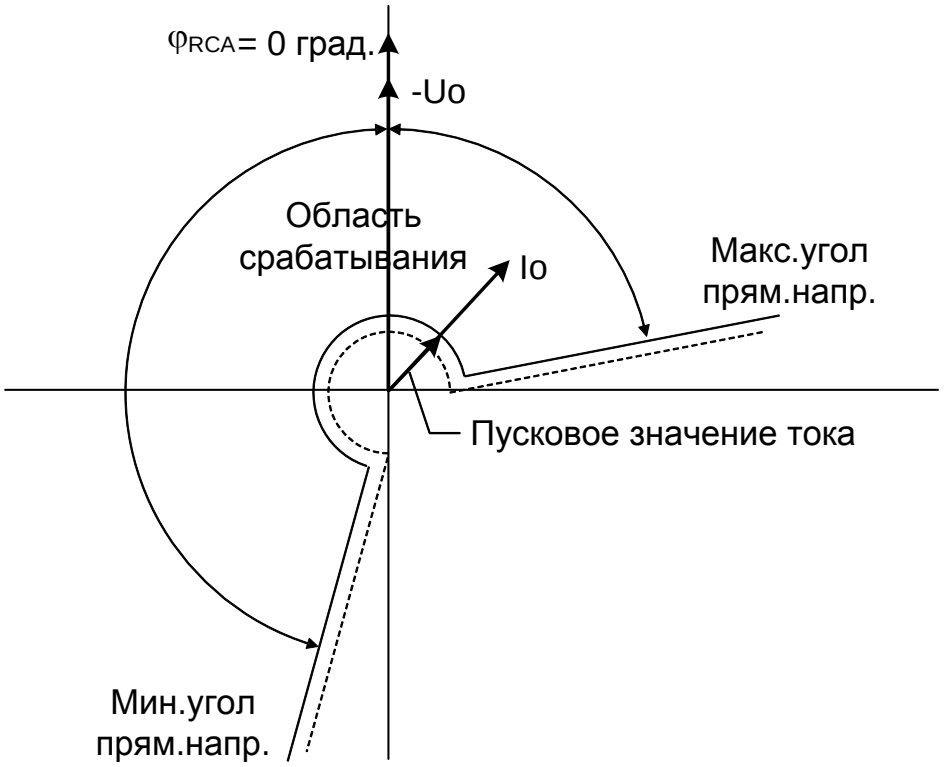


Рис. 155: Расширенная область срабатывания в направленной защите от замыканий на землю

4.2.2.6 Режимы измерения

Функция имеет три альтернативных режима измерения: “Среднеквадратичный”, “Фурье” и “Амплитудный” . Режим измерения выбирается при помощи параметра *Режим измерений* .

Таблица 341: Режимы измерения, поддерживаемые ступенями защиты DEFxPDEF

Режим измерения	DEFLPDEF	DEFHPDEF
Среднеквадратичный	x	x
Фурье	x	x
Амплитудный	x	x

Подробное описание режимов измерения смотрите в разделе Режимы измерения настоящего руководства.

4.2.2.7 Характеристики таймера

Функция DEFxPDEF поддерживает оба типа характеристик срабатывания: независимую (DT) и инверсную (IDMT). Для выбора характеристик таймера используется уставка *Тип кривой срабатывания*.

ИЭУ имеет 16 характеристик срабатывания IDMT, семь из которых соответствуют стандарту IEEE C37.112 и шесть – стандарту МЭК 60255-3. Две характеристики являются специальными характеристиками, полученными на основе практического опыта АББ, они обозначаются RI и RD. Кроме того, если не подходит ни одна из стандартных характеристик, может использоваться характеристика, программируемая пользователем. Для выбора характеристики DT следует задать для уставки *Тип кривой срабатывания* значение "ANSI Независимая" или "МЭК Независимая". В обоих случаях функция работает идентично.

Для различных ступеней используются следующие характеристики, соответствующие перечню из спецификации МЭК 61850-7-4.

Таблица 342: Характеристики срабатывания для различных ступеней защит

Тип кривой срабат.	DEFLPDEF	DEFHPDEF
(1) ANSI Чрезвычайно инверсная	x	x
(2)ANSI Сильно инверсная	x	
(3) ANSI Нормально инверсная	x	x
(4) ANSI Умеренно инверсная	x	
(5) ANSI Независимая	x	x
(6) Длительно Чрезвычайно Инверсная	x	
(7) Длительно сильно Инверсная	x	
(8) Длительно Инверсная	x	
(9) МЭК Нормально инверсная	x	
(10) МЭК Сильно инверсная	x	
(11) МЭК Инверсная	x	
(12) МЭК Чрезвычайно инверсная	x	
(13) МЭК Кратковременно Инверсная	x	
(14) МЭК Длительно Инверсная	x	
(15) МЭК Независимая	x	x
(17) Программируемая пользователем	x	x
(18) RI типа	x	
(19) RD типа	x	

Подробное описание таймеров смотрите в разделе Общие характеристики функциональных блоков настоящего руководства.

Таблица 343: Характеристики возврата различных ступеней защит

Тип характеристики возврата	DEFLPDEF	DEFHPDEF	Примечание
(1) Мгновенная	x	x	Имеется для всех характеристик срабатывания
(2) Независимая	x	x	Имеется для всех характеристик срабатывания
(3) Инверсная	x	x	Доступна только для ANSI и программируемых пользователем характеристик

4.2.2.8 Характеристики направленной защиты от замыканий на землю

Принцип работы по фазному углу

Принцип работы по фазному углу выбирается при помощи параметра *Режим работы,* значение "Фазный угол".

Если используется режим фазного угла, функция (выход DIRECTION) указывает, в каком секторе (в прямом или в обратном направлении) происходит срабатывание, или же срабатывание происходит в секторе ненаправленного действия.

Сектора прямого и обратного направления задаются раздельно. Область срабатывания в прямом направлении ограничивается уставками *Мин.угол прям.напр.* и *Макс.угол прям.напр.* . Область срабатывания в обратном направлении ограничивается уставками *Мин. угол обр.напр.* и *Макс. угол обр.напр.* .

Значения данных уставок задаются как положительные величины.

В области срабатывания в прямом направлении уставка *Макс.угол прям.напр.* задает сектор срабатывания в направлении по часовой стрелке, а уставка *Мин.угол прям.напр.,* соответственно, - сектор срабатывания в направлении против часовой стрелки относительно уставки *Характеристический угол* .

В области срабатывания в обратном направлении уставка *Макс. угол обр.напр.* задает сектор срабатывания в направлении по часовой стрелке, а уставка *Мин. угол обр.напр.,* соответственно, - сектор срабатывания против часовой стрелки относительно уставки *Характеристический угол* (развернутый на 180 градусов).

Характеристический угол реле (RCA) имеет положительное значение, если ток срабатывания отстает от поляризующей величины. Он имеет отрицательное значение, если опережает поляризующую величину.

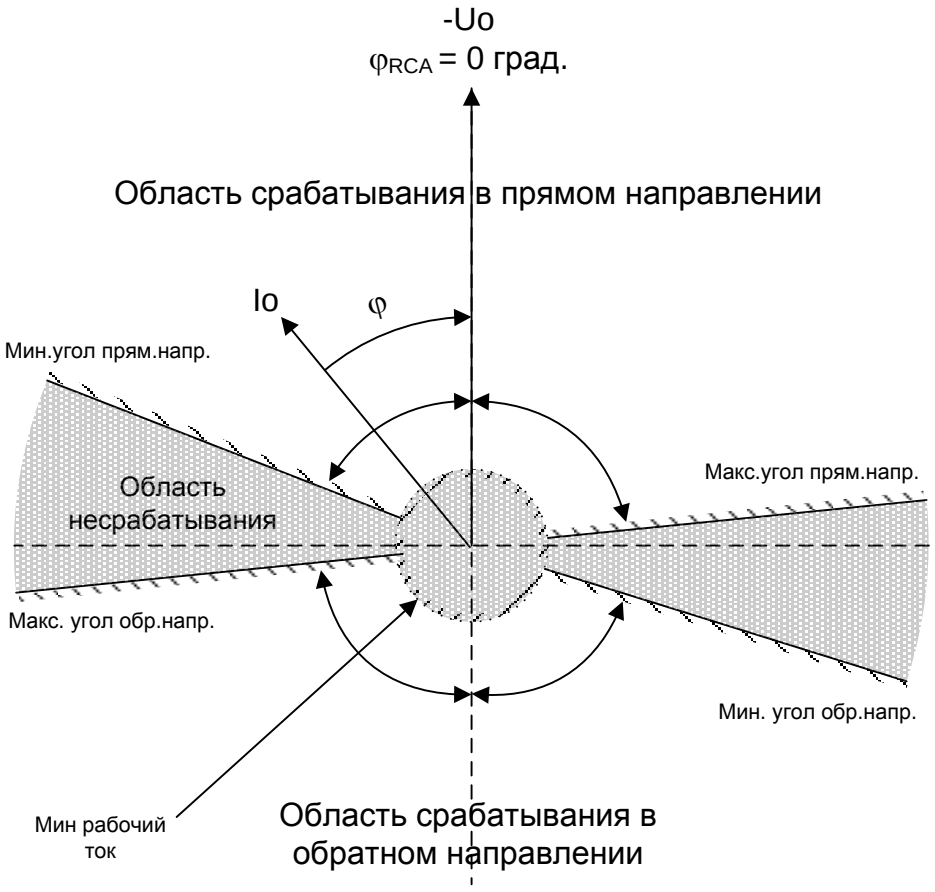


Рис. 156: Конфигурируемые секторы срабатывания в режиме фазного угла

Таблица 344: Текущее направление мощности

Направление повреждения	Значение направленности (DIRECTION)
Угол между поляризующей и рабочей величиной не находится ни в одном из определенных секторов.	0 = неизвестно
Угол между поляризующей и рабочей величиной находится в секторе срабатывания в прямом направлении.	1 = прямая
Угол между поляризующей и рабочей величиной находится в секторе срабатывания в обратном направлении.	2 = обратная
Угол между поляризующей и рабочей величиной находится в секторах срабатывания в прямом и обратном направлении, т.е., при наложении секторов.	3 = обе направленности

Любое направленное действие блокируется (для уставки *РазрешНенапрДейств* задано "Нет"), если получены недостоверные поляризующие величины или величины срабатывания, т. е. если они ниже заданных минимальных значений. Минимальные значения определяются уставками *Мин ток срабатывания* и *Мин напряж. срабатывания*. При малых величинах выходы FAULT_DIR и DIRECTION устанавливаются в значение 0 = Неизвестно, за исключением случаев, когда параметр *РазрешНенапрДейств* имеет значение "1". В этом случае функция может действовать в направленном режиме как ненаправленная, так как информация о направленности недействительна.

Принцип работы по критериям 3Iosin(φ) и 3Iocos(φ)

Более современный подход к направленной защите – измерение активного или реактивного тока. Характеристика срабатывания в направленном режиме зависит от принципа заземления сети. Характеристика 3Iosin(φ) используется в сетях с изолированной нейтралью, производится измерение реактивной составляющей тока повреждения, вызванного емкостью относительно земли. Характеристика 3Iosin(φ) используется в сетях с компенсированной нейтралью, производится измерение активной составляющей тока повреждения.

Критерии срабатывания 3Iosin(φ) и 3Iocos(φ) выбираются при помощи параметра *Режим работы,* значения "3IoSin" или "3IoCos", соответственно.

Для улучшения селективности можно использовать уставку коррекции угла. Эта уставка уменьшает сектор срабатывания Коррекцию можно использовать только с критерием 3Iosin(φ) или 3Iocos(φ). Вход RCA_CTL используется для изменения характеристик 3Io:

Таблица 345: Контроль характеристического угла реле при использовании критериев срабатывания 3Iosin и 3Iocos

Режим работы	RCA_CTL = "нет"	RCA_CTL = "да"
3IoSin	Действующий критерий срабатывания: 3Iosin(φ)	Действующий критерий срабатывания: 3Iocos(φ)
3IoCos	Действующий критерий срабатывания: 3Iocos(φ)	Действующий критерий срабатывания: 3Iosin(φ)

При использовании критерия 3Iosin(φ) или 3Iocos(φ) составляющая указывает повреждение в прямом или обратном направлении через выходы FAULT_DIR и DIRECTION, где 1 соответствует повреждению в прямом направлении, а 2 - повреждению в обратном направлении. Направленное действие не разрешается (параметр *РазрешНенапрДейств* имеет значение "Нет"), когда измеренная поляризующая или рабочая величина недостоверна, то есть, когда их величина ниже заданных минимальных значений. Минимальные значения определяются уставками *Мин рабочий ток* и *Мин рабочее напряж*. При малых величинах выходы FAULT_DIR b DIRECTION устанавливаются в значение 0 = Неизвестно, за исключением случаев, когда параметр

РазрешНенапрДейств имеет значение "Да". В этом случае функция может действовать в направленном режиме как ненаправленная, так как информация о направленности недействительна.

Расчетный ток 3Iosin(φ) или 3Iocos(φ), используемый при определении направленности, можно считать с выхода контролируемых данных `I_OPER`. Это значение может передаваться непосредственно в блок принятия решений, который обеспечивает выдачу сигналов пуска и срабатывания.

Контролируемые данные на выходе `I_OPER` показывают абсолютное значение расчетного тока.

В следующих примерах приводятся характеристики различных критериев срабатывания:

Пример 1.

Выбран критерий 3Iosin(φ), повреждение в прямом направлении

```
=> FAULT_DIR = 1
```

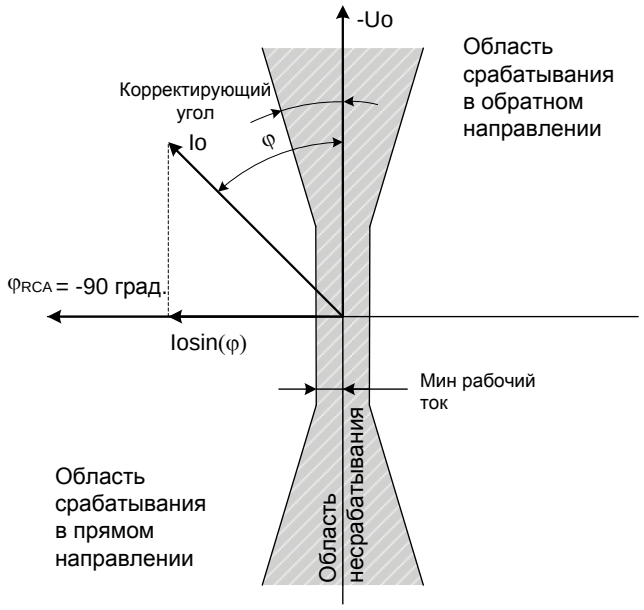


Рис. 157: Характеристика срабатывания 3Iosin(φ) при повреждении в прямом направлении

Сектор срабатывания ограничивается выравниванием по углу, т. е. сектор срабатывания равен 180 градусов - 2*(Выравнивание по углу).

Пример 2.

Выбран критерий 3Iosin(φ), повреждение в обратном направлении

```
=> FAULT_DIR = 2
```

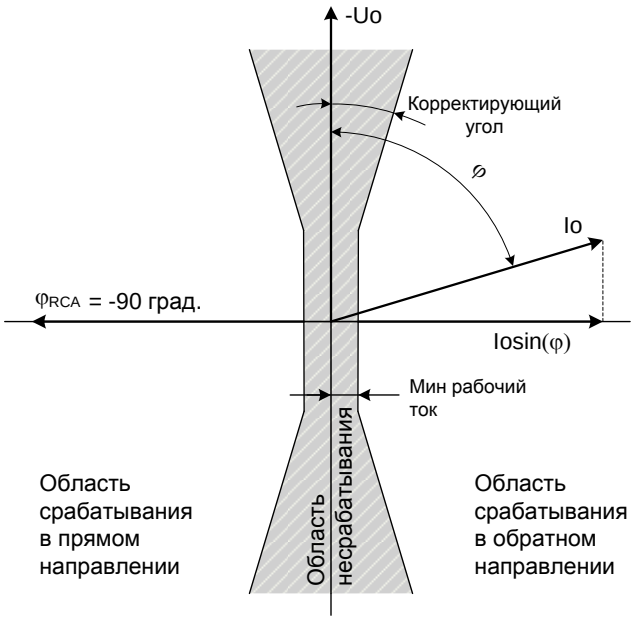


Рис. 158: Характеристика срабатывания 3Iosin(φ) при повреждении в обратном направлении

Пример 3.

Выбран критерий 3Iocos(φ), повреждение в прямом направлении

```
=> FAULT_DIR = 1
```

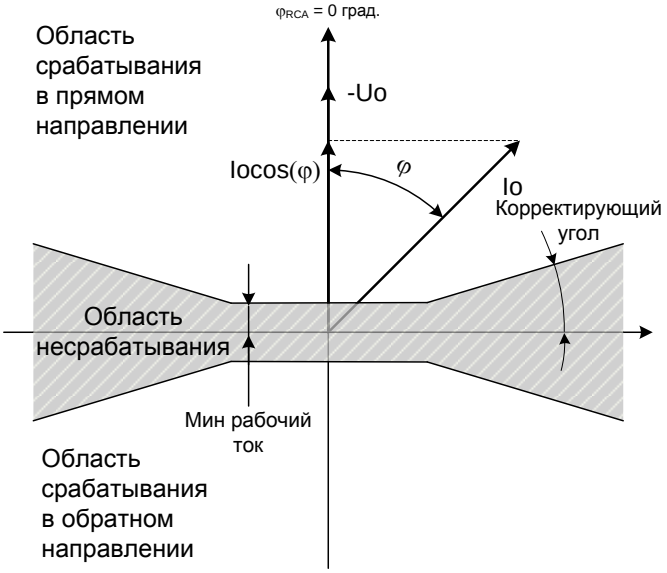


Рис. 159: Характеристика срабатывания 3Iocos(φ) при повреждении в прямом направлении

Пример 4.

Выбран критерий 3Iocos(φ), повреждение в обратном направлении

```
=> FAULT_DIR = 2
```

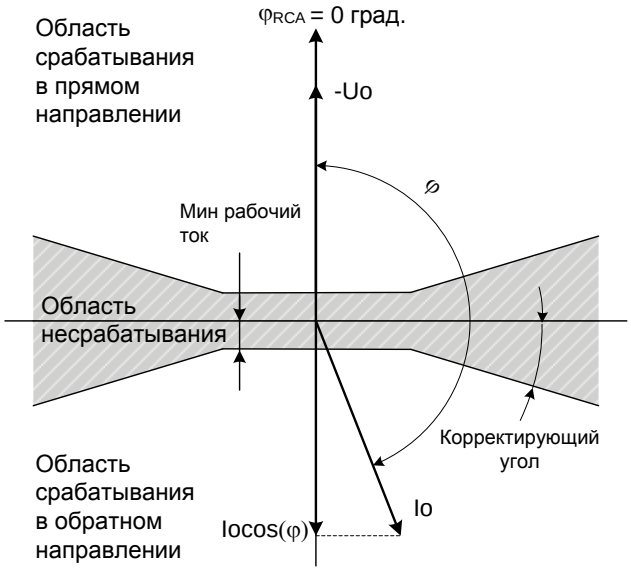


Рис. 160: Характеристика срабатывания 3Iocos(φ) при повреждении в обратном направлении

Фазный угол 80

Принцип работы по фазному углу 80 выбирается при помощи параметра *Режим работы,* значение "Фазный угол 80".

Критерий срабатывания по традиционному значению фазного угла 80 реализует такую же функциональность, что критерий срабатывания по фазному углу, но имеет следующие отличия:

- Значения уставок *Макс.угол прям.напр.* и *Макс. угол обр.напр.* не задаются, а имеют фиксированное значение 80 градусов
- Пределы фиксированных секторов округляются.

Округление сектора используется для компенсации погрешностей измерения ТТ при малых амплитудах тока. При падении амплитуды тока ниже трех процентов от номинального тока, сектор сокращается до 70 градусов с фиксированной стороны сектора. Это делает защиту более селективной, что означает, что погрешности при измерении фазного угла не приведут к непредусмотренному срабатыванию.

На другой стороне сектора округление не производится.

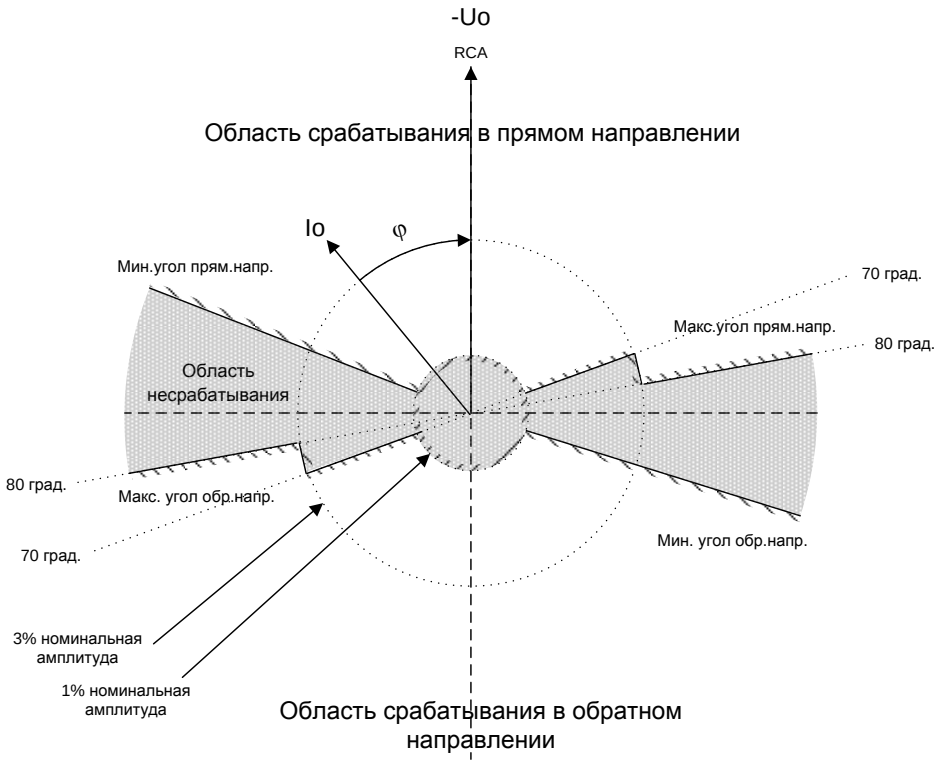


Рис. 161: Характеристика срабатывания по критерию традиционного фазного угла 80 градусов

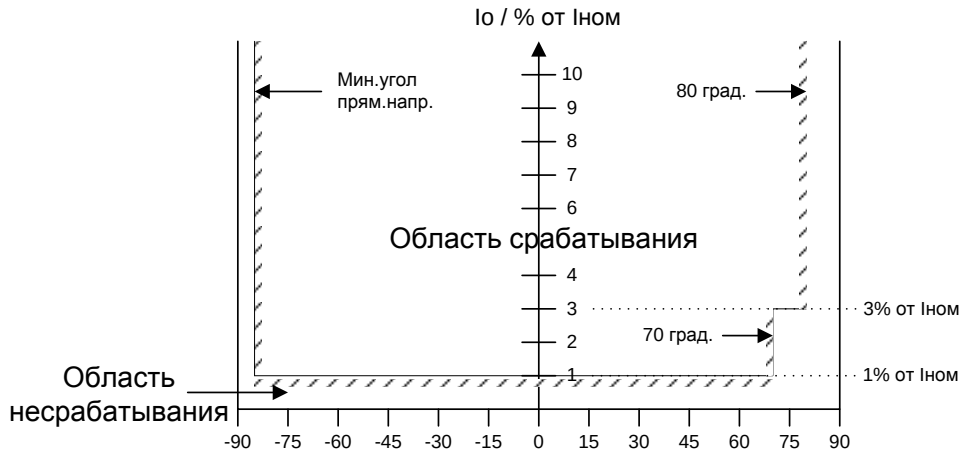


Рис. 162: Амплитуда традиционного фазного угла 80 град. (Направленность = Прямая)

Фазный угол 88

Принцип работы по фазному углу 88 выбирается при помощи параметра *Режим работы* , значение "Фазный угол 88".

Критерий срабатывания по традиционному значению фазного угла 88 реализует такую же функциональность, что критерий срабатывания по фазному углу, но имеет следующие отличия:

- Значения уставок *Макс.угол прям.напр.* и *Макс. угол обр.напр.* не задаются, а имеют фиксированное значение 88 градусов
- Пределы фиксированных секторов округляются.

Округление сектора при использовании традиционного фазного угла 88 градусов состоит из трех этапов:

- Если амплитуда тока находится в пределах от 1 до 20 % от номинального тока, предел сектора увеличивается линейно с 73 градусов до 85 градусов
- Если амплитуда тока находится в пределах от 20 до 100 % от номинального тока, предел сектора увеличивается линейно с 85 градусов до 88 градусов
- Если амплитуда тока составляет более 100 % номинального тока, предел сектора равен 88 градусов.



На другой стороне сектора округление не производится.



Рис. 163: Характеристика срабатывания по критерию традиционного фазного угла 88 градусов

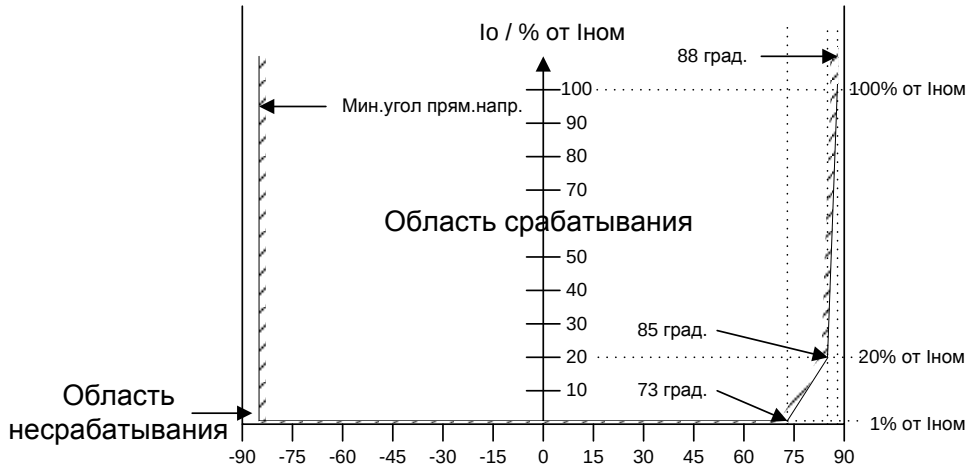


Рис. 164: Амплитуда традиционного фазного угла 88 град. (Направленность = Прямая)

4.2.2.9 Применение

Направленная защита от замыканий на землю DEFxPDEF предназначена для защиты и устранения замыканий на землю, а также для защиты от замыканий на землю различного оборудования, подключенного к энергосистемам, например, батарей шунтирующих конденсаторов или шунтирующих реакторов, а также для резервной защиты от замыканий на землю мощных трансформаторов.

Во многих случаях требуется использование нескольких ступеней защиты и различного уровня тока для запуска функции, а также различных выдержек времени. Функция DEFxPDEF содержит две ступени защиты:

- Чувствительную ступень DEFLPDEF
- Грубую ступень DEFHPDEF

Функция DEFLPDEF имеет несколько характеристик выдержки времени. DEFHPDEF позволяет быстро устранить серьезные замыкания на землю.

Защита может быть основана на критерии фазового угла с расширенным сектором срабатывания. Она также предусматривает использование результатов измерения реактивной части Iosin (φ) или активной части Iocos (φ) остаточного тока. В изолированных сетях или в сетях с высокоомным заземлением ток фазного замыкания на землю значительно меньше, чем токи короткого замыкания. Кроме того, величина тока повреждения, как правило, не зависит от места повреждения в сети.

Функция использует компоненты Iocos (φ) или Iosin (φ) остаточного тока в соответствии с методом заземления, где φ – угол между остаточным током и опорным остаточным напряжением (–Uo). Критерий фазового угла с расширенным сектором срабатывания также может использоваться в сетях с компенсированной нейтралью. Если характеристический угол реле (RCA) равен 0 градусам, с помощью уставки *Мин.угол прям.напр.* можно расширить отрицательный квадрант сектора срабатывания. Величина сектора срабатывания может быть установлена в диапазоне от 0 градусов до – 180 градусов, что общий сектор срабатывания составлял от +90 градусов до – 180 градусов. Иными словами, ширина сектора может быть до 270 градусов. Это обеспечивает неизменность настроек защиты при отсоединении резонансной катушки на участке между нейтралью и землей.

Заземление нейтрали системы выполняется для защиты персонала и оборудования, а также для уменьшения помех, например, в системах телекоммуникации. Заземление нейтрали усложняет действие систем защиты, особенно защиты от замыканий на землю.

В изолированных сетях подключение между нейтралью и землей системы не предусмотрено. Единственное возможное подключение осуществляется через емкости фаз между проводом и землей (C_0) и сопротивления утечки (R_0). Это означает, что по сравнению с остаточным напряжением (–Uo) остаточный ток

является в основном емкостным со сдвигом фазы –90 градусов. Характеристический угол составляет –90 градусов.

В сетях с резонансным заземлением нейтрали емкостный ток повреждения и ток индуктивной резонансной катушки компенсируют друг друга. Защита не может строиться на измерении реактивного тока, так как ток компенсационной катушки может нарушить работу релейной защиты. В этом случае селективность защиты основана на измерении активной составляющей тока. Это означает, что по сравнению с остаточным напряжением (–Uo) остаточный ток является в основном резистивным с нулевым сдвигом фазы, а характеристический угол составляет 0 градусов. Величина этой составляющей часто невелика, и должна увеличиваться с помощью параллельного резистора в оборудовании для компенсации.

В сетях с нейтралью, заземленной через низкое сопротивление, характеристический угол равен нулю градусов (для фазного угла). В качестве альтернативы может использоваться срабатывание по принципу 3Iocos(φ).

В сетях с глухозаземленной нейтралью для уставки *Характеристический угол*, как правило, установлено значение +60 градусов для фазного угла. Как вариант, может использоваться срабатывание Iosin(φ) с противоположной поляризующей величиной. Поляризующую величину можно повернуть на 180 градусов, задав для уставки *Реверс поляризации* значение "Да" либо переключив полярность проводников для измерения остаточного напряжения. Хотя в сетях с глухозаземленной нейтралью может применять принцип Iosin(φ), рекомендуется использовать фазный угол.

Подключение измерительных трансформаторов в направленных защитах от замыканий на землю

Остаточный ток Io можно измерить с помощью трансформатора тока нулевой последовательности или остаточного подключения сигналов фазного тока. Если нейтраль сети изолирована либо заземлена с высоким импедансом, трансформатор тока нулевой последовательности рекомендовано использовать для защиты от замыкания на землю. Для обеспечения достаточной точности при измерении остаточного тока и, соответственно, повышения избирательности схемы соотношение преобразования трансформатора тока нулевой последовательности не должно составлять менее 70 : 1. Не рекомендуется использовать более низкие значения этого соотношения, например 50 : 1 или 50 : 5.

Особое внимание следует обратить на правильность подключения измерительных трансформаторов, которое обеспечит оперативное определение направления тока повреждения функцией DEFxPDEF. Поскольку направленное замыкание на землю использует остаточный ток и остаточное напряжение (–Uo), должны совпадать полюса измерительных трансформаторов, а также направление тока повреждения. При использовании трансформаторов тока нулевой последовательности также необходимо учитывать заземление оболочки кабеля. На следующем рисунке показано возможное подключение измерительных трансформаторов к ИЭУ.

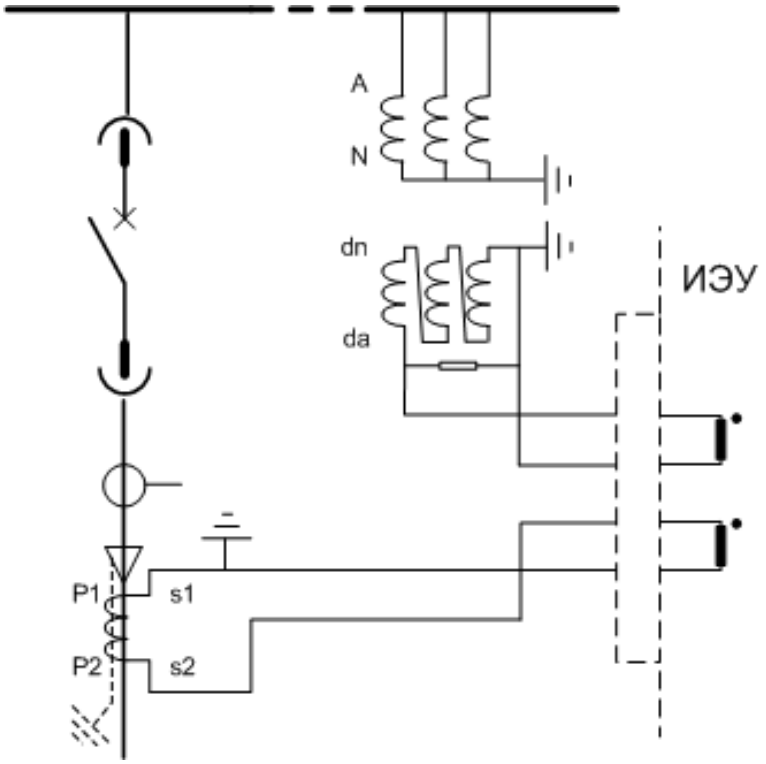


Рис. 165: Подключение измерительных трансформаторов

4.2.2.10 Сигналы

Таблица 346: Входные сигналы функции DEFLPDEF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
3Uo	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току
RCA_CTL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Управление характеристическим углом

Таблица 347: Входные сигналы функции DEFHPDEF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
3Uo	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току
RCA_CTL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Управление характеристическим углом

Таблица 348: Выходные сигналы функции DEFLPDEF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 349: Выходные сигналы функции DEFHPDEF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.2.2.11 Уставки

Таблица 350: Групповые уставки функции DEFLPDEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.010...5.000	xIn	0.005	0.010	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Направленность	1 = Ненаправленная 2 = Прямая 3 = Обратная			2 = Прямая	Направленность
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5 = ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Время срабатывания	50...200000	мс	10	50	Время срабатывания
Характеристический угол	-179...180	град.	1	-90	Характеристический угол
Макс.угол прям.напр.	0...180	град.	1	80	Максимальный угол в прямом направлении
Макс. угол обр.напр.	0...180	град.	1	80	Максимальный угол в обратном направлении
Мин.угол прям.напр.	0...180	град.	1	80	Минимальный угол в прямом направлении
Мин. угол обр.напр.	0...180	град.	1	80	Минимальный угол в обратном направлении
Напряжение пуска	0.010...1.000	xUn	0.001	0.010	Напряжение пуска

Таблица 351: Групповые уставки функции DEFLPDEF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата
Режим работы	1 = Фазный угол 2=3IoSin 3=3IoCos 4 = Фазный угол 80 5 = Фазный угол 88			1 = Фазный угол	Критерии срабатывания
Контроль напряжения	0=Нет 1=Да			1=Да	Контроль напряжения

Таблица 352: Общие уставки функции DEFLPDEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 353: Общие уставки функции DEFLPDEF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Мин время срабат	50...60000	мс	1	50	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Ненаправл действие	0=Нет 1=Да			0=Нет	Разрешение ненаправленного действия при недостоверности информации о направленности
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Мин рабочий ток	0.005...1.000	xIn	0.001	0.005	Минимальный рабочий ток
Мин рабочее напряж	0.01...1.00	xUn	0.01	0.01	Минимальное рабочее напряжение
Корректирующий угол	0.0...10.0	град.	0.1	0.0	Выравнивание по углу
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Поворот опорной (поляризующей) величины
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io
Выбор сигнала 3Uo	1=Измеренное 3Uo 2=Расчетное 3Uo			1=Измеренное 3Uo	Выбор используемого сигнала 3Uo
Поляризующая величина	3=Напряж нул посл. 4=Напряж обр посл.			3=Напряж нул посл.	Опорная величина для определения направленности повреждения

Таблица 354: Групповые уставки функции DEFHPDEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.10...40.00	xIn	0.01	0.10	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Направленность	1 = Ненаправленная 2 = Прямая 3 = Обратная			2 = Прямая	Направленность
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 3 = ANSI НормИнв 5 = ANSI Независимая Время 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Характеристический угол	-179...180	град.	1	-90	Характеристический угол
Макс.угол прям.напр.	0...180	град.	1	80	Максимальный угол в прямом направлении
Макс. угол обр.напр.	0...180	град.	1	80	Максимальный угол в обратном направлении
Мин.угол прям.напр.	0...180	град.	1	80	Минимальный угол в прямом направлении
Мин. угол обр.напр.	0...180	град.	1	80	Минимальный угол в обратном направлении
Напряжение пуска	0.010...1.000	xUn	0.001	0.010	Напряжение пуска

Таблица 355: Групповые уставки функции DEFHPDEF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата
Режим работы	1 = Фазный угол 2=3IoSin 3=3IoCos 4 = Фазный угол 80 5 = Фазный угол 88			1 = Фазный угол	Критерии срабатывания
Контроль напряжения	0=Нет 1=Да			1=Да	Контроль напряжения

Таблица 356: Общие уставки функции DEFHPDEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 357: Общие уставки функции DEFHPDEF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Мин время срабат	40...60000	мс	1	40	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Ненаправл действие	0=Нет 1=Да			0=Нет	Разрешение ненаправленного действия при недостоверности информации о направленности
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Мин рабочий ток	0.005...1.000	xIn	0.001	0.005	Минимальный рабочий ток
Мин рабочее напряж	0.01...1.00	xUn	0.01	0.01	Минимальное рабочее напряжение
Корректирующий угол	0.0...10.0	град.	0.1	0.0	Выравнивание по углу
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Поворот опорной (поляризующей) величины
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io
Выбор сигнала 3Uo	1=Измеренное 3Uo 2=Расчетное 3Uo			1=Измеренное 3Uo	Выбор используемого сигнала 3Uo
Поляризующая величина	3=Напряж нул посл. 4=Напряж обр посл.			3=Напряж нул посл.	Опорная величина для определения направленности повреждения

4.2.2.12 Контролируемые данные

Таблица 358: Контролируемые данные функции DEFLPDEF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
FAULT_DIR	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Направленность повреждения
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
DIRECTION	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Информация о направленности
ANGLE_RCA	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между углом срабатывания и характеристическим углом
ANGLE	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между величиной поляризации и величиной срабатывания
I_OPER	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Расчетный ток срабатывания
DEFLPDEF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 359: Контролируемые данные функции DEFHPDEF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
FAULT_DIR	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Направленность повреждения
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
DIRECTION	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Информация о направленности
ANGLE_RCA	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между углом срабатывания и характеристическим углом
ANGLE	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между величиной поляризации и величиной срабатывания
I_OPER	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Расчетный ток срабатывания
DEFHPDEF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.2.13 Технические данные

Таблица 360: DEFxPDEF Технические данные

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания	DEFLPDEF	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц		
		Ток: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ Напряжение ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $U_{ном}$ Фазный угол: ±2°		
	DEFHPDEF	Ток: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ (при значениях тока в диапазоне 0,1…10 × $I_{ном}$) ±5,0 % уставки (при значениях тока в диапазоне 10…40 x $I_{ном}$) Напряжение: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $U_{ном}$ Фазный угол: ±2°		
Время пуска [1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	DEFHPDEF $I_{авар.}$ = 2 × уст. *Пусковое значение*	42 мс	46 мс	49 мс
	DEFLPDEF $I_{авар.}$ = 2 × уст. *Пусковое значение*	58 мс	62 мс	66 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<30 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0 % уставки или ±20 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени		± 5,0% теоретического значения или ±20 мс [3)]		
Подавление гармоник		Среднеквадратичное значение: подавление отсутствует Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, … Двойная амплитуда: подавление отсутствует		

1) *Режим измерения* = по умолчанию (в зависимости от ступени), ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, ток замыкания на землю с номинальной частотой подается с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Макс. *Пусковое значение* = 2,5 × $I_{ном}$, *Пусковое значение* диапазон кратности 1,5...20

4.2.2.14 Данные о технических изменениях

Таблица 361: Данные о технических изменениях функции DEFHPDEF

Исполнение	Изменение
B	Значение уставки *Макс.угол прям.напр.* изменено на 180 градусов
C	Добавлен параметр для выбора "Измеренный 3Io" или "Расчетный 3Io", а также параметр для выбора метода поляризации "Измеренное 3Uo", "Расчетное 3Uo" или "Напряж обр посл". *Уставки Время срабатывания* и *Мин время срабат* изменены с 60 мс на 40 мс. Используемый по умолчанию угол сектора изменен с 88 градусов на 80 градусов.
D	Значение шага уставки *Множитель времени* изменено с 0,05 на 0,01.
E	Добавлена единица измерения к выходу расчетного тока срабатывания (I_OPER).
F	Добавлена уставка *Поляриз.величина*.

Таблица 362: Данные о технических изменения функции DEFLPDEF

Исполнение	Изменение
B	Значение уставки *Макс.угол прям.напр.* изменено на 180 градусов. *Шаг уставки Пусковое значение* изменен на 0,005
C	Добавлен параметр для выбора "Измеренный 3Io" или "Расчетный 3Io", а также параметр для выбора метода поляризации "Измеренное 3Uo", "Расчетное 3Uo" или "Напряж обр посл". Используемый по умолчанию угол сектора изменен с 88 градусов на 80 градусов.
D	Значение шага уставки *Множитель времени* изменено с 0,05 на 0,01.
E	Добавлена единица измерения к выходу расчетного тока срабатывания (I_OPER).
F	Добавлена уставка *Поляриз.величина*. Минимальное значение для параметров *Время срабатывания* и *Мин время срабат* изменены с "60 мс" на "50 мс". Значения по умолчанию для параметров *Время срабатывания* и *Мин время срабат* изменены с "60 мс" на "50 мс".

4.2.3 Защита от переходных/перемежающихся замыканий на землю INTRPTEF

4.2.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/IEEE C37.2
Защита от переходных/ перемежающихся замыканий на землю	INTRPTEF	Io> -> IEF	67NIEF

4.2.3.2 Функциональный блок

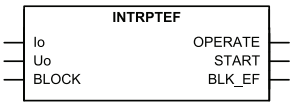


Рис. 166: Функциональный блок

4.2.3.3 Функциональные возможности

Функция защиты от переходных/перемежающихся замыканий на землю INTRPTEF предназначена для защиты и устранения устойчивых и переходных замыканий на землю в распределительных сетях среднего и высокого напряжения. Обнаружение повреждений идет по сигналам остаточного тока и напряжения путем постоянного контроля переходных процессов.

Характеристика срабатывания функции – независимая выдержка времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.2.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции INTRPTEF можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

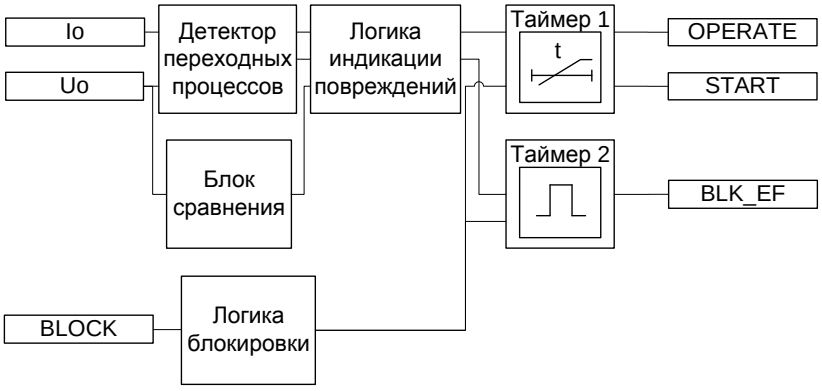


Рис. 167: Функциональная схема

Блок сравнения

Напряжение нулевой последовательности может выбираться при помощи уставки *Выбор сигнала Uo*. Можно выбрать одно из двух значений: "Измеренное Uo" и "Расчетное Uo". Если выбран вариант "Измеренное Uo", коэффициент напряжения для канала Uo задается в глобальной уставке **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (Uo,TH)**. Если выбран вариант "Расчетное Uo", коэффициент напряжения получается из каналов фазных напряжений, указанных в глобальной уставке **Конфигурация/ Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)**.

Пример 1: Uo измеряется с помощью TH, подключенных по схеме разомкнутого треугольника (20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В : 100/3 В). В этом случае выбрано значение "Измеренное Uo". Номинальные значения для напряжения нулевой последовательности получаются с учетом коэффициентов TH, введенных в напряжение нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (Uo,TH)**: 11,547 кВ :100 В. Пусковое значение напряжения нулевой последовательности 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 × 11,547 кВ = 11,547 кВ в первичной цепи.

Пример 2: Значение Uo рассчитывается из фазных величин. Фазный коэффициент TH равен 20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В. В этом случае выбрано значение "Расчетное Uo". Номинальные значения для тока и напряжения нулевой последовательности получаются с учетом коэффициентов TH, введенных в напряжение нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/ Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)**: 20,000 кВ : 100 В. Пусковое знач. напряжения нулевой последовательности 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 × 20,000 кВ = 20,000 кВ в первичной цепи.



Если выбрано значение "Расчетное Uo", номинальное значение напряжения нулевой последовательности всегда соответствует напряжению между фазами. Таким образом, допустимое максимальное значение пускового значения напряжения нулевой последовательности равно 0,577 × Un. Для получения

расчетного значения Uo необходимо, чтобы к устройству релейной зашиты были подключены все три напряжения "фаза-земля". Напряжение Uo не может рассчитываться на основе значений напряжений "фаза-фаза".

Детектор переходных процессов

Детектор переходных процессов используется для обнаружения переходных процессов в сигналах тока и напряжения нулевой последовательности.

Обнаружение переходных процессов контролируется настраиваемым пороговым значением тока. При использовании особого метода фильтрации уставка *Мин. ток срабатывания* основана на токе основной частоты. Эта уставка задается на основе значения параллельного резистора катушки с пределом допустимого изменения. Например, если активный ток параллельного резистора составляет 10 А, то может использоваться значение 0,7×10 А = 7 А. Такая же уставка применяется и в случае отключения катушки, когда сеть становится сетью с изолированной нейтралью. Обычно следует использовать меньшее значение, и оно никогда не должно превышать значение параллельного резистора, чтобы обеспечить работу поврежденного фидера.

Логика индикации повреждений

В зависимости от значения параметра *Режим работы* функция INTRPTEF может иметь два независимых режима обнаружения замыканий на землю. Режим "Переходные ЗЗ" предназначен для выявления всех типов замыканий на землю. Режим "Перемежающиеся ЗЗ" предназначен для обнаружения перемежающихся замыканий на землю в кабельных сетях.



Для соответствия требованиям к чувствительности параллельно с функцией INTRPTEF всегда должна использоваться базовая защита от замыкания на землю (основанная на векторах частоты основной гармоники).

Логика индикации повреждений определяет направление повреждения. Определение направления повреждения обеспечивается измерением комплексной проводимости нейтрали и специальным способом фильтрации. Это обеспечивает определение направления повреждения, которое не чувствительно к помехам в измеренных значениях сигналов Io и Uo, например вызванных коммутационными переходными процессами.

Если уставка *Направленность* имеет значение "Прямая", защита срабатывает при повреждении на защищенном фидере. Если уставка *Направленность* имеет значение "Обратная", защита срабатывает при повреждении вне защищенного фидера (в смежной сети). Если направление не имеет значения, выбирается значение "Ненаправленная". Данные о направлении повреждения (FAULT_DIR) можно увидеть в окне контролируемых данных.

В режиме "Переходные ЗЗ", при обнаружении переходного процесса в начале повреждения, когда уровень 3Uo превышает заданное значение уставки Напряжение пуска, становится активным Таймер 1. Таймер 1 остается активным до тех пор, пока уровень 3Uo превышает заданное значение или в случае возврата, если длительность возврата меньше заданного значения уставки *Время возврата*.

В режиме "Перемежающиеся ЗЗ" при обнаружении переходного процесса в начале повреждения, когда уровень Uo превышает заданное значение уставки *Пусковое знач. напряжения*, запускается таймер 1. Когда будет обнаружено заданное количество переходных замыканий на землю, которое определяется уставкой *Мин.колич.всплесков*, и при этом не произойдет возврат функции (время возврата определяется уставкой *Время возврата*), активируется выход START. Таймер 1 остается в активном состоянии, пока имеют место переходные процессы на протяжении всего времени возврата, определяемого уставкой *Время возврата*.

Таймер 1

Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT).

В режиме "Переходные ЗЗ" выход OPERATE активируется по истечении времени уставки *Время срабатывания*, если напряжение нулевой последовательности превышает значение уставки Пусковое знач. напряжения. Отсчет времени *Время возврата* начинается, когда напряжение нулевой последовательности опускается ниже значения *Пусковое знач. напряжения*. Если выход OPERATE не активируется, например если аварийное состояние быстро исчезло, выход START остается активным, пока не истечет *Время возврата*. После активации выхода OPERATE, сигналы START и OPERATE сбрасываются, как только напряжение Uo становится ниже значения *Пусковое знач. напряжения*.

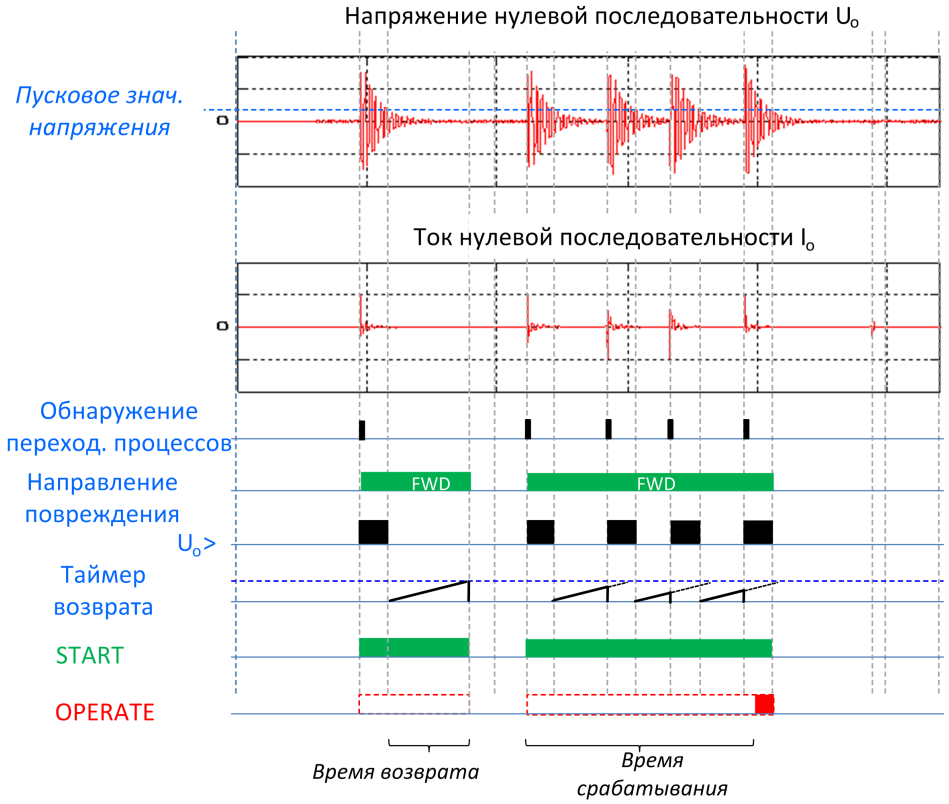


Рис. 168: Пример работы функции INTRPTEF в режиме "Переходные ЗЗ" при поврежденном фидере

В режиме "Переходные ЗЗ" выход OPERATE активируется при выполнении следующих условий:

- число выявленных кратковременных замыканий на землю превышает значение уставки *Мин.колич.всплесков* .
- истекло заданное время таймера, определяемое уставкой *Время срабатывания*
- , и обнаружен один дополнительный переходный процесс во время периода возврата

Отсчет времени *Время возврата* начинается от каждого обнаруженного переходного сигнала (пика). Если сигнал OPERATE не активирован, например если повреждение быстро исчезло, сигнал START остается активным до истечения времени *Время возврата*, то есть возврат производится, если время между переходными пиками превышает *Время возврата*. После активации сигнала OPERATE для сигнала OPERATE выдается импульс фиксированной длительности 100 мс, а сигнал START сбрасывается по истечение времени *Время возврата*

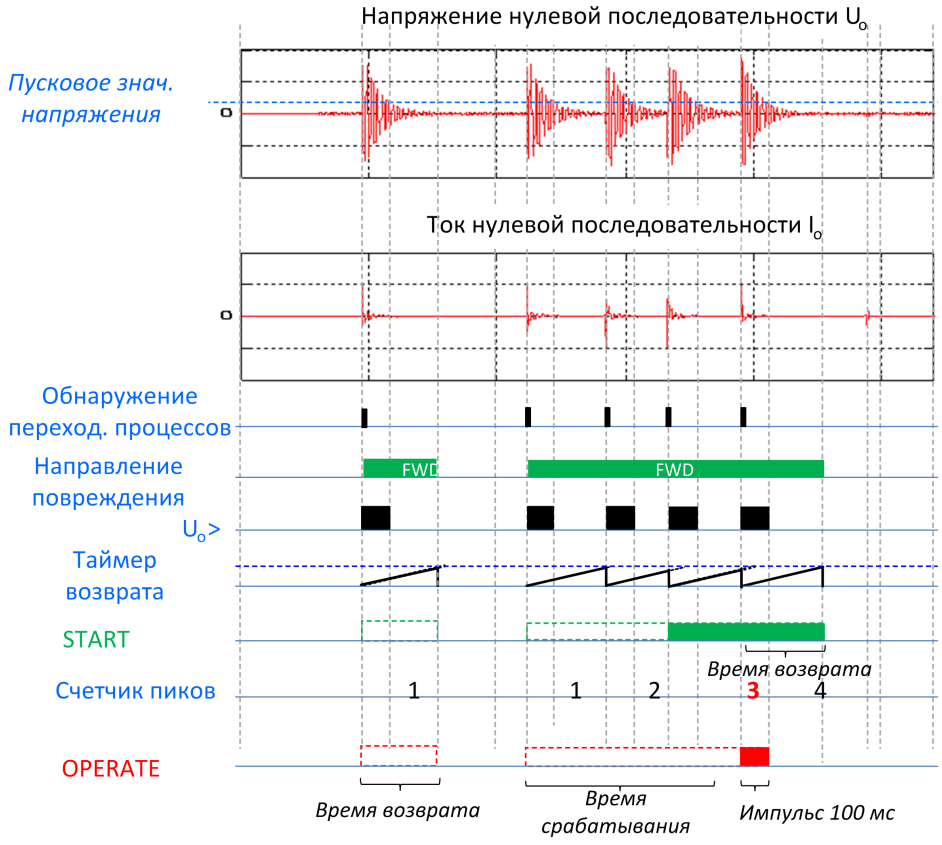


Рис. 169: Пример работы функции INTRPTEF в режиме "Перемежающиеся 33" при поврежденном фидере, предельное значение счетчика пиков = 3

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Таймер 2

Если функция работает в направленном режиме и выявляется переходный режим в противоположном направлении, через фиксированную выдержку времени 25 мс активируется выход BLK_EF. Если выход START активируется в тот момент, когда активен выход BLK_EF, выход BLK_EF блокируется.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.2.3.5 Применение

Функция INTRPTEF — это специальная защита от замыканий на землю, срабатывающая при перемежающихся и устойчивых замыканиях на землю в распределительных сетях среднего и высокого напряжения. Обнаружение повреждений осуществляется по сигналам остаточного тока и напряжения путем постоянного контроля переходных процессов по заданным критериям. Так как функция специально предназначена для защиты от повреждений такого типа, можно добиться быстрого обнаружения и устранения повреждений.

Перемежающееся замыкание на землю

Перемежающиеся замыкания на землю – это особый тип замыканий на землю, который особенно часто встречается в сетях с компенсированной нейтралью, в которых используются подземные кабели. Типичной причиной такого типа повреждений является износ изоляции кабеля из-за механических напряжений или старения материала в результате постоянного проникновения воды и влаги. В конечном счете, это снижает стойкость изоляции по напряжению, что может привести к пробою изоляции. Повреждение происходит, когда однофазное напряжение превышает напряжение, которое может выдержать изоляция в месте повреждения, и исчезает само по себе, так как ток повреждения первый раз опускается до нуля, как показано на Рисунке 170. В результате можно периодически измерять очень короткие переходные процессы, то есть, быстрые изменения формы всплесков тока нулевой последовательности (Io) и напряжения нулевой последовательности (Uo). Обычно сопротивление в месте повреждения при перемежающихся замыканиях на землю составляет всего несколько Ом.

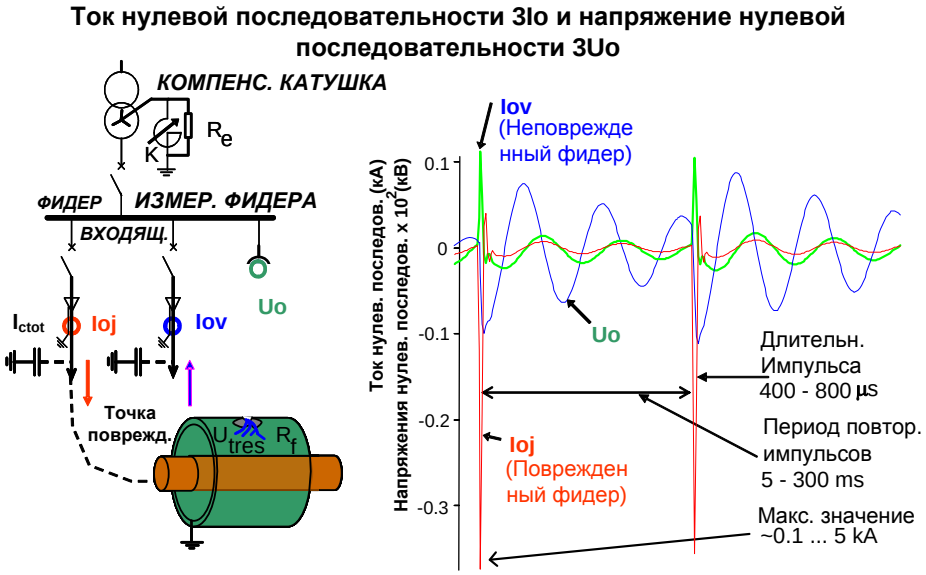
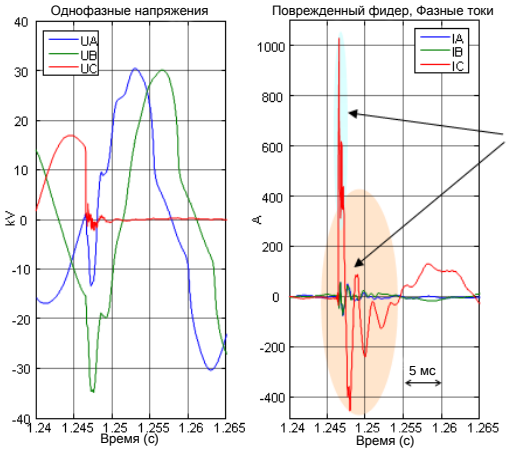


Рис. 170: Типичные характеристики перемежающегося замыкания на землю

Переходные замыкания на землю

Замыкания на землю сопровождаются всплесками токов и напряжений. На величину и частоту этих переходных процессов влияют несколько факторов, такие как момент повреждения относительно синусоиды напряжения, место повреждения, сопротивление в месте повреждения, а также параметры линий и трансформаторов. В начале повреждения напряжение поврежденной фазы уменьшается, и соответствующая емкость разряжается на землю (→ разрядная стадия переходного процесса). Одновременно напряжение неповрежденных фаз увеличивается, и соответствующие емкости заряжаются (→ зарядная стадия переходного процесса).

Если повреждение является устойчивым по своему характеру (не переходным), то можно измерить ток и напряжение только начального переходного процесса, тогда как при перемежающихся замыканиях переходные процессы формируются периодически.



- Зарегистрировано в реальной кабельной сети 20 кВ
- I_{EF} ~ 60 A
- Обе зарядных составляющих четко видны и налагаются друг на друга

Рис. 171: Пример переходных замыканий на землю, включая переходные процессы разряда и заряда, при устойчивом повреждении в сети 20 кВ в фазе C

4.2.3.6 Сигналы

Таблица 363: Входные сигналы функции INTRPTEF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
3Uo	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 364: Выходные сигналы функции INTRPTEF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
BLK_EF	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал блокировки защиты от замыканий на землю для индикации всплесков в противоположном направлении

4.2.3.7 Уставки

Таблица 365: Групповые уставки функции INTRPTEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Направленность	1 = Ненаправленная 2 = Прямая 3 = Обратная			2 = Прямая	Направленность
Время срабатывания	40...1200000	мс	10	500	Время срабатывания
Напряжение пуска	0.05...0.50	xUn	0.01	0.20	Напряжение пуска

Таблица 366: Общие уставки функции INTRPTEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим работы	1 = Перемежающиеся ЗЗ 2 = Переходные ЗЗ			1 = Перемежающиеся ЗЗ	Критерии срабатывания
Выбор сигнала 3Uo	1=Измеренное 3Uo 2=Расчетное 3Uo			1=Измеренное 3Uo	Выбор используемого сигнала 3Uo

Таблица 367: Общие уставки функции INTRPTEF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	40...60000	мс	1	500	Время возврата
Мин.колич.всплесков	2...20		1	2	Максимальное количество зарегистрированных всплесков для пуска защиты IEF
Мин рабочий ток	0.01...1.00	xIn	0.01	0.01	Минимальный рабочий ток детектора переходных замыканий

4.2.3.8 Контролируемые данные

Таблица 368: Контролируемые данные функции INTRPTEF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
FAULT_DIR	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Направленность повреждения
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
INTRPTEF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.3.9 Технические данные

Таблица 369: Технические данные функции INTRPTEF

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания (критерий 3Uo с защитой от переходных процессов)	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	± 1,5% уставки или ± 0,002 × 3Uo
Погрешность по времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс
Подавление гармоник	Фурье: –50 дБ при f = n × f_n, где n = 2, 3, 4, 5

4.2.3.10 Данные о технических изменениях

Таблица 370: Данные о технических изменениях функции INTRPTEF

Исполнение	Изменение
B	Минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* изменено на 40 мс.
C	Добавлена уставка *Минимальный ток срабатывания*. Внесены изменения в привязку по МЭК 61850: название состояния BlkEF изменено на InhEF. Для уставки *Пусковое значение напряжения* минимальное значение изменено с 0,01 до 0,10 (значение по умолчанию: с 0,01 до 0,20). Для уставки *Время отключения* минимальное значение изменено с 0 мс до 40 мс.
D	Описание пускового значения напряжения изменено с "Пусковое значение напряжения для переходных ЗЗ" на "Пусковое значение напряжения", поскольку это пусковое значение относится к обоим режимам работы. Добавлена поддержка расчетного Uo. Источник Uo (измеренное/расчетное) может выбираться с помощью уставки "Выбор сигнала Uo". Минимальное значение параметра *Пусковое значение напряжения* изменено с 0,10 на 0,05.
E	Масштабирование параметра *Мин. ток срабатывания* исправлено на действующее значение с пикового значения.

4.2.4 Защита от замыканий на землю на базе контроля комплексной проводимости EFPADM

4.2.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от замыканий на землю на основе контроля комплексной проводимости	EFPADM	Yo> ->	21YN

4.2.4.2 Функциональный блок

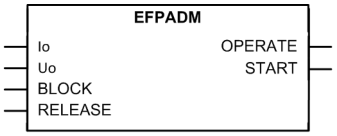


Рис. 172: Функциональный блок

4.2.4.3 Функциональные возможности

Защита от замыканий на землю на основе комплексной проводимости EFPADM представляет собой селективную защиту от замыканий на землю в сетях с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью, в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с компенсированной нейтралью. Она может применяться для защиты воздушных линий, а также для защиты подземных кабелей. Она может использоваться в качестве альтернативы традиционной защите от замыканий на землю на базе контроля тока нулевой последовательности (например, режим IoCos) функции DEFxPDEF. Основные преимущества функции EFPADM заключаются в разнообразии применений, хорошей чувствительности и простых критериях задания уставок.

Работа функции EFPADM основана на оценке комплексной проводимости нейтрали, т. е. соотношения:

$$\underline{Yo} = \underline{Io} / -\underline{Uo}$$

(Уравнение 23)

Измеренная комплексная проводимость нейтрали сравнивается с границами характеристик на плоскости комплексных проводимостей. Эти характеристики включают избыточную проводимость, максимальную реактивную проводимость, максимальную активную проводимость или любую комбинацию трех характеристик. Направленность критериев максимальной активной и максимальной реактивной проводимости может быть прямой, обратной или ненаправленной, и граничные линии могут быть наклонными, если это необходимо в приложении. Это позволяет оптимизировать форму характеристик комплексной проводимости для конкретного применения.

Для расчета комплексной проводимости функция использует два алгоритма. Ее можно настроить так, чтобы расчет включал или не включал значения Io и Uo нулевой последовательности до повреждения. Кроме того, функция регистрирует комплексную проводимость, рассчитанную во время отключения, это значение можно контролировать с целью дальнейшего анализа.

Для обеспечения надежности несрабатывания защиты расчет комплексной проводимости контролируется по условию повышения напряжения нулевой последовательности, которое разрешает пуск защиты с контролем комплексной проводимости во время повреждения. Как вариант, разрешающий сигнал может обеспечиваться внешним дискретным сигналом.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.2.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции EFPADM можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

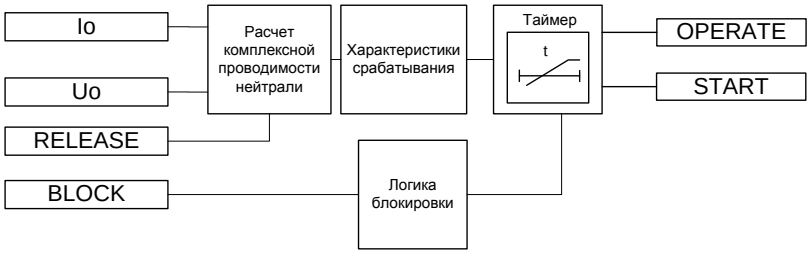


Рис. 173: Функциональная схема

Расчет комплексной проводимости нейтрали

Ток нулевой последовательности может выбираться при помощи параметра *Выбор сигнала Io*. Доступны значения "Измеренный Io" и "Расчетный Io". Если выбран вариант "Измеренный Io", коэффициент трансформации тока для канала Io задается в **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (Io,TT)**. Если выбран вариант "Расчетный Io", коэффициент трансформации тока получается из каналов фазовых токов, указанных в **Конфигурация/ Аналоговые входы/Ток (3I,TT)**.

Соответственно, напряжение нулевой последовательности может выбираться при помощи параметра *Выбор сигнала Uo*. Доступно одно из двух значений: "Измеренное Uo" и "Расчетное Uo". Если выбран вариант "Измеренное Uo", коэффициент трансформации напряжения для канала Uo задается в **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (Uo,TH)**. Если выбран вариант "Расчетное Uo", коэффициент трансформации напряжения получается из каналов фазных напряжений, указанных в **Конфигурация/ Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)**.

Пример 1: Uo измеряется с помощью TH, подключенных по схеме разомкнутого треугольника (20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В:100/3 В). В этом случае выбрано значение "Измеренное Uo". Номинальные значения для остаточного напряжения определяют на основе коэффициентов трансформации TH, введенных для остаточного напряжения Uo: **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (Uo,TH)**: 11,547 кВ : 100 В. Пусковое значение остаточного напряжения 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 × 11,547 кВ = 11,547 кВ в первичной цепи.

Пример 2: Значение Uo рассчитывается из фазных величин. Фазный коэффициент TH равен 20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В. В этом случае выбрано значение "Расчетное Uo". Номинальное значение для напряжения нулевой

последовательности получается с учетом коэффициентов трансформации ТН, введенных в напряжении нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/ Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)** : 20,000 кВ : 100 В. Пусковое значение напряжения нулевой последовательности 1,0 × Uном соответствует напряжению 1,0 × 20,000 кВ = 20,000 кВ в первичной цепи.



Если выбрано значение "Расчетное Uo", номинальное значение напряжения нулевой последовательности всегда соответствует напряжению между фазами. Таким образом, допустимое максимальное значение пускового значения напряжения нулевой последовательности равно 0,577 × Un. Для расчетного значения Uo необходимо, чтобы к ИЭУ были подключены все три напряжения "фаза-земля". Напряжение Uo не может рассчитываться на основе значений напряжений "фаза-фаза".

Когда напряжение нулевой последовательности превышает заданное предельное значение уставки *Пусковое знач. напряжения*, обнаруживается замыкание на землю, и запускается расчет комплексной проводимости нейтрали.

Чтобы обеспечить достаточную точность измерения Io и Uo, необходимо, чтобы напряжение нулевой последовательности превышало значение уставки *Мин. рабочее напряж.* Если для расчета комплексной проводимости используется вариант "Дельта", то для разрешения срабатывания используется минимальное изменение напряжения нулевой последовательности в результате повреждения 0,01 × Uном. Аналогично, ток в нулевой последовательности должен превышать значение, определяемое уставкой *Мин. ток срабатывания*.



Полярность поляризующей величины Uo можно изменить, т. е. повернуть на 180 градусов, путем задания параметра *Реверс поляризации* в значение "Да" либо путем переключения полярности проводников для измерения напряжения нулевой последовательности.

В качестве альтернативы внутреннему условию пуска по повышению напряжения нулевой последовательности можно использовать внешний пуск защиты с контролем комплексной проводимости нейтрали, для чего используется вход RELEASE.

Если для параметра *РежимРасчПроводимости* задано значение "Дельта", внешняя логика должна быть способна выдать разрешающий сигнал (RELEASE) менее чем через 0,1 с. В противном случае собранные значения до повреждения будут перезаписаны значениями при повреждении. Если она работает медленнее, для параметра *РежимРасчПроводимости* должно быть установлено значение "Обычный".

Комплексная проводимость нейтрали рассчитывается как отношение векторов основной частоты тока нулевой последовательности и напряжения нулевой последовательности (с реверсом полярности). Уставка *РежимРасчПроводимости* определяет режим расчета.

РежимРасчПроводимости = "Обычный"

$$\underline{Yo} = \frac{\underline{Io}_{fault}}{-\underline{Uo}_{fault}}$$

(Уравнение 24)

РежимРасчПроводимости = "Дельта"

$$\underline{Yo} = \frac{\underline{Io}_{fault} - \underline{Io}_{prefault}}{-(\underline{Uo}_{fault} - \underline{Uo}_{prefault})} = \frac{\Delta \underline{Io}}{-\Delta \underline{Uo}}$$

(Уравнение 25)

Yo	Расчетная комплексная проводимость нейтрали [Сименс]
$\underline{Io}_{повреждд.}$	Ток нулевой последовательности во время повреждения [Ампер]
$\underline{Uo}_{повреждд.}$	Напряжение нулевой последовательности во время повреждения [Вольт]
$\underline{Io}_{до\ повреждд.}$	Ток нулевой последовательности до повреждения [Ампер]
$\underline{Uo}_{до\ повреждд.}$	Напряжение нулевой последовательности до повреждения [Вольт]
ΔIo	Изменение тока нулевой последовательности в результате повреждения [Ампер]
ΔUo	Изменение напряжения нулевой последовательности в результате повреждения [Вольт]

Традиционно расчет комплексной проводимости выполняется в режиме "Обычный, то есть, величины тока и напряжения измеряются непосредственно во время повреждения. В качестве варианта можно выбрать режим расчета "Дельта", несимметрию нулевой последовательности сети до повреждения из расчета комплексной проводимости можно убрать. Теоретически это делает расчет комплексной проводимости полностью нечувствительным к активному сопротивлению в месте повреждения, то есть, повреждение не влияет на расчетное значение комплексной проводимости. Использование изменения значений Uo и Io в результате повреждения при расчете комплексной проводимости нулевой последовательности также уменьшает влияние погрешностей измерения ТН и ТТ, повышая, таким образом, точность, чувствительность и избирательность защиты.



Уставку "Дельта" следует использовать в случаях, когда требуется высокая чувствительность защиты, при большой степени несимметрии сети в неповрежденном состоянии, или в случае, когда в основе измерения тока нулевой

последовательности находится сумма фазных токов, т.е. соединение Holmgren.

При расчете комплексной проводимости нейтрали получаются определенные значения при повреждении в прямом и обратном направлении:

Повреждение в обратном направлении, т. е. за пределами защищенного фидера.

$$\underline{Yo} = -\underline{Y}_{Fdtot}$$

(Уравнение 26)

$$\approx -j \cdot \frac{I_{eFd}}{U_{ph}}$$

(Уравнение 27)

$\underline{Y}_{Fdtot}$	Сумма комплексных проводимостей фазы на землю ($\underline{Y}_{FdA}$, $\underline{Y}_{FdB}$, $\underline{Y}_{FdC}$) защищенного фидера
I_{eFd}	Величина тока замыкания на землю защищенного фидера, когда сопротивление в месте повреждения равно 0 Ом
U_{ph}	Величина номинального напряжения фазы на землю системы

В Уравнении 26 показано, что при повреждениях за пределами защищенной зоны измеренная комплексная проводимость равна комплексной проводимости защищенного фидера со знаком минус. Измеренная комплексная проводимость является, в основном, реактивной; небольшая активная часть измеренной комплексной проводимости имеет место из-за потерь в результате утечки фидера. Теоретически измеренная комплексная проводимость находится в третьем квадранте на плоскости комплексных проводимостей, вблизи оси im($\underline{Y}$o), смотрите Рисунок 174.

Результат в Уравнении 26 является действительным, независимо от типа заземления нейтрали. В сетях с компенсированной нейтралью степень компенсации на результат не влияет. Это позволяет применять принцип прямого задания уставок защиты по комплексной проводимости нейтрали: характеристика комплексной проводимости устанавливается таким образом, чтобы с достаточным запасом охватить значение $\underline{Y}o = -\underline{Y}_{Fdtot}$.

Из-за погрешностей при измерении напряжения и тока небольшая вещественная часть рассчитанной комплексной проводимости нейтрали может быть положительной величиной, что перемещает комплексную проводимость в четвертый квадрант на плоскости комплексных

проводимостей. При задании характеристики комплексной проводимости это следует учитывать.

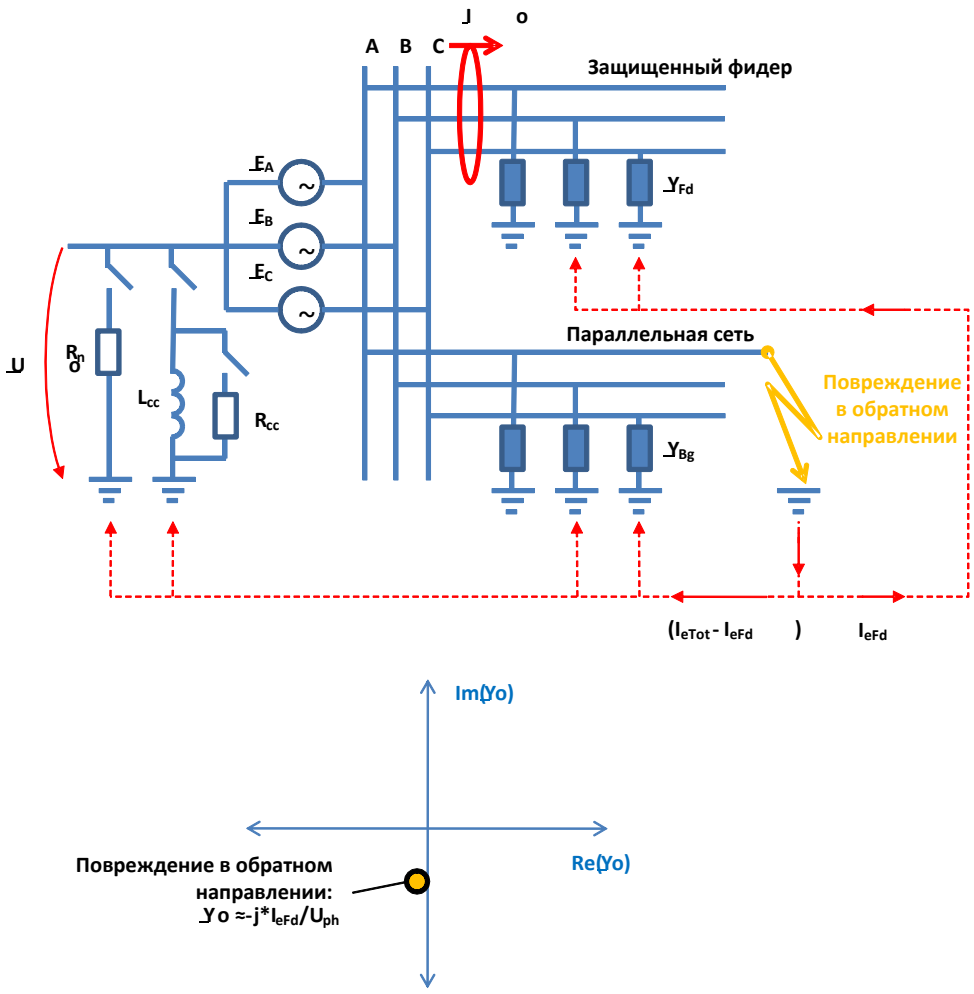


Рис. 174: Расчет комплексной проводимости при повреждении в обратном направлении

R_{CC}	Активное сопротивление параллельного резистора
L_{CC}	Индуктивность катушки компенсации
R_n	Активное сопротивление заземляющего резистора нейтрали
$\underline{Y}_{Fd}$	Комплексная проводимость фазы на землю защищенного фидера
$\underline{Y}_{Bg}$	Комплексная проводимость фазы на землю параллельной сети

Например, в сети 15 кВ с компенсированной нейтралью и величиной тока замыкания на землю на защищенном фидере 10 А (Rf = 0 Ом) теоретическое значение измеренной комплексной проводимости при замыкании на землю в

обратном направлении, т.е., за пределами защищенного фидера, можно рассчитать по следующей формуле.

$$\underline{Yo} \approx -j \cdot \frac{I_{eFd}}{U_{ph}} = -j \cdot \frac{10A}{15/\sqrt{3}kV} = -j \cdot 1.15 \text{ milliSiemens}$$

(Уравнение 28)

Результат действителен независимо от типа заземления нейтрали.

В этом случае активная составляющая измеренной комплексной проводимости образуется из-за потерь на утечку защищенного фидера. Так как такие потери обычно очень малы, активная составляющая близка к нулю. Из-за погрешностей при измерении напряжения и тока эта небольшая вещественная часть комплексной проводимости нейтрали может быть положительной величиной. Это следует учитывать при задании комплексной проводимости.

Повреждение в прямом направлении, т. е. на защищенном фидере.

Незаземленная сеть:

$$\underline{Yo} = \underline{Y}_{Bgtot}$$

(Уравнение 29)

$$\approx j \cdot \left(\frac{I_{eTot} - I_{eFd}}{U_{ph}} \right)$$

(Уравнение 30)

Сеть с компенсированной нейтралью:

$$\underline{Yo} = \underline{Y}_{Bgtot} + \underline{Y}_{CC}$$

(Уравнение 31)

$$\approx \frac{I_{Rcc} + j \cdot \left(I_{eTot} \cdot (1 - K) - I_{eFd} \right)}{U_{ph}}$$

(Уравнение 32)

Сеть с нейтралью, заземленной через высокое активное сопротивление:

$$\underline{Yo} = \underline{Y}_{Bgtot} + \underline{Y}_{Rn}$$

(Уравнение 33)

$$\approx \frac{I_{Rn} + j \cdot \left(I_{eTot} - I_{eFd} \right)}{U_{ph}}$$

(Уравнение 34)

$\underline{Y}_{Bgtot}$	Сумма комплексных проводимостей фазы на землю ($\underline{Y}_{BgA}$, $\underline{Y}_{BgB}$, $\underline{Y}_{BgC}$) параллельной сети
$\underline{Y}_{CC}$	Комплексная проводимость схемы заземления (катушка компенсации и параллельный резистор)
I_{Rcc}	Номинальный ток параллельного резистора
I_{eFd}	Величина тока замыкания на землю защищенного фидера, когда сопротивление в месте повреждения равно 0 Ом
I_{eTot}	Величина тока замыкания на землю сети по некомпенсированной модели, когда Rf = 0 Ом
K	Степень компенсации, K = 1 резонансная, K<1 недостаточная компенсация, K>1 избыточная компенсации
I_{Rn}	Номинальный ток заземляющего резистора нейтрали

В Уравнении 29 показано, что при повреждении на защищенном фидере в незаземленной сети измеренная комплексная проводимость равна комплексной проводимости в параллельной сети. Комплексная проводимость является преимущественно реактивной; небольшая активная часть измеренной комплексной проводимости появляется в результате потерь на утечку параллельной сети. Теоретически измеренная комплексная проводимость находится в первом квадранте на плоскости комплексных проводимостей, вблизи оси im(Yo), см. Рисунок 175.

В Уравнении 31 показано, что при повреждении на защищенном фидере в сети с компенсированной нейтралью измеренная комплексная проводимость равна комплексной проводимости параллельной сети и катушки с параллельным резистором. По сути, степень компенсации определяет мнимую часть измеренной комплексной проводимости, и активная составляющая появляется из-за параллельного резистора катушки и потерь на утечку параллельной сети, а также потерь катушки. Теоретически измеренная комплексная проводимость находится в первом или в четвертом квадранте на плоскости комплексных проводимостей, в зависимости от степени компенсации, смотрите Рисунок 175.



Перед подключением параллельного резистора активная часть измеренной комплексной проводимости возникает из-за потерь на утечку параллельной сети и потерь катушки. Так как обычно эти потери невелики, активная часть может быть недостаточно большой для надежного определения повреждения и направления повреждения на базе измеренной активной проводимости. Поэтому при задании комплексной проводимости в сетях с компенсированной нейтралью необходимо это учитывать, равно как и номинальные параметры и логику параллельного резистора.

В Уравнении 33 показано, что при повреждении на защищенном фидере в сети с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью измеренная комплексная проводимость равна комплексной проводимости параллельной сети и заземляющего резистора нейтрали. По сути, мнимая часть измеренной комплексной проводимости появляется из-за величин емкости фазы относительной земли параллельной сети, а активная часть появляется из-за заземляющего резистора нейтрали и потерь на утечку параллельной сети. Теоретически измеренная комплексная проводимость находится в первом квадранте на плоскости комплексных проводимостей, смотрите Рисунок 175.

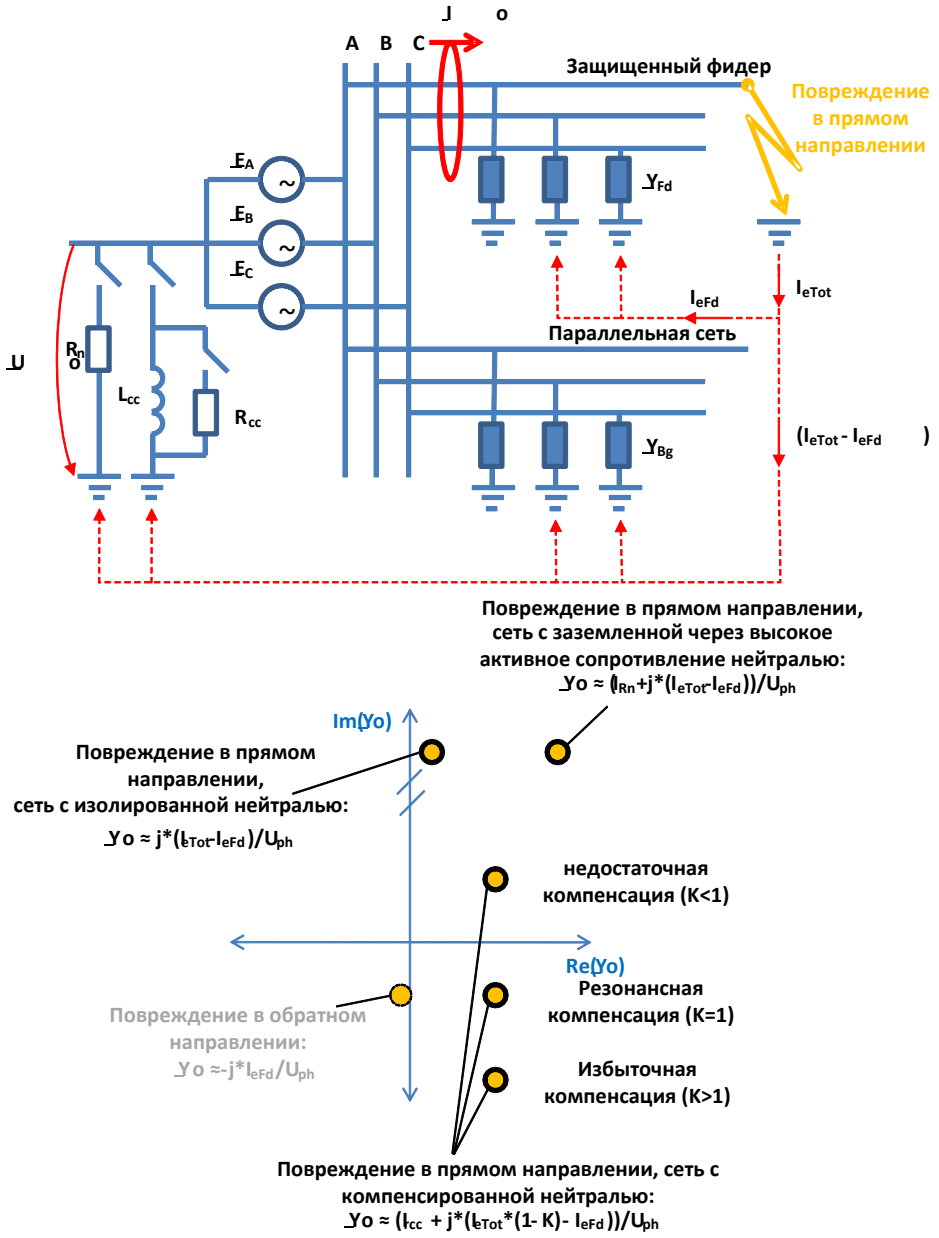


Рис. 175: Расчет комплексной проводимости при повреждении в прямом направлении

В сетях с компенсированной нейтралью, когда сеть является полностью компенсированной, теоретически при повреждении в прямом направлении мнимая часть измеренной комплексной проводимости равна реактивной проводимости защищенного фидера со знаком минус. Следовательно, распознавание направления повреждения (прямое или обратное) должно быть основано на вещественной части измеренной комплексной проводимости, т.е. активной проводимости. Таким образом,

наилучшей селективности можно добиться, когда сеть с компенсированной нейтралью работает либо в режиме с недостаточной компенсацией, либо в режиме с избыточной компенсацией.

Например, в сети мощностью 15 кВ с компенсированной нейтралью величина тока замыкания на землю защищенного фидера составляет 10 А (Rf = 0 Ом), а величина тока в сети равна 100 А (Rf = 0 Ом). При замыкании на землю к катушке по истечении выдержки времени 1,0 с параллельно подключается резистор 15 А. Степень компенсации – избыточная компенсация, K = 1.1.

При замыкании на землю в прямом направлении, т. е. в пределах защищенного фидера, теоретическое значение измеренной комплексной проводимости после подключения параллельного резистора можно рассчитать согласно следующему уравнению:

$$\underline{Y_O} \approx \frac{I_{Rcc} + j \cdot \left(I_{eTot} \cdot (1 - K) - I_{eFd} \right)}{U_{ph}}$$

$$= \frac{15A + j \cdot \left(100A \cdot (1 - 1.1) - 10A \right)}{15kV / \sqrt{3}} \approx (1.73 - j \cdot 2.31) \text{ milliSiemens}$$

(Уравнение 35)

Перед подключением параллельного резистора активная часть измеренной комплексной проводимости возникает из-за потерь на утечку параллельной сети и потерь катушки. Так как обычно эти потери невелики, активная часть может быть недостаточно большой для надежного определения повреждения и направления повреждения на базе измеренной активной проводимости. Поэтому при задании комплексной проводимости необходимо это учитывать, равно как и номинальные параметры и логику параллельного резистора.

Если требуется защита высокой чувствительности, ток нулевой последовательности должен измеряться при помощи кабельного ТТ/ТТ с кольцевым сердечником, то есть, трансформатора Ферранти. Также следует учесть использование чувствительного входа Io. Измерение напряжения нулевой последовательности должно выполняться при помощи трех трансформаторов напряжения с одним изолированным полюсом, соединенных по принципу разомкнутого треугольника.

Знак уставок комплексной проводимости должен учитываться на основе расположения границы характеристик на плоскости комплексной проводимости. Все прямые уставки задаются с положительным знаком, все обратные уставки задаются с отрицательным знаком.

Характеристика срабатывания

После запуска расчета комплексной проводимости рассчитанная комплексная проводимость нейтрали сравнивается с границами характеристик комплексной проводимости на плоскости комплексных проводимостей. Если расчетная комплексная проводимость нейтрали Yo перемещается за пределы характеристики, на таймер посылается разрешающий сигнал.

Функция EFPADM поддерживает широкий диапазон различных характеристик для достижения максимальной гибкости и чувствительности в различных применениях. Основная форма характеристики выбирается при помощи параметров *Режим работы* и *Направленность*. *Режим работы* определяет используемый критерий или критерии срабатывания, а параметр *Направленность* определят включенные для этого режима работы линии разграничения: прямые, обратные или ненаправленные.

Таблица 371: Критерии срабатывания

Режим работы	Описание
Yo	Критерий комплексной проводимости
Bo	Критерий реактивной проводимости
Go	Критерий активной проводимости
Yo, Go	Критерий комплексной проводимости в сочетании с критерием активной проводимости
Yo, Bo	Критерий комплексной проводимости в сочетании с критерием реактивной проводимости
Go, Bo	Критерий активной проводимости в сочетании с критерием реактивной проводимости
Yo, Go, Bo	Критерий комплексной проводимости в сочетании с критериями активной и реактивной проводимости

Уставка *Направленность* может принимать значение "Ненаправленная", "Прямая" и "Обратная".

На Рисунке 176, Рисунке 177 и Рисунке 178 показаны характеристики комплексной проводимости, которые поддерживаются функцией EFPADM, и параметры, соответствующие каждой конкретной характеристике. Наиболее типичные характеристики выделены, и по ним дается подробное объяснение в Главе Характеристики комплексной проводимости нейтрали. Срабатывание происходит, когда расчетная комплексная проводимость нейтрали Yo выходит за пределы характеристики (область срабатывания выделена серым цветом).

Уставки, определяющие характеристику комплексной проводимости, указаны в первичных единицах миллиСименс (мСм). Уравнение для преобразования комплексной проводимости из вторичной в первичную:

$$Y_{pri} = Y_{sec} \cdot \frac{ni_{CT}}{nu_{VT}}$$

(Уравнение 36)

ni_{CT} коэффициент трансформации ТТ по остаточному току Io

nu_{VT} коэффициент трансформации ТН по остаточному напряжению Uo

Пример. Уставка комплексной проводимости во вторичной обмотке – 5,00 мСм. Коэффициент трансформации ТТ – 100/1 А, а коэффициент трансформации ТН – 11547/100 В. Уставку комплексной проводимости в первичной обмотке можно рассчитать.

$$Y_{pri} = 5.00\ milliSiemens \cdot \frac{100/1A}{11547/100V} = 4.33\ milliSiemens$$

(Уравнение 37)

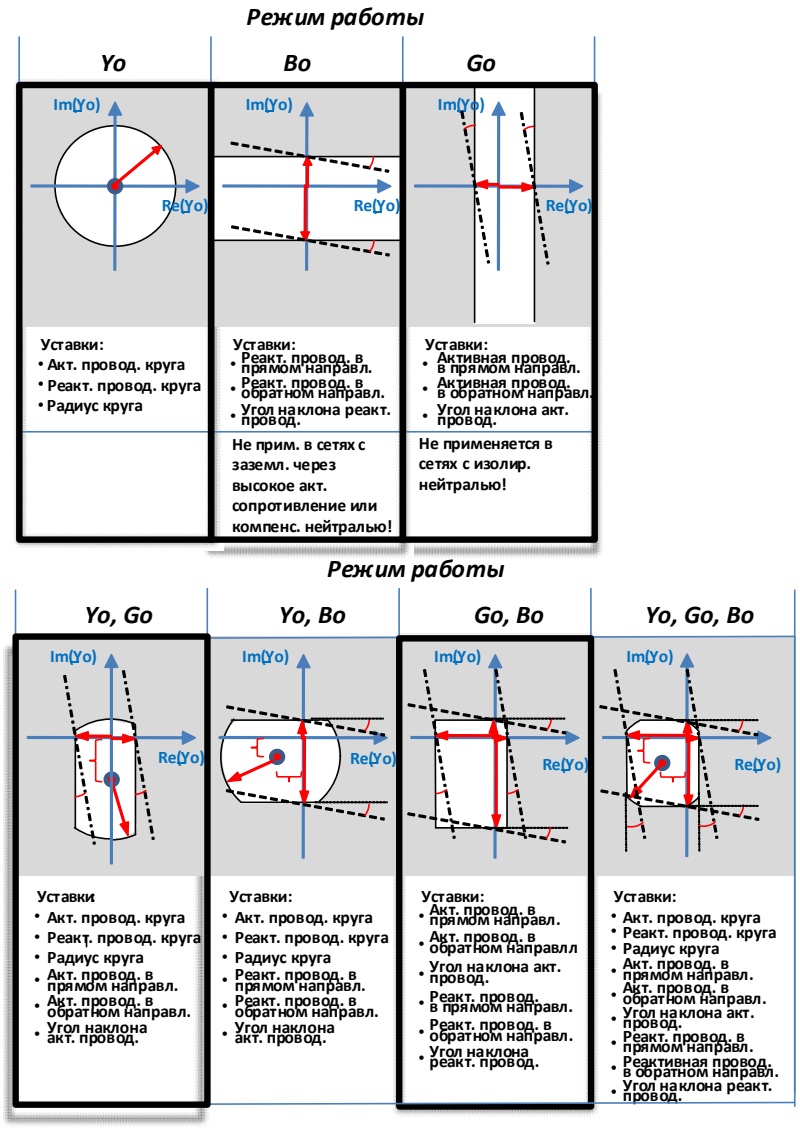


Рис. 176: Характеристика комплексной проводимости с различными режимами работы, когда Направленность = "Ненаправленная"

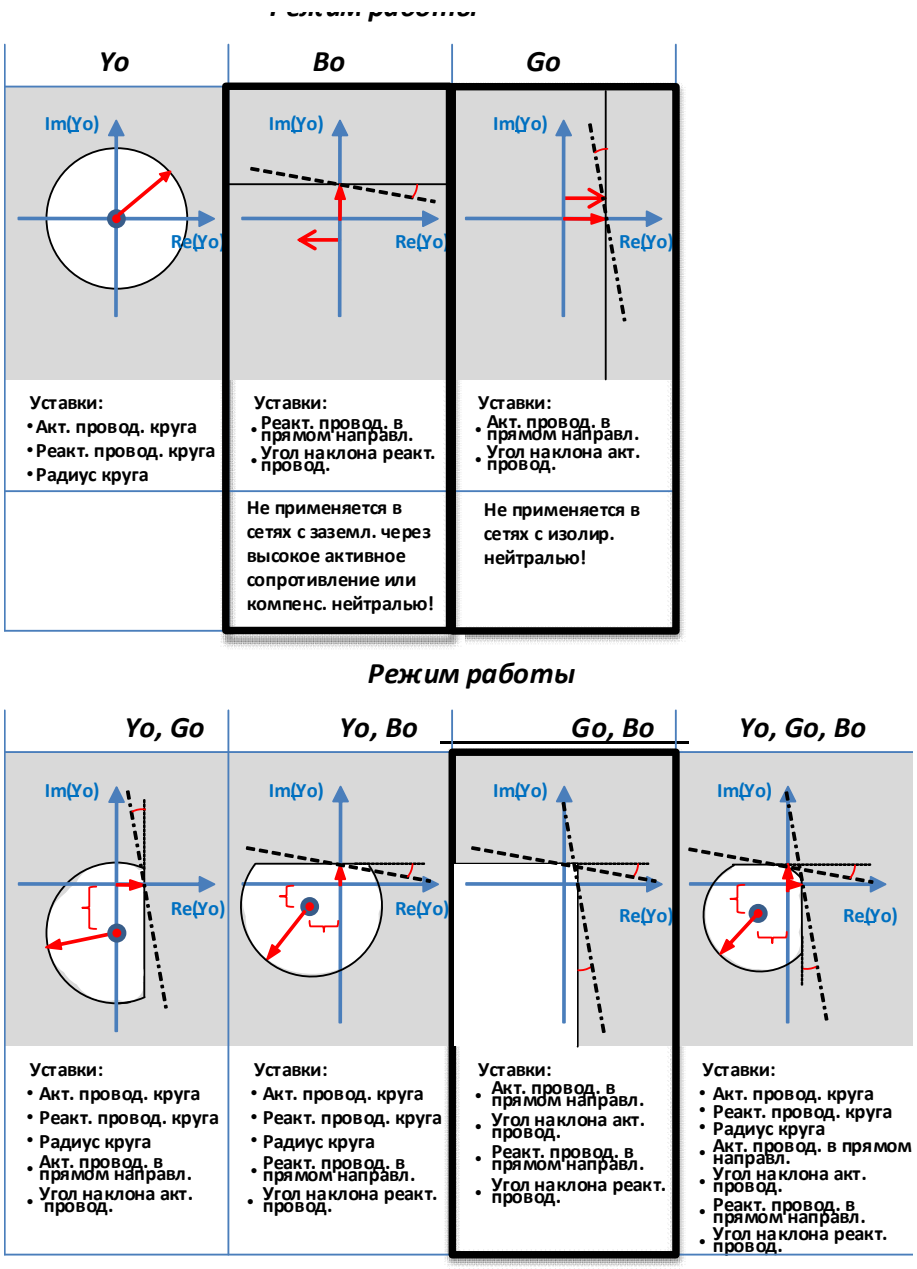


Рис. 177: Характеристика комплексной проводимости с различными режимами работы, когда Направленность = "Прямая"

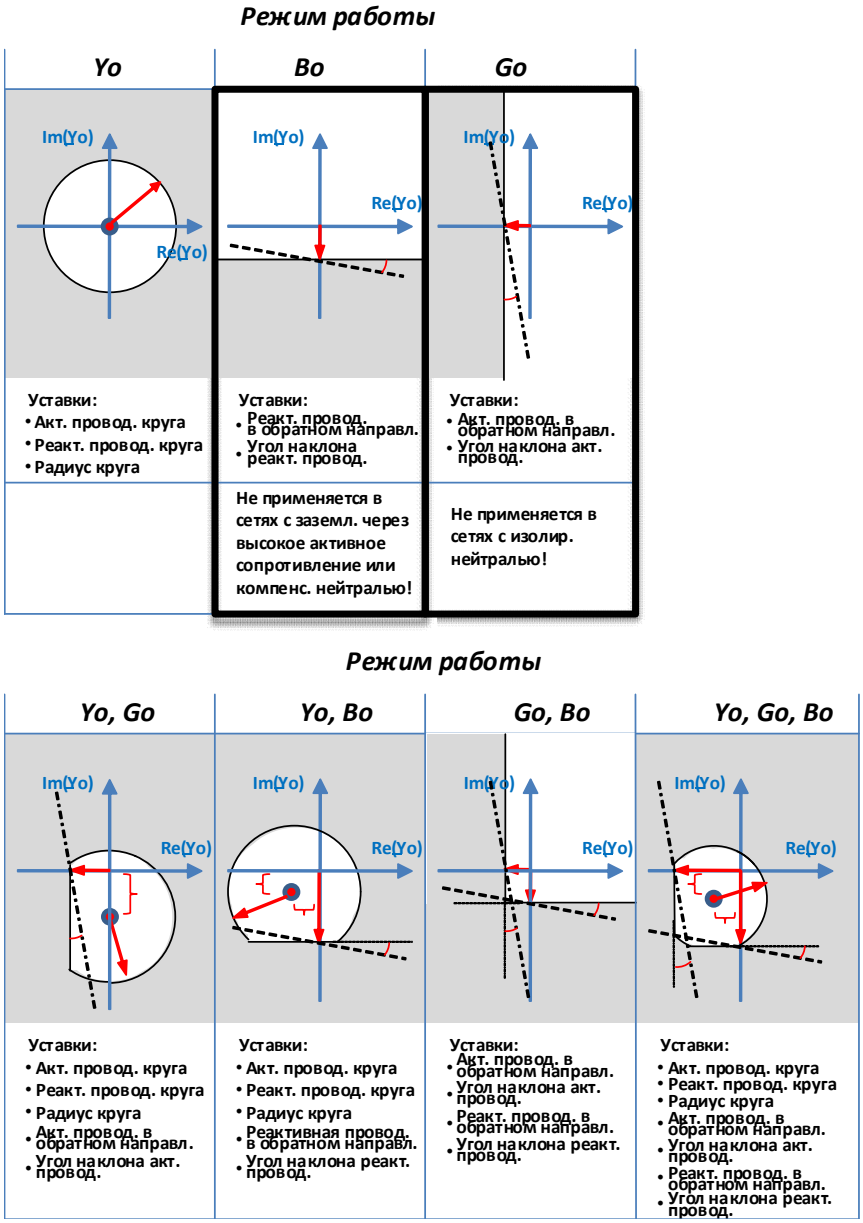


Рис. 178: Характеристика комплексной проводимости с различными режимами работы, когда Направленность = "Обратная"

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *Время срабатывания*, становится активным выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход START

деактивируется. Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами срабатывания осуществляется через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.2.4.5 Характеристики комплексной проводимости нейтрали

Используемая характеристика всегда должна задаваться таким образом, чтобы она охватывала общую комплексную проводимость защищенного фидера с достаточным запасом. Однако принципы более тщательного выбора характеристики зависят от рассматриваемой характеристики.

Уставки, определяющие характеристику комплексной проводимости, указаны в первичных единицах миллиСименс.

Уставки границ действия в прямом и обратном направлении должны задаваться таким образом, чтобы уставка срабатывания в прямом направлении всегда была больше уставки срабатывания в обратном направлении, и между ними должен быть интервал.

Характеристика максимальной комплексной проводимости

Критерий максимальной комплексной проводимости активируется параметром *Режим работы* , который устанавливается в значение "Yo". Характеристика представляет собой круг с радиусом, который определяется уставкой *Радиус круговой диаграммы* . Для повышения гибкости применения центр круга может перемещаться из начала координат при помощи уставок *АктивнПровКруга* и *РеактивнПровКруга* . По умолчанию значение уставок *АктивнПровКруга* и *РеактивнПровКруга* равно 0,0 мСм, т.е. характеристика представляет собой круг с центром в начале координат.

Срабатывание происходит, когда измеренная комплексная проводимость выходит за пределы круга.

Критерий максимальной комплексной проводимости обычно применяется в сетях с изолированной нейтралью, но также может использоваться в сетях с компенсированной нейтралью, особенно в случаях, когда круговая характеристика смещена от начала координат.

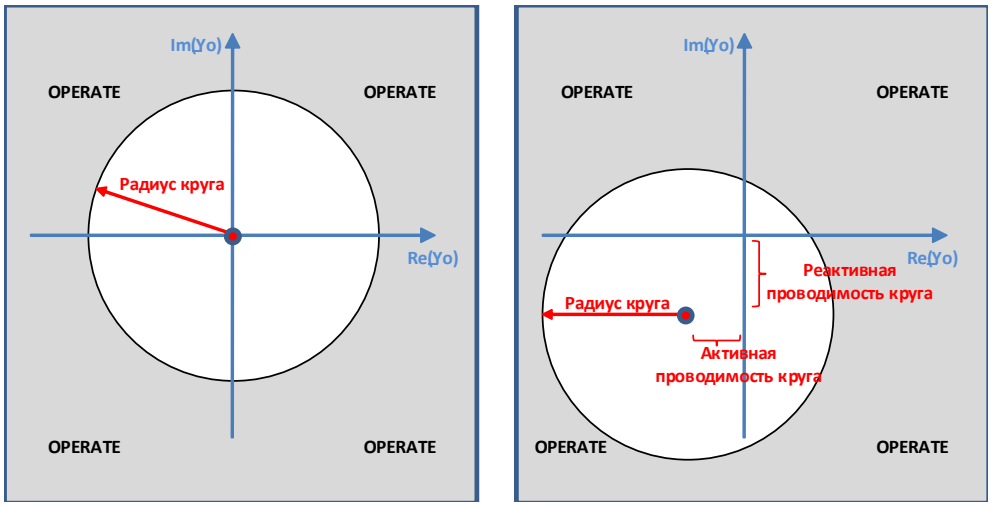


Рис. 179: Характеристика максимальной комплексной проводимости На рисунке слева: классическая круговая характеристика с центром круга в начале координат. На рисунке справа: круговая характеристика комплексной проводимости смещена от начала координат.

Ненаправленная характеристика максимальной активной проводимости

Критерий ненаправленной характеристики максимальной активной проводимости активируется параметром *Режим работы* который устанавливается в значение "Go", и параметром *Направленность* , который устанавливается в значение "Ненаправленная". Характеристика определяется двумя граничными линиями максимальной активной проводимости, которые определяются уставками *АктивнПровВперед* и *АктивнПровНазад* . Для повышения гибкости применения граничные линии могут наклоняться на величину угла, которая определяется уставкой *УголНаклАктПров* . По умолчанию угол наклона равен 0 градусов, т.е. граничная линия на плоскости комплексных проводимостей представляет собой вертикальную линию. Положительное значение наклона позволяет повернуть граничную линию против часовой стрелки от вертикальной оси.

При использовании критерия ненаправленной активной проводимости величина уставки *АктивнПровНазад* должна быть меньше величины уставки *АктивнПровВперед*.

Срабатывание имеет место, когда измеренная комплексная проводимость перемещается за пределы одной из граничных линий.

Критерий ненаправленной максимальной активной проводимости применяется в сетях с нейтралью, заземленной через высокое активное сопротивление, и в сетях с компенсированной нейтралью. Этот критерий не применяется в сетях с изолированной нейтралью.

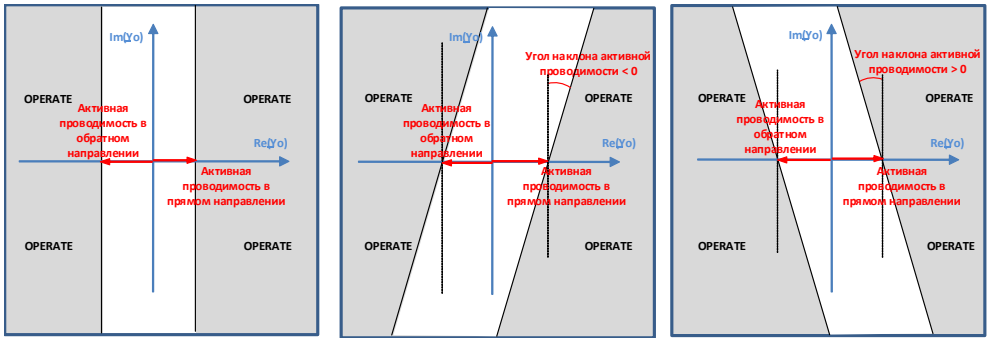


Рис. 180: Ненаправленная характеристика максимальной активной проводимости. На рисунке слева: критерий классической ненаправленной характеристики максимальной активной проводимости. На среднем рисунке: характеристика повернута, угол наклона – отрицательный. На рисунке справа: характеристика повернута, угол наклона - положительный.

Прямонаправленная характеристика максимальной активной проводимости

Критерий прямонаправленной характеристики максимальной активной проводимости активируется параметром *Режим работы* , который устанавливается в значение "Go", и параметром *Направленность* , который устанавливается в значение "Прямая" Характеристика определяется граничной линией максимальной активной проводимости, которая определяется уставкой *АктивнПровВперед* . Для повышения гибкости применения граничная линия может наклоняться, при этом угол наклона определяется уставкой *УголНаклАктПров* . По умолчанию угол наклона равен 0 градусов, т.е. граничная линия на плоскости комплексных проводимостей представляет собой вертикальную линию. Положительное значение наклона позволяет повернуть граничную линию против часовой стрелки от вертикальной оси.

Срабатывание имеет место, когда измеренная комплексная проводимость перемещается за пределы граничной линии.

Критерий прямонаправленной максимальной активной проводимости применяется в сетях с нейтралью заземленной через высокое активное сопротивление и в сетях с

компенсированной нейтралью. Этот критерий не применяется в сетях с изолированной нейтралью.

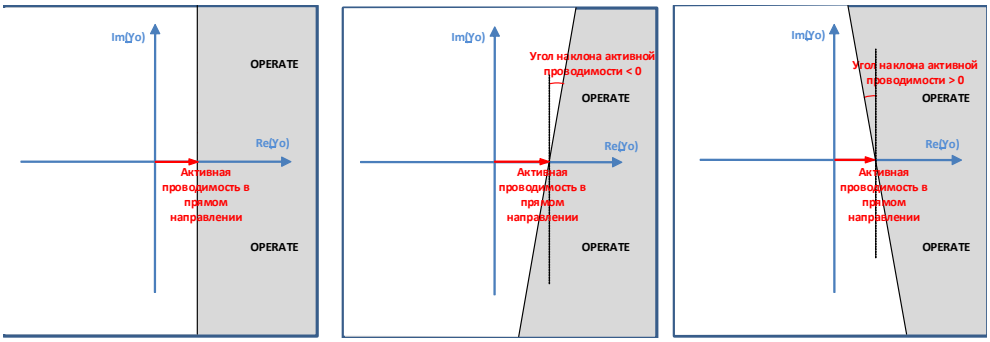


Рис. 181: Прямонаправленная характеристика максимальной активной проводимости. На рисунке слева: критерий классической прямонаправленной максимальной активной проводимости. На среднем рисунке: характеристика наклонена, угол наклона – отрицательный. На рисунке справа: характеристика повернута, угол наклона - положительный.

Прямонаправленная характеристика максимальной реактивной проводимости

Критерий прямонаправленной характеристики максимальной реактивной проводимости активируется параметром *Режим работы* со значением "Во" и параметром *Направленность* со значением "Прямая". Характеристика определяется граничной линией максимальной реактивной проводимости, которая определяется уставкой *РеактПровВперед*. Для повышения гибкости применения граничная линия может наклоняться, при этом угол наклона определяется уставкой *УголНаклРеакПров*. По умолчанию угол наклона равен нулю градусов, то есть, граничная линия на плоскости комплексных проводимостей представляет собой горизонтальную линию. Положительное значение наклона позволяет повернуть граничную линию против часовой стрелки от горизонтальной оси.

Срабатывание имеет место, когда измеренная комплексная проводимость перемещается за пределы граничной линии.



Критерий прямонаправленной максимальной реактивной проводимости применяется в сетях с изолированной нейтралью. Этот критерий нельзя применять в сетях с компенсированной нейтралью.

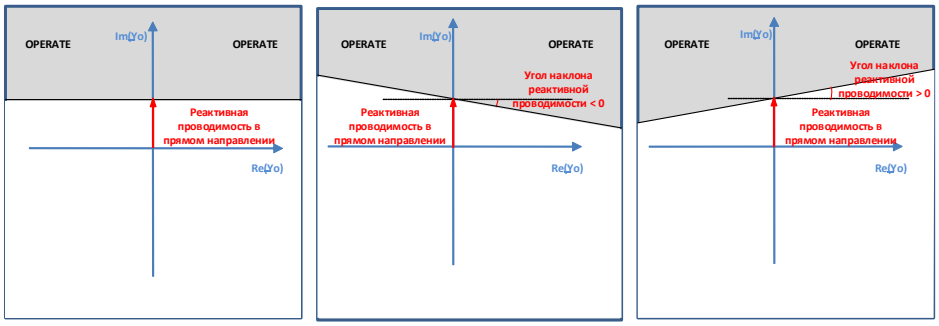


Рис. 182: Прямонаправленная характеристика максимальной реактивной проводимости. На рисунке слева: критерий классической прямонаправленной максимальной реактивной проводимости. На среднем рисунке: характеристика повернута, угол наклона – отрицательный. На рисунке справа: характеристика повернута, угол наклона - положительный.

Комбинированная характеристика максимальной комплексной проводимости и максимальной активной проводимости

Комбинированный критерий максимальной комплексной проводимости и максимальной активной проводимости активируется параметром *Режим работы* который устанавливается в значение "Yo, Go", и параметром *Направленность* , который устанавливается в значение "Ненаправленная". Характеристика представляет собой сочетание круговой характеристики, радиус которой определяется уставкой *Радиус круга* , и двух граничных линий максимальной активной проводимости, определяемых уставками *АктивнПровВперед* и *АктивнПровНазад*. Для повышения гибкости применения центр круговой характеристики может смещаться от начала координат при помощи уставок *АктивнПровКруга* и *РеактивнПровКруга* . Граничные линии можно наклонять на величину угла, определяемую уставкой *УголНаклАктПров* . По умолчанию значения уставок *АктивнПровКруга* и *РеактивнПровКруга* равны 0,0 мСм, а уставки *УголНаклАктПров* равно нулю градусов, то есть характеристика представляет собой комбинацию окружности с центром в начале координат с двумя вертикальными граничными линиями максимальной активной проводимости. Положительное значение уставки *УголНаклАктПров* поворачивает граничные линии против часовой стрелки от вертикальной оси.

При использовании критерия ненаправленной активной проводимости величина уставки *АктивнПровНазад* должна быть меньше величины уставки *АктивнПровВперед*.

Срабатывание происходит, когда измеренная комплексная проводимость выходит за пределы характеристики.

Комбинированный критерий максимальной комплексной проводимости и максимальной активной проводимости применяется в сетях с изолированной

нейтралью, в сетях с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью и в сетях с компенсированной нейтралью, или же в системах, в которых тип заземления нейтрали может временно изменяться при нормальной работе системы, а именно, система с компенсированной нейтралью временно становится системой с изолированной нейтралью.

По сравнению с критерием максимальной комплексной проводимости комбинированная характеристика улучшает чувствительность в сетях с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью и в сетях с компенсированной нейтралью. По сравнению с ненаправленным критерием максимальной активной проводимости комбинированная характеристика позволяет применять эту защиту в сетях с изолированной нейтралью.

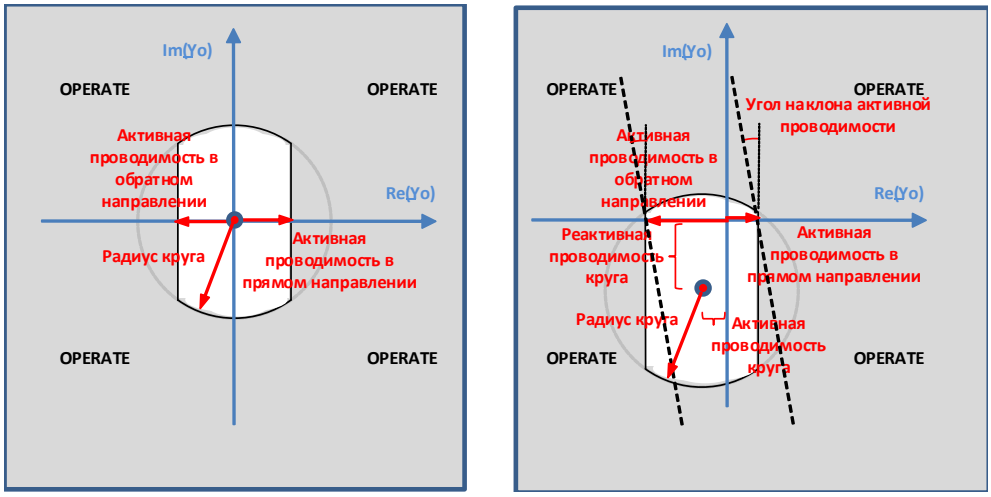


Рис. 183: Комбинированная характеристика максимальной комплексной проводимости и максимальной активной проводимости. На рисунке слева: классическая круговая характеристика с центром в начале координат с двумя граничными линиями максимальной активной проводимости. На рисунке справа: круговая характеристика комплексной проводимости смещена от начала координат.

Комбинированная характеристика максимальной активной проводимости и максимальной реактивной проводимости

Комбинированный критерий максимальной активной проводимости и максимальной реактивной проводимости активируется параметром *Режим работы* который устанавливается в значение "Go, Bo".

Если параметр *Направленность* установлен в значение "Прямая", то характеристика представляет собой комбинацию двух граничных линий, определяемых уставками *АктивнПровВперед* и *РеактПровВперед*. Смотрите Рисунок 184.

Если параметр *Направленность* установлен в значение "Ненаправленная", то характеристика представляет собой комбинацию четырех граничных линий,

определяемых уставками *АктивнПровВперед*, *АктивнПровНазад*, *РеактПровВперед* и *РеактПровНазад*. Смотрите Рисунок 185.

Для повышения гибкости применения граничные линии могут наклоняться на величину угла, которая определяется уставкой *УголНаклАктПров* и *УголНаклРеакПров* . По умолчанию величины углов наклона равны нулю, то есть, граничные линии представляют собой прямые линии на плоскости комплексных проводимостей. При положительном значении уставки *УголНаклАктПров* граничная линия максимальной активной проводимости вращается против часовой стрелки от вертикальной оси. При положительном значении уставки *УголНаклРеакПров* граничная линия максимальной реактивной проводимости вращается против часовой стрелки от горизонтальной оси.

При использовании ненаправленных критериев активной и реактивной проводимости величина уставки *АктивнПровНазад* должна быть меньше величины уставки *АктивнПровВперед* , уставка *РеактПровНазад* должна быть меньше величины уставки *РеактПровВперед*.

Срабатывание происходит, когда измеренная комплексная проводимость выходит за пределы характеристики.

Комбинированный критерий максимальной активной и максимальной реактивной проводимости применяется в сетях с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью, в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с компенсированной нейтралью, или же в системах, в которых тип заземления нейтрали может временно изменяться при нормальной работе системы, а именно, система с компенсированной нейтралью временно становится системой с изолированной нейтралью.

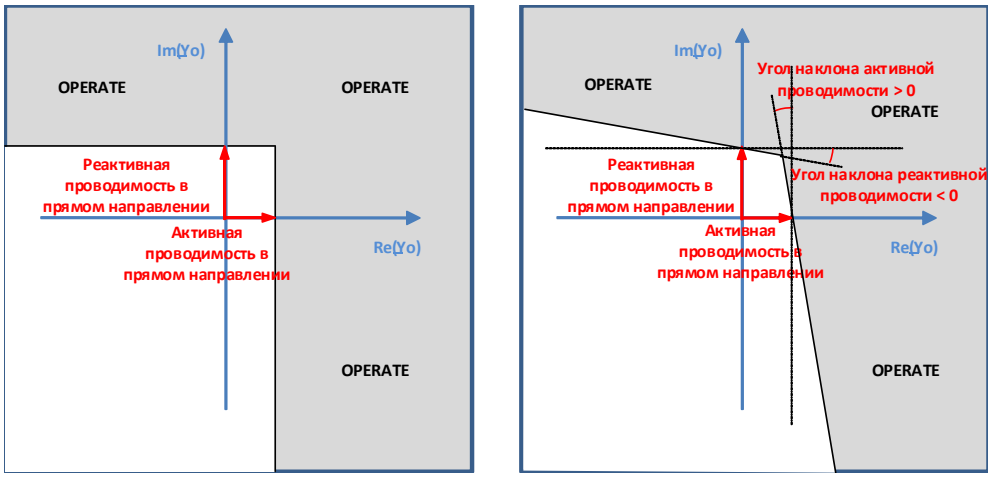


Рис. 184: *Комбинированная прямонаправленная характеристика максимальной активной проводимости и прямонаправленная характеристика максимальной реактивной проводимости. На рисунке слева: уставки УголНаклАктПров и УголНаклРеакПров равны нулю градусов. На рисунке справа: уставка УголНаклАктПров > 0 градусов, а уставка УголНаклРеакПров < 0 градусов.*

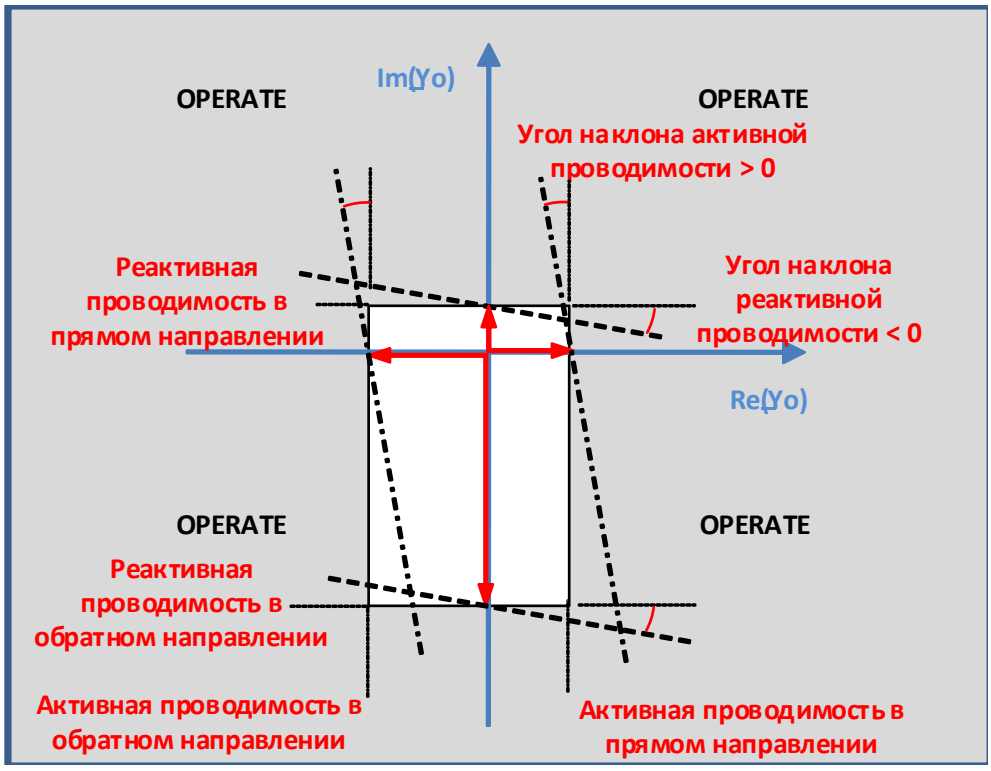


Рис. 185: *Комбинированная ненаправленная характеристика максимальной активной проводимости и ненаправленная характеристика максимальной реактивной проводимости*

Ненаправленная характеристика максимальной активной проводимости и ненаправленная характеристика максимальной реактивной проводимости обеспечивает хорошую чувствительность и селективность, когда характеристика задана так, чтобы она охватывала общую комплексную проводимость защищенного фидера с достаточным запасом.

Знак уставок комплексной проводимости должен учитываться на основе расположения границы характеристик на плоскости комплексной проводимости. Все прямые уставки задаются с положительным знаком, все обратные уставки задаются с отрицательным знаком.

4.2.4.6 Применение

Защита от замыканий на землю на основе комплексной проводимости представляет собой селективную защиту от замыканий на землю в сетях с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью, в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с компенсированной нейтралью. Она может применяться для защиты воздушных линий, а также для защиты подземных кабелей. Она может использоваться в качестве альтернативы традиционным защитам от замыканий на землю на базе контроля тока нулевой последовательности (например, режим IoCos) функции DEFxPDEF. Основные преимущества функции EFPADM заключаются в разнообразии применений, хорошей чувствительности и простых критериях задания уставок.

Условия повышенного напряжения нулевой последовательности используется как условие пуска для защиты от замыканий на землю на основе контроля комплексной проводимости. Когда напряжение нулевой последовательности превышает заданное предельное значение уставки *Пусковое знач. напряжения*, обнаруживается замыкание на землю, и запускается расчет комплексной проводимости нейтрали. Для обеспечения высокой надежности несрабатывания защиты, т. е. во избежание непредусмотренных пусков, уставка *Пусковое знач. напряжения* должна устанавливаться в значение, которое выше самого высокого значения напряжения нулевой последовательности Uo при нормальной работе системы, с достаточным запасом. Здесь должны учитываться все рабочие условия, а также изменения конфигурации сети. В системах с изолированной нейтралью напряжение Uo в нормальном рабочем состоянии обычно составляет менее 1%×Uфазн (Uфазн = нормальное напряжение фазы на землю). В сетях с компенсированной нейтралью напряжение Uo в нормальном рабочем состоянии может достигать величины до 30%×Uфазн, если сеть включает в себя большие участки воздушных линий без транспозиции фаз. Обычно самое высокое значение Uo бывает в случае,

когда катушка компенсации настроена на резонанс, и когда не подключен шунтирующий резистор катушки.

Пусковое условие по напряжению нулевой последовательности для защиты по комплексной проводимости включает принцип многоступенчатой защиты. Например, один экземпляр функции EFPADM может использоваться для аварийной сигнализации для обнаружения повреждений с высоким активным сопротивлением в месте повреждения при относительно небольшом значении уставки *Напряжение пуска* . Другой экземпляр функции EFPADM может устанавливаться на срабатывание с меньшей чувствительностью, для чего выбирается более высокое значение уставки *Напряжение пуска* чем для экземпляра (ступени), предназначенного для аварийной сигнализации.

Для использования защиты от замыканий на землю на основе контроля комплексной проводимости требуются, как минимум, следующие данные о сети:

- Метод заземления нейтрали
- Максимальное значение Uo в нормальном рабочем состоянии
- Максимальный ток замыканий на землю защищенного фидера, при напряжении в месте повреждения Rf = нулю Ом
- Максимальный некомпенсированный ток замыкания на землю системы (Rf = 0 Ом)
- Номинальный ток параллельного резистора катушки (схема наложения активного тока) в сети с компенсированной нейтралью
- Номинальный ток заземляющего резистора нейтрали в системах с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью
- Сведения о величине Uo как функции активного сопротивления в месте повреждения для подтверждения соответствия чувствительности защиты с точки зрения активного сопротивления в месте повреждения

На Рисунке 186 показано влияние активного сопротивления в месте повреждения на величину напряжения нулевой последовательности в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с компенсированной нейтралью. Такая информация необходима для проверки правильности величины уставки *Напряжение пуска* , что позволяет выполнить требования по чувствительности в отношении активного сопротивления в месте замыкания.

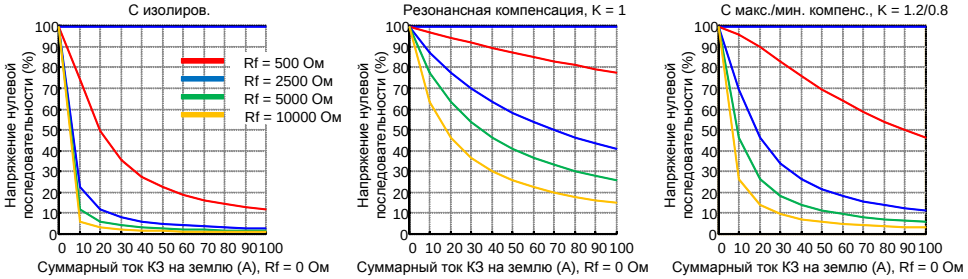


Рис. 186: Влияние сопротивления в месте повреждения на величину остаточного напряжения в сетях с незаземленной и компенсированной нейтралью мощностью 10 кВ. Предполагается, что сопротивление утечки в 30 раз превышает абсолютное значение емкостного реактивного сопротивления сети. Предполагается, что шунтирующий резистор катушки компенсации отключен.

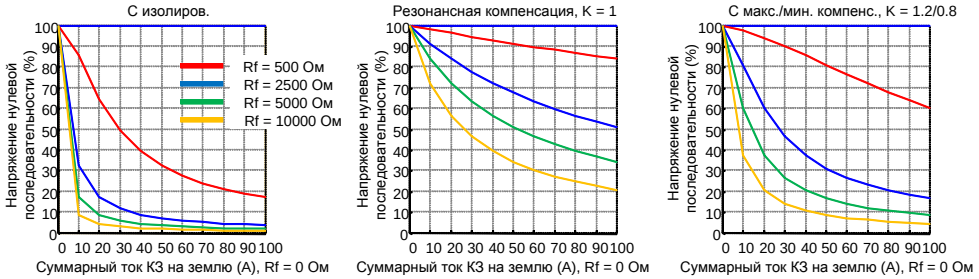


Рис. 187: Влияние сопротивления в месте повреждения на величину остаточного напряжения в сетях с незаземленной и компенсированной нейтралью мощностью 15 кВ. Предполагается, что сопротивление утечки в 30 раз превышает абсолютное значение емкостного реактивного сопротивления сети. Предполагается, что шунтирующий резистор катушки компенсации отключен.

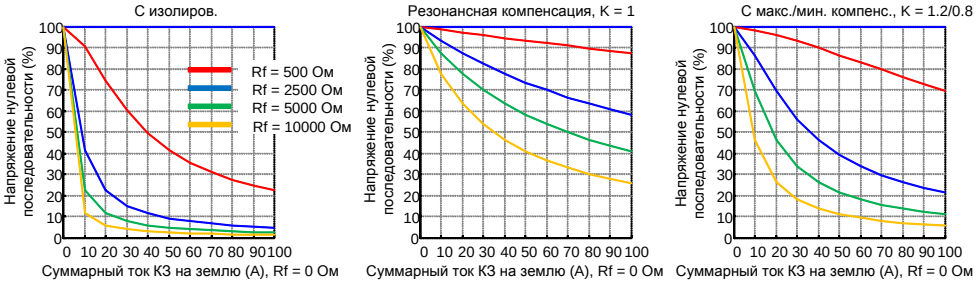


Рис. 188: *Влияние сопротивления в месте повреждения на величину остаточного напряжения в сетях с незаземленной и компенсированной нейтралью мощностью 20 кВ. Предполагается, что сопротивление утечки в 30 раз превышает абсолютное значение емкостного реактивного сопротивления сети. Предполагается, что шунтирующий резистор катушки компенсации отключен.*

Пример

В сети 15 кВ, 50 Гц с компенсированной нейтралью максимальное значение Uo при неповрежденном состоянии составляет 10%×Uфазн. Максимальный ток замыкания на землю системы составляет 100 А. Максимальный ток замыкания на землю защищенного фидера составляет 10 А (Rf = 0 Ом). В применяемой схеме наложения активного тока используется резистор 15 А (на 15 кВ), который во время повреждения подключается параллельно катушке по истечении выдержки времени 1,0 с.

Решение: В качестве пускового условия защиты от замыканий на землю на основе контроля комплексной проводимости используется внутреннее условие по напряжению нулевой последовательности EFPADM. Уставка *Пусковое знач. напряжения* должна устанавливаться в значение, превышающее максимальный уровень без повреждения Uo, 10%×Uфазн. с достаточным запасом.

Пусковое знач. напряжения = 0,15 × Uном

Согласно Рисунку 187, это значение обеспечивает чувствительность, соответствующую, по меньшей мере, сопротивлению в месте повреждения 2000 Ом, когда степень компенсации изменяется в диапазоне 80% – 120%. Самая большая степень чувствительности достигается тогда, когда степень компенсации близка к полному резонансу.

Ток замыкания на землю 10 А можно преобразовать в комплексную проводимость.

$$\underline{Y}_{Fdtot} = \frac{10A}{15kV/\sqrt{3}} \approx j \cdot 1.15 \text{ mS}$$

(Уравнение 38)

Ток параллельного резистора 15 A можно преобразовать в комплексную проводимость.

$$G_{cc} = \frac{15A}{15kV/\sqrt{3}} \approx 1.73 \text{ mS}$$

(Уравнение 39)

Согласно Уравнению 26 при внешнем замыкании функция EFPADM измеряет следующую комплексную проводимость:

$$\underline{Yo} = -\underline{Y}_{Fdtot} \approx -j \cdot 1.15 \text{ mS}$$

(Уравнение 40)

Согласно Уравнению 29, при внутреннем повреждении функция EFPADM измеряет комплексную проводимость после подключения параллельного резистора:

$$\underline{Yo} = \underline{Y}_{Bgtot} + \underline{Y}_{CC} \approx \left(1.73 + j \cdot B\right) \text{ mS}$$

(Уравнение 41)

Где мнимая часть комплексной проводимости B зависит от настройки катушки (степень компенсации).

Характеристика комплексной проводимости выбирается таким образом, чтобы она представляла собой комбинированную характеристику максимальной активной и максимальной реактивной проводимости (характеристика "Коробка") с четырьмя граничными линиями:

Режим работы = "Go, Bo"

Направленность = "Ненаправленная"

Характеристика комплексной проводимости устанавливается таким образом, чтобы характеристика комплексной проводимости охватывала полную комплексную проводимость защищенного фидера с достаточным запасом, см. Рисунке 189. Можно использовать различные группы уставок, чтобы адаптировать настройки защиты к различным фидерам и конфигурациям сети.

Активная проводимость в прямом направлении

Этот параметр следует устанавливать на основе значения параллельного резистора катушки. Необходимо задавать значение, меньшее проводимости параллельного резистора, чтобы обеспечить независимую работу. Выбранное значение должно сдвигать линию границы от начала координат, чтобы включить некоторый запас для точки срабатывания по комплексной проводимости в связи с ошибками TT/TH, когда повреждение расположено вне фидера.

АктивнПровВперед: 15 А/(15 кВ/sqrt(3)) * 0,2 = +0,35 мСм соответствует 3,0 А (при 15 кВ). Выбранное значение обеспечивает запас с учетом также влияния ошибок ТТ/ТН в случае наружных повреждений.

В случае меньшего номинального значения параллельного резистора, например 5 А (при 15 кВ), рекомендуемый защитный запас должен быть больше, например 0,7, чтобы можно было получить достаточный запас для ошибок ТТ/ТН.

РеактПровВперед

По умолчанию эта уставка должна основываться на минимальном токе срабатывания 1 А.

РеактПровВперед: 1 А/(15 кВ/sqrt(3)) = +0,1 мСм

РеактПровНазад

Эта уставка должна задаваться на основе значения максимального тока КЗ на землю, возникающего в фидере (с учетом возможных изменений топологии фидера) с безопасным запасом. Это гарантирует, что точка срабатывания по комплексной проводимости остается внутри характеристики "Коробка" во время внешнего повреждения. Рекомендуемый безопасный запас не должен быть меньшее 1,5.

РеактПровНазад: - (10 А * 1,5)/ (15 кВ/sqrt(3)) = -1,73 мСм

АктивнПровНазад

Эта уставка используется для завершения ненаправленных характеристик путем закрытия характеристики "Коробка". Для сохранения разумной формы характеристики и обеспечение достаточного запаса для точки срабатывания по комплексной проводимости во время внешнего повреждения рекомендуется использовать такое же значение, как и для уставки РеактПровНазад.

АктивнПровНазад = -1,73 мСм

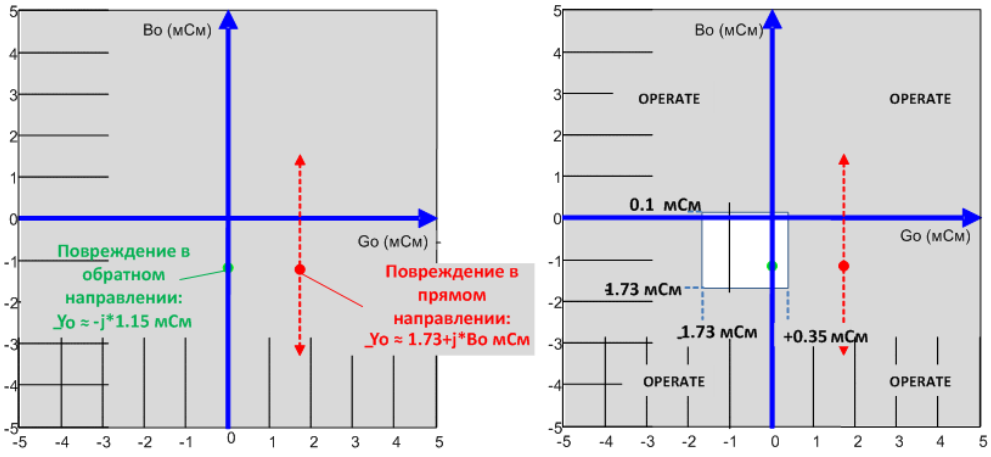


Рис. 189: Значения комплексной проводимости, указанные в примере

4.2.4.7 Сигналы

Таблица 372: Входные сигналы функции EFPADM

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
3Uo	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
RELEASE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Внешнее разрешение работы защиты по проводимости нейтрали

Таблица 373: Выходные сигналы функции EFPADM

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.2.4.8 Уставки

Таблица 374: Групповые уставки функции EFPADM (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Напряжение пуска	0.01...2.00	xUn	0.01	0.15	Напряжение пуска
Направленность	1 = Ненаправленная 2 = Прямая 3 = Обратная			2 = Прямая	Режим направленности
Рабочий режим	1=Yo 2=Go 3=Bo 4=Yo, Go 5=Yo, Bo 6=Go, Bo 7=Yo, Go, Bo			1=Yo	Критерии срабатывания
Время срабатывания	60...200000	мс	10	60	Время срабатывания
Радиус круга	0.05...500.00	мСм	0.01	1.00	Радиус окружности полной проводимости
АктивнПровКруга	-500,00...500,00	мСм	0.01	0.00	Середина круговой диаграммы полной проводимости, активная проводимость
РеактивнПровКруга	-500,00...500,00	мСм	0.01	0.00	Средняя точка окружности полной проводимости, реактивная проводимость
АктивнПровВперед	-500,00...500,00	мСм	0.01	1.00	Пороговое значение активной проводимости в прямом направлении
АктивнПровНазад	-500,00...500,00	мСм	0.01	-1,00	Пороговое значение активной проводимости в обратном направлении
РеактПровВперед	-500,00...500,00	мСм	0.01	1.00	Пороговое значение реактивной проводимости в прямом направлении
РеактПровНазад	-500,00...500,00	мСм	0.01	-1,00	Пороговое значение реактивной проводимости в обратном направлении

Таблица 375: Групповые уставки функции EFPADM (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
УголНаклАктПров	-30...30	град.	1	0	Угол наклона граничной линии активной проводимости
УголНаклРеакПров	-30...30	град.	1	0	Угол наклона граничной линии реактивной проводимости

Таблица 376: Общие уставки функции EFPADM (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 377: Общие уставки функции EFPADM (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
РежимРасчПроводимости	1=Обычный 2=Дельта			1=Обычный	Режим расчета полной проводимости
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Поворот опорной (поляризующей) величины
Мин рабочий ток	0.01...1.00	xIn	0.01	0.01	Минимальный рабочий ток
Мин рабочее напряж	0.01...1.00	xUn	0.01	0.01	Минимальное рабочее напряжение
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io
Выбор сигнала 3Uo	1=Измеренное 3Uo 2=Расчетное 3Uo			1=Измеренное 3Uo	Выбор используемого сигнала 3Uo

4.2.4.9 Контролируемые данные

Таблица 378: Контролируемые данные функции EFPADM

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
FAULT_DIR	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Направленность повреждения
COND_RES	FLOAT32	-1000,00...1000,00	мСм	Действительная часть вычисленной проводимости нейтрали
SUS_RES	FLOAT32	-1000,00...1000,00	мСм	Мнимая часть вычисленной проводимости нейтрали
EFPADM	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.4.10 Технические данные

Таблица 379: Технические данные EFPADM

Характеристика	Значение		
Погрешность срабатывания[1)]	При частоте f = $f_{ном}$		
	±1,0 % или ±0,01 мСм (в диапазоне 0,5...100 мСм)		
Время пуска[2)]	Мин.	Типов.	Макс.
	56 мс	60 мс	64 мс
Время возврата	40 мс		
Погрешность времени срабатывания	± 1,0 % уставки или ± 20 мс		
Подавление гармоник	-50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5,…		

1) Uo = 1,0 × Uном.
2) Включает задержку срабатывания выходного сигнального контакта, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений

4.2.4.11 Данные о технических изменениях

Таблица 380: Данные о технических изменениях функции EFPADM

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Изменение диапазона значений и значения по умолчанию параметра *Пусковое знач. напряжения*.
D	Внутреннее улучшение.
E	Внутреннее улучшение.

4.2.5 Защита от замыканий на землю на базе контроля высших гармоник HAEFPTOC

4.2.5.1 Обозначение

Описание	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от замыканий на землю на базе контроля высших гармоник	HAEFPTOC	Io>HA	51NHA

4.2.5.2 Функциональный блок

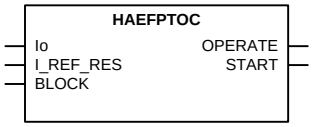


Рис. 190: Функциональный блок

4.2.5.3 Функциональные возможности

Функция защиты от замыканий на землю с контролем тока высших гармоник HAEFPTOC используется вместо традиционной защиты от замыканий на землю в компенсированных сетях, в которых в результате компенсации в токе замыкания на землю содержится небольшое количество тока основной гармоники.

По умолчанию HAEFPTOC используется в автономном режиме. Возможность применения на подстанции обеспечивается применением горизонтальной связи, когда обнаружение неисправного фидера осуществляется при помощи сравнения измерений гармонических составляющих в токе замыкания на землю всех фидеров.

Запуск функции осуществляется при превышении уровня, заданного для величины гармонической составляющей в токе замыкания на землю. Характеристика срабатывания для функции может иметь независимую (DT) либо обратнозависимую (IDMT) выдержку времени. Если для обмена значениями тока между устройствами релейной защиты используется горизонтальная связь, функция работает в соответствии с характеристикой DT.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.2.5.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции HAEFPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.



Рис. 191: Функциональная схема

Модуль расчета гармоник

Этот модуль подает измеренный ток нулевой последовательности на фильтр верхних частот, диапазон пуска которого ограничен значением, в два раза превышающим промышленную частоту сети (например, в сети 50 Гц частота отстройки будет 100 Гц), т.е. сумму гармонических составляющих сети, начиная со второй гармоники. На выходе фильтра – т.н. ток высших гармоник - подается в блок сравнения и модуль сравнения токов.

Гармоники в токе I_HARM_RES отображаются в окне контролируемых данных. Это значение также передается по горизонтальной связи на другие устройства релейной защиты на параллельных фидерах, предусмотренных в схеме защиты.

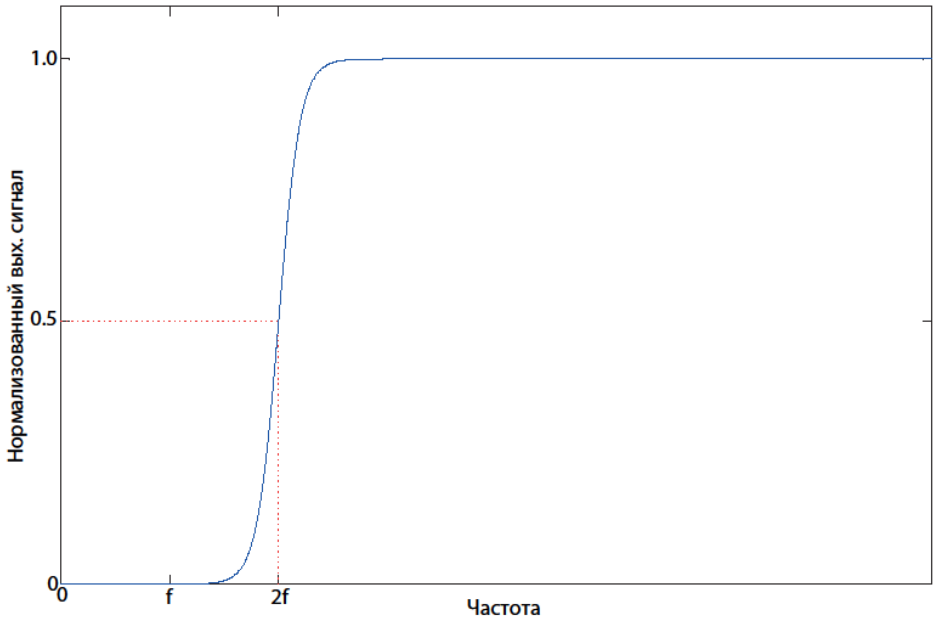


Рис. 192: Фильтр верхних частот

Блок сравнения

Ток высших гармоник сравнивается с уставкой *Пусковое значение* . Если значение тока высших гармоник превышает уставку *Пусковое значение* , блок сравнения посылает сигнал на включение таймера.

Модуль сравнения токов

Максимальный ток высших гармоник из всех параллельных фидеров, установленных на подстанции, т.е. на одной шине, подается в защиту через вход `I_REF_RES`. Если ток высших гармоник, измеренный местным устройством, больше `I_REF_RES`, то подается сигнал на включение таймера.

Если ток высших гармоник, измеренный местным устройством, меньше `I_REF_RES`, повреждение находится не в этом фидере. При обнаружении повреждения таймер блокируется внутренним сигналом, и одновременно с этим активируется выход `BLKD_I_REF`.

Этот модуль также контролирует канал связи и посылает отчет на таймер.

Таймер

Выход `START` становится активным, когда блок сравнения посылает пусковой сигнал. Функциональные возможности и характеристика срабатывания зависят от выбранной уставки параметра *Опорное значение* .

Таблица 381: Уставки параметра "Опорное значение"

Опорное значение		Функциональные возможности
Автономный режим		В автономном режиме характеристика срабатывания имеет тип DT или IDMT, в зависимости от значения уставки *Характеристика срабатывания*. После того как таймер достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.
Использовать опорное значение	Связь действует	При использовании горизонтальной связи функция обязательно использует характеристики срабатывания с независимой выдержкой времени. После того как таймер срабатывания достигнет значения уставки *Мин время срабат* при активном сигнале на включение от модуля сравнения токов, активируется сигнал OPERATE.
	Связь не действует	Функция работает как в автономном режиме.

Уставка *Опорное значение* вынуждает функцию срабатывать с независимой выдержкой времени, когда задана уставка параметра *Мин время срабат* .

Если по какой-либо причине происходит сбой связи, функция переключается на использование параметра *Тип кривой срабат.* , и если выбрана независимая выдержка времени (DT), используется уставка *Время срабатывания* . Если выбрана инверсная характеристика (IDMT), то время срабатывания соответствует выбранной характеристике, а уставка *Мин время срабат* используется для ограничения слишком короткого времени срабатывания.

В случае сбоя связи длительность пуска может существенно меняться в зависимости от уставок, заданных пользователем.

При выборе характеристики IDMT, программируемой пользователем, характеристики срабатывания определяются параметрами *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E* .

При возникновении ситуации возврата, т.е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Действие таймера при возврате зависит от сочетания параметров *Тип кривой срабат.*, *Тип кривой возврата* и *Время возврата* . Если же выбрана характеристика с независимой выдержкой времени, то таймер возврата будет работать до истечения заданного времени уставки *Время возврата* . При выборе характеристик IDMT параметр *Тип кривой возврата* можно установить в значение "Мгновенная", "Независимая" или "Инверсная". Характеристика возврата "Мгновенная" обеспечивает моментальный возврат. Если же тип характеристики возврата - "Независимая", то время возврата зависит от уставки *Время возврата* . Если

тип характеристики возврата - "Инверсная", то время возврата зависит от величины тока в течение ситуации возврата. Если возврат будет продолжаться, таймер возврата сбрасывается, а выход START блокируется.



Выбор инверсной характеристики возврата поддерживается только для ANSI характеристик или для обратнозависимых характеристик, программируемых пользователем. Если же выбирается другой тип характеристики срабатывания, то в такой ситуации возврат производится моментально.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования времени срабатывания и возврата характеристики IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное возможное время срабатывания характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.



Уставка *Мин время срабат* должна использоваться с большой осторожностью, поскольку время срабатывания зависит от характеристики IDMT, но не может быть меньше значения уставки *Мин время срабат* . Более подробные данные об этом можно найти в разделе Характеристики IDMT для максимальной токовой защиты.

Таймер рассчитывает длительность пуска START_DUR, которая указывает на процентное отношение условия пуска к уставке времени срабатывания и может быть независимой (DT) либо обратнозависимой (IDMT). Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Более подробные данные можно найти в разделе Общие свойства функционального блока.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами срабатывания осуществляется через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.2.5.5 Применение

При замыкании на землю функция HAEFPTOC рассчитывает максимальный ток для фидера. Полученное значение передается через аналоговую службу GOOSE на другие устройства релейной защиты, подключенные к шине подстанции. Все значения, полученные через аналоговую службу GOOSE, с помощью функции MAX сравниваются на уровне конфигурации для определения максимального значения. Это максимальное значение направляется обратно в функцию HAEFPTOC как входной сигнал I_REF_RES. Функция HAEFPTOC срабатывает, если I_REF_RES будет ниже измеренного тока гармоники на локальном конце. Работа функции HAEFPTOC блокируется, если значение I_REF_RES превышает локальный ток.

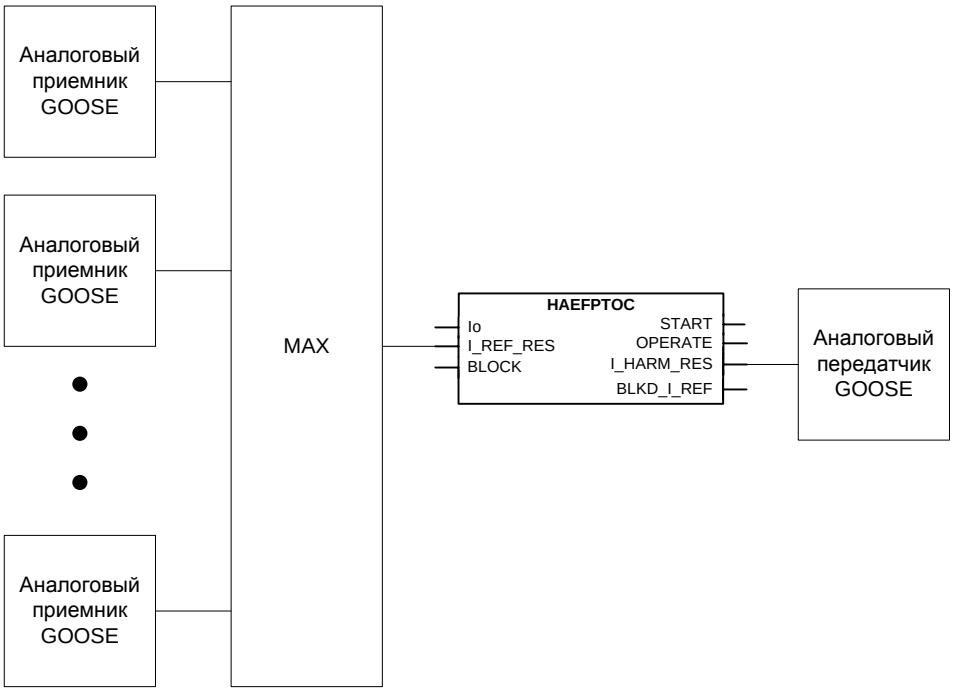


Рис. 193: Схема защиты на базе аналоговой связи GOOSE с тремя аналоговыми приемниками GOOSE

4.2.5.6 Сигналы

Таблица 382: Входные сигналы функции HAEFPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
I_REF_RES	FLOAT32	0,0	Опорный ток

Таблица 383: Выходные сигналы функции HAEFPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.2.5.7 Уставки

Таблица 384: Групповые уставки функции HAEFPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.05...5.00	xIn	0.01	0.10	Пусковое значение
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	100...200000	мс	10	600	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5 = ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 385: Групповые уставки функции HAEFPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	100...200000	мс	10	500	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата
Опорное значение	0=Нет 1=Да			0=Нет	Разрешение использования опорного тока других ИЭУ вместо своего

Таблица 386: Общие уставки функции HAEFPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 387: Общие уставки функции HAEFPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата

4.2.5.8 Контролируемые данные

Таблица 388: Контролируемые данные функции HAEFPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
I_HARM_RES	FLOAT32	0.0...30000.0	A	Расчетный ток гармоник
BLKD_I_REF	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Индикатор состояния сравнения токов
HAEFPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.5.9 Технические данные

Таблица 389: Технические данные HAEFPTOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	± 5 % уставки или ± 0,004 × $I_{ном}$
Время запуска 1)2)	Типовое: 77 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени 3)	±5,0% уставки или ±20 мс
Подавление гармоник	-50 дБ при f = $f_{ном}$
	-3 дБ при f = 13 × $f_{ном}$

1) Ток частоты основной гармоники = 1,0 × $I_{ном}$, гармоники в токе до повреждения = 0,0 × I_n, гармоники в токе повреждения 2,0 × *Пусковое значение*, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Макс. *Пусковое значение* = 2,5 × I_n, *Пусковое значение* диапазон кратности 2...20

4.2.5.10 Данные о технических изменениях

Таблица 390: Данные о технических изменениях функции HAEFPTOC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Внутреннее улучшение.

4.2.6 Защита от замыканий на землю на базе контроля активной мощности WPWDE

4.2.6.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от замыканий на землю с контролем активной мощности	WPWDE	Po> ->	32N

4.2.6.2 Функциональный блок

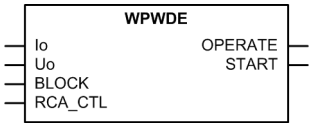


Рис. 194: Функциональный блок

4.2.6.3 Функциональные возможности

Ваттметрическая защита от замыканий на землю WPWDE может использоваться для обнаружения замыканий на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью (с заземлением нейтрали через катушку Петерсена) или в сетях с заземленной через высокое полное сопротивление нейтралью. Эта функция может использоваться в качестве решения, альтернативного традиционным защитам от замыканий на землю на базе контроля тока нулевой последовательности, например, режима IoCos направленной защиты от замыканий на землю DEFxPDEF.

Функция WPWDE производит измерение мощности замыкания на землю 3UoIoCosφ и выдает сигнал срабатывания, когда ток нулевой последовательности Io, напряжение нулевой последовательности Uo и мощность замыкания на землю превысят предельное значение, при этом угол (φ) между током нулевой последовательности и напряжением нулевой последовательности находится в пределах заданного сектора срабатывания, т. е. сектора срабатывания в прямом или обратном направлении.

Характеристика срабатывания может выбираться как независимая выдержка времени (DT) или как специальная обратнозависимая характеристика с контролем активной мощности (IDMT ваттметрическая).

Ваттметрическая защита от замыканий на землю очень чувствительная к погрешностям трансформатора тока, поэтому для измерения тока нулевой последовательности рекомендуется использовать трансформатор тока нулевой последовательности.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.2.6.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Для функции WPWDE используются определенные обозначения и определения.
Напряжение нулевой последовательности Uo = (UA+UB+UC)/3 = U_0, где U_0 = напряжение нулевой последовательности
Ток нулевой последовательности Io = -(IA+IB+IC) = 3×- I_0, где I_0 = ток нулевой последовательности
Знак минус (-) требуется для соответствии полярности расчетного и измеренного значения токов нулевой последовательности.

Работу функции WPWDE можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

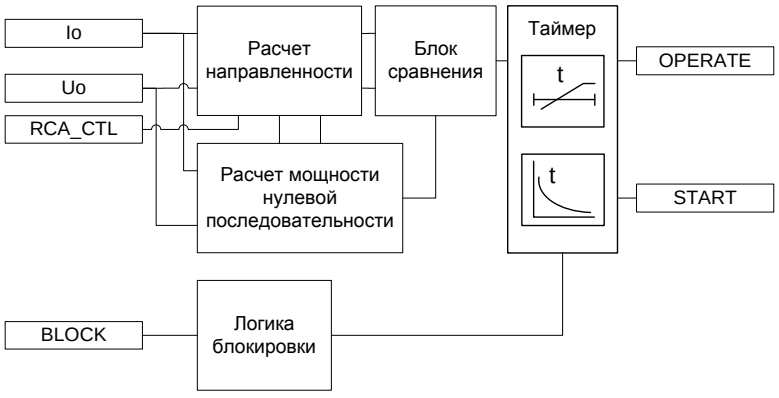


Рис. 195: Функциональная схема

Расчет направленности

Модуль расчета направленности контролирует угол между величиной срабатывания (остаточный ток Io) и поляризующей величиной (остаточное

напряжение Uo). Рабочая величина может выбираться при помощи уставки *Выбор сигнала Io*. Можно выбрать одно из двух значений: "Измеренный 3Io" и "Расчетный 3Io". Поляризующая величина может выбираться при помощи уставки *Сигнал поляризации*. Доступно одно из двух значений: "Измеренное Uo" и "Расчетное Uo". Когда угол между рабочей величиной и поляризующей величиной после учета уставки *Характеристический угол* находится в рабочем секторе, модуль передает сигнал включения на блок сравнения. Направленное действие выбирается при помощи уставки *Направленность*. Вариантами выбора могут быть "Прямая" или "Обратная". Направление повреждения рассчитывается с учетом фазного угла между рабочей величиной Io и поляризующей величиной Uo. Значение угла (ANGLE) можно увидеть в меню контролируемых данных.

На векторных диаграммах, иллюстрирующих работу функции WPWDE, полярность поляризующей величины (остаточное напряжение Uo) показана обратной. Реверс производится путем переключения полярности канала измерения остаточного тока (см. схему подключения в руководстве по применению).

Если разность фазных углов находится в промежутке от -90° до 0° или от 0° до +90°, считается, что обнаружено повреждение в прямом направлении. Если разность фазных углов находится в промежутке от -90° до -180° или от +90° до +180°, считается, что было обнаружено повреждение в обратном направлении. Таким образом, нормальной величиной сектора считается 180°.

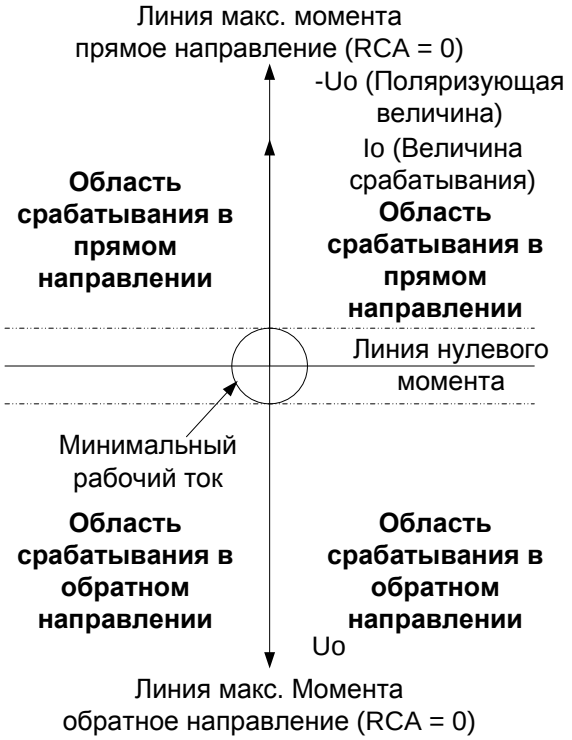


Рис. 196: Определение характеристического угла

Разность фазных углов рассчитывается на основе уставки *Характеристический угол*, (также известной как Характеристический угол реле (RCA), Базовый угол реле или Угол максимального момента (MTA)). Уставка *Характеристический угол* зависит от используемого метода заземления сети. Например, в сети с изолированной нейтралью уставка *Характеристический угол* имеет значение -90°, а в сети с компенсированной нейтралью *Характеристический угол* имеет значение 0°. В общем случае *Характеристический угол* выбирается таким образом, чтобы значение угла в момент КЗ было близко к ожидаемому значению, что обеспечивает максимальную чувствительность. *Характеристический угол* может задаваться в диапазоне от -179° до +180°. Таким образом, действующий фазный угол (ϕ) для расчета мощности нулевой последовательности с учетом характеристического угла вычисляется в соответствии с уравнением.

$$\phi = \left(\angle(-Uo) - \angle Io - Characteristic\ angle\right)$$

(Уравнение 42)

Кроме того, характеристический угол можно изменить при помощи управляющего сигнала RCA_CTL. Вход RCA_CTL используется в сетях с компенсированной нейтралью, в которых компенсационная катушка может временно отключаться. При отключении катушки сеть с компенсированной нейтралью превращается в сеть с изолированной нейтралью, и уставку *Характеристический угол* необходимо изменить. Это может выполняться автоматически при помощи входа RCA_CTL, в результате к уставке *Характеристический угол* добавится -90°.

Значение ANGLE_RCA можно увидеть в меню данных мониторинга.

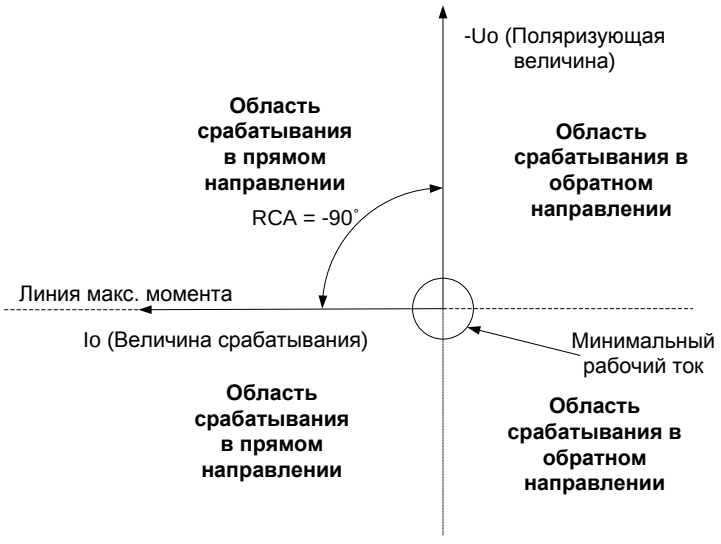


Рис. 197: Определение характеристического угла реле, RCA = -90°, в сети с изолированной нейтралью

Значение уставки Характеристический угол должно быть положительным, если сигнал срабатывания отстает от поляризующего сигнала, и отрицательным – если сигнал срабатывания опережает поляризующий сигнал.

Тип сети	Рекомендуемый характеристический угол
Сеть с компенсированной нейтралью:	0°
Незаземленная сеть	-90°

В сетях с изолированной нейтралью, когда характеристический угол равен -90°, измеренная мощность нулевой последовательности является реактивной (В×Ар).

Направление повреждения также указывается сигналом FAULT_DIR (который можно увидеть в меню данных мониторинга), который имеет значение 0, если повреждение не обнаружено, значение 1 - при повреждениях в прямом направлении, и 2 - при повреждениях в обратном направлении.

Направление повреждения определяется только в том случае, когда расчет угла можно выполнить правильно. Если величина срабатывания или поляризующая величина недостаточно велики, расчет направления не может быть надежным. Таким образом, значение рабочей величины сравнивается с заданным значением уставки *Мин рабочий ток* , а значение поляризующей величины - с заданным значением уставки *Мин рабочее напряж*, и если оба значения (величина срабатывания и поляризующая величина) больше соответствующих предельных значений, рассчитывается допустимое значение угла, и запускается модуль расчета мощности нулевой последовательности.

Уставка *Корректирующий угол* может использоваться для улучшения селективности при наличии погрешностей в работе измерительных трансформаторов. Эта уставка уменьшает сектор срабатывания Уставка *Корректирующий угол* должна задаваться с большой осторожностью, так как погрешность фазного угла измерительного трансформатора меняется в зависимости от подключенной нагрузки, а также от величины измеряемого первичного тока. Пример изменения области срабатывания в зависимости от уставки *Корректирующий угол* приводится на рисунке:

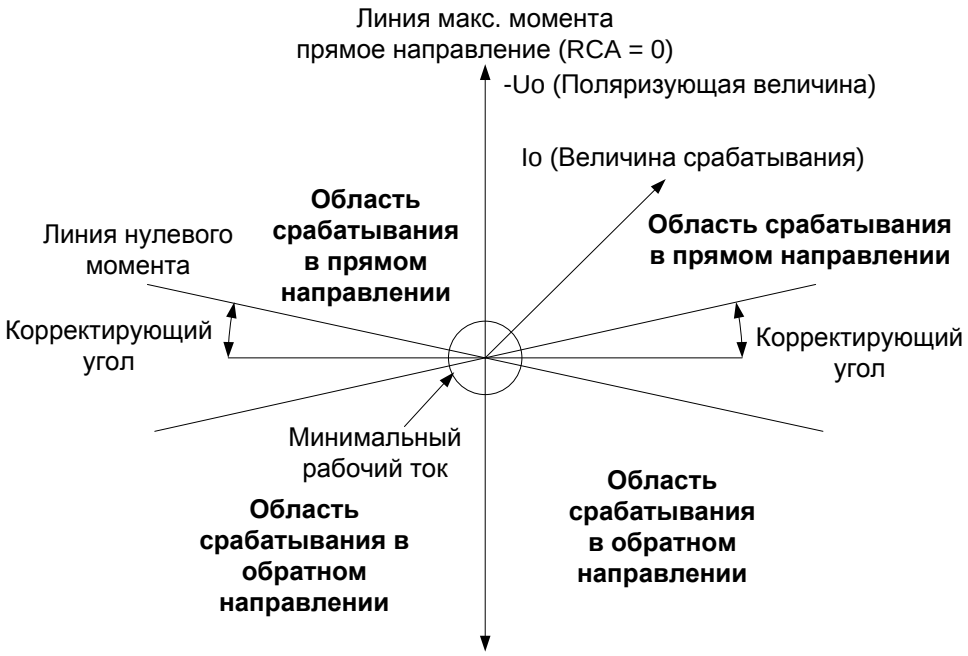


Рис. 198: Определение корректирующего угла

Полярность поляризующей величины может изменяться (поворотом на 180°) путем задания параметра *Реверс поляризации* в значение "Да" либо путем переключения полярности проводов для измерения напряжения нулевой последовательности.

Расчет мощности нулевой последовательности

Модуль расчета мощности нулевой последовательности рассчитывает величину мощности нулевой последовательности 3UoIoCosφ. Угол φ — это угол между величиной срабатывания и поляризующей величиной, с компенсацией с использованием характеристического угла. Значение угла поступает от модуля расчета направления. Модуль расчета направления начинает расчет мощности нулевой последовательности только в случае превышения минимального уровня сигналов рабочей величины и поляризующей величины. Но если расчет угла будет недостоверным, расчетная мощность нулевой последовательности будет равна нулю. Мощность нулевой последовательности (RES_POWER) рассчитывается непрерывно, ее значение отображается в окне контролируемых данных. Мощность указывается относительно номинальной мощности, рассчитываемой как Pn = Un × In, где Un и In получаются из введенных коэффициентов трансформации TH и TT и зависят от уставок *Выбор сигнала Io* и *Выбор сигнала Uo*.

Блок сравнения

Чтобы задать уставки *Пусковое значение тока* (×In), *Пусковое значение напряжения* (×Un) и *Пусковое значение мощности* (×Pn) блок сравнения сравнивает значения измеренной величины срабатывания (остаточный ток Io), поляризующей величины (остаточное напряжение Uo) и рассчитанной остаточной мощности соответственно. В случае превышения пределов всех трех величин блок сравнения запускает модуль Таймер.

При расчете значений уставок для блока сравнения необходимо учитывать, что номинальные значения тока, напряжения и мощности зависят от того изменяются ли величины нулевой последовательности по выделенным каналам измерения или рассчитываются по фазным величинам, как определено в уставках *Выбор сигнала Io* и *Выбор сигнала Uo*.

Если для тока нулевой последовательности Io выбран вариант "Измеренный Io", номинальные значения для первичной и вторичных цепей определяются по коэффициенту трансформации TT, введенному для канала тока нулевой последовательности **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (Io, TT)**. Если выбрано значение "Расчетный Io", номинальные значения для первичной и вторичной цепей получаются из коэффициентов трансформации TT, введенных для каналов фазных токов **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (3I, TT)**.

Если для напряжения нулевой последовательности Uo выбран вариант "Измеренное Uo", номинальные значения для первичной и вторичной цепей определяются по коэффициенту трансформации TH, введенному для канала напряжения нулевой последовательности **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (Uo, TH)**. Если выбран вариант "Измеренное Uo", номинальные значения для первичной и вторичных цепей определяются по коэффициенту трансформации TH, введенному для канала фазного напряжения **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (3U, TH)**.

Для получения расчетного значения Uo необходимо, чтобы к устройству релейной зашиты были подключены все три напряжения "фаза-земля". Напряжение Uo не может рассчитываться на основе значений напряжений "фаза-фаза".

Так как номинальная мощность – это результат умножения номинального тока на номинальное напряжение (Pn = Un × In), расчет значения уставки *Пусковое значение мощности* (×Pn) зависит от того, измеряются ли значения Io и Uo или рассчитываются по фазным величинам.

Таблица 391: ***Измеренные и расчетные значения Io и Uo***

	Измеренный Io	**Расчетный Io**
Измеренное Uo	Pn = (Uo, TH) × (Io, TT)	Pn = (Uo, TH) × (3I, TT)
Расчетное Uo	Pn = (3U, TH) × (Io, TT)	Pn = (3U, TH) × (3I, TT)

Пример 1. Io измеряется с помощью кабельного ТТ (100/1A), а Uo измеряется с помощью ТН, подключенных по схеме разомкнутого треугольника (20/sqrt(3) кВ:100/sqrt(3) В:100/3 В). В этом случае выбраны значения "Измеренный Io" и "Измеренное Uo". Номинальные значения для тока и напряжения нулевой последовательности получаются с учетом коэффициентов ТТ и ТН.

Ток нулевой последовательности Io: **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (Io, ТТ)**: 100 А:1 А

Напряжение нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (Uo, ТН)**: 11,547 кВ:100 В

Пусковое значение тока нулевой последовательности 1,0 × In соответствует току 1,0 × 100 А = 100 А в первичной цепи

Пусковое значение напряжения нулевой последовательности 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 × 11,547 кВ = 11,547 кВ в первичной цепи

Пусковое значение мощности нулевой последовательности 1,0 × Pn соответствует мощности 1,0 × 11,547 кВ × 100 А = 1154,7 кВт в первичной цепи.

Пример 2. Значения Io и Uo рассчитываются из фазных значений. Коэффициент фазного ТТ равен 100:1 А, коэффициент фазного ТН равен 20/sqrt(3) кВ:100/sqrt(3) В. В этом случае выбираются значения "Расчетный Io" и "Расчетное Uo". Номинальные значения для тока и напряжения нулевой последовательности получаются с учетом введенных коэффициентов ТТ и ТН:

Ток нулевой последовательности Io: **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (3I, ТТ)**: 100 А:1 А

Напряжение нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/Аналоговые входы/Ток (3U, ТН)**: 20,000 кВ:100 В

Пусковое значение тока нулевой последовательности 1,0 × In соответствует току 1,0 × 100 А = 100 А в первичной цепи

Пусковое значение напряжения нулевой последовательности 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 × 20,000 кВ = 20,000 кВ в первичной цепи

Пусковое значение мощности нулевой последовательности 1,0 × Pn соответствует мощности 1,0 × 20,000 кВ × 100 А = 2000 кВт в первичной цепи



Если для уставки *Выбор сигнала Uo* выбрано значение "Расчетное Uo", номинальное значение для напряжения нулевой последовательности Un всегда является напряжением между фазами. Таким образом, допустимое максимальное значение для уставки *Пусковое значение напряжения* нулевой

последовательности равно 0,577 × Un, что соответствует полному напряжению между фазой и землей в первичной цепи.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.* , характеристика срабатывания может иметь независимую (DT) или ваттметрическую обратнозависимую выдержку времени (ваттметрическую IDMT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE. При возникновении ситуации возврата, т.е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Время возврата одинаково для обоих типов характеристик, DT или ваттметрической IDMT. Время возврата зависит от уставки *Время возврата* .

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами срабатывания осуществляется через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.2.6.5 Характеристики таймера

В режиме IDMT с контролем активной мощности выход OPERATE активируется на основе характеристик таймера:

$$t[s] = \frac{k * P_{ref}}{P_{cal}}$$

(Уравнение 43)

t[s]	время срабатывания в секундах
k	заданное значение уставки *Множитель времени*
$P_{опорн}$	заданное значение уставки *Опорная мощность*
$P_{расч.}$	Вычисленная мощность нулевой последовательности

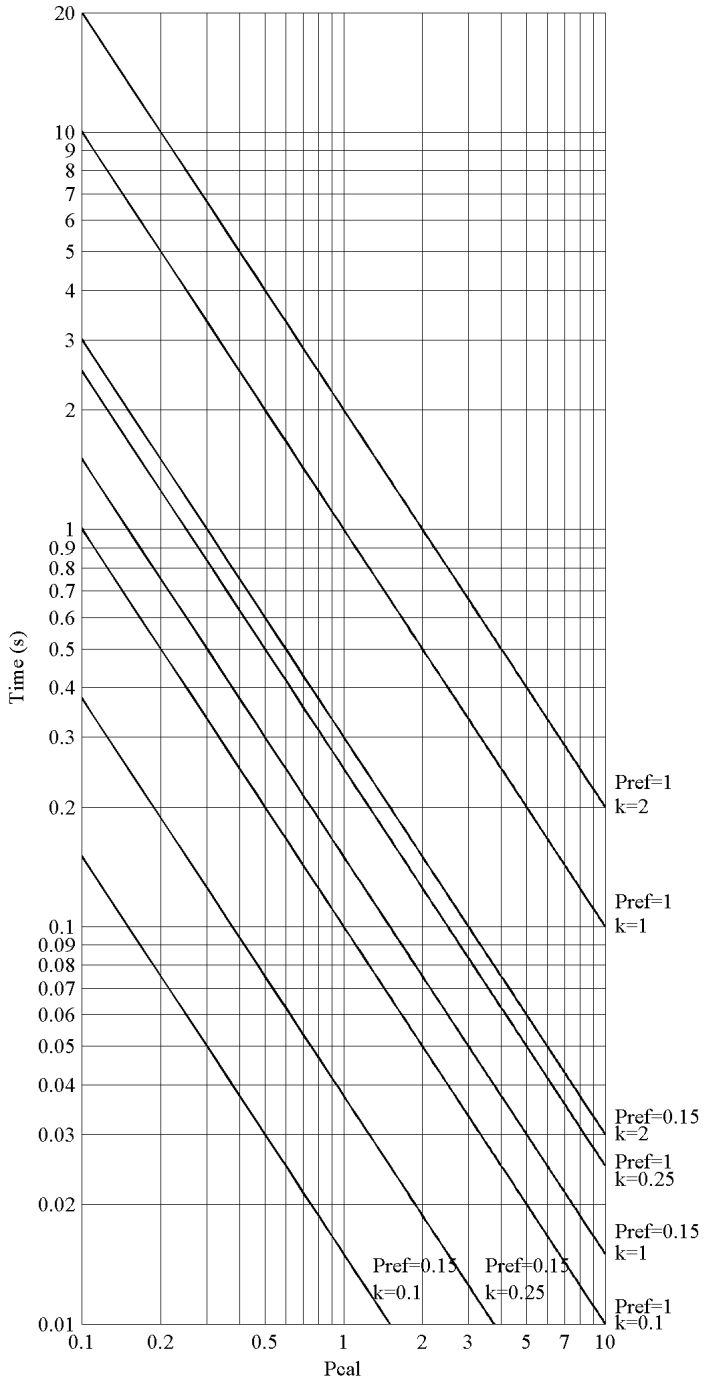


Рис. 199: В режиме с обратнозависимой выдержкой времени по активной мощности (Ваттметрическая IDMT) $S_{опорн}$ задано в значение 0,15 xPn

4.2.6.6 Режимы измерения

Функция имеет три альтернативных режима измерения: “Среднеквадратичный”, “Фурье” и “Амплитудный” . Режим измерения выбирается при помощи параметра *Режим измерения* .

4.2.6.7 Применение

Метод с контролем активной мощности – один из наиболее часто используемых направленных методов обнаружения замыканий на землю, особенно в сетях с компенсированной нейтралью. Эта защита использует составляющую мощности нулевой последовательности 3UoIoCosφ (φ – угол между поляризующей величиной и величиной срабатывания, компенсируемый характеристическим углом).

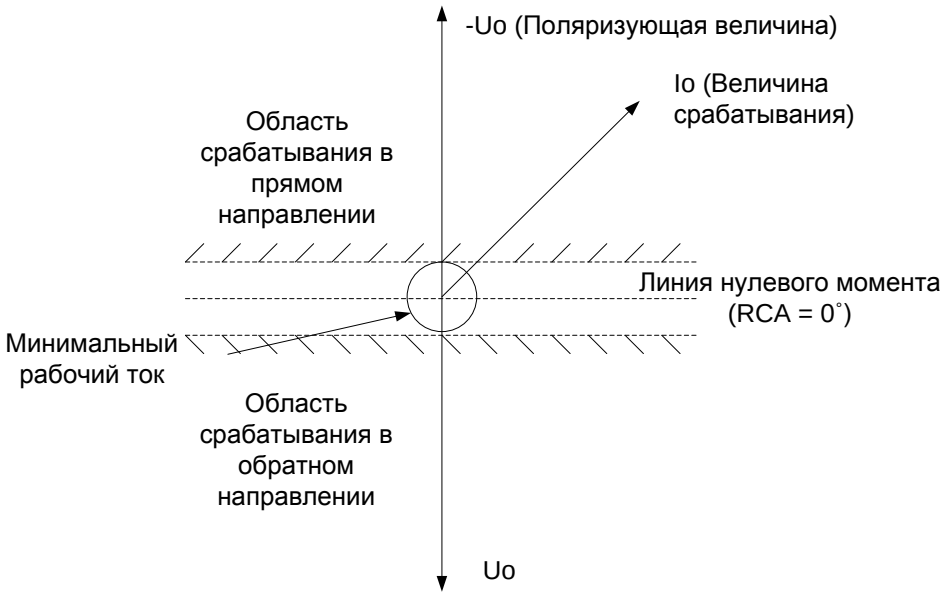


Рис. 200: Характеристики защиты по активной мощности

В радиальной сети с полностью компенсированной нейтралью с двумя отходящими линиями токи КЗ на землю в большой степени зависят от емкости линий относительно земли (C_0) и катушки компенсации (L). При точной настройке катушки на емкость системы в токе повреждения будет только активная составляющая. Это имеет место благодаря активным сопротивлениям катушки и распределительных линий наряду с активными сопротивлениями токов утечки системы (R_0). Часто для увеличения тока повреждения используется резистор (R_L), установленный параллельно катушке.

При возникновении однофазного замыкания на землю емкость поврежденной фазы шунтируется, и система становится несимметричной. Ток повреждения складывается из токов, протекающих через емкость на землю двух

неповрежденных фаз. Устройство защиты неповрежденной линии отслеживает только емкостный ток, протекающий через емкости на землю. Емкостный ток всей сети (сумма токов всех линий) компенсируется катушкой.

Типичная сеть с контролем активной мощности — это сеть с недостаточной компенсацией, где ток катушки $I_L = I_{Ctot} - I_{Cfd}$ (I_{Ctot} — суммарный ток замыкания на землю, а I_{Cfd} — ток КЗ на землю неповрежденной линии).

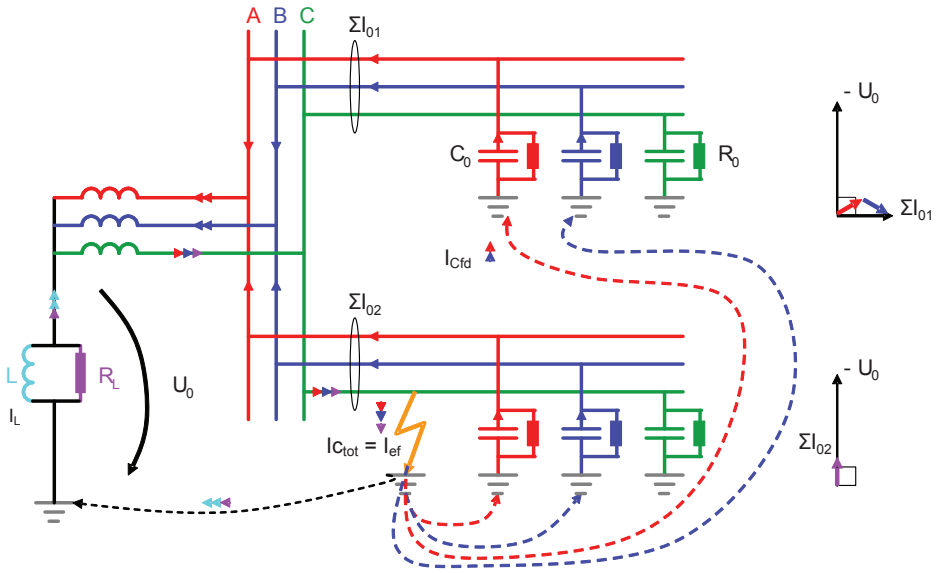


Рис. 201: Типичная радиальная сеть с компенсированной нейтралью, используемая с защитой по активной мощности

Функция контроля активной мощности срабатывает, когда остаточная активная мощность превышает заданное значение. Но для обеспечения избирательности срабатывания также необходимо, чтобы остаточный ток и напряжение превышали установленный предел.

При использовании защиты с контролем активной мощности для измерения тока нулевой последовательности настоятельно рекомендуется использовать трансформаторы тока нулевой последовательности. При использовании трансформатора с малым коэффициентом трансформации могут возникнуть проблемы с точностью трансформаторов тока, а также возможно искажение сигнала вторичного тока в некоторых трансформаторах тока нулевой последовательности. Поэтому для обеспечения достаточной точности при измерении тока нулевой последовательности и, соответственно, более высокой селективности схемы, желательно, чтобы коэффициент трансформации трансформатора тока нулевой последовательности был не менее 70:1. Трансформаторы тока с более низким коэффициентом трансформации, например, 50:1 или 50:5, использовать не рекомендуется, пока не будет проверена их угловая и амплитудная погрешность.

Направленную защиту по активной мощности не рекомендуется использовать в кольцевых или сложнозамкнутых системах, так как для ее работы требуется радиальный поток мощности.

Характеристический угол задается в зависимости от типа заземления системы. В сетях с изолированной нейтралью, т. е., когда сеть связана с землей только через емкости между фазными проводами и землей, характеристический угол выбирается равным -90º.

В сетях с компенсированной нейтралью емкостный ток повреждения и ток индуктивной резонансной катушки компенсируют друг друга, что означает, что ток повреждения является преимущественно активным, и имеет нулевой сдвиг фаз по сравнению с напряжением нулевой последовательности. В таких сетях характеристический угол выбирается равным 0º. Часто величина активной составляющей незначительна, и должна быть увеличена при помощи установки параллельного резистора в компенсационной катушке. В сетях, где нейтраль заземлена через низкое активное сопротивление, характеристический угол всегда равен 0º.

Так как амплитуда тока нулевой последовательности не зависит от места повреждения, селективность защиты от замыканий на землю достигается за счет координации времени.

Использование защиты по активной мощности дает возможность применения специальных обратнозависимых характеристик срабатывания. Это можно применять в крупных сетях с заземленной через высокое полное сопротивление нейтралью с большим емкостным током КЗ на землю.

В сети с низкоомным заземлением используется резистор нейтральной точки среднего размера. При избыточном замыкании на землю такой резистор обеспечивает резистивную составляющую тока замыкания на землю на уровне 200–400 А. В такой системе повышается избирательность направленной защиты от остаточной мощности, которая активируется с помощью обратнозависимых временных характеристик мощности.

4.2.6.8 Сигналы

Таблица 392: Входные сигналы функции WPWDE

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
3Uo	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
RCA_CTL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Управление характеристическим углом

Таблица 393: Выходные сигналы функции WPWDE

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.2.6.9 Уставки

Таблица 394: Групповые уставки функции WPWDE (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Направленность	2 = Прямая 3 = Обратная			2 = Прямая	Направленность
Пусковое значение по току	0.010...5.000	xIn	0.001	0.010	Минимальный ток нулевой последовательности для определения направленности повреждения
Пусковое значение напряжения	0.010...1.000	xUn	0.001	0.010	Пусковое значение напряжения нулевой последовательности
Пусковое значение мощности	0.003...1.000	xPn	0.001	0.003	Пусковое значение активной мощности нулевой последовательности
Опорная мощность	0.050...1.000	xPn	0.001	0.150	Опорное значение мощности нулевой последовательности для ваттметрических кривых
Характеристический угол	-179...180	град.	1	-90	Характеристический угол
Множитель времени	0.05...2.00		0.01	1.00	Множитель времени для ваттметрических кривых
Тип кривой срабат.	5 = ANSI Независимая Время 15 = МЭК Независимая Время 20=Ваттметрическая IDMT			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Время срабатывания	60...200000	мс	10	60	Время срабатывания независимой характеристики

Таблица 395: Общие уставки функции WPWDE (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 396: Общие уставки функции WPWDE (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор используемого режима измерения
Корректирующий угол	0.0...10.0	град.	0.1	2.0	Выравнивание по углу
Мин рабочий ток	0.010...1.000	xIn	0.001	0.010	Минимальный рабочий ток
Мин рабочее напряж	0.01...1.00	xUn	0.01	0.01	Минимальное рабочее напряжение
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Поворот опорной (поляризующей) величины
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io
Выбор сигнала 3Uo	1=Измеренное 3Uo 2=Расчетное 3Uo			1=Измеренное 3Uo	Выбор используемого сигнала поляризации

4.2.6.10 Контролируемые данные

Таблица 397: Контролируемые данные функции WPWDE

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
FAULT_DIR	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Направленность повреждения
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
DIRECTION	Enum	0=не определена 1=прямая 2=обратная 3=обе направленности		Информация о направленности
ANGLE	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между величиной поляризации и величиной срабатывания
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ANGLE_RCA	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между углом срабатывания и характеристическим углом
RES_POWER	FLOAT32	-160,000...160,000	xPn	Вычисленная активная мощность нулевой последовательности
WPWDE	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.6.11 Технические данные

Таблица 398: Технические данные WPWDE

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	Ток и напряжение: ± 1,5% уставки или ± 0,002 x $I_{ном}$ Мощность: ± 3% уставки или ± 0,002 x $P_{ном}$
Время запуска [1)2)]	Типовое: 63 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени	±5,0% уставки или ±20 мс
Подавление гармоник	-50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5,…

1) Io меняется во время испытаний, Uo = 1,0 × $U_{ном}$ = напряжение фазы на землю при замыкании на землю в сети с компенсированной или изолированной нейтралью, остаточная мощность до повреждения = 0,0 отн. ед., $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает задержку срабатывания выходного сигнального контакта

4.2.6.12 Данные о технических изменениях

Таблица 399: Данные о технических изменениях функции WPWDE

Версия	Изменение
B	Обновлено уравнение для расчета мощности нулевой последовательности: Po = 3UoIoCosφ. Ранее уравнение имело вид: Po = UoIoCosφ. Изменение влияет на уставку *Пусковое значение мощности*. Предыдущее уравнение используется в устройствах 615 вер. 4.0 с ПО версии 4.0 и 615 вер. 4.0 FP1 с ПО версии 4.1. Во всех новых версиях устройств серии 615 используется обновленное уравнение.
C	Внутреннее улучшение

4.2.7 Защита статора от замыканий на землю с контролем третьей гармоники H3EFPSEF

4.2.7.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита статора от замыканий на землю на базе контроля третьей гармоники	H3EFPSEF	dUo>/Uo3H	27/59THD

4.2.7.2 Функциональный блок

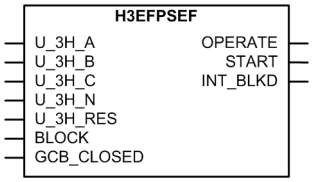


Рис. 202: Функциональный блок

4.2.7.3 Функциональные возможности

Функция защиты статора от замыканий на землю с контролем третей гармоники H3EFPSEF позволяет выявлять замыкания статора на землю в нейтральной точке, а также в пределах до 15–20 % вдоль обмотки статора. H3EFPSEF выявляет замыкания на землю, сравнивая напряжения третьей гармоники, создаваемые самим генератором как на стороне нейтрали, так и на стороне зажимов генератора.

H3EFPSEF обеспечивает защиту двумя альтернативными способами.

- Разность составляющих третьей гармоники, измеренных на стороне нейтрали и на зажимах генератора
- Понижение напряжения третьей гармоники на стороне нейтрали.

Функция H3EFPSEF имеет независимую выдержку времени (DT).

Функция содержит блокировку. Блокировка отключает все выходы и сбрасывает таймеры в исходное состояние.

4.2.7.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл".

Работу функции H3EFPSEF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.



Рис. 203: Функциональная схема

Модуль расчета 3-й гармоники (со стороны зажимов)

Модуль расчета 3-й гармоники рассчитывает величину и фазовый угол напряжения третьей гармоники на зажиме генератора $\bar{U}_{3H_T}$. Получаемое значение зависит от наличия напряжения на стороне зажимов и определяется уставкой *Выбор напряжения*.

- Если на стороне зажимов генератора отсутствует напряжение между фазой и землей, для уставки *Выбор напряжения* устанавливается значение «Нет напряжения». Поскольку межфазные напряжения не содержат третью гармоническую составляющую, даже при на наличии напряжения только этого типа значением для уставки *Выбор напряжения* будет «Нет напряжения». Если для *Выбор напряжения* задано «Нет напряжения», защита от замыканий на землю с контролем третей гармоники будет обеспечивать защиту от пониженного напряжения третьей гармоники на стороне нейтрали.
- Если напряжение на стороне зажимов подается от соединения по схеме «открытый треугольник» трансформатора напряжения, значением для уставки *Выбор напряжения* будет «Измеренное Uo». В этом случае напряжение третьей гармоники на стороне зажима $\bar{U}_{3H_T}$ будет таким же,

как измеренное напряжение в схеме «открытого треугольника» $\bar{U}_{3H_RES}$. Этот вариант рекомендован для расчета напряжения третьей гармоники на стороне зажимов.

$$\overline{U}_{3H_T} = \overline{U}_{3H_RES}$$

(Уравнение 44)

- Если подключены все три напряжения "фаза-земля", для уставки *Выбор напряжения* устанавливается значение «Расчетное Uo». В этом случае напряжение третьей гармоники на стороне зажимов рассчитывается как среднее векторное значение напряжения третьей гармоники всех трех фаз.

$$\overline{U}_{3H_T} = \frac{1}{3} \times (\overline{U}_{3H_A} + \overline{U}_{3H_B} + \overline{U}_{3H_C})$$

(Уравнение 45)

- Если подключено только напряжение «фаза-земля», значением уставки *Выбор напряжения* будет соответствующая фаза: «Фаза A», «Фаза B» или «Фаза C». В этом случае величина напряжения третьей гармоники на стороне зажимов принимается равной напряжению третьей гармоники доступной фазы.

$$\overline{U}_{3H_T} = \overline{U}_{3H_A} \text{ or } \overline{U}_{3H_B} \text{ or } \overline{U}_{3H_C}$$

(Уравнение 46)

Если величина расчетного значения $\bar{U}_{3H_T}$ ниже заданного уставкой *НапряжБлокировки*, функция переходит в режим внутренней блокировки и активируется выход INT_BLKD.

Расчет дифференциального тока

Следующее уравнение позволяет рассчитать амплитуду дифференциального напряжения третей гармоники.

$$UD_{3H} = \left| \overline{U}_{3H_T} + \overline{U}_{3H_N} \right|$$

(Уравнение 47)

UD_{3H} Величина дифференциального напряжения третей гармоники

$\bar{U}_{3H_T}$ Вектор напряжения третьей гармоники на стороне зажимов

$\bar{U}_{3H_N}$ Вектор напряжения третьей гармоники на стороне нейтрали

Величина дифференциального напряжения третей гармоники UD_3H и разница фазных углов напряжения третей гармоники на стороне зажимов и на стороне нейтрали U_3HANGL_T_N отображаются на экране данных контроля состояния.

Расчет смещения

Следующее уравнение позволяет рассчитать амплитуду напряжения смещения третей гармоники.

$$UB_{3H} = Beta \times \left| \bar{U}_{3H_N} \right|$$

(Уравнение 48)

UB_{3H}	Величина напряжения смещения третей гармоники
Множитель Beta	Уставка, обеспечивающая требуемую степень безопасности в исправном состоянии
$\bar{U}_{3H_N}$	Вектор напряжения третьей гармоники на стороне нейтрали

Расчет напряжения смещения третьей гармоники, показанный в уравнении 48, будет достоверным при всех условиях срабатывания, если между генератором и трансформатором не используется автоматический выключатель. При наличии автоматического выключателя генератора следует уменьшить чувствительность защиты при его размыкании. Работа автоматического выключателя генератора определяется уставкой *Используемый выключатель генератора* со значением «Да», разомкнутое положение регистрируется, когда активный дискретный вход GCB_CLOSED имеет значение «Нет».

Если выключатель генератора разомкнут, функция снижает чувствительность защиты путем умножения значений уставки *Beta* на заданную константу уставки *Коэффициент отключения выключателя*.

$$UB_{3H} = \text{Поправка на разомкн. выключатель} \times Beta \times \left| \bar{U}_{3H_N} \right|$$

(Уравнение 49)

Напряжение третьей гармоники на стороне нейтрали измеряется через трансформатор напряжения между нейтральной точкой генератора и землей. Величина напряжения смещения третей гармоники UB_3H отображается в окне контролируемых данных.

Блок сравнения

При дифференциальной защите на основе третьей гармоники блок сравнения сравнивает дифференциальное напряжение и напряжение смещения третьей гармоники. Модуль передает сигнал включения для запуска таймера, если первое значение превышает второе.

Если напряжение на зажимах не подключено, т. е. для уставки *Выбор напряжения* задано значение «Нет напряжения», модуль сравнивает напряжение третьей гармоники на стороне нейтрали U_3H_N с уставкой *Предел напряжения 3-й гармоники на стороне нейтрали*.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика таймера имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *Время срабатывания*, становится активным выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход START деактивируется.

Таймер рассчитывает значение длительности запуска START_DUR, которое указывает отношение времени запуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Дискретный вход BLOCK может использоваться для блокировки функции. При активации входа BLOCK отключаются все выходы и сбрасываются внутренние таймеры.

4.2.7.5 Применение

Механические и тепловые нагрузки нарушают изоляцию обмотки статора, что в ряде случаев может стать причиной замыкания на землю между обмоткой и сердечником статора.

Величина тока повреждения в случае замыкания на землю статора зависит от типа заземления. Наиболее распространенным подходом в большинстве стран является заземление генератора со стороны нейтрали через резистор. Этот резистор должен ограничить максимальный ток короткого замыкания на землю в диапазоне 5–10 А. То же самое можно сделать, подключив однофазный трансформатор напряжения между нейтралью и землей и эквивалентный резистор на вторичной стороне трансформатора.

В нормальном рабочем состоянии, т. е. в отсутствие замыкания на землю, остаточное напряжение приближается к нулю, а через генератор не проходит ток нулевой последовательности. При возникновении однофазного замыкания на землю остаточное напряжение повышается и ток проходит через нейтраль. Простейшим способом защиты обмотки статора от замыкания на землю является защита от повышения остаточного напряжения (или от перегрузки по остаточному току / по нейтрали). Однако эти простые схемы могут обеспечить защиту не более чем 95 % обмотки статора и не распространяются на остальные ее 5 % со стороны нейтрали. Это объясняется понижением напряжения, генерируемого в поврежденной обмотке, по мере приближения точки повреждения к нейтрали, которого недостаточно для обеспечения защиты. При определенных неблагоприятных условиях размер слепой зоны от нейтрали может составлять не менее 20 %.

Замыкание на землю вблизи нейтральной точки не опасно, но если его не устранить, оно может перерасти в межвитковое или межфазное замыкание.

Кроме того, такое замыкание обходит высокоомное заземление, в результате чего еще одно замыкание на землю на клемме приводит к катастрофической ситуации.

Таким образом, важно обеспечить защиту на уровне 100 %. Одним из эффективных методов защиты при замыкании на землю в нейтральной точке, а также в пределах до 15–20 % вдоль обмотки статора является генерирование третей гармоники на основе напряжения.

Для полной защиты статора от замыкания на землю две защитные функции должны работать параллельно.

- Защита ROVPTOV от остаточного перенапряжения на основе частоты основной гармоники
- Защита H3EFPSEF на основе напряжения третей гармоники

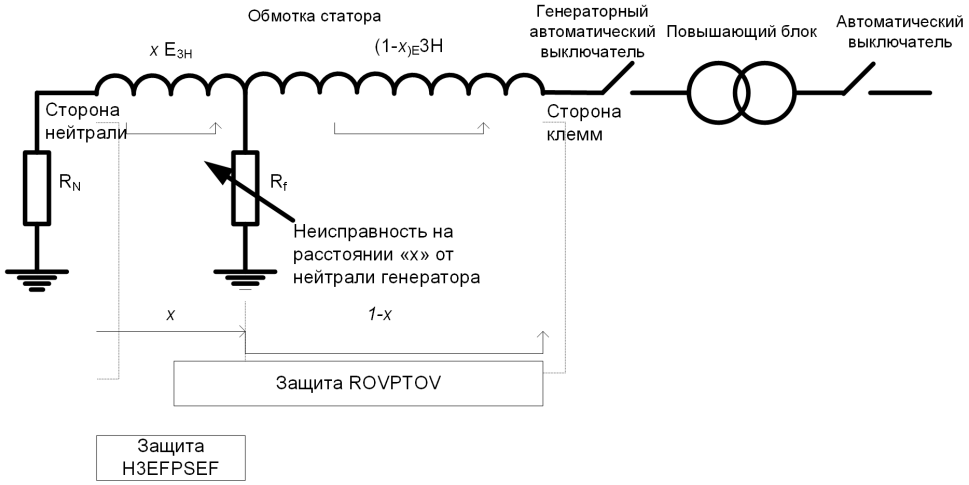


Рис. 204: Полная защита статора от короткого замыкания на землю

Дифференциальная защита на основе напряжения третей гармоники

Вырабатываемое генератором напряжение не является идеальной синусоидальной волной, а содержит напряжения гармоник третьего порядка. В каждой фазе эти гармоники имеют одинаковую величину и угол, благодаря чему они не суммируются с нулем и, следовательно, также появляются на стороне нейтрали генератора как величина нулевой последовательности. Наибольшее значение среди всех генерируемых напряжений гармоник третьего порядка имеет напряжение третьей гармоники, величина которого, в зависимости от конструкции генератора, составляет от 1 % до 10 % напряжения на зажимах. Однако для конкретного генератора величина третьей гармоники на стороне нейтрали и стороне зажимов также будет зависеть от генерируемой активной мощности.

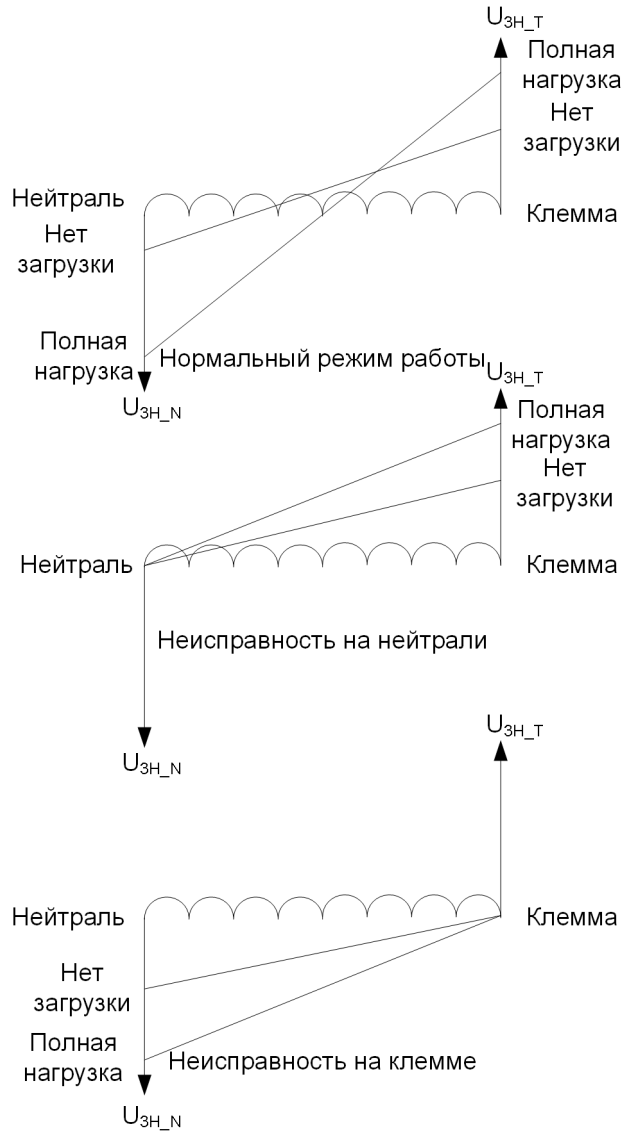


Рис. 205: Типичный пример напряжения третьей гармоники, измеренного на стороне нейтрали и на зажимах генератора в различных условиях

Следующее уравнение описывает срабатывание защиты.

$$\left|\bar{U}_{3H_T} + \bar{U}_{3H_N}\right| - Beta \times \left|\bar{U}_{3H_N}\right| = 0$$

(Уравнение 50)

Напряжения третей гармоники $\bar{U}_{3H_T}$ и $\bar{U}_{3H_N}$ являются векторами с фактическими и воображаемыми составляющими. $\bar{U}_{3H_T}$ и $\bar{U}_{3H_N}$ направлены приблизительно противоположно, однако фактический угол без сбоев между этими двумя векторами зависит от типа заземления генератора. Например,

угол для генератора с высокоомным заземлением составляет около 145 градусов.

Уравнение определяет области «срабатывания» и «ограничения» защиты. Следующее уравнение описывает функцию дифференциальной защиты третей гармоники.

$$\left|\bar{U}_{3H_T} + \bar{U}_{3H_N}\right| \geq Beta \times \left|\bar{U}_{3H_N}\right|$$

(Уравнение 51)

$\bar{U}_{3H_N}$	Вектор напряжения третьей гармоники на стороне нейтрали
$\bar{U}_{3H_T}$	Вектор напряжения третьей гармоники на стороне зажимов
Множитель Beta	Уставка, обеспечивающая требуемую степень безопасности в исправном состоянии
$\lvert\bar{U}_{3H_T} + \bar{U}_{3H_N}\rvert$	Величина дифференциального напряжения третей гармоники
$Beta \cdot \lvert\bar{U}_{3H_N}\rvert$	Величина напряжения смещения (ограничения) третей гармоники

Множитель *Beta*, являющийся уставкой, определяется по заданному условию.

$$\frac{Beta \times \left|\bar{U}_{3H_N}\right|}{\left|\bar{U}_{3H_T} + \bar{U}_{3H_N}\right|} = K$$

(Уравнение 52)

K – это коэффициент безопасности, например, K = 1,5. Уравнение 52 должно удовлетворять следующим условиям: работа исправного защищаемого генератора в нормальном режиме с достаточно высоким значением K, которое, независимо от нагрузки на генератор, не приведет к нежелательному срабатыванию защиты.

Для надежного функционирования защиты генератор должен вырабатывать напряжение третьей гармоники, которое составляет не менее 1 % от его номинального напряжения.

Поскольку межфазные напряжения не содержат третью гармоническую составляющую, то если ТН на стороне зажимов подключены между фазами, дифференциальная защита по уравнению 52 работать не будет. В этом случае для уставки *Выбор напряжения* выбрано значение «Нет напряжения», и функция H3EFPSEF обеспечивает простую защиту от пониженного напряжения третьей гармоники на стороне нейтрали.

Если работа H3EFPSEF ограничивается только защитой от пониженного напряжения третьей гармоники на стороне нейтрали, эту функцию следует блокировать во время запуска и выключения генератора, а также при отсутствии достаточного напряжения.

Расчет значения множителя Beta

Уставка *Beta* определяет долю напряжения третьей гармоники в нейтральной точке генератора, которая будет использоваться как величина смещения. Задаваемое значение *Beta* не должно приводить к возможным отключениям генератора в нормальном режиме работы без сбоев. Высокая уставка *Beta* ограничивает участок обмотки статора, на который распространяется защита. Значение по умолчанию «3,00» в большинстве случаев обеспечивает приемлемую чувствительность при замыкании на землю вблизи нейтральной точки обмотки статора. Но для наибольшей эффективности при вводе генератора в эксплуатацию должны осуществляться измерения в нормальном режиме работы.

1. Необходимо задать для уставки *Beta* значение «1,00».
2. Нагрузка генератора осуществляется в 5–10 различных точках подключения нагрузки, и измеряется дифференциал третьей гармоники и напряжение смещения. Обе величины отображаются на экране данных контроля состояния функции.
3. Необходимо построить график зависимости дифференциального напряжения и напряжения смещения от нагрузки на генератор.
4. На основе данных графика следует выбрать такое значение уставки *Beta*, чтобы напряжение смещения, даже в наиболее неблагоприятном варианте, превышало дифференциальное напряжение не менее чем на 30–50 %.

Угол между векторами напряжения третьей гармоники $\bar{U}_{3H_T}$ и $\bar{U}_{3H_N}$ составляет 150 градусов, при выборе для уставки *Beta* значения «1.0» обеспечивается запас по устойчивости защиты на уровне 25 %. Поэтому для повышения стабильности защиты уставку *Beta* необходимо увеличить. Минимальное рекомендованное значение для уставки *Beta* – «1,2».

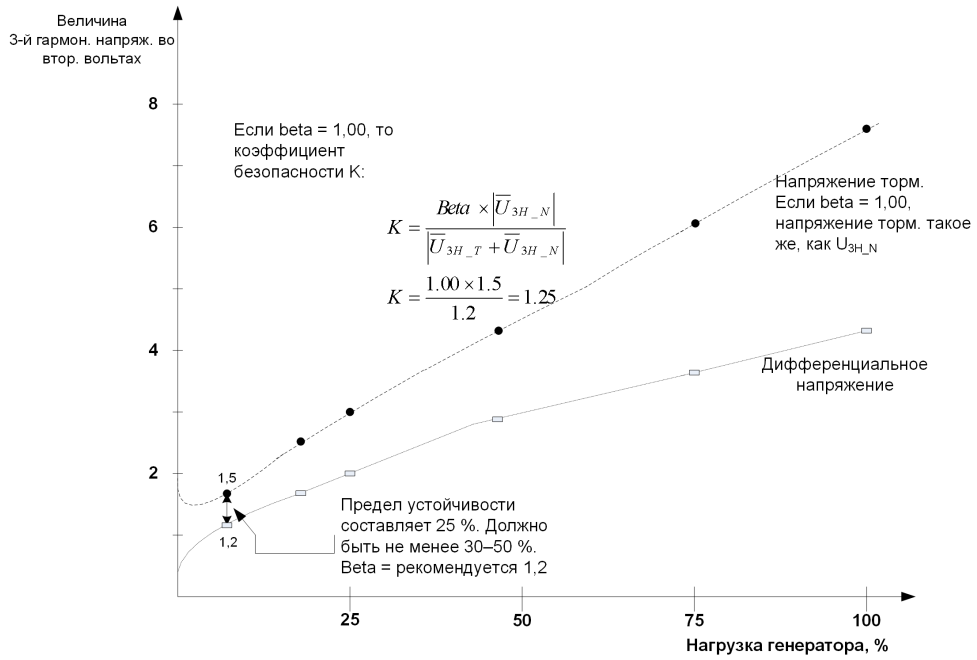


Рис. 206: Типичный пример изменения напряжения смещения и дифференциального напряжения при изменении активной генерируемой нагрузки (угол между клеммой третьей гармоники и напряжением нейтрали составляет 150 градусов)

Расчет коэффициента отключения выключателя

Емкость на зажимах генератора является одной из независимых переменных (хотя и не основной), определяющих величину вырабатываемого напряжения третьей гармоники. В любых условиях эксплуатации при отсутствии выключателя генератора емкостное соединение с землей будет одинаковым. Однако между защищаемым генератором и его силовым трансформатором, как правило, предусмотрен выключатель генератора.

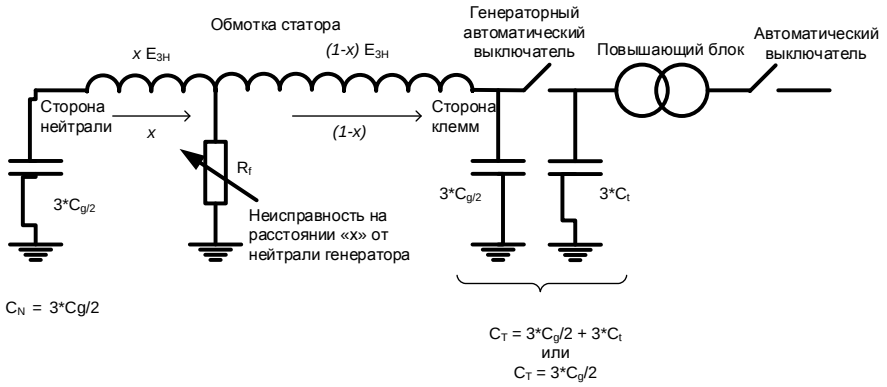


Рис. 207: Емкость на зажимах генератора и со стороны нейтрали

C_g Фазовая емкость обмотки статора генератора

C_t Общая внешняя фазовая емкость системы со стороны генератора

C_N Сосредоточенная емкость между фазой и землей обмотки статора генератора, между местом замыкания на землю и нейтралью генератора

C_T Сосредоточенная емкость между фазой и землей обмотки статора генератора, между зажимом генератора и местом замыкания на землю

При наличии выключателя генератора емкостное соединение с землей будет зависеть от рабочих условий, при которых генератор функционирует с разомкнутым (до синхронизации) и с включенным автоматическим выключателем.

По сравнению с нормальными режимом работы общая емкость при разомкнутом выключателе генератора будет меньше. Т. е. напряжение третьей гармоники на стороне нейтрали снижено по сравнению с нормальными условиями эксплуатации. Следовательно, чувствительность защиты следует уменьшить. Если выключатель генератора разомкнут, H3EFPSEF снижает чувствительность защиты путем умножения значений уставки *Beta* на заданную константу уставки *Коэффициент отключения выключателя*.

$$\left|\overline{U}_{3H_T} + \overline{U}_{3H_N}\right| \geq \text{Поправка на разомкн. выключатель} \times \text{Beta} \times \left|\overline{U}_{3H_N}\right|$$

(Уравнение 53)

Уставку *Коэффициент отключения выключателя* определяют во время ввода в эксплуатацию.

1. Для получения конкретного значения *Beta* измеряется напряжение нейтрали третьей гармоники при переводе генератора в режим холостого хода и включении автоматического выключателя.
2. В тех же условиях измеряется напряжение нейтрали третьей гармоники при разомкнутом автоматическом выключателе.
3. Значение *Коэффициент отключения выключателя* должно быть равным соотношению измеренных значений напряжения нейтрали третьей гармоники при включенном и разомкнутом автоматическом выключателе.

4.2.7.6 Сигналы

Таблица 400: Входные сигналы функции H3EFPSEF

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
U_3H_A	СИГНАЛ	0	Третья гармоника напряжения фазы A
U_3H_B	СИГНАЛ	0	Третья гармоника напряжения фазы B
U_3H_C	СИГНАЛ	0	Третья гармоника напряжения фазы C
U_3H_N	СИГНАЛ	0	Третья гармоника напряжения нейтрали
U_3H_RES	СИГНАЛ	0	Третья гармоника остаточного напряжения
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
GCB_CLOSED	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Автоматический выключатель генератора включен

Таблица 401: Выходные сигналы функции H3EFPSEF

Наименование	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Начало
INT_BLKD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Защита заблокирована устройством

4.2.7.7 Уставки

Таблица 402: Групповые уставки функции H3EFPSEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Множитель Beta	От 0,50 до 10,00		0,01	3,00	Часть 3-й гармоники в нейтрали, используемая как смещение
Предел напряж 3-гарм нейтр.	От 0,005 до 0,200	xUn	0,001	0,010	Пусковое значение защиты от понижения остаточного напряжения 3-й гармоники
Время задержки срабатывания	От 20 до 300000	мс	10	20	Время задержки срабатывания

Таблица 403: Групповые уставки функции H3EFPSEF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор напряжения	1=Нет напряжения 2=Измеренное 3Uo 3=Расчетное 3Uo 4=Фаза A 5=Фаза B 6=Фаза C			2=Измеренное 3Uo	Тип напряжения на зажимах генератора
Множитель Beta	От 1,00 до 10,00		0,01	1,00	Множитель для состояния бета, если разомкнут аварийный выключатель

Таблица 404: Общие уставки функции H3EFPSEF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 405: Общие уставки функции H3EFPSEF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Напряжение блокировки	От 0,010 до 0,100	xUn	0,001	0,010	Блокировка по низкому уровню для дифференциальной защиты от напряжения 3-й гармоники
Использование аварийного выключателя генератора	0=Нет 1=Да			0=Нет	Определяет наличие аварийного выключателя генератора
Время возврата	От 0 до 60000	мс	1	20	Время возврата

4.2.7.8 Контролируемые данные

Таблица 406: Контролируемые данные функции H3EFPSEF

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	От 0,00 до 100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
UD_3H	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xUn	Амплитуда дифференциального напряжения 3-й гармоники
UB_3H	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xUn	Амплитуда напряжения смещения 3-й гармоники
U_3H_T	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xUn	Амплитуда напряжения 3-й гармоники на стороне зажимов
Продолжение таблицы на следующей странице				

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
U_3H_N	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xUn	Амплитуда напряжения 3-й гармоники на стороне нейтрали
U_3H_N	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xUn	Амплитуда напряжения 3-й гармоники на стороне нейтрали
U_3HANGL_T_N	FLOAT32	От -180,00 до 180,00	град.	Фазный угол между напряжением 3-й гармоники на стороне зажимов и нейтрали
H3EFPSEF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.7.9 Технические данные

Таблица 407: Технические данные функции H3EFPSEF

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц
	± 5 % уставки или ±0,004 × $U_{ном}$
Время запуска[1)2)]	Типовое 35 мс
Время возврата	Типовое 35 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96 (дифференциальный режим) Типовой: 1,04 (режим снижения напряжения)
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс

1) $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.2.8 Защита от замыканий на землю с контролем комплексной проводимости в широком частотном диапазоне MFADPSDE

4.2.8.1 Обозначение

Описание	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/IEEE C37.2
Защита от замыканий на землю с контролем комплексной проводимости в широком частотном диапазоне	MFADPSDE	Io> ->Y	Выключатель 67YN

4.2.8.2 Функциональный блок

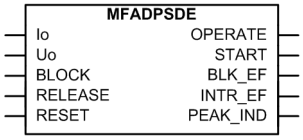


Рис. 208: Функциональный блок

4.2.8.3 Функциональные возможности

Функция защиты от замыканий на землю на основе контроля комплексной проводимости в широком частотном диапазоне MFADPSDE обеспечивает селективную направленную защиту от замыканий на землю в сетях с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью, т. е. в сетях с компенсированной нейтралью, в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с нейтралью, заземленной через высокое активное сопротивление. Она может применяться для защиты от КЗ на землю воздушных линий и подземных кабелей.

Работа функции MFADPSDE основана на измерении комплексной проводимости нейтрали в широком частотном диапазоне с использованием метода накопительного суммирования векторов. Эта концепция обеспечивает исключительно безопасную, надежную и селективную защиту от КЗ на землю также в случаях, когда величины нулевой последовательности сильно искажены и содержат составляющие с частотой, отличной от основной.

Достижимая чувствительность сравнима с уровнем традиционных методов на основе частоты основной гармоники, таких как IoCos/IoSin (DEFxPTOC), контроль активной мощности (WPWDE) и комплексная проводимость нейтрали (EFPADM).

Функция MFADPSDE позволяет обнаруживать повреждения с составляющей в основном главной частоты, а также переходные, перемежающиеся и повторные замыкания на землю. Функция MFADPSDE может использоваться как альтернатива функции переходных или перемежающихся замыканий INTRPTEF.

Функция MFADPSDE поддерживает индикацию направления повреждения как в направлении срабатывания, так и в направлении несрабатывания, что можно использовать в процессе локализации повреждения. Встроенный детектор переходных процессов может использоваться для выявления повторяющихся или перемежающихся замыканий на землю, а также для их отделения от постоянных или длительных замыканий на землю.

Характеристика срабатывания определяется наклонным сектором срабатывания и является универсальной для сетей с изолированной или компенсированной нейтралью.

Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT).

Эта функция поддерживает блокировку выходов и таймеров функции, а также самой функции.

4.2.8.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции MFADPSDE можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

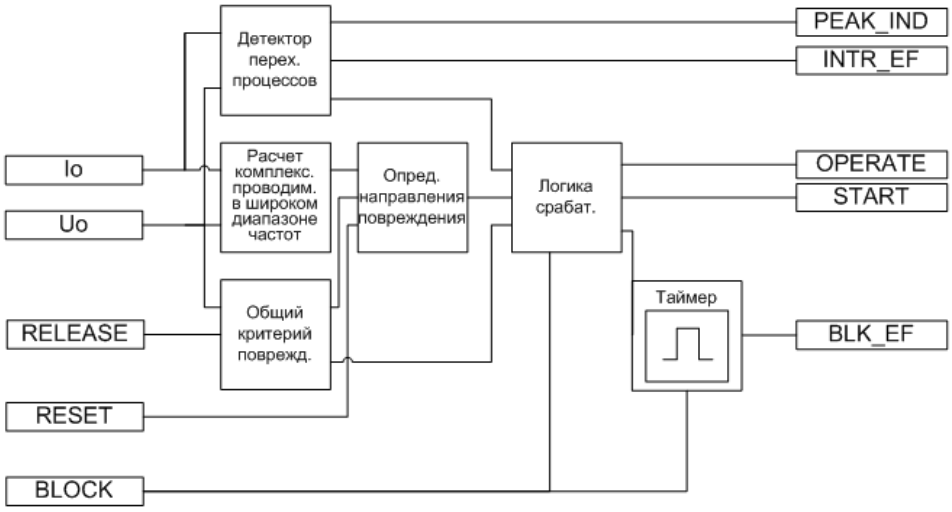


Рис. 209: Функциональная схема

Общий критерий повреждения

Модуль общего критерия повреждения (GFC) контролирует наличие замыкания на землю в сети на основе значения напряжения нулевой последовательности основной частоты, определенного как деленная на три векторная сумма векторов фазных напряжений основной частоты.

$$\overline{U_0^1} = \left(\overline{U_A^1} + \overline{U_B^1} + \overline{U_C^1}\right) / 3$$

(Уравнение 54)

Когда величина $\underline{U}_o^1$ превышает значение параметра *Пусковое знач. напряжения*, обнаруживается замыкание на землю. Модуль GFC сообщает о превышении значения в модуль определения направления повреждения и в логику срабатывания. Это сообщение называется срабатыванием общего критерия повреждения (GFC).

Параметр *Пусковое знач. напряжения* определяет базовую чувствительность функции MFADPSDE. Во избежание неселективного пуска или срабатывания

для параметра *Пусковое знач. напряжения* необходимо всегда задавать значение, превышающее значение напряжения нулевой последовательности в исправном состоянии, с учетом возможных изменений топологии сети, состояния переключения компенсационной катушки и параллельного резистора, а также изменения степени компенсации.

В качестве альтернативы внутреннему условию пуска по повышению напряжения нулевой последовательности, функция MFADPSDE может запускаться внешним сигналом с использованием входа RELEASE. В этом случае внешний сигнал пуска переопределяет значение параметра *Пусковое знач. напряжения* и задает минимальное значение внутреннего предела.

Расчет комплексной проводимости в широком диапазоне частот

Модуль расчета комплексной проводимости в широком диапазоне частот рассчитывает комплексную проводимость нейтрали с использованием частоты основной гармоники, а также 2-й, 3-й, 5-й, 7-й и 9-й гармонических составляющих дифференциального тока и напряжения нулевой последовательности. Рассчитываются следующие комплексные проводимости, если величина конкретной гармоники дифференциального тока или напряжении нулевой последовательности может быть измерена релейной защитой.

Комплексная проводимость (активная и реактивная) основной частоты

$$\overline{Y_0^1} = \frac{3 \cdot \overline{I_0^1}}{-\overline{U_0^1}} = G_o^1 + j \cdot B_o^1$$

(Уравнение 55)

$\overline{Y_0^1}$ Вектор комплексной проводимости нейтрали на основной частоте.

$\overline{I_0^1}$ Вектор тока нулевой последовательности на основной частоте
$(= (\overline{I_A^1} + \overline{I_B^1} + \overline{I_C^1}) / 3)$

$\overline{U_0^1}$ Вектор напряжения нулевой последовательности на основной частоте
$(= (\overline{U_A^1} + \overline{U_B^1} + \overline{U_C^1}) / 3)$

G_o^1 Активная проводимость на основной частоте,
$\mathrm{Re}\left(\overline{Y_0^1}\right)$

B_o^1 Реактивная проводимость на основной частоте,
$\mathrm{Im}\left(\overline{Y_0^1}\right)$

Комплексная проводимость гармоник

$$\mathrm{Im}\left[\overline{Y_0^n}\right] = \mathrm{Im}\left[\frac{3\cdot\overline{I_0^n}}{-\overline{U_0^n}}\right] = j\cdot B_o^n$$

(Уравнение 56)

где n = 2, 3, 5, 7 и 9

$\overline{Y_0^n}$ Вектор комплексной проводимости нейтрали на гармонике n.

$\overline{I_0^n}$ Вектор тока нулевой последовательности на гармонике n.

$\overline{U_0^n}$ Вектор напряжения нулевой последовательности на гармонике n.

B_o^n Комплексная проводимость на гармонике n, $\mathrm{Im}\left(\overline{Y_0^n}\right)$

Для определения направления повреждения комплексная проводимость на основной частоте и реактивная проводимость гармоник складываются в векторном формате. В результате получается вектор суммарной комплексной проводимости, определенный как показано ниже.

$$\overline{Y}_{osum} = \mathrm{Re}\left[\overline{Y_0^1}\right] + j\cdot\mathrm{Im}\left[\overline{Y_0^1} + \sum_{n=2}^{9}\overline{Y_0^n}\right] = G_o^1 + j\cdot B_{osum}$$

(Уравнение 57)

Полярность поляризующей величины (напряжения нулевой последовательности) можно изменить (повернуть на 180 градусов), задав для параметра *Реверс поляризации* значение "Да" либо переключив полярность проводников для измерения напряжения нулевой последовательности.

Определение направления повреждения

Если модуль GFC обнаружил замыкание на землю, направление повреждение оценивается на основе рассчитанного суммарного вектора комплексной проводимости $\overline{Y}_{osum}$, полученного из модуля расчета комплексной проводимости в широком диапазоне частот. Для надежного и безопасного (без ложных срабатываний) определения направления повреждения независимо от типа повреждения (переходное, перемежающееся, повторяющееся, с высоким или низким активным сопротивлением) направление повреждения рассчитывается с помощью специального алгоритма фильтрации — метода накопительного суммирования векторов (CPS). Этот метод фильтрации предпочтителен при переходных, перемежающихся и повторяющихся замыканиях на землю с

преимущественно несиносоидальными или переходными процессами. Он также хорошо работает при длительных (устойчивых) замыканиях на землю.

Концепция метода CPS показана на Рисунке 210. Он представляет собой результат векторного сложения значений измеренных суммарных векторов комплексной проводимости в хронологическом порядке во время повреждения. Используя отдельные вектора суммарной комплексной проводимости $\overline{Y}_{osum}$ в различные моменты времени (t_1...t_5), рассчитывается накопительный суммарный вектор комплексной проводимости $\overline{Y}_{osum_CPS}$. Этот вектор используется как направленный вектор при определении направления повреждения.

$$\overline{Y}_{osum_CPS}(t_1) = \overline{Y}_{osum}(t_1)$$

(Уравнение 58)

$$\overline{Y}_{osum_CPS}(t_2) = \overline{Y}_{osum}(t_1) + \overline{Y}_{osum}(t_2)$$

(Уравнение 59)

$$\overline{Y}_{osum_CPS}(t_3) = \overline{Y}_{osum}(t_1) + \overline{Y}_{osum}(t_2) + \overline{Y}_{osum}(t_3)$$

(Уравнение 60)

$$\overline{Y}_{osum_CPS}(t_4) = \overline{Y}_{osum}(t_1) + \overline{Y}_{osum}(t_2) + \overline{Y}_{osum}(t_3) + \overline{Y}_{osum}(t_4)$$

(Уравнение 61)

$$\overline{Y}_{osum_CPS}(t_5) = \overline{Y}_{osum}(t_1) + \overline{Y}_{osum}(t_2) + \overline{Y}_{osum}(t_3) + \overline{Y}_{osum}(t_4) + \overline{Y}_{osum}(t_5)$$

(Уравнение 62)

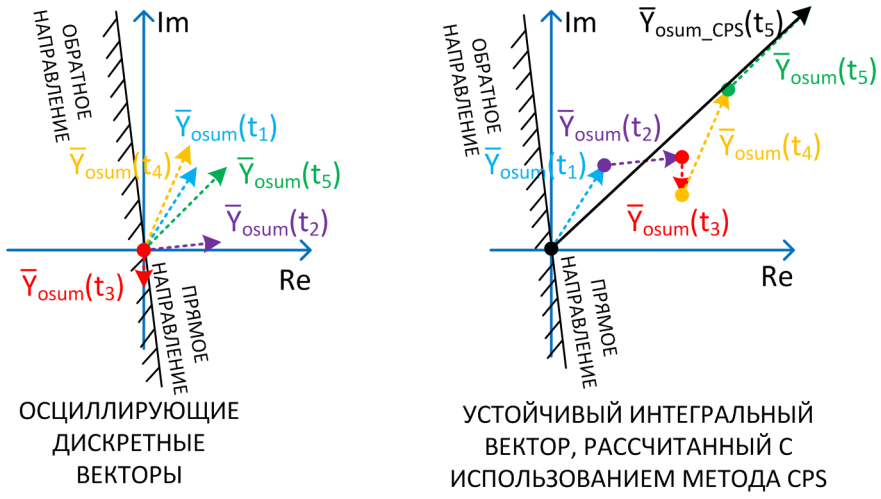


Рис. 210: Принцип накопительного суммирования векторов (CPS)

Метод CPS дает устойчивое значение направленного вектора, несмотря на то, что величина и фазовый угол отдельных векторов изменяется в зависимости от времени при нестабильном повреждении, таком как повторяющееся или перемежающееся замыкание на землю. Это также верно для гармонических составляющих, входящих в суммарный вектор комплексной проводимости. Гармоники обычно подвержены большим флуктуациям.

В сетях с компенсированной нейтралью гармонические составляющие обеспечивают более точное определение направления, чем составляющая основной частоты. Чем выше частота, тем выше импеданс компенсационной катушки, поэтому компенсационная катушка и степень компенсации не влияют на гармоники. При наличии гармоник вектор суммарной комплексной проводимости ведет себя так, как и в случае сети с изолированной нейтралью, в которой направленные вектора в неисправном и исправном фидерах направлены точно в противоположные стороны.

Направление функции MFADPSDE определяется путем задания для параметра *Направленность* значения "Прямая" или "Обратная". Характеристика срабатывания определяется наклонным сектором срабатывания, как показано на Рисунке 211. Эта характеристика обеспечивает универсальность применения, т. е., она может использоваться в сетях с компенсированной или изолированной нейтралью, а также если компенсационная катушка временно выключена. Наклон сектора срабатывания определяется параметром *Угол наклона* для компенсации погрешностей измерения в трансформаторах тока и напряжения нулевой последовательности. Рекомендуется типовое значение 5 градусов, но оно обязательно должно отражать фактическую максимальную ожидаемую погрешность.



В случае сети с изолированной нейтралью для надежной работы функции MFADPSDE должен быть задан подходящий угол наклона.

На Рисунке 212 векторы 1–4 демонстрируют поведение направленного вектора при различных повреждениях в сети.

- Вектор 1 показывает направление накопительного суммарного вектора комплексной проводимости в случае замыкания на землю за пределами защищенного фидера (в предположении, что комплексная проводимость защищенного фидера в основном емкостная). Результат действителен независимо от типа повреждения (с низким активным сопротивлением, более высоким активным сопротивлением, постоянное, перемежающееся или повторяющееся). Если в величинах повреждения присутствуют гармонические составляющие, они поворачивают вектор к отрицательной оси $\mathrm{Im}(\overline{Yo})$.
- Вектор 2 показывает направление накопительного суммарного вектора комплексной проводимости в случае замыкания на землю внутри

защищенного фидера в сети с изолированной нейтралью. Результат также действителен в сетях с компенсированной нейтралью, если в величинах повреждения присутствуют гармонические составляющие (обычно это постоянное, перемежающееся или повторяющееся повреждение с низким активным сопротивлением). В таком случае результат действителен независимо от фактической степени компенсации сети. Гармоники поворачивают вектор в сторону положительной оси $\mathrm{Im}(\overline{Yo})$.

- Векторы 3 и 4 показывают направление накопительного суммарного вектора комплексной проводимости в случае замыкания на землю с высоким активным сопротивлением в защищенном фидере в сети с компенсированной нейтралью при отсутствии гармоник в величинах повреждения. Так как гармонические составляющие отсутствуют, фазовый угол накопительного вектора определяется степенью компенсации сети. При высокой степени избыточной компенсации вектор поворачивается к отрицательной оси $\mathrm{Im}(\overline{Yo})$ (как в случае вектора 4).

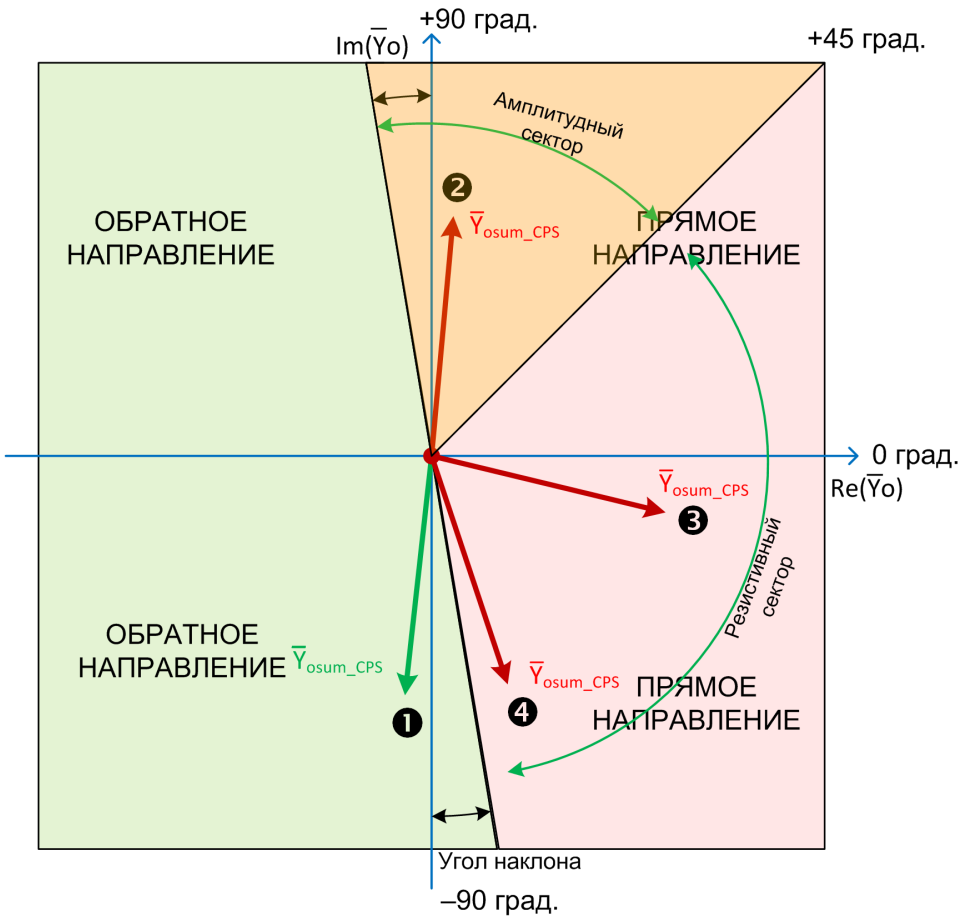


Рис. 211: Направленная характеристика функции MFADPSDE

Для сведения к минимуму погрешностей измерения, особенно смещения фаз, ток нулевой последовательности рекомендуется измерять с помощью точного трансформатора тока нулевой последовательности. Это особенно важно, если требуется высокая селективность защиты.

Характеристика *Угол наклона* должна отражать погрешности измерения, т. е., чем больше погрешность измерения, тем больше должен быть *Угол наклона*. Обычно рекомендуется задавать значение 5 градусов.

Данные об определенном направлении повреждения можно увидеть в окне контролируемых данных в параметре *НАПРАВЛЕНИЕ*.

Для адаптации определения направления повреждения к возможному изменению направления повреждения во время повреждения, например в процесса ручного поиска места повреждения, выполняется циклическое накопление суммы векторов комплексной проводимости. Длительность этого цикла оценки направления составляет 1,2 · *Время возврата* (не менее 600 мс). Если направление повреждения, основанное на циклическом накоплении вектора, противоположно выходному сигналу направления функции в течение времени *Время возврата* или 500 мс (не менее 500 мс), функция сбрасывается, и расчет направления повреждения в функции MFADPSDE перезапускается.

Если защита от замыкания на землю выдает аварийный сигнал, функция MFADPSDE также имеет вход RESET, который можно использовать для внешнего перезапуска определения направления повреждения, если таковое требуется повторно во время замыкания на землю. Также рекомендуется подключить пусковой сигнал ненаправленной защиты от замыкания на землю (EFxPTOC), настроенной на срабатывание в случае сложных повреждений, ко входу RESET функции MFADPSDE, чтобы сбрасывать накопление вектора при сложном повреждении. Тогда функция MFADPSDE сможет быстрее адаптироваться к возможным изменениям направления повреждения, если одиночное замыкание фазы на землю сохраняется в системе после отключения другого неисправного фидера (сложное повреждение было преобразовано обратно в одиночное замыкание на землю).

Направление функции MFADPSDE контролируется настраиваемым пороговым значением тока. Ток срабатывания, используемый в контроле величины, измеряется с использованием особого способа фильтрации, который обеспечивает очень устойчивый ток нулевой последовательности независимо от типа повреждения. Эта стабилизированная оценка тока получается в результате расчета комплексной проводимости на основной частоте с использованием метода CPS. Значение стабилизированного тока получается (после преобразования) из соответствующего значения

комплексной проводимости умножением на номинальное напряжение между фазой и землей в системе, которое вводится как базовое значение для напряжения нулевой последовательности ($U_{baseres}$). Уравнения для расчета стабилизированных значений комплексной проводимости на основной частоте и соответствующего тока приведены ниже.

$$\overline{Y^1_{o\ stab}} = \frac{3 \cdot \overline{I^1_{0\,CPS}}}{-\overline{U^1_{0\,CPS}}} = \mathrm{Re}\left[\overline{Y^1_{o\ stab}}\right] + j \cdot \mathrm{Im}\left[\overline{Y^1_{o\ stab}}\right] = G^1_{ostab} + j \cdot B^1_{ostab}$$

(Уравнение 63)

$\overline{Y^1_{o\ stab}}$ Оценка стабилизированной комплексной проводимости на основной частоте, которая получается из расчета комплексной проводимости на основной частоте с использованием метода накопительного суммирования векторов (CPS).

$\overline{I^1_{0\,CPS}}$ Вектор тока нулевой последовательности на основной частоте, рассчитанный с использованием метода накопительного суммирования векторов (CPS).

$\overline{U^1_{0\,CPS}}$ Вектор напряжения нулевой последовательности на основной частоте, рассчитанный с использованием метода накопительного суммирования векторов (CPS).

$G^1_{o\,stab}$ Вещественная часть оценки стабилизированной активной проводимости на основной частоте.

$B^1_{o\,stab}$ Мнимая часть оценки стабилизированной реактивной проводимости на основной частоте.

$$\overline{I^1_{o\ stab}} = (G^1_{ostab} + j \cdot B^1_{ostab}) \cdot U_{baseres} = I^1_{oCosstab} + j \cdot I^1_{oSinstab}$$

(Уравнение 64)

$\overline{I^1_{o\ stab}}$ Стабилизированная оценка тока нулевой последовательности на основной частоте, которая получается (после преобразования) из соответствующего значения комплексной проводимости умножением на номинальное значение напряжения между фазой и землей в системе.

$\overline{I^1_{o\ Cosstab}}$ Вещественная часть стабилизированной оценки тока нулевой последовательности на основной частоте.

$\overline{I^1_{o\ Sinstab}}$ Мнимая часть стабилизированной оценки тока нулевой последовательности на основной частоте.

Основное преимущество данного метода фильтрации заключается в том, что в результате расчета комплексной проводимости получающееся значение тока не зависит от значения сопротивления повреждения, т. е., величина оценки тока равна величине, которая была бы измерена при КЗ на землю (R_f = 0 Ом). Другое преимущество метода — он также позволяет правильно оценить величину тока при перемежающихся или повторяющихся повреждениях.

Уставка *Мин. ток срабатывания* определяет минимальный ток срабатывания.

Уставка *Величина срабатывания* определяет метод контроля величины тока: "Адаптивный" или "Амплитуда".

Если выбран вариант "Адаптивный", метод автоматически настраивает принцип контроля величины в зависимости от состояния заземления системы. Если фазовый угол накопленного суммарного вектора комплексной проводимости превышает 45 градусов, заданное минимальное пороговое значение тока срабатывания сравнивается с амплитудой $\overline{I}^{1}_{o\,stab}$ (см. Рисунок 212). Если фазовый угол накопленного суммарного вектора комплексной проводимости меньше 45 градусов, заданное минимальное пороговое значение тока срабатывания сравнивается с составляющей активного сопротивления $\overline{I}^{1}_{o\,stab}$. Такая автоматическая адаптация контроля величины обеспечивает безопасное и надежное определение направления в сетях с компенсированной нейтралью, и также применима в случае сети с изолированной нейтралью (компенсационная катушка выключена).

Если задано обратное направление срабатывания, резистивные и амплитудные сектора в характеристиках срабатывания зеркально отражаются.

Если выбран вариант "Амплитуда", заданное минимальное пороговое значение тока срабатывания сравнивается с амплитудой $\overline{I}^{1}_{o\,stab}$. Этот вариант можно использовать в сетях с изолированной нейтралью.

В сетях с компенсированной нейтралью для параметра *Величина срабатывания* следует устанавливать значение "Адаптивный". Это обеспечивает безопасное и надежное определение направления в сетях с компенсированной нейтралью, которое также работает, когда компенсационная катушка отключена и сеть превращается в сеть с изолированной нейтралью.

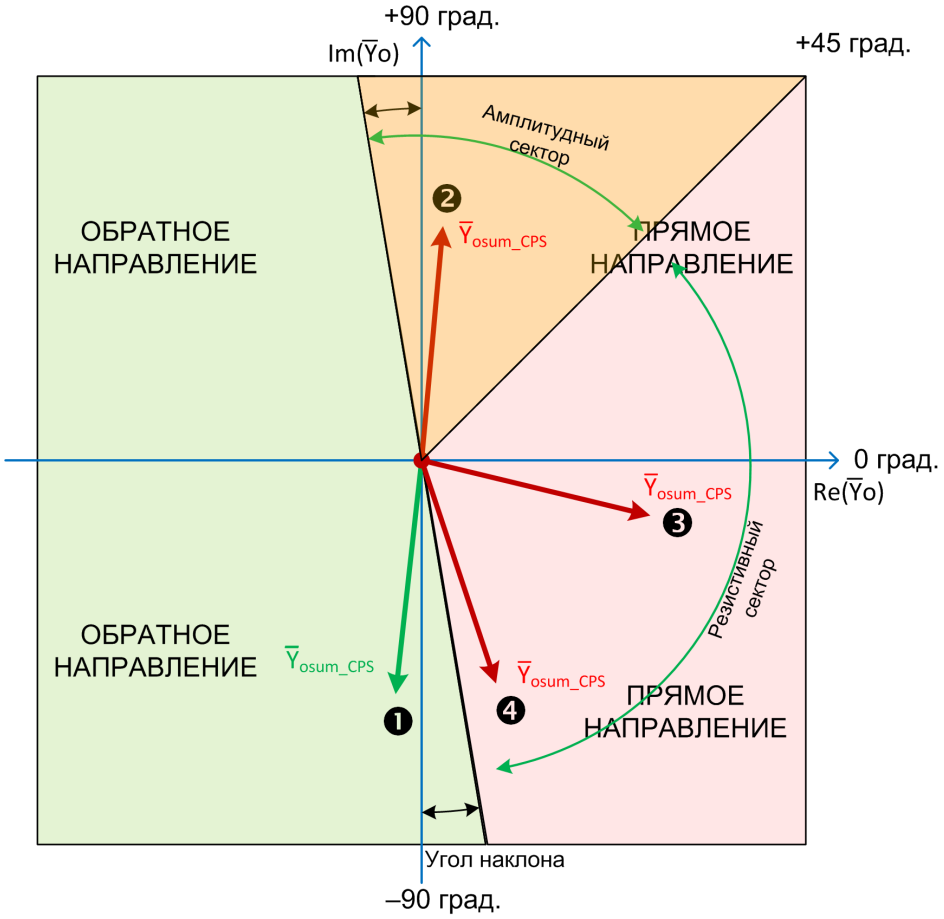


Рис. 212: Иллюстрация секторов амплитудного и активного токов, если для параметра Величина срабатывания задано значение "Адаптивный", а для параметра Направленность — значение "Прямая"

Ниже приведены правила задания пороговых значений тока.

Если выбрана величина срабатывания "Адаптивный", для параметра *Мин. ток срабатывания* необходимо задать значение:

$$[pu] < p \cdot IRtot$$

(Уравнение 65)

IRtot Полный активный ток при замыкании на землю соответствует активному току параллельного резистора катушки и естественным потерям в системе (обычно порядка 1...5 % от общего емкостного тока замыкания на землю в сети).

p коэффициент безопасности = 0,5…0,7

Этот параметр должен задаваться на основе общего активного тока замыкания на землю в сети, включая параллельный резистор катушки и

потери в сети. Чтобы обеспечить надежную работы, для него необходимо задать значение, меньшее общего активного тока замыкания на землю.

Например, если активный ток параллельного резистора составляет 10 А (при первичном напряжении), то может использоваться значение 0,5 · 10 А = 5 А. Эта же настройка применима, если катушка отключена и сеть становится сетью с изолированной нейтралью (так как в этом случае эта настройка сравнивается с амплитудой $\overline{I^{1}_{o\,stab}}$). Выбранное значение параметра никогда не должно превышать значение тока параллельного резистора, чтобы обеспечить срабатывание в поврежденном фидере. В случае меньшего значения тока параллельного резистора, например 5 А, рекомендуемый коэффициент безопасности должен быть больше, например 0,7, чтобы получить достаточный запас для погрешностей ТТ и ТН.

Если выбрана величина срабатывания "Амплитуда", параметр следует выбирать на основе значений емкостного тока замыкания на землю, создаваемого смежной сетью в случае КЗ на землю с запасом для безопасности.

Основная задача модуля контроля величины тока — обеспечить правильное определение направления замыкания на землю, чтобы отключение или срабатывание аварийной сигнализации производилось только для поврежденного фидера. Поэтому необходимо тщательно выбирать пороговые значения и не задавать слишком большие значения, так как в противном случае поврежденный фидер может не отключиться

Для сведения к минимуму погрешностей измерения, особенно смещения фаз, ток нулевой последовательности следует измерять с помощью точного трансформатора тока нулевой последовательности.

Детектор переходных процессов

Детектор переходных процессов используется для обнаружения переходных процессов в сигналах тока и напряжения нулевой последовательности. Об обнаружении переходного процесса сигнализирует выход PEAK_IND. Когда количество обнаруженных переходных процессов равно или превышает значение параметра *Мин.колич.всплесков* (без сброса функции, в зависимости от времени возврата, которое определяется параметром *Время возврата*), активируется выход INTR_EF. Это означает, что в сети обнаружено повторяющееся или перемежающееся замыкание на землю. Детектор переходных процессов влияет на работу функции MFADPSDE (выходы START и OPERATE), если задан режим работы "Перемежающиеся ЗЗ". В других режимах работы ("Общие ЗЗ", "Сигнал. ТЗНП") выходы PEAK_IND и

INTR_EF могут использоваться для целей контроля. Работа детектора переходных процессов показана на Рисунке 213.

На величину и частоту переходных повреждений влияют несколько факторов, такие как угол возникновения повреждения относительно синусоиды напряжения, место повреждения, сопротивление в месте повреждения, а также параметры линий и трансформаторов. Если повреждение является устойчивым по своему характеру (не переходным), можно измерить ток и напряжение начального переходного процесса, тогда как при перемежающихся замыканиях переходные процессы формируются периодически. Практическая чувствительность обнаружения переходных процессов ограничена значениями сопротивления повреждения приблизительно несколько десятков Ом. Поэтому применение обнаружения переходных процессов ограничено низкоомными замыканиями на землю.

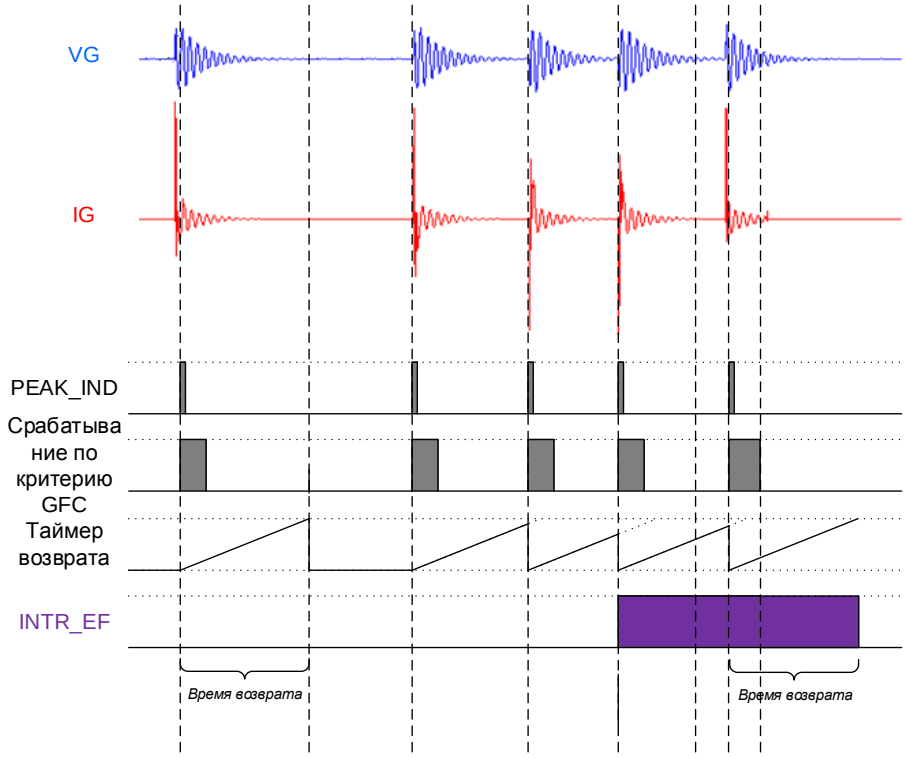


Рис. 213: *Пример работы детектора переходных процессов: для индикации обнаружения переходного процесса используется выход PEAK_IND, для обнаружения повторяющегося или перемежающегося замыкания на землю используется выход INTR_EF (значение параметра Мин.колич.всплесков = 3)*

Логика срабатывания

Функция MFADPSDE поддерживает три режима работы, выбираемые с помощью параметра "Режим работы": "Общие ЗЗ", "Сигнал. ТЗНП" и "Перемежающиеся ЗЗ".

Режим работы "Общие ЗЗ" применяется для всех видов замыканий на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью. Он предназначен для обнаружения всех видов замыканий на землю, независимо от их типа (переходные, перемещающиеся или повторяющиеся, постоянные, с высоким или низким активным сопротивлением). Уставка *Пусковое знач. напряжения* определяет базовую чувствительность функции MFADPSDE.

В режиме "Общие ЗЗ" таймер срабатывания запускается при следующих условиях.

- Замыкание на землю обнаружено по общему критерию повреждения (GFC).
- Направление повреждения совпадает со значением параметра *Направленность*
- Оценка стабилизированного тока нулевой последовательности на основной частоте превышает заданный уровень *Мин. ток срабатывания*

Выход START активируется по истечении времени *Время задержки пуска*. Выход OPERATE активируется по истечении времени *Время срабатывания* при выполнении приведенных выше трех условий. Таймер возврата запускается, если не выполняется любое из приведенных выше условий. Если повреждение является переходным и само исчезает, выход START остается активным до истечения времени таймера возврата (параметр "Время возврата"). После активации выхода OPERATE выходы START и OPERATE сразу же сбрасываются, если не выполняется любое из указанных выше трех условий. Значение длительности пуска START_DUR, доступное в окне контролируемых данных, указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах.

Если функция обнаружения временных замыканий на землю не требуется, с помощью параметра *Время задержки запуска* можно отложить активацию выхода START. Этот же параметр можно также использовать для исключения перезапуска функции во время длительных колебаний после устранения повреждения, если постоянная времени колебаний после устранения повреждения очень велика (потери и демпфирование в сети очень малы).

Чтобы таймер срабатывания оставался активным между пиками тока во время перемещающегося или повторяющегося замыкания на землю, для параметра *Время возврата* должно быть задано значение, превышающее максимальное ожидаемое время между пиками повреждения (которое достигается в условиях полного резонанса). Рекомендуется значение не менее 300 мс.

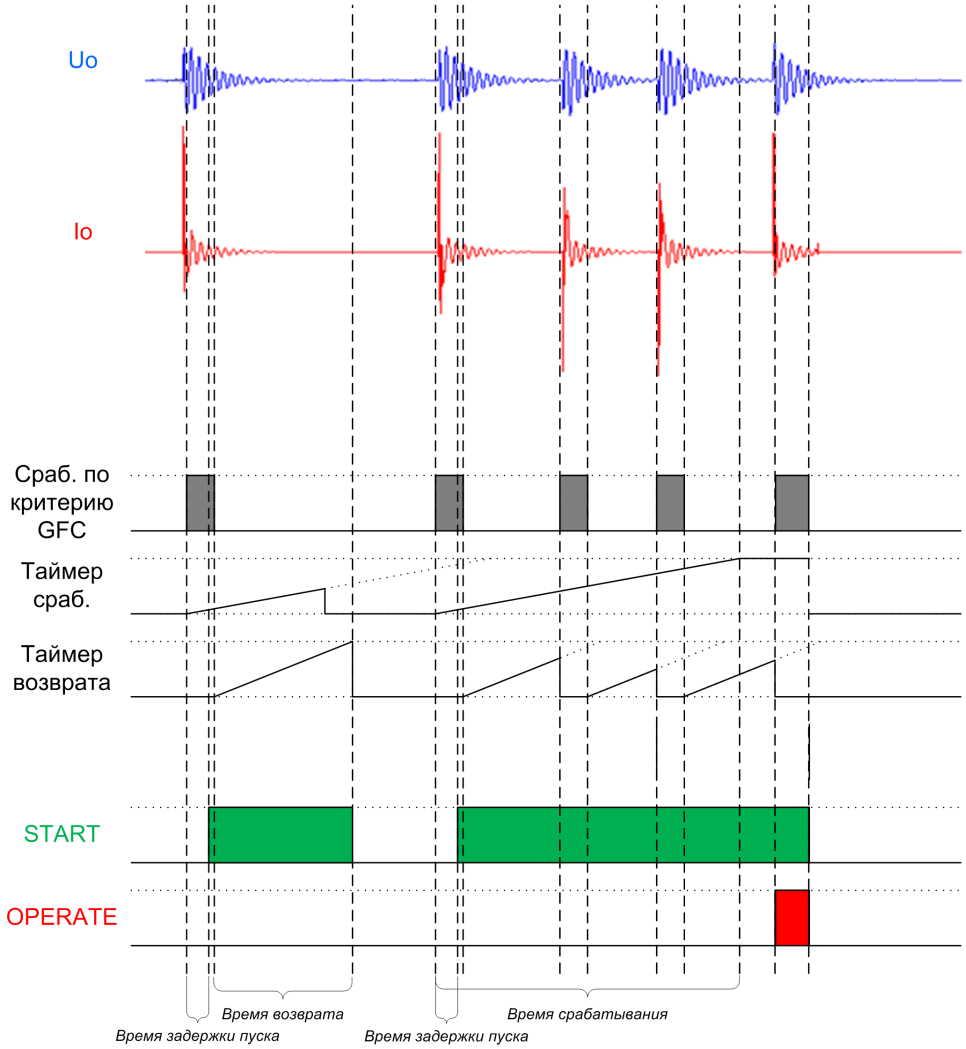


Рис. 214: Работа в режиме "Общие 3З"

Режим работы "Сигнал. ТЗНП" применяется для всех видов замыканий на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, когда обнаружение повреждения приводит только к срабатыванию сигнализации. Он предназначен для обнаружения замыканий на землю независимо от их типа (переходные, перемещающиеся или повторяющиеся, постоянные, с высоким или низким активным сопротивлением). Уставка *Пусковое знач. напряжения* определяет базовую чувствительность функции MFADPSDE. В режиме "Сигнал. ТЗНП" таймер срабатывания запускается при следующих условиях.

- Замыкание на землю обнаружено по условию GFC
- Направление повреждения совпадает со значением параметра *Направленность*
- Оценка стабилизированного тока нулевой последовательности на основной частоте превышает заданный уровень *Мин. ток срабатывания*

Выход START активируется по истечении времени *Время задержки запуска*. Выход OPERATE в режиме "Сигнал. ТЗНП" не используется. Таймер возврата запускается, если не выполняется любое из приведенных выше условий. Если повреждение является переходным и самоустаняющимся, выход START остается активным до истечения времени таймера возврата (уставка *Время возврата*).



Если функция обнаружения временных замыканий на землю не требуется, с помощью параметра *Время задержки запуска* можно отложить активацию выхода START.



Чтобы таймер срабатывания оставался активным между пиками тока во время перемещающегося или повторяющегося замыкания на землю, для параметра *Время возврата* должно быть задано значение, превышающее максимальное ожидаемое время между пиками повреждения (которое достигается в условиях полного резонанса). Рекомендуется значение не менее 300 мс.

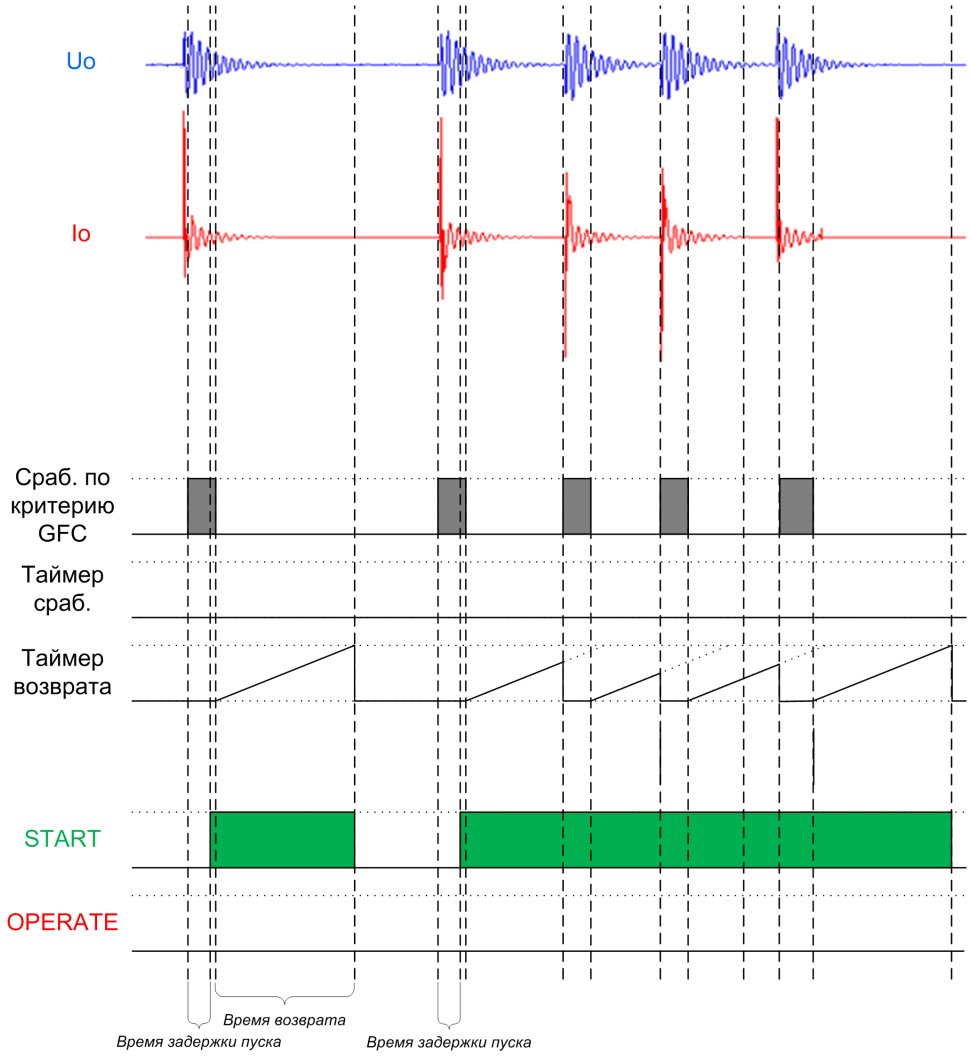


Рис. 215: Работа в режиме "Сигнал. ТЗНП"

Режим работы "Перемежающиеся ЗЗ" предназначен для обнаружения повторяющихся и перемежающихся замыканий на землю. Для срабатывания должно быть обнаружено требуемое количество перемежающихся замыканий на землю, заданное параметром *Мин.колич.всплесков*. Поэтому переходные и постоянные повреждения, у которых возникает только первоначальный переходной процесс обнаружения повреждения, не обнаруживаются в режиме "Перемежающиеся ЗЗ". Применение режима "Перемежающиеся ЗЗ" ограничено перемежающимися или повторяющимися замыкания на землю с низким активным сопротивлением.

В режиме "Перемежающиеся ЗЗ" таймер срабатывания запускается при выполнении следующих условий.

- Переходной процесс обнаружен детектором переходных процессов (активация выхода PEAK_IND).
- Замыкание на землю обнаружено по условию GFC во время переходного процесса
- Направление повреждения совпадает со значением параметра *Направленность*
- Оценка стабилизированного тока нулевой последовательности на основной частоте превышает заданный уровень *Мин. ток срабатывания*

Когда будет обнаружено заданное количество переходных замыканий на землю, которое определяется параметром *Мин.колич.всплесков*, и при этом не произойдет возврат функции (время возврата определяется параметром *Время возврата*), активируется выход START. Выход INTR_EF активируется для индикации, что повреждение является перемежающимся или повторяющимся замыканием на землю. Таймер срабатывания остается в активном состоянии, пока имеют место переходные процессы на протяжении всего времени возврата, определяемого параметром *Время возврата*.

Выход OPERATE активируется, если прошло время *Время срабатывания*, обнаружено требуемое количество переходных процессов, обнаружено замыкание на землю по условию GFC, направление повреждения соответствует значению параметра *Направленность* и оценка стабилизированная оценка тока нулевой последовательности на основной частоте превышает заданное значение параметра *Минимальный рабочий ток*.

Отсчет времени *Время возврата* начинается от каждого обнаруженного переходного сигнала. Функция сбрасывается, если время между всплесками тока превышает *Время возврата* или если было сброшено срабатывание общего критерия повреждения (GFC). После активации выхода OPERATE выходы START и OPERATE сбрасываются сразу же по заднему фронту сигнала срабатывания общего критерия обнаружения (GFC), т .е., когда напряжение нулевой последовательности становится меньше значения параметра *Пусковое знач. напряжения*. Это необходимо учитывать, если режим "Перемежающиеся ЗЗ" применяется в случае, когда для замыканий на землю подаются только аварийные сигналы, во избежание появления повторных событий пуска и срабатывания.



Чтобы таймер срабатывания оставался активным между пиками тока во время перемещающегося или повторяющегося замыкания на землю, для параметра *Время возврата* должно быть задано значение, превышающее максимальное ожидаемое время между пиками (которое достигается в условиях полного резонанса). Рекомендуется значение не менее 300 мс.

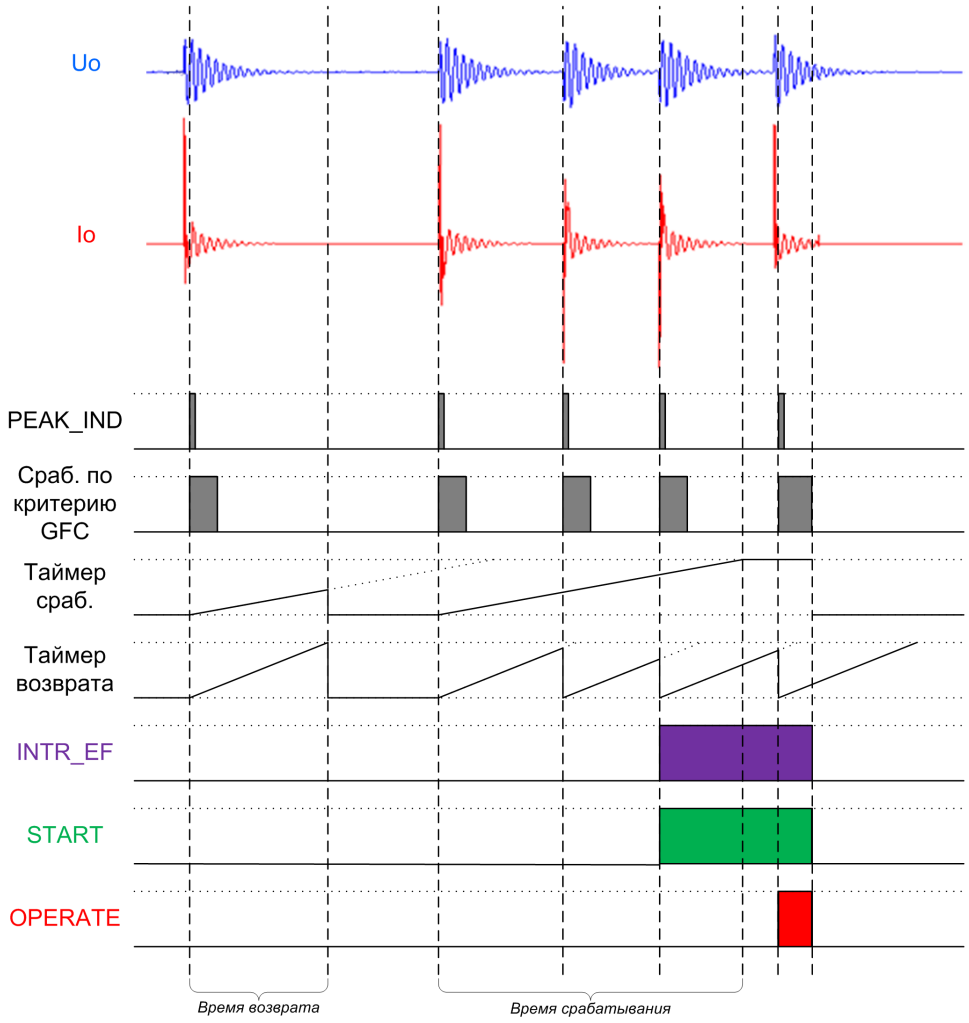


Рис. 216: Работа в режиме "Перемежающиеся 33", Мин.колич.всплесков = 3

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир.

выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

Таймер

Если направление обнаружения повреждения является обратным заданному режиму направленности и активно срабатывание критерия GFC, выход BLK_EF активируется по истечении времени *Время задержки пуска*. Таймер сброса активируется по падающему фронту срабатывания общего критерия повреждения (GFC), т .е., когда напряжение нулевой последовательности становится меньше значения параметра *Пусковое знач. напряжения*. Выход BLK_EF сбрасывается по истечении времени возврата. При активации входа BLOCK деактивируется выход BLK_EF и сбрасывается таймер.

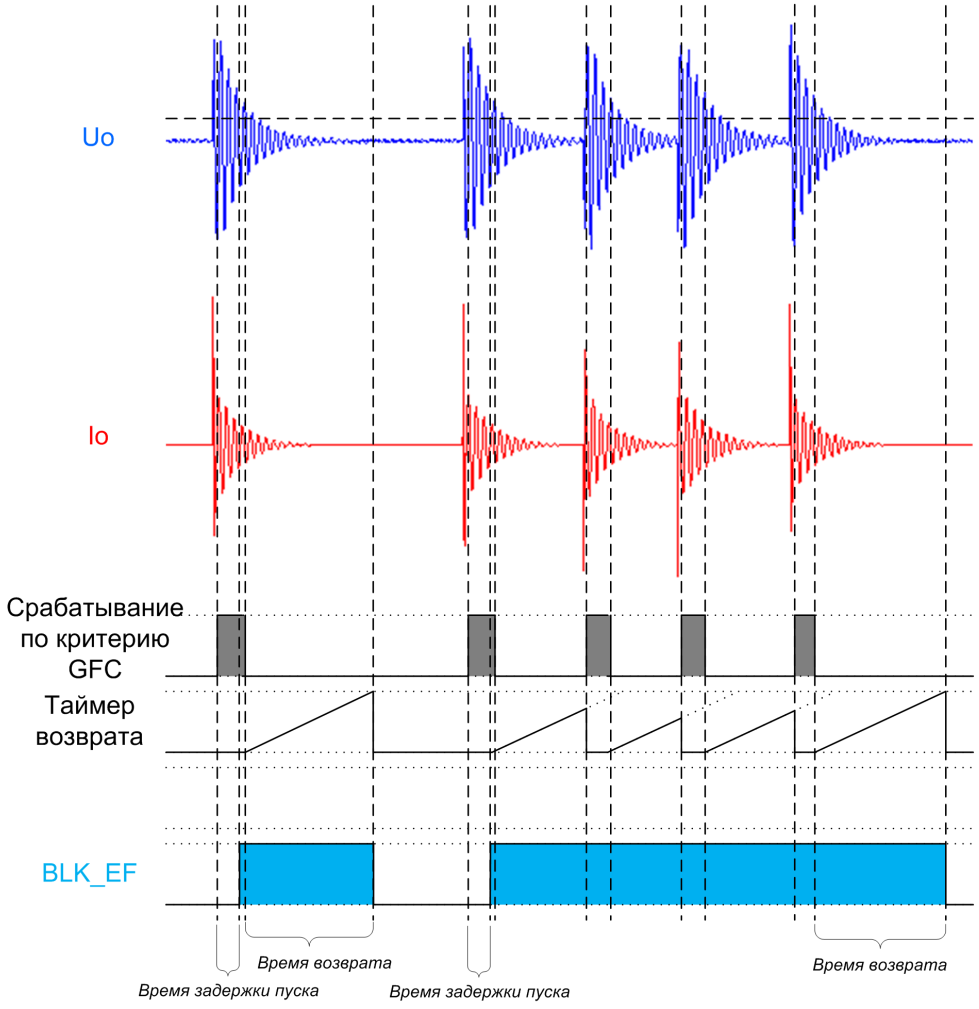


Рис. 217: Активация выхода BLK_EF (означает, что повреждение находится в направлении, противоположном заданному направлению срабатывания)

4.2.8.5 Применение

Функция MFADPSDE обеспечивает селективную направленную защиту от замыканий на землю в сетях с заземленной через высокое активное сопротивление нейтралью, т. е. в сетях с компенсированной нейтралью, в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с нейтралью, заземленной через высокое активное сопротивление. Она может применяться для защиты от КЗ на землю воздушных линий и подземных кабелей.

Работа функции MFADPSDE основана на измерении комплексной проводимости нейтрали в широком частотном диапазоне с использованием метода накопительного суммирования векторов. Эта концепция обеспечивает исключительно безопасную, надежную и селективную защиту от КЗ на землю также в случаях, когда величины нулевой последовательности сильно искажены и содержат составляющие с частотой, отличной от основной. Функция MFADPSDE хорошо подходит для сетей с компенсированной нейтралью, в которых измеряемые сигналы могут иметь такие характеристики, например, во время перемежающихся замыканий на землю.

Функция MFADPSDE может работать с замыканиями на землю как с низким, так и с высоким активным сопротивлением, когда предельная чувствительность определяется условием превышения напряжения нулевой последовательности. В симметричных системах это позволяет обнаруживать замыкания на землю с сопротивлением повреждения в несколько кОм. Достижимая чувствительность сравнима с уровнем традиционных методов на основе частоты основной гармоники, таких как IoCos/IoSin (DEFxPTOC), контроль активной мощности (32N) и комплексная проводимость нейтрали (21YN).

Функция MFADPSDE позволяет обнаруживать повреждения с составляющей в основном главной частоты, а также переходные, перемежающиеся или повторные замыкания на землю. Функция MFADPSDE может использоваться как альтернатива функции переходных или перемежающихся замыканий INTRPTEF.

Функция MFADPSDE поддерживает индикацию направления повреждения в направлении срабатывания и в направлении несрабатывания, что можно использовать в процессе локализации повреждения. Встроенный детектор переходных процессов может использоваться для выявления повторяющихся или перемежающихся замыканий на землю, а также для их отделения от постоянных или длительных замыканий на землю.

Для функции MFADPSDE может быть задано прямое или обратное направление. Характеристика срабатывания определяется наклонным сектором срабатывания, и является универсальной для сетей с изолированной и компенсированной нейтралью. Наклон сектора срабатывания следует выбирать в зависимости от погрешностей трансформаторов, применяемых для измерения тока и напряжения нулевой последовательности.

Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT).

Эта функция поддерживает блокировку выходов и таймеров функции, а также самой функции.

Функция MFADPSDE поддерживает режим работы со срабатыванием и с аварийной сигнализацией. Для применения в сигнализации замыканий на землю функция имеет специальный режим работы.

Функция MFADPSDE обеспечивает надежную и чувствительную защиту с использованием одной функции. Это упрощает реализацию схем защиты, так как отдельные функции защиты от замыканий на землю различных типов и взаимодействие между ними могут не потребоваться. Другие преимущества функции MFADPSDE заключаются в разнообразии применений, хорошей избирательности, хорошей чувствительности и простых критериях задания уставок.

Доступен один экземпляр (ступень) функции MFADPSDE.

4.2.8.6 Сигналы

Таблица 408: Входные сигналы функции MFADPSDE

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
3Uo	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
RELEASE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Внешнее разрешение работы защиты по проводимости нейтрали
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Внешнее разрешение сброса расчета направления

Таблица 409: Выходные сигналы функции MFADPSDE

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
BLK_EF	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал блокировки защиты от замыканий на землю для индикации всплесков в противоположном направлении
INTR_EF	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация перемежающихся замыканий на землю
PEAK_IND	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация обнаружения переходных замыканий

4.2.8.7 Уставки

Таблица 410: Групповые уставки функции MFADPSDE (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Направленность	2=Прямая 3=Обратная			2=Прямая	Направленность
Напряжение пуска	0,01...1,00	xUn	0,01	0,10	Напряжение пуска
Время срабатывания	60...1200000	мс	10	500	Время срабатывания

Таблица 411: Групповые уставки функции MFADPSDE (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Рабочая величина	1 = Адаптивный 2 = Амплитуда			1 = Адаптивный	Выбор рабочей величины
Мин. ток срабатывания	0,005...5,000	xIn	0,001	0,010	Минимальный рабочий ток
Угол наклона	2,0...20,0	град.	0,1	5,0	Характеристический угол наклона

Таблица 412: Общие уставки функции MFADPSDE (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим работы	1 = Перемежающиеся ЗЗ 3 = Общие ЗЗ 4 = Сигнал. ТЗНП			3 = Общие ЗЗ	Критерии срабатывания

Таблица 413: Общие уставки функции MFADPSDE (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор сигнала 3Io	1=Измеренный 3Io 2=Расчетный 3Io			1=Измеренный 3Io	Выбор используемого сигнала 3Io
Выбор сигнала 3Uo	1=Измеренное 3Uo 2=Расчетное 3Uo			1=Измеренное 3Uo	Выбор используемого сигнала 3Uo
Мин.колич.всплесков	2...20		1	2	Мин.колич.всплесков для повторных ЗЗ
Время задержки пуска	30...60000	мс	1	30	Время задержки пуска
Время возврата	0...60000	мс	1	500	Время возврата
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Поворот опорной (поляризующей) величины

4.2.8.8 Контролируемые данные

Таблица 414: Контролируемые данные функции MFADPSDE

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
FAULT_DIR	Enum	0=Не определена 1=Прямая 2=Обратная 3=Обе направленности		Направленность повреждения
DIRECTION	Enum	0=Не определена 1=Прямая 2=Обратная 3=Обе направленности		Информация о направленности
ANGLE	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между величиной поляризации и величиной срабатывания
MFADPSDE	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.2.8.9 Технические данные

Таблица 415: Технические данные функции MFADPSDE

Параметр	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц
	± 1,5 % уставки или ±0,002 × $U_{ном}$
Время пуска[1)]	Типовое 35 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Погрешность времени срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс

1) Включает задержку срабатывания выходного сигнального контакта, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений

4.3 Дифференциальная защита

4.3.1 Дифференциальная защита линии с силовым трансформатором в зоне LNPLDF

4.3.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Дифференциальная защита линии с силовым трансформатором в зоне	LNPLDF	3Id/I>	87L

4.3.1.2 Функциональный блок

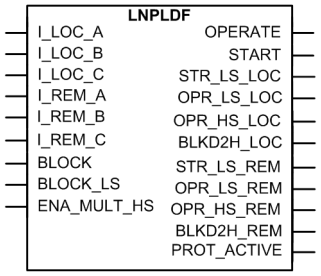


Рис. 218: Функциональный блок

4.3.1.3 Функциональные возможности

Функция дифференциальной защиты линии с силовым трансформатором в зоне LNPLDF предназначена для дифференциальной защиты воздушных и кабельных линий на подстанциях распределительной сети. LNPLDF включает ступень с торможением и без, а также ступень с низкой и высокой уставкой. Кроме того, дифференциальная защита линии может использоваться при наличии трансформатора в секторе защищаемого фидера.

Ступень с торможением с низкой уставкой обеспечивает оперативное устранение повреждения, при этом сохраняя устойчивость при прохождении через защищенную зону больших токов, которые увеличивают погрешность измерения токов. Торможение по второй гармонике предотвращает срабатывание ступени с низкой уставкой при подаче мощности на трансформатор с отводом или в зоне. Ступень с высокой уставкой обеспечивает быстрое устранение повреждений с высоким дифференциальным током, которое не зависит от гармонических составляющих.

Характеристика срабатывания для ступени с низкой уставкой может иметь независимую (DT) либо обратнозависимую (IDMT) выдержку времени. Передача зависимого отключающего сигнала обеспечивает срабатывание на двух концах линии даже в отсутствие локальных критериев.

4.3.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл".

Функцию также можно перевести в тестовый режим, выбрав для уставки *Активизация* вариант «тестирование/заблокировано».

Работу функции LNPLDF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

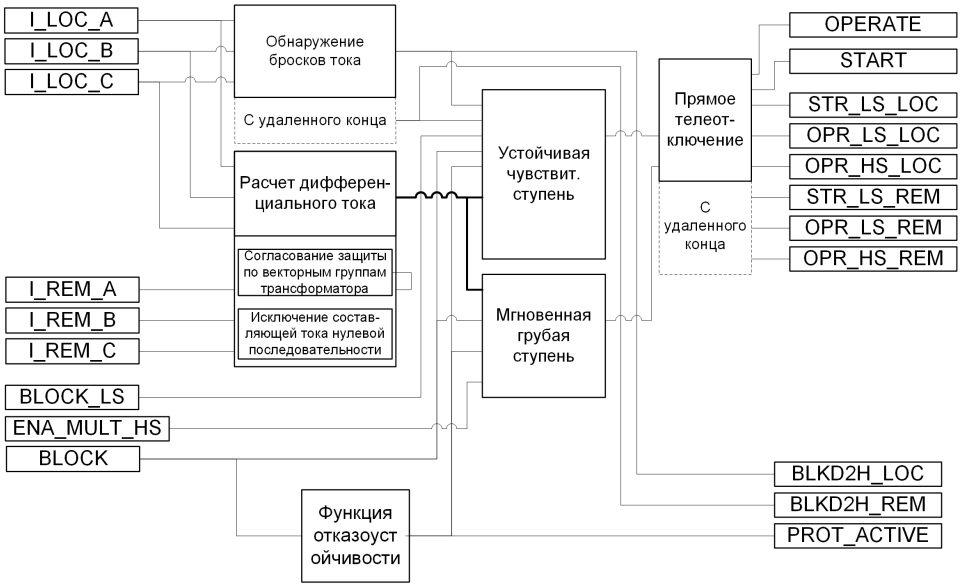


Рис. 219: Функциональная схема. I_LOC_x означает ток на локальном конце, REM_x означает фазные токи на удаленных концах линии.

Стабилизированная ступень с низкой уставкой

Чем выше ток нагрузки на стабилизированной ступени с низкой уставкой, тем выше должен быть дифференциальный ток для отключения. Эта ситуация характерна для работы в нормальном режиме или при внешних сбоях. При внутреннем сбое токи на обеих концах защищаемого объекта перенаправляются на участок неисправности, что значительно снижает величину тока торможения. Такой подходи повышает чувствительность работы при внутренних неисправностях. Ступень с низкой уставкой имеет функцию задержки по времени.

Учет кажущегося дифференциального тока, типичный для этой ступени, зависит от различных факторов:

- небольших ответвленных нагрузок в защищаемой зоне;
- ошибок трансформатора тока;
- насыщения трансформатора тока;
- небольшой асимметрии канала связи в прямом и обратном направлении;
- небольшого зарядного тока линии в стационарном состоянии;
- тока холостого хода трансформатора в зоне;
- влияния положений РПН.

Таймер активируется в соответствии с рассчитанным значением дифференциального тока, тока торможения, а также заданной дифференциальной характеристикой.

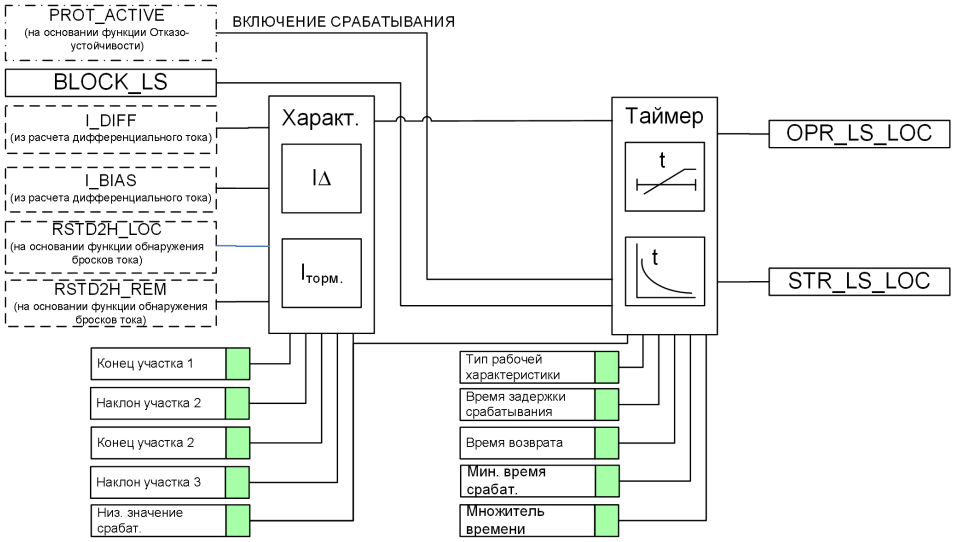


Рис. 220: Логика срабатывания стабилизированной ступени с низкой уставкой

Работа функции зависит от стабилизации.

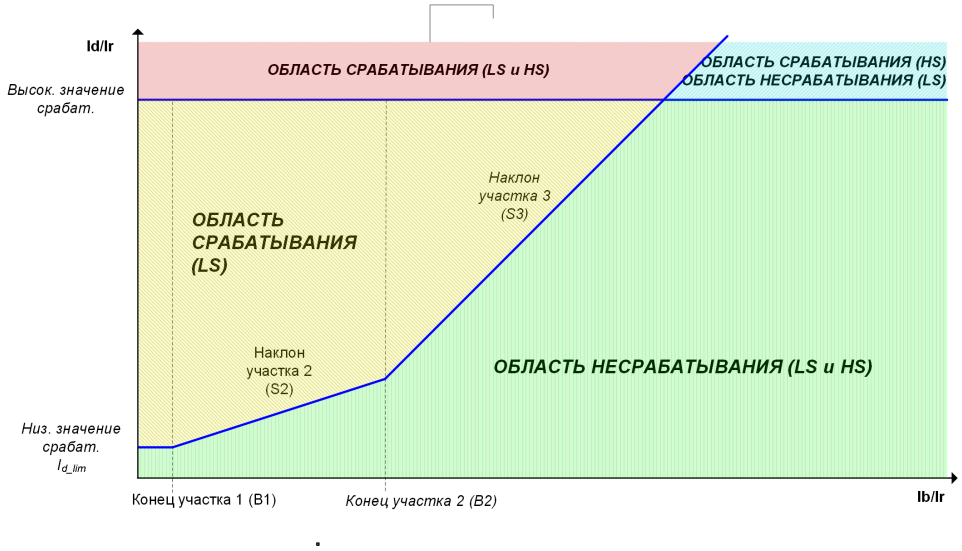


Рис. 221: Характеристики срабатывания защиты. (LS) означает ступень защиты с низкой уставкой, (HS) – означает ступень защиты с высокой уставкой

Наклон кривой характеристик срабатывания дифференциальной функции меняется в различных частях диапазона.

- Участок 1, где 0,0 < I_b/I_r < *Конец 1 участка*. Значение дифференциального тока для отключения является постоянным. Оно соответствует номинальной уставке (*Низкое значение срабатывания*), выбранной для функции. Номинальная уставка обеспечивает появление тока холостого ход в линии, тока нагрузки ответвлений и незначительные неточности трансформаторов тока. С ее помощью также можно регулировать характеристики срабатывания в совокупности.
- Участок 2, где *Конец 1 участка* < I_b/I_r < *Конец 2 участка*. Он называется площадью влияния пускового коэффициента. На этом участке изменения пускового коэффициента влияют на наклон кривой характеристики, т. е. на требуемое изменение для отключения дифференциального тока по сравнению с изменением тока нагрузки. При выборе пускового коэффициента следует учитывать погрешности ТТ.
- Участок 3, где *Конец 2 участка* < I_b/I_r. При настройке наклона кривой на этом участке необходимо следить за тем, чтобы не допустить ненужного срабатывания защиты в случае внешнего сбоя и создания дифференциального тока преимущественно насыщающимися трансформаторами.

Срабатывание дифференциальной защиты обеспечивается за счет составляющих частоты основной гармоники. Благодаря этому оно является точным и стабильным, а постоянная составляющая и ток гармоник не приводят к нежелательным срабатываниям.

Детектор броска тока

Броски токов трансформатора вызывают повышение уровней вторых гармоник относительно измеренных фазовых токов. Детектор броска тока обнаруживает броски в трансформаторах. Выбор локальной блокировка на основе второй гармоники осуществляется с помощью параметра *Режим ограничения*. Сигнал блокировки для ступени с низкой уставкой выдается на локальном конце при условии выбора блокировки по 2-й гармонике и обнаружения броска тока.

Детектор броска тока рассчитывает соотношение тока второй гармоники `I_2H_LOC_A` и тока частоты основной гармоники `I_1H_LOC_A`. Если дифференциальная защита линии используется в обычном режиме (для параметра *Выбор обмотки* установлено значение «Не используется»), рассчитанное значение будет сравниваться со значением параметра *Пусковое значение 2-й гармоники*. Если расчетное значение превышает заданное значение и ток частоты основной гармоники `I_1H_LOC_A` на 7 % выше номинального тока, будет активирован выходной сигнал `BLK2H_A`. Аналогичным образом детектор броска тока действует и в отношении других фаз.

Если дифференциальная защита линии используется в режиме трансформатора в зоне (для параметра *Выбор обмотки* установлено значение «Обмотка 1» или «Обмотка 2»), будет вычисляться средневзвешенное значение для отношений 2-й гармоники в разных фазах с последующим его сравнением со значением уставки *Пусковое значение 2-й гармоники*. Если расчетное значение средневзвешенного соотношения превышает заданное значение и ток частоты основной гармоники `I_1H_LOC_A` на 7 % выше номинального тока, будет активирован выходной сигнал `BLK2H_A`.

Независимо от значения параметра *Режим ограничения*, локальный бросок тока трансформатора также передается на удаленный конец линии в виде дискретного сигнала. В случае срабатывания внутренней блокировки стабилизированной ступени с низкой уставкой одновременно будут активированы выходные сигналы `RSTD2H_LOC` и `RSTD2H_REM` в зависимости от того, был ли обнаружен бросок тока на локальном или удаленном конце или на обоих концах.

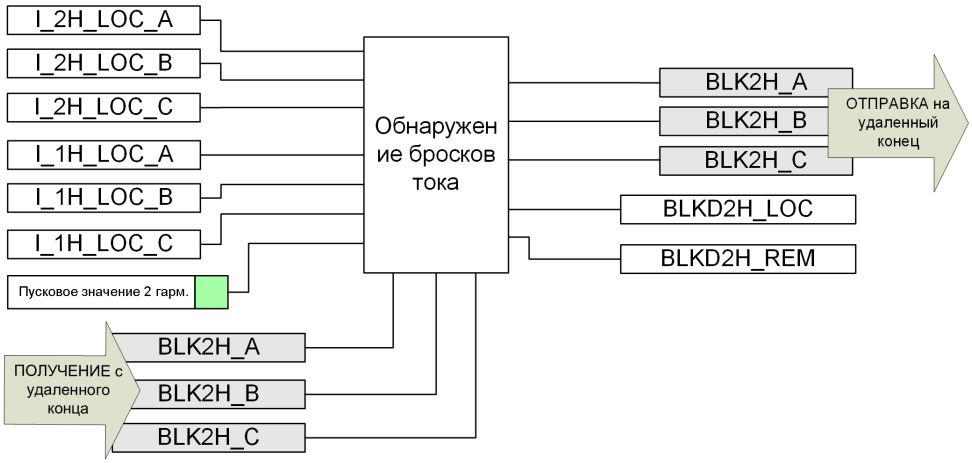


Рис. 222: Логика выявления броска тока

Расчет дифференциального тока

Принцип заключается в расчете дифференциального тока, поступающего в защищаемую зону и выходящего из нее, на двух концах линии с помощью цифровых каналов связи для обмена данными. В нормальном режиме эксплуатации дифференциальный ток стремится к нулю. Дифференциальная защита является пофазной, и дифференциальные токи на обеих концах линии рассчитываются отдельно.

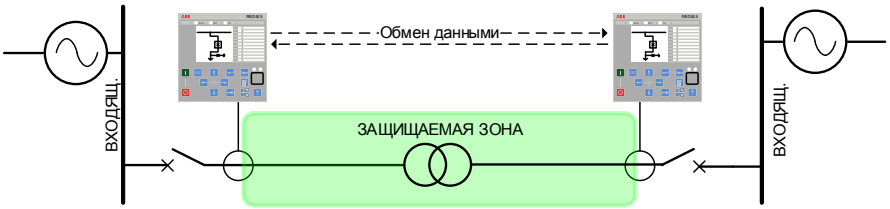


Рис. 223: Основной принцип защиты

Дифференциальный ток IΔ (I_d) релейной защиты рассчитывается на обоих концах линии по следующей формуле:

$$I_d = \left| \bar{I}_{LOC} + \bar{I}_{REM} \right|$$

(Уравнение 66)

Ток торможения I_{bias} (I_d) релейной защиты рассчитывается на обоих концах линии по следующей формуле:

$$I_b = \frac{\left|\bar{I}_{LOC} - \bar{I}_{REM}\right|}{2}$$

(Уравнение 67)

Полярность токов удаленного оборудования на локальном конце, в зависимости от расположения точек звезды трансформаторов тока, может отличаться и приводить к сбою алгоритмов расчета. Существует вероятность различий коэффициента трансформации ТТ, которые должны быть компенсированы для правильного вычисления дифференциального тока на обоих концах.

Уставки, относящиеся к характеристикам срабатывания, представлены в процентах от номинального тока вторичной обмотки трансформатора на устройстве защиты на каждом конце линии. Для получения фактического значения уставки тока первичной обмотки необходимо учитывать соответствующий коэффициент ТТ на каждом конце линии. Ниже представлен пример с выбором значений параметра *Корректировка коэффициента трансформации ТТ* на обоих концах линии, позволяющих компенсировать разницу номинальных уровней.

Еще одним примером является применение дифференциальной защиты без трансформатора в зоне, где номинальный ток в линии составляет 400 А. Коэффициент ТТ выбран на уровне 800/1 и 400/1.

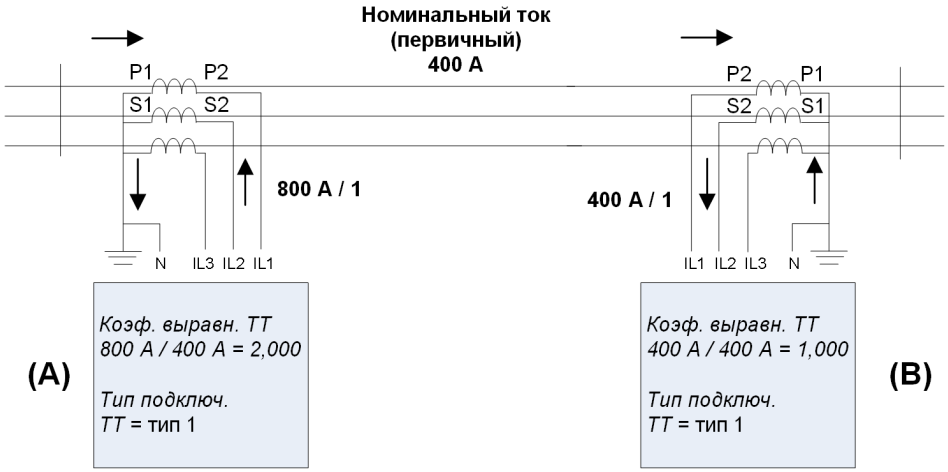


Рис. 224: Пример расчета значения параметра Корректировка коэффициента трансформации ТТ для дифференциальной защиты линии

Уставки *Корректировка коэффициента трансформации ТТ* для релейной защиты А и релейной защиты Б:

Корректировка коэффициента трансформации ТТ (А) = 800 А / 400 А = 2,000

Корректировка коэффициента трансформации ТТ (Б) = 400 А / 400 А = 1,000

Ток вторичной обмотки ТТ часто отличается от номинального тока при номинальной нагрузке силового трансформатора. С помощью уставки *Корректировка коэффициента трансформации ТТ* можно отрегулировать коэффициент ТТ на обоих концах силового трансформатора.

Сначала на основе значений полной мощности и межфазного напряжения рассчитывают номинальную нагрузку обоих концах силового трансформатора.

$$I_{nT} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n}$$

(Уравнение 68)

I_{nT} номинальная нагрузка силового трансформатора

S_n номинальная мощность силового трансформатора

U_n номинальное межфазное напряжение

Затем по следующей формуле определяют значение корректировки коэффициента ТТ:

$$\textit{Коэф. выравн. ТТ} = \frac{I_n}{I_{nT}}$$

(Уравнение 69)

I_n номинальный первичный ток ТТ

После корректировки коэффициента ТТ измеренные значения токов и соответствующие значения LNPLDF выражаются как кратное номинального тока силового трансформатора Ir (× Ir) или доля в процентах Ir (% Ir).

Ниже показан пример расчета значения корректировки коэффициента ТТ; при номинальной мощности трансформатора 5 МВА коэффициент трансформации ТТ на стороне 20 кВ составляет 200/1, на стороне 10,5 кВ – 300/1.

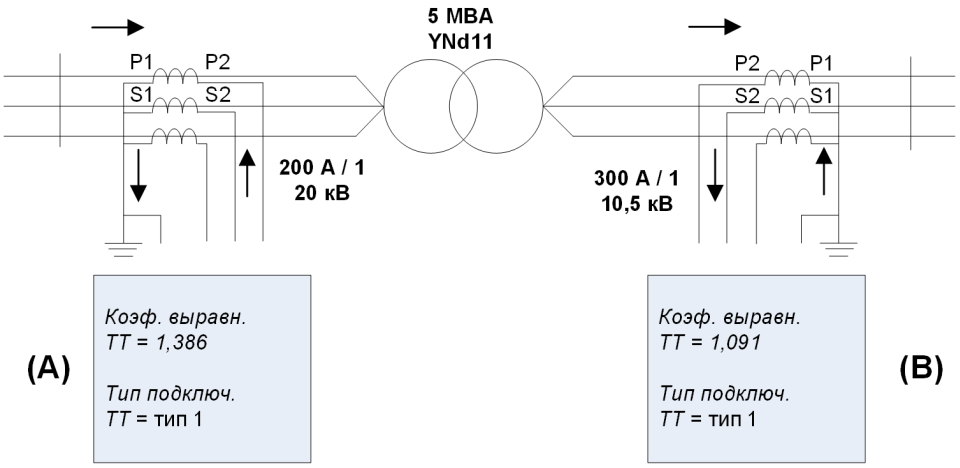


Рис. 225: Пример расчета значения параметра Корректировка коэффициента трансформации ТТ для защиты с трансформатором в зоне.

Номинальная нагрузка трансформатора рассчитывается так:

На стороне ВН (А): I_{nT_A} = 5 МВА / (1,732 × 20 кВ) = 144,3 А

На стороне НН (А): I_{nT_B} = 5 МВА / (1,732 × 10,5 кВ) = 274,9 А

Получаем следующие значения параметра *Корректировка коэффициента трансформации ТТ* на стороне ВН (А) и стороне НН (Б):

Корректировка коэффициента трансформации ТТ (А) = 200 А / 144,3 А = 1,386

Корректировка коэффициента трансформации ТТ (Б) = 300 А / 274,9 А = 1,091

Подключение ТТ

Подключения первичных трансформаторов тока обозначены как «Тип 1» и «Тип 2».

- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 релейной защиты противоположны, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение «Тип 1». Примеры подключения для варианта «Тип 1» показаны на рисунке 226 и рисунке 227.
- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 релейной защиты одинаковы, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение «Тип 2». Примеры подключения для варианта «Тип 2» показаны на рисунке 228 и рисунке 229.
- Значением параметра *Тип подключения ТТ* по умолчанию является вариант «Тип 1».

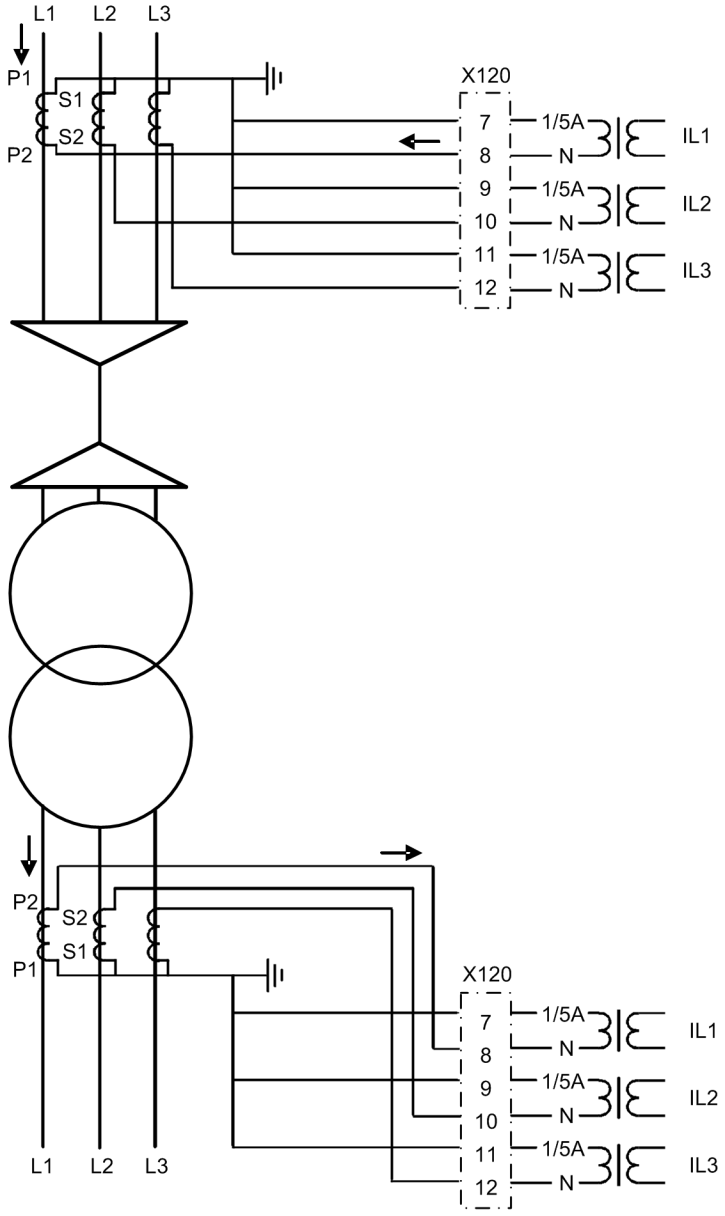


Рис. 226: Пример подключения трансформаторов тока по типу 1.

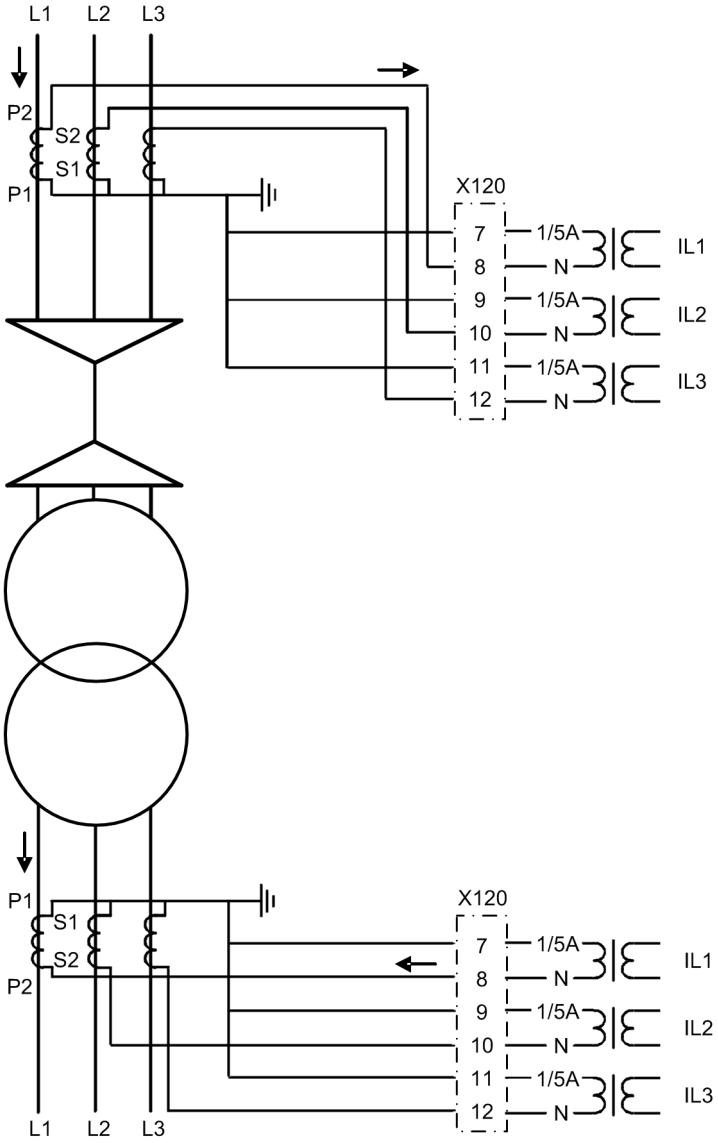


Рис. 227: Пример подключения трансформаторов тока по типу 1.

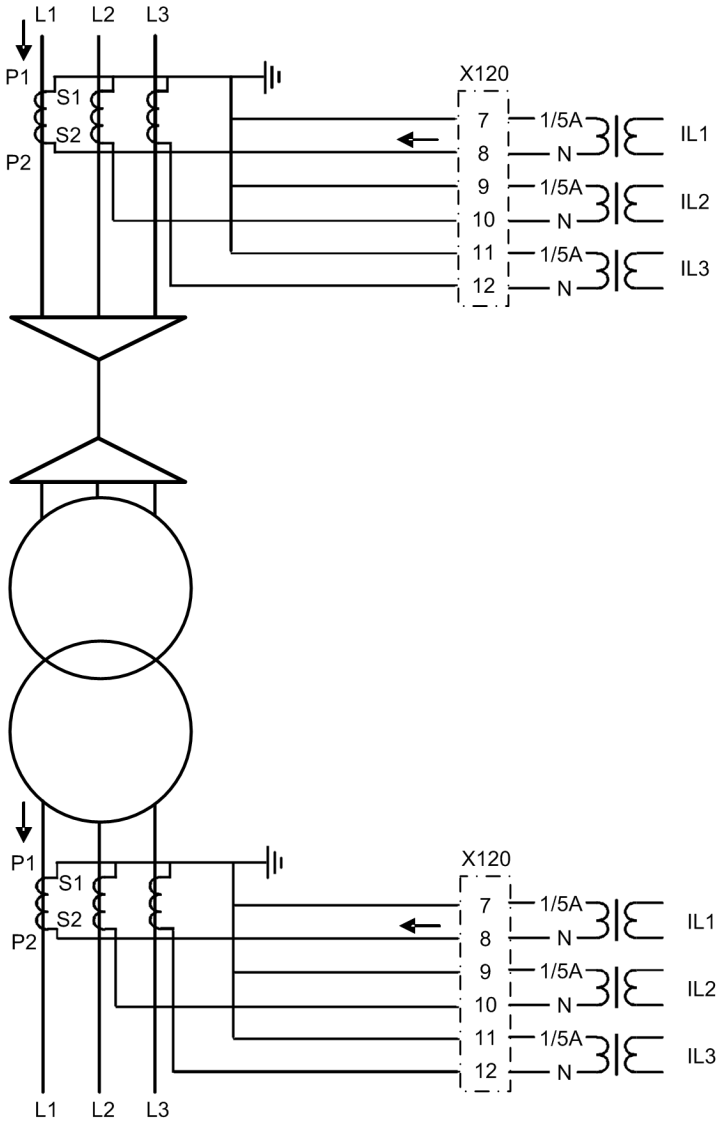


Рис. 228: Пример подключения трансформаторов тока по типу 2.

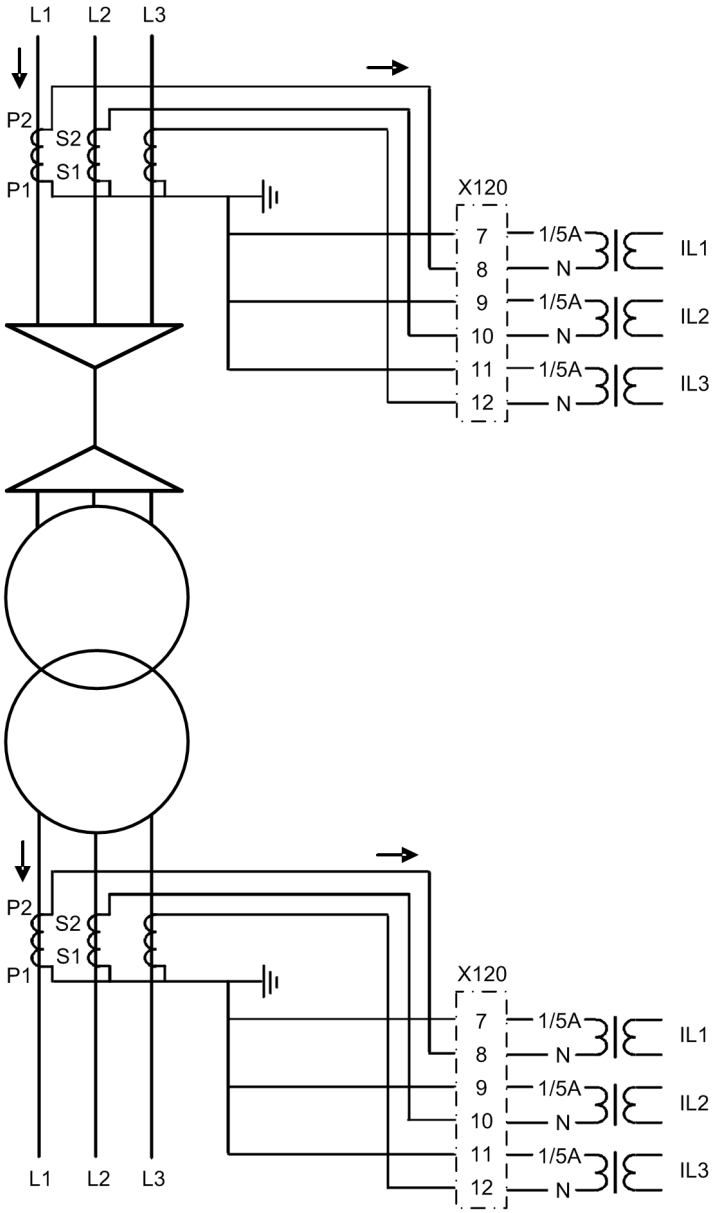


Рис. 229: Пример подключения трансформаторов тока по типу 2.

Согласование защиты по векторным группам трансформатора

Чтобы иметь возможность рассчитать дифференциальные токи и токи торможения, сначала на основе типа подключения трансформатора необходимо согласовать сдвиг фаз по векторным группами. Векторная группа силового трансформатора численно подбирается на стороне высокого и низкого напряжения с помощью уставок *Выбор обмотки*, *Обмотка типа 1*, *Обмотка типа 2* и *Часовая отметка*. Таким образом, при наличии только силового трансформатора в защищаемой зоне необходимости в промежуточных ТТ нет. Согласование основано на фазовом сдвиге и цифровом соединении в треугольник внутри устройства релейной защиты. В

случае заземления нейтрали силового трансформатора, соединенного по схеме «звезда», релейная защита будет воспринимать любое замыкание на землю в сети как дифференциальный ток. Для такой обмотки можно исключить составляющую тока нулевой последовательности с помощью параметра «Исключение тока нулевой последовательности».

Уставка *Выбор обмотки* определяет положение устройства релейной защиты по отношению к трансформатору. Для ИЭУ, расположенного на стороне ВН и НН трансформатора, для уставки положения релейной защиты будет выбран вариант «Обмотка 1» и «Обмотка 2» соответственно. Если дифференциальная защита применяется для линии без трансформатора в зоне, тогда устанавливается значение «Не используется». В этом случае согласование защиты по векторным группам трансформатора не будет учитываться.

Согласование угла сдвига фаз основано на фазовом сдвиге и цифровом соединении в треугольник внутри устройства релейной защиты. Параметр *Обмотка типа 1* определяет подключение обмотки 1 («Y», «YN», «D», «Z», «ZN»). Согласование защиты по векторным группам может осуществляться с помощью уставки *Часовая отметка* либо на обмотке 1 и обмотке 2, либо только на обмотке 1 или обмотке 2 с интервалами в 30 градусов. Аналогичным образом подключение обмоток на стороне низкого напряжения («y», «yn», «d», «z», «zn») зависит от параметра *Обмотка типа 2*.

Если группой соединения обмоток является Yy0 и для параметра *Тип соединения ТТ* установлено значение «Тип 2», фазовый угол фазных токов, подключенных к устройству релейной защиты, изменяться не будет. Если группой соединения обмоток является Yy6, угол сдвига фазных токов на каждой стороне релейной защиты изменится на 180 градусов.

Пример 1. Согласование векторной группы соединения силового трансформатора, подключенного к YNd11, на обмотке 1; для параметра *Тип подключения ТТ* установлено значение «Тип 1». Выбраны следующие значения уставок: *Обмотка типа 1* = «YN», *Обмотка типа 2* = «d» и *Часовая отметка* = «Clk Num 11». Устройство компенсирует эти настройки путем присвоения обмотке 1 и обмотке 2 значения внутренней компенсации +30 градусов и 0 градусов соответственно.

$$\bar{I}_{L1mHV} = \frac{\bar{I}_{L1} - \bar{I}_{L2}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 70)

$$\bar{I}_{L2mHV} = \frac{\bar{I}_{L2} - \bar{I}_{L3}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 71)

$$\bar{I}_{L3mHV} = \frac{\bar{I}_{L3} - \bar{I}_{L1}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 72)

Пример 2. Если группой соединения обмоток является Yd11 и для параметра *Тип подключения ТТ* установлено значение «Тип 1», компенсация осуществляется иначе. Выбраны следующие значения уставок: *Обмотка типа 1* = «Y», *Обмотка типа 2* = «d» и *Часовая отметка* = «Clk Num 11». Устройство компенсирует эти настройки путем присвоения обмотке 1 и обмотке 2 значения внутренней компенсации 0 градусов и –30 градусов соответственно.

$$\bar{I}_{L1mLV} = \frac{\bar{I}_{L1} - \bar{I}_{L3}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 73)

$$\bar{I}_{L2mLV} = \frac{\bar{I}_{L2} - \bar{I}_{L1}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 74)

$$\bar{I}_{L3mLV} = \frac{\bar{I}_{L3} - \bar{I}_{L2}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 75)

Токи на стороне «Y» остаются без изменений, тогда как на стороне «d» они компенсируются до значений фактического тока в обмотках.

В этом примере с обеих сторон трансформатора (при условии, что заземляющие трансформаторы не установлены) нейтральный ток отсутствует. В предыдущем примере согласование выполняется разными способами для одновременной компенсации нейтрального тока обмотки 1.

Таблица 416: Согласование по группам соединения трансформатора LNPLDF

Группа соединения трансформатора	Тип обмотки 1	Тип обмотки 2	Сдвиг фаз	Исключение тока нулевой последовательности
Yy0	Y	y	0	Не требуется
YNy0	YN	y	0	На стороне ВН
YNyn0	YN	yn	0	На стороне ВН и НН
Yyn0	Y	yn	0	На стороне НН
Yy2	Y	y	2	Не требуется
YNy2	YN	y	2	Автоматически
YNyn2	YN	yn	2	Автоматически
Yyn2	Y	yn	2	Автоматически

Продолжение таблицы на следующей странице

Группа соединения трансформатора	Тип обмотки 1	Тип обмотки 2	Сдвиг фаз	Исключение тока нулевой последовательности
Yy4	Y	y	4	Не требуется
YNy4	YN	y	4	Автоматически
YNyn4	YN	yn	4	Автоматически
Yyn4	Y	yn	4	Автоматически
Yy6	Y	y	6	Не требуется
YNy6	YN	y	6	На стороне ВН
YNyn6	YN	yn	6	На стороне ВН и НН
Yyn6	Y	yn	6	На стороне НН
Yy8	Y	y	8	Не требуется
YNy8	YN	y	8	Автоматически
YNyn8	YN	yn	8	Автоматически
Yyn8	Y	yn	8	Автоматически
Yy10	Y	y	10	Не требуется
YNy10	YN	y	10	Автоматически
YNyn10	YN	yn	10	Автоматически
Yyn10	Y	yn	10	Автоматически
Yd1	Y	d	1	Не требуется
YNd1	YN	d	1	Автоматически
Yd5	Y	d	5	Не требуется
YNd5	YN	d	5	Автоматически
Yd7	Y	d	7	Не требуется
YNd7	YN	d	7	Автоматически
Yd11	Y	d	11	Не требуется
YNd11	YN	d	11	Автоматически
Dd0	D	d	0	Не требуется
Dd2	D	d	2	Не требуется
Dd4	D	d	4	Не требуется
Dd6	D	d	6	Не требуется
Dd8	D	d	8	Не требуется
Dd10	D	d	10	Не требуется
Dy1	D	y	1	Не требуется
Dyn1	D	yn	1	Автоматически
Dy5	D	y	5	Не требуется
Dyn5	D	yn	5	Автоматически
Dy7	D	y	7	Не требуется
Dyn7	D	yn	7	Автоматически
Dy11	D	y	11	Не требуется

Продолжение таблицы на следующей странице

Группа соединения трансформатора	Тип обмотки 1	Тип обмотки 2	Сдвиг фаз	Исключение тока нулевой последовательности
Dyn11	D	yn	11	Автоматически
Yz1	Y	z	1	Не требуется
YNz1	YN	z	1	Автоматически
YNzn1	YN	zn	1	На стороне НН
Yzn1	Y	zn	1	Автоматически
Yz5	Y	z	5	Не требуется
YNz5	YN	z	5	Автоматически
YNzn5	YN	zn	5	На стороне НН
Yzn5	Y	zn	5	Автоматически
Yz7	Y	z	7	Не требуется
YNz7	YN	z	7	Автоматически
YNzn7	YN	zn	7	На стороне НН
Yzn7	Y	zn	7	Автоматически
Yz11	Y	z	11	Не требуется
YNz11	YN	z	11	Автоматически
YNzn11	YN	zn	11	На стороне НН
Yzn11	Y	zn	11	Автоматически
Zy1	Z	y	1	Не требуется
Zyn1	Z	yn	1	Автоматически
ZNyn1	ZN	yn	1	На стороне ВН
ZNy1	ZN	y	1	Автоматически
Zy5	Z	y	5	Не требуется
Zyn5	Z	yn	5	Автоматически
ZNyn5	ZN	yn	5	На стороне ВН
ZNy5	ZN	y	5	Автоматически
Zy7	Z	y	7	Не требуется
Zyn7	Z	yn	7	Автоматически
ZNyn7	ZN	yn	7	На стороне ВН
ZNy7	ZN	y	7	Автоматически
Zy11	Z	y	11	Не требуется
Zyn11	Z	yn	11	Автоматически
ZNyn11	ZN	yn	11	На стороне ВН
ZNy11	ZN	y	11	Автоматически
Dz0	D	z	0	Не требуется
Dzn0	D	zn	0	На стороне НН
Dz2	D	z	2	Не требуется
Dzn2	D	zn	2	Автоматически
Dz4	D	z	4	Не требуется

Продолжение таблицы на следующей странице

Группа соединения трансформатора	Тип обмотки 1	Тип обмотки 2	Сдвиг фаз	Исключение тока нулевой последовательности
Dzn4	D	zn	4	Автоматически
Dz6	D	z	6	Не требуется
Dzn6	D	zn	6	На стороне НН
Dz8	D	z	8	Не требуется
Dzn8	D	zn	8	Автоматически
Dz10	D	z	10	Не требуется
Dzn10	D	zn	10	Автоматически
Zd0	Z	d	0	Не требуется
ZNd0	ZN	d	0	На стороне ВН
Zd2	Z	d	2	Не требуется
ZNd2	ZN	d	2	Автоматически
Zd4	Z	d	4	Не требуется
ZNd4	ZN	d	4	Автоматически
Zd6	Z	d	6	Не требуется
ZNd6	ZN	d	6	На стороне ВН
Zd8	Z	d	8	Не требуется
ZNd8	ZN	d	8	Автоматически
Zd10	Z	d	10	Не требуется
ZNd10	ZN	d	10	Автоматически
Zz0	Z	z	0	Не требуется
ZNz0	ZN	z	0	На стороне ВН
ZNzn0	ZN	zn	0	На стороне ВН и НН
Zzn0	Z	zn	0	На стороне НН
Zz2	Z	z	2	Не требуется
ZNz2	ZN	z	2	Автоматически
ZNzn2	ZN	zn	2	Автоматически
Zzn2	Z	zn	2	Автоматически
Zz4	Z	z	4	Не требуется
ZNz4	ZN	z	4	Автоматически
ZNzn4	ZN	zn	4	Автоматически
Zzn4	Z	zn	4	Автоматически
Zz6	Z	z	6	Не требуется
ZNz6	ZN	z	6	На стороне ВН
ZNzn6	ZN	zn	6	На стороне ВН и НН
Zzn6	Z	zn	6	На стороне НН
Zz8	Z	z	8	Не требуется

Продолжение таблицы на следующей странице

Группа соединения трансформатора	Тип обмотки 1	Тип обмотки 2	Сдвиг фаз	Исключение тока нулевой последовательности
ZNz8	ZN	z	8	Автоматически
ZNzn8	ZN	zn	8	Автоматически
Zzn8	Z	zn	8	Автоматически
Zz10	Z	z	10	Не требуется
ZNz10	ZN	z	10	Автоматически
ZNzn10	ZN	zn	10	Автоматически
Zzn10	Z	zn	10	Автоматически

Исключение составляющей тока нулевой последовательности

Если уставкой *Часовая отметка* является «Clk Num 2», «Clk Num 4», «Clk Num 8» или «Clk Num 10», согласование по группам соединения трансформатора всегда осуществляется на обмотке 1 и 2. Комбинация обеспечивает правильную компенсацию. В этом случае составляющая тока нулевой последовательности в обязательном порядке автоматически исключается с двух сторон. На это нельзя повлиять с помощью параметра *Исключение тока нулевой последовательности*.

Если уставкой *Часовая отметка* является «Clk Num 1», «Clk Num 5», «Clk Num 7» или «Clk Num 11», согласование по группам соединения трансформатора осуществляется только на одной стороне. Возможная составляющая тока нулевой последовательности фазных токов при замыканиях на землю, происходящих за пределами защищаемой зоны, в цифровом соединении в треугольник исключается автоматически перед вычислением дифференциального тока и тока торможения. По этой причине согласование по группам соединения почти всегда выполняется на стороне «Ynd» и «Dyn» трансформаторов, соединенных по схеме «звезда».

Если уставкой *Часовая отметка* является «Clk Num 0» или «Clk Num 6», составляющая тока нулевой последовательности фазных токов с двух сторон не будет автоматически исключаться. Для удаления составляющей тока нулевой последовательности на соединенной по схеме «звезда» стороне, заземленной в точке звезды, следует использовать параметр «Исключение тока нулевой последовательности».

С помощью этого же параметра исключают ток нулевой последовательности при наличии в защищаемой зоне, например, заземляющего трансформатора на стороне подключенного по схеме «треугольник» силового трансформатора «Ynd». В этом случае, согласование по группам соединения трансформатора, как правило, осуществляется на стороне подключения по схеме «звезда». На стороне подключения по схеме «треугольник» для удаления составляющей тока нулевой последовательности необходимо использовать параметр «Исключение тока нулевой последовательности».

Этот параметр позволяет рассчитать и преобразовать составляющую тока нулевой последовательности локальных фазных токов.

$$\bar{I}_{LOC_A} = \bar{I}_{LOC_A} - \frac{1}{3} \times \left(\bar{I}_{LOC_A} + \bar{I}_{LOC_B} + \bar{I}_{LOC_C} \right)$$

(Уравнение 76)

$$\bar{I}_{LOC_B} = \bar{I}_{LOC_B} - \frac{1}{3} \times \left(\bar{I}_{LOC_A} + \bar{I}_{LOC_B} + \bar{I}_{LOC_C} \right)$$

(Уравнение 77)

$$\bar{I}_{LOC_C} = \bar{I}_{LOC_C} - \frac{1}{3} \times \left(\bar{I}_{LOC_A} + \bar{I}_{LOC_B} + \bar{I}_{LOC_C} \right)$$

Функция компенсации отказов

С целью обеспечения отказоустойчивости в случае прерывания связи срабатывание LNPLDF блокируется при обнаружении системой контроля и защиты коммуникации сильных помех в канале связи. Если во время прерывания связи запущена ступень с торможением, будет активирована ступень сброса таймера. Система контроля и защиты коммуникации имеет внутреннее подключение от PCSITPC к LNPLDF (пунктирная линия с маркировкой «OK»).

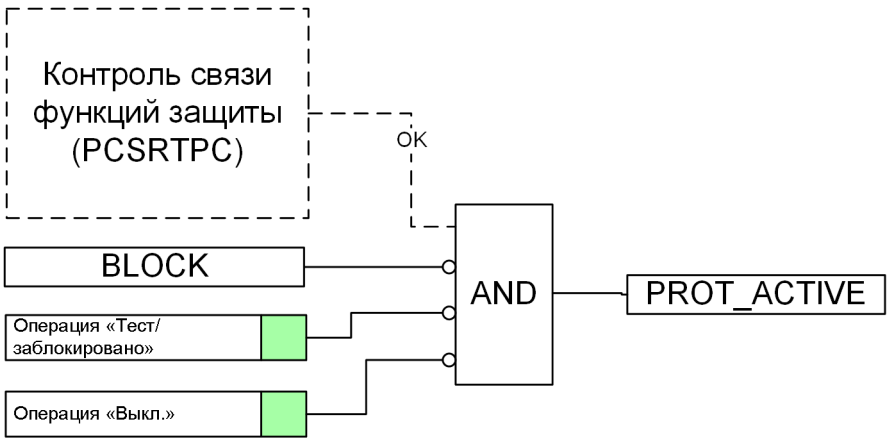


Рис. 230: Логика срабатывания функции компенсации отказов

С помощью уставки *Активизация* функцию также можно перевести в состояние «тестирование/заблокировано». Оно также может использоваться при пусконаладке.

Для блокировки функции с помощью логического узла предназначен вход BLOCK. При блокировании функции блокируются дискретные выходы при наличии доступа к контролируемым данным и измеренным значениям. Также

в состоянии блокировки функции не будет срабатывать передача зависимого отключающего сигнала.

Если функция защиты может срабатывать, выход PROT_ACTIVE всегда активен. Он может использоваться как сигнал блокировки для функций резервной защиты.

Таймер

При активации таймера активируется выход STR_LS_LOC. В зависимости от значения уставки *Тип кривой срабатывания*, характеристикой таймера будет либо DT (независимая), либо IDMT (токозависимая). По достижении таймером заданного значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPR_LS_LOC. Если режимом срабатывания является IDMT, значение уставки *Низкое значение срабатывания* используется как контрольное (пусковое значение) в уравнениях IDMT, представленных в разделе «Стандартные обратнозависимые характеристики выдержки времени».

При возникновении ситуации возврата активируется состояние сброса таймера. Сброс осуществляется в соответствии с характеристиками DT.



Подробное описание характеристик таймера см. в разделе «Общие характеристики функциональных блоков» настоящего руководства.

Мгновенная ступень с высокой уставкой

Для LNPLDF в дополнение к стабилизированной ступени с низкой уставкой предусмотрена мгновенная ступень с высокой уставкой. Для этой ступени стабилизация не выполняется. Если амплитуда дифференциального тока превышает значение, заданное уставкой *Высокое значение срабатывания* сразу же срабатывает мгновенная ступень с высокой уставкой. Если активен вход ENA_MULT, уставка *Высокое значение срабатывания* умножается на значение уставки *МножительВысЗначСрабат*.

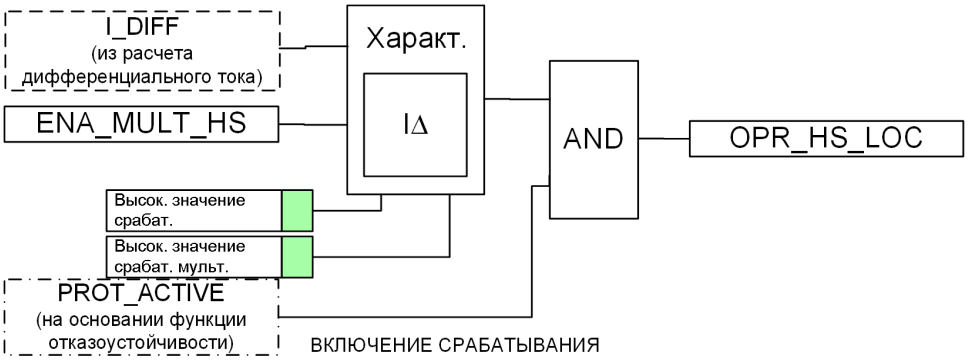


Рис. 231: Логика срабатывания мгновенной ступени с высокой уставкой

Передача зависимого отключающего сигнала

Передача зависимого отключающего сигнала при обнаружении неисправности обеспечивает одновременное размыкание автоматических выключателей на обоих концах защищаемой линии. И пусковые сигналы, и сигналы срабатывания направляются на удаленный конец через канал связи. Функция передачи зависимого отключающего сигнала дифференциальной защиты линии включена в LNPLDF. Выход `OPERATE` объединяет сигналы срабатывания, поступающие как от локальной, так и от удаленной ступени, поэтому он может использоваться для локальной передачи зависимого отключающего сигнала.

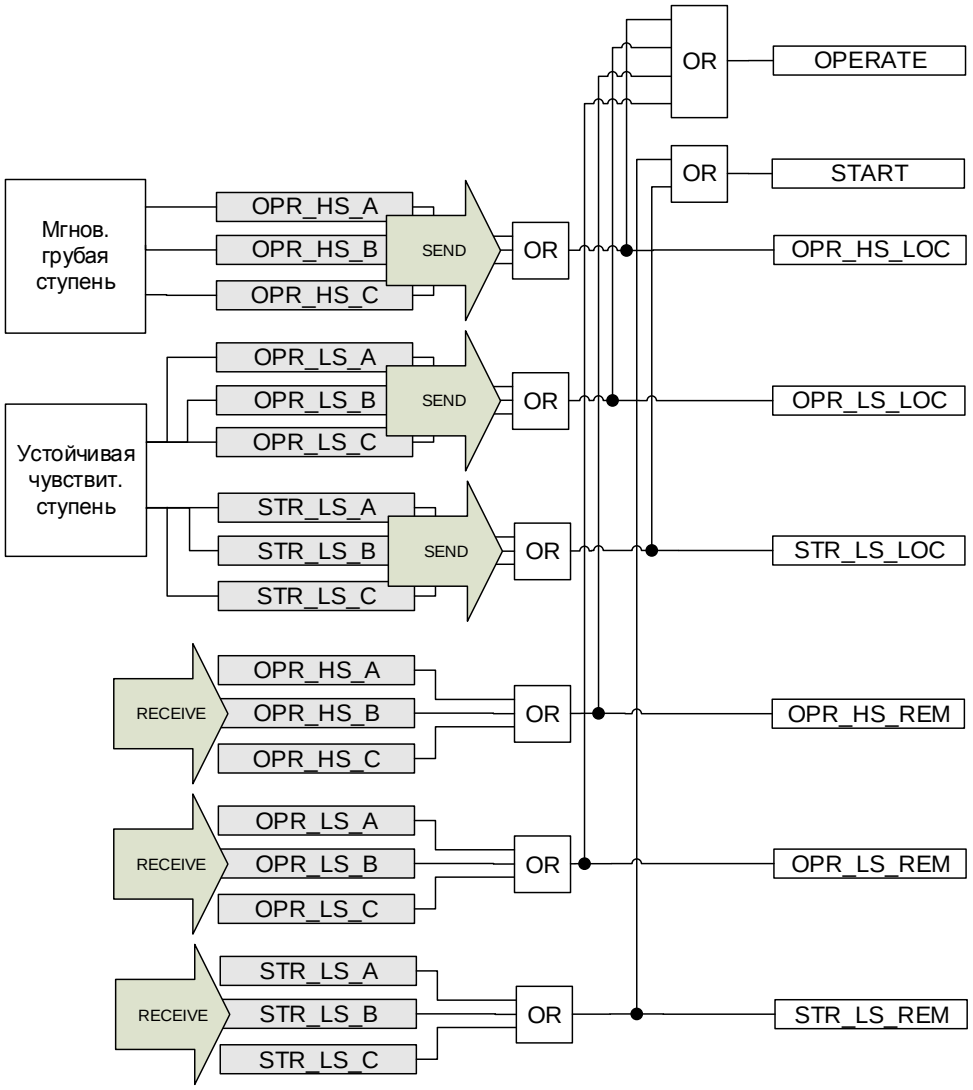


Рис. 232: Логика срабатывания функции передачи зависимого отключающего сигнала

Сигналы пуска и срабатывания для ступени с низкой и высокой уставкой, а также локальной и удаленной ступеней формируются отдельно.

Функция блокирования

Для блокирования функции предусмотрено два независимых входных сигнала: BLOCK и BLOCK_LS. Различие между ними состоит в том, что BLOCK_LS (когда установлено значение «ДА») блокирует только стабилизированную ступень с низкой уставкой, не затрагивая активную мгновенную ступень с высокой уставкой. Вход BLOCK (когда установлено значение «ДА») блокирует обе ступени, при этом выход PROT_ACTIVE обновляется в соответствии с состоянием входа BLOCK, как описано в разделе «Функция компенсации отказов».

СостоянияBLOCK и BLOCK_LS влияют только на поведение экземпляра локальной защиты. Если блокируется ступень дифференциальной защиты линии (стабилизированная с низкой уставкой или мгновенная с высокой уставкой), также будут игнорироваться принятые удаленные сигналы, относящиеся к соответствующей ступени (принимаемые зависимые отключающие сигналы от удаленного конца). Следовательно, для обмена имеющейся дополнительной информацией о блокировке между локальным и удаленным клеммами, если поведение логики блокировки должно быть одинаковым на обоих концах линии, необходимо использовать функцию передачи дискретного сигнала.

Режим тестирования

Функцию дифференциальной защиты линии на одном устройстве релейной защиты можно перевести в тестовый режим, выбрав для уставки *Активизация* вариант «тестирование/заблокировано». Это блокирует выходные сигналы дифференциальной защиты линии в релейной защите и переводит удаленное устройство релейной защиты в режим дистанционного тестирования, в котором подаваемые токи отражаются обратно со сдвигом фазы. Также предусмотрена возможность активации режима тестирования на двух устройствах релейной защиты. Если функция дифференциальной защиты линии переведена в режим тестирования:

- Устройство на удаленном конце будет передавать значения выборки локальных токов со сдвигом фазы. Выборки токов, направляемые на удаленную релейную защиту, пересчитываются в соответствии со значением корректировки коэффициента трансформации ТТ.
- На устройстве релейной защиты с активированным режимом тестирования блокируется не только срабатывание двух ступеней (стабилизированной с низкой уставкой или мгновенной с высокой уставкой), но и функция передачи зависимого отключающего сигнала.
- Функция дифференциальной защиты линии, которая находится в нормальном режиме («Вкл.»), не зависит от устройства на локальном конце, переведенного в режим тестирования. Другими словами, функция на удаленном конце работает нормально, но при этом игнорирует значения выборки тока, полученные от переведенного в режим тестирования защитного устройства на другом конце.
- Выход PROT_ACTIVE имеет значение «Нет» только для устройства релейной защиты, в котором был активирован режим тестирования.

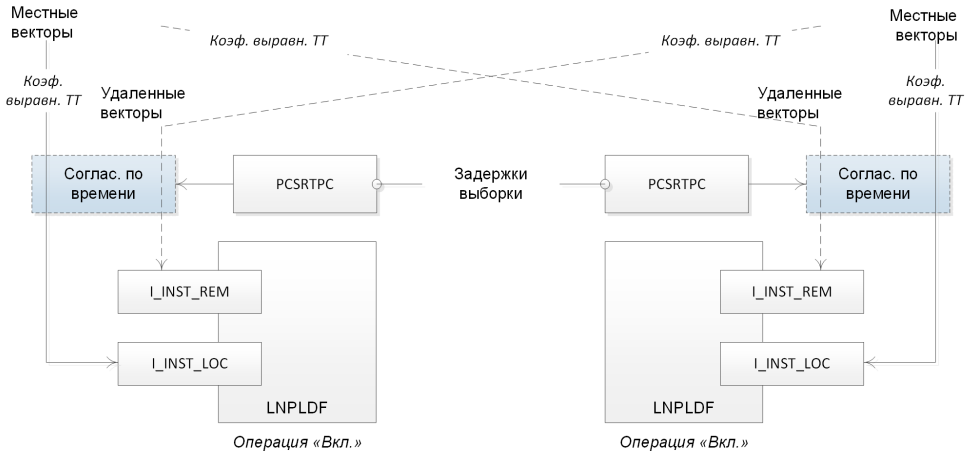


Рис. 233: Срабатывание во время нормального режима работы дифференциальной защиты линии

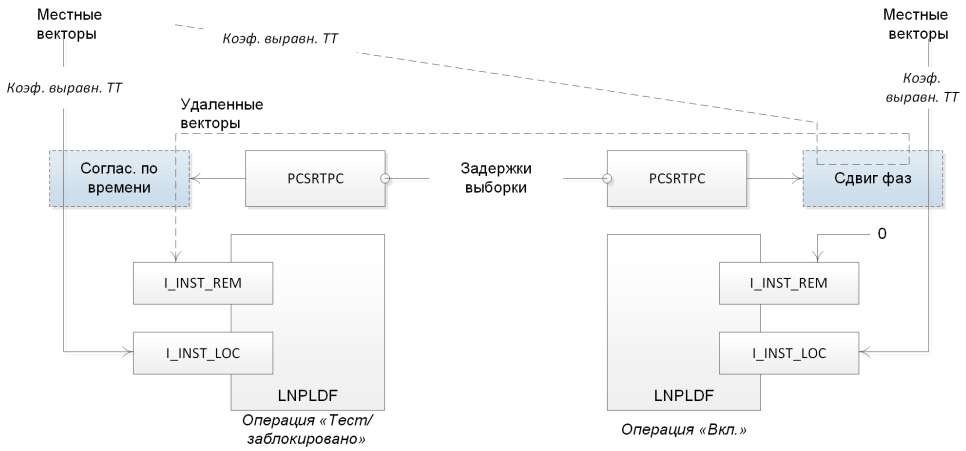


Рис. 234: Срабатывание во время тестового режима работы дифференциальной защиты линии

4.3.1.5 Ввод в эксплуатацию

Вследствие сравнительно большого расстояния между устройствами релейной защиты ввод схемы дифференциальной защиты линии в эксплуатацию без каких-либо вспомогательных функций будет проблематичным. Это было учтено при разработке дифференциальной защиты линии. Для отображения локальных токовых векторов на удаленном конце может использоваться канал связи. Работа в этом режиме позволяет проверять правильность дифференциальных расчетов в каждой фазе. Кроме того, при расчете дифференциального тока в этом режиме тестирования учитывается срабатывание защиты связи.

Материалы, необходимые для испытаний релейной защиты

- Расчетные уставки
- Монтажная схема
- Принципиальные схемы
- Технические руководства и руководства по применению релейной защиты
- Однофазный источник трехфазного вторичного тока
- Однофазный источник трехфазного первичного тока
- Таймер с интерфейсом запуска и остановки
- Дополнительный источник напряжения для релейной защиты
- ПК с соответствующим программным обеспечением, веб-браузер для веб-ИЧМ

До начала испытаний необходимо завершить настройку и конфигурацию релейной защиты.

Представленная в техническом руководстве монтажная схема является общей схемой релейной защиты.



Она не всегда применима в каждом конкретном случае, в частности для конфигурации со всеми дискретными входами и выходами. Поэтому перед испытаниями следует убедиться, что имеющаяся монтажная схема соответствует установленной релейной защите.

Рекомендуется подготовить принципиальные электрические схемы приложения. Они необходимы для проверки номеров на распределительных коробках для цепей тока, отключения, сигнализации и, возможно, иных вспомогательных цепей.

В техническом руководстве и руководстве по применению содержатся обобщенные данные о применениях и функциях, сгруппированы по функциям описания функциональных блоков, логических схем, входных и выходных сигналов, задаваемых уставок и технических данных.

Минимальным требованием к тестовому устройству с инжекцией вторичного тока является его способность работать как источник однофазного тока.

Перед проверкой конкретной функции релейная защита должна быть полностью подготовлена к испытанию. При проведении процедуры тестирования необходимо учитывать логическую схему проверяемой функции защиты. Все функции релейной защиты тестируются в соответствии с указаниями, изложенными в этой главе. Тестирование функций может осуществляться в любом порядке на усмотрение пользователя. Инструкции по проведению испытаний представлены по алфавиту. Тестировать следует только используемые функции (для *Срабатывание* выбрано "Вкл.").

Реакцию на испытания можно просматривать различными способами, в частности как:

- дискретные выходные сигналы;
- значения контролируемых данных в ЛИЧМ (логические сигналы);
- данные на экране ПК с веб-браузером для веб-ИЧМ (логические сигналы и векторы).

В испытания должны быть включены все используемые группы уставок.

Проверка внешних оптических и электрических соединений функции

Пользователь должен проверить правильность подключения устройства релейной защиты к другим предусмотренным частям системы защиты. Во время проверки релейная защита и все подключенные цепи должны быть обесточены.

Проверка цепей трансформаторов тока



Убедиться, что монтаж выполнен строго в соответствии со схемой подключения, включенной в комплект поставки.

Подключение трансформаторов тока необходимо выполнять в соответствии со схемой соединений, входящей в комплект поставки устройства, с учетом фаз и полярности. Для каждого первичного трансформатора тока или измерительного ТТ, подключенного к устройству, необходимо выполнить следующие проверки.

- Испытание первичным током для соотношения тока ТТ, правильного подключения к релейной защите и правильного соединения последовательности фаз (то есть L1, L2, L3.)
- Проверка полярности, чтобы убедиться, что указанное направление вторичного тока соответствует заданному направлению первичного тока. Это испытание является важным для обеспечения правильной работы направленной функции, а также выполняемых устройство функций защиты или измерения.
- Измерение сопротивления цепи вторичной обмотки трансформатора тока, чтобы подтвердить, что сопротивление постоянного тока цепи вторичной обмотки ТТ находится в пределах указанного, а также что в обмотке или проводке ТТ отсутствуют высокоомные соединения.
- Проверка возбуждения ТТ, чтобы подтвердить, что к устройству подключена правильная обмотка трансформатора тока. Чтобы убедиться, что в системе нет ошибок монтажа, например, в результате ошибки подключения измерительной обмотки трансформатора тока к устройству, как правило, проверяется всего несколько точек кривой возбуждения.
- Проверка возбуждения трансформатора тока, чтобы подтвердить, что трансформатор тока имеет правильный класс точности, а также что в обмотке трансформатора тока отсутствуют короткозамкнутые витки. С

каждым трансформатором тока должны поставляться расчетные кривые производителя для возможности сравнения с фактическим результатами.
- Проверка заземления отдельных вторичных цепей ТТ, чтобы убедиться, что каждая трехфазная группа ТТ правильно подключена к заземлению подстанции, и это подключение выполнено только в одной точке.
- Проверка сопротивления изоляции.
- Необходимо выполнить идентификацию фаз трансформатора тока.



При построении характеристики возбуждения необходимо отключить первичную и вторичную стороны от линии и устройства.



Если вторичная цепь ТТ разомкнута или ее заземляющее соединение отсутствует или удалено без обесточивания первичной цепи, это может привести к опасному уровню напряжения. Это повышает риск летального исхода и повреждения изоляции. Если вторичная цепь ТТ открыта или не заземлена, повторная подача напряжения в первичную цепь ТТ должна быть запрещена.

Проверка питания

Убедитесь, что напряжение вспомогательного питания остается в пределах допустимого входного напряжения при любых условиях эксплуатации. Перед подачей питания на устройство релейной защиты убедитесь в соблюдении полярности.

Проверка дискретных выходных/выходных цепей

Необходимо убедится в правильности подключения всех сигналов путем проверки дискретных входных цепей от оборудования к интерфейсу релейной защиты. Входы, которые не нуждаются в проверке, во время тестирования можно отключить, отсоединив соответствующие проводы от клемм релейной защиты. Убедитесь, что уровень входного напряжения и полярность подключенных сигналов соответствует техническим характеристикам устройства релейной защиты. Обязательно соблюдайте правила электротехнической безопасности.

Необходимо убедится в правильности подключения всех сигналов путем проверки дискретных выходных цепей от устройства релейной защиты к интерфейсу оборудования. Выходы, которые не нуждаются в проверке, во время тестирования можно отключить, отсоединив соответствующие проводы от клемм релейной защиты. Убедитесь, что нагрузка и полярность всех подключенных сигналов соответствует техническим характеристикам устройства релейной защиты. Обязательно соблюдайте правила электротехнической безопасности.

Проверка оптических соединений

Проверить правильность оптических соединений Tx и Rx.

Для ИЭУ, оснащенного оптическими разъемами, требуется минимальная глубина 180 мм при использовании пластмассовых кабелей и 275 мм при использовании стеклянных кабелей. Допустимый минимальный радиус изгиба следует проверить по данным производителя оптоволоконного кабеля.

Применение уставок, обязательных для работы релейной защиты

Загрузите в устройство релейной защиты все рассчитанные значения уставок и параметры измерительного трансформатора.

Подключение испытательного оборудования к релейной защите

Перед проведением испытания подключите испытательное оборудование в соответствии со схемой подключения релейной защиты.

Правильно подключите клеммы входных и выходных токовых сигналов. Убедитесь, что входные и выходные логические сигналы на логической схеме тестируемой функции подключены к соответствующим дискретным входам и выходам релейной защиты. Выберите правильный вспомогательный источник напряжения, соответствующий блоку питания релейной защиты. Выберите правильный вспомогательный источник напряжения, соответствующий блоку питания релейной защиты.

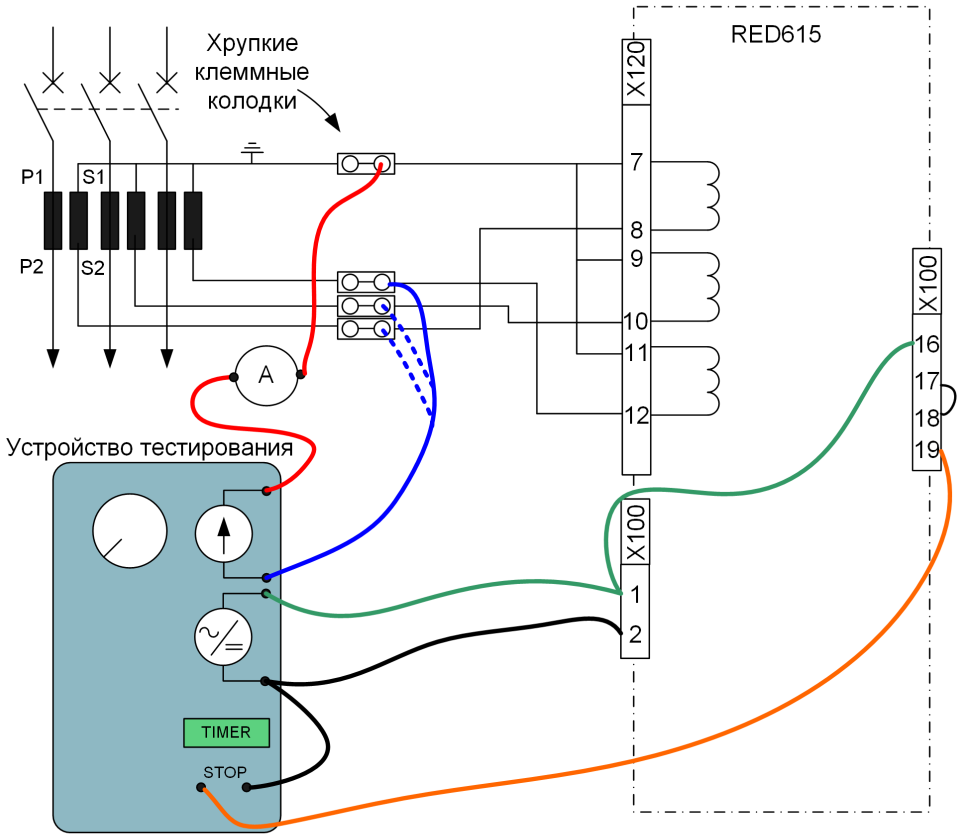


Рис. 235: Примеры подключений для испытания реле дифференциальной защиты линии

Подача вторичного тока

Для проверки работы реле дифференциальной защиты линии предусмотрено два режима. Они не являются взаимоисключающими и могут использоваться при различных испытаниях устройства релейной защиты.

Нормальный режим

В нормальном режиме, т .е. в обычном режиме работы функции устройство релейной защиты на локальном конце линии отправляет векторы на такое же устройство на удаленном конце и получает от него измеренные векторы. Этот режим можно использовать при тестировании уровня и времени срабатывания ступеней с низкой и высокой уставкой релейной защиты на локальном конце. Это обусловлено условиями тестирования, когда ток не измеряется на удаленном конце и, следовательно, весь ток, подаваемый в цепь на локальной конец, считается дифференциальным на обоих концах.

Испытание дифференциальной защиты линии выполняется с помощью обоих устройств релейной защиты, территориально отделенных друг от друга.

Следует отметить, что локальные действия в одном устройстве релейной защиты приводят к срабатыванию в удаленном устройстве. При испытаниях функции дифференциальной защиты линии манипуляции должны осуществляться в обоих релейных устройствах.

До начала испытания необходимо заблокировать сигнал отключения на аварийном выключателе, например, путем размыкания цепи отключения при помощи размыкания клеммной колодки или другого подходящего метода.

При подаче тока на одну фазу релейной защиты на локальном конце этот ток воспринимается как дифференциальный на обоих концах. При подаче тока $I_{ижекц}$, L1 в фазе L1, дифференциальный и стабилизирующий ток для фазы L1:

$$ID_A = I_{injected}$$

(Уравнение 78)

$$IB_A = I_{injected} / 2$$

(Уравнение 79)

Для фаз L2 и L3 принцип действия является аналогичным.

Подтверждение уставок

1. Заблокируйте нежелательные сигналы отключения от подключенных блоков релейной защиты.
2. Подайте ток в фазу L1 и увеличивайте его до уровня срабатывания функции для фазы L1.
   Величина подаваемого тока срабатывания соответствует уровню, заданному уставкой *Низкое значение срабатывания*. Контролируемые значения для ID_A должны быть равны подаваемому току.
3. Повторите пункт 2, подав ток в фазы L2 и L3.
4. Измерьте время срабатывания при подаче однофазного тока в фазу L1. Величина подаваемого тока должна в четыре раза превышать ток срабатывания. Выходной сигнал, генерируемый блоком релейной защиты, останавливает измерение времени.
5. Отключите испытательное оборудование и подключите трансформаторы тока и все другие цепи, включая цепь отключения.

Метод эхопередачи векторов

Функцию дифференциальной защиты линии на одном устройстве релейной защиты можно перевести в специальный тестовый режим, выбрав для уставки *Активизация* вариант «тестирование/заблокировано». В этом режиме устройство на удаленном конце будет передавать значения векторов локальных токов со сдвигом фазы и настраиваемой амплитудой. Поэтому функция дифференциальной защиты на локальном конце линии также автоматически блокируется, а функция на удаленном конце удаляет все значения векторов, полученные от релейной защиты в тестовом режиме.

В тестовом режиме функция дифференциальной защиты линии продолжает использовать уставку *Тип подключения ТТ* как обычно. Эта уставка также позволяет осуществить сдвиг фаз (0 градусов или 180 градусов).

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Operation	test/blocked	test/blocked				
Winding selection	Not in use	Not in use				
CT ratio correction	1.000	1.000		0.200	5.000	0.001
CT connection type	Type 2	Type 2				
Restraint mode	None	None				
Reset delay time	0	0	ms	0	60000	1
Low operate value #	10	10	%In	10	200	1
High operate value #	200	200	%In	200	4000	1
High Op value Mult #	1.0	1.0		0.5	1.0	0.1
End section 1 #	0	0	%In	0	200	1
Slope section 2 #	50	50	%	10	50	1
End section 2 #	200	200	%In	200	2000	1
Slope section 3 #	100	100	%	100	200	1
Operating curve type #	IEC Def. Time	IEC Def. Time				
Operate delay time #	45	45	ms	45	200000	1

Рис. 236: Пример тестового режима, в котором трехфазные токи подаются на релейную защиту на локальном конце линии.

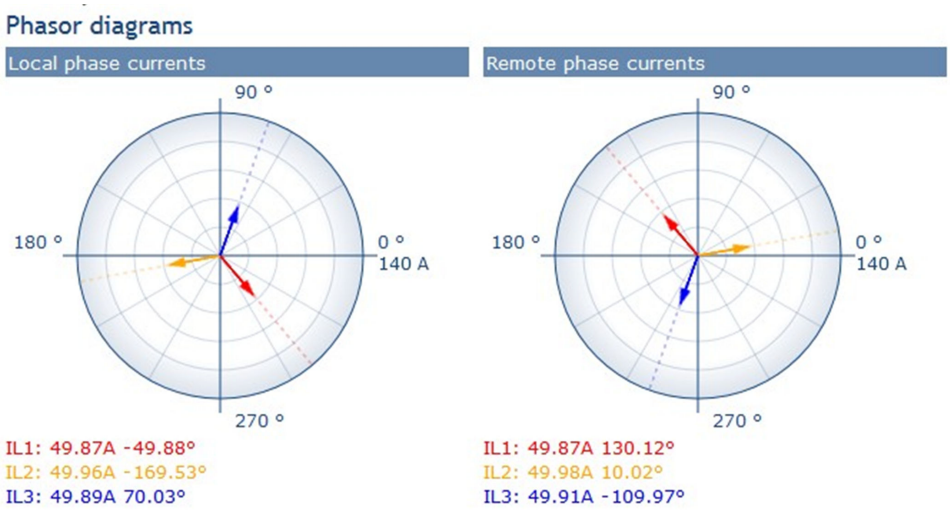


Рис. 237: Токи на локальном и удаленном концах линии, представленные в веб-ИЧМ устройства релейной защиты.

4.3.1.6 Применение

Функция LNPLDF предназначена для дифференциальной защиты воздушных и кабельных линий на подстанциях распределительной сети. LNPLDF обеспечивает абсолютную избирательность и быстрое срабатывание защиты

устройства также и в коротких линиях, для которых не предусмотрена возможность применения дистанционной защиты.

LNPLDF может использоваться для избирательной защиты кольцевых, радиальных и сложнозамкнутых распределительных сетей, сетей с изолированной, компенсированной (заземленной через сопротивление), глухозаземленной нейтралью и заземленных через активное сопротивление. В сети с типичной конфигурацией со схемой дифференциальной защиты линии напряжение в защищаемую зону, то есть через линию или кабель, подается с двух сторон.

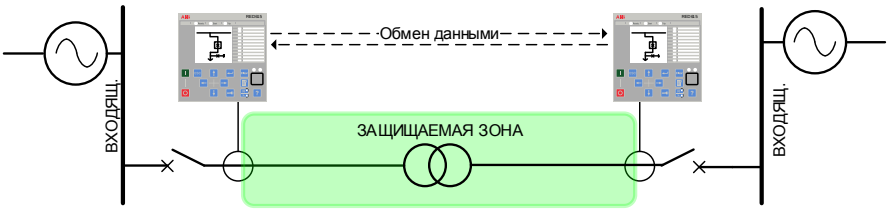


Рис. 238: Защита линии с дифференциальной защитой линии по отдельным фазам с трансформатором внутри зоны

LNPLDF может применяться в сетях различной конфигурации или топологии. На примере A показана защита кольцевой распределительной сети. Эта сеть также используется в замкнутых системах с кольцевой топологией. LNPLDF обеспечивает основную защиту различных секций фидера. На примере B две подстанции объединены с помощью параллельных линий, каждая из которых имеет дифференциальную защиту. Пример C иллюстрирует дифференциальную защиту линии для подключения силового генератора средней мощности (обычно около 10–50 MBA). Эта защита включает трансформатор со стороны защищаемого поля. На примере D подключение между двумя подстанциями и небольшим распределительным трансформатором расположено в точке нагрузки ответвления. Варианты применения функции LNPLDF не ограничиваются описанными примерами.

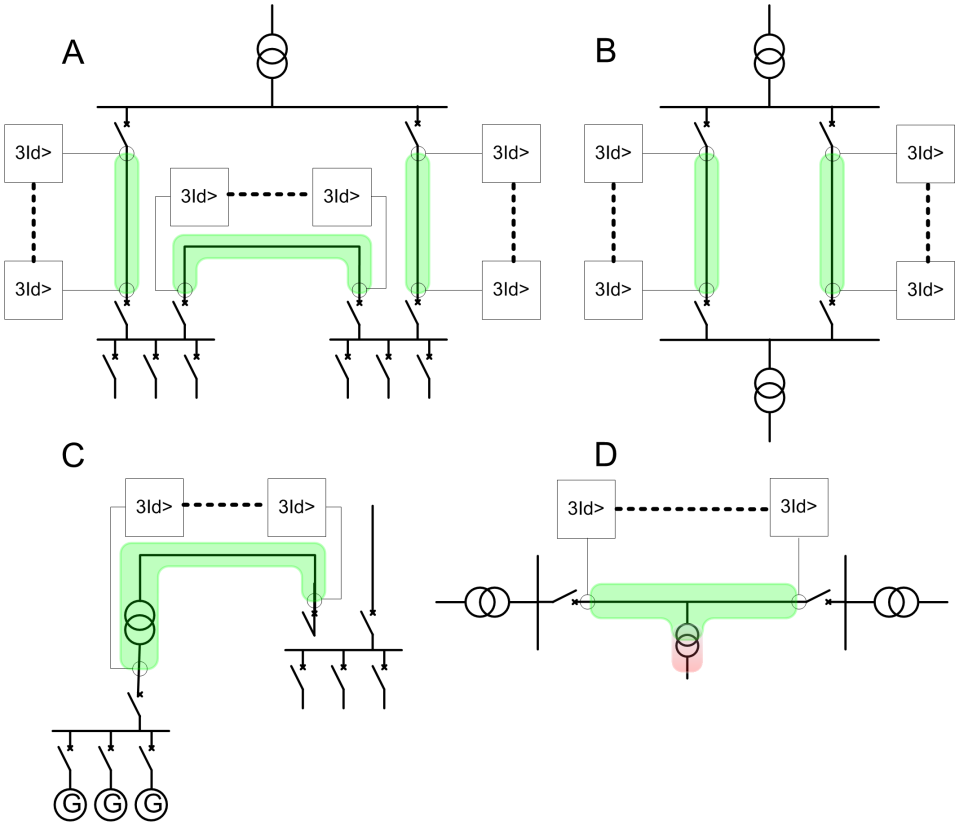


Рис. 239: Варианты применения дифференциальной защиты линии

Контроль связи

В стандартной схеме дифференциальной защиты линии функция LNPLDF обеспечивает основную защиту. В случае сбоя защиты связи необходимо предусмотреть резервные функции защиты перегрузки по току. При обнаружении сбоя связи между защитными устройствами функцией контроля связи безопасность работы линии обеспечивается блокировкой дифференциальной защиты и активацией функций защиты от перегрузки по току.

При обнаружении сбоя связи функция контроля защиты связи блокирует дифференциальную защиту линии LNPLDF и разблокирует мгновенную ступень и ступень с высокой уставкой (экземпляр 2) защиты от перегрузки по току. Они используются для обеспечения резервной защиты ИЭУ фидера на удаленном конце. В ситуациях снижения селективности в системе по прежнему должна быть доступна защита.

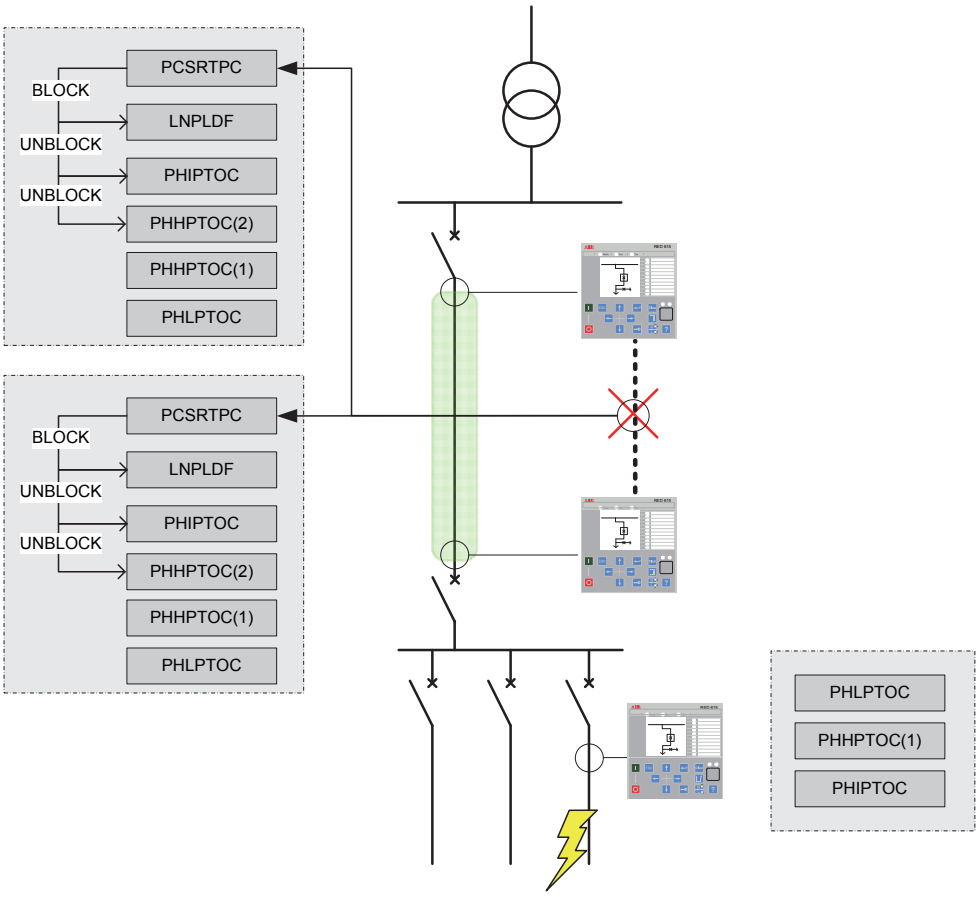


Рис. 240: Функция контроля защиты связи выявляет сбои связи

Трансформатор в зоне

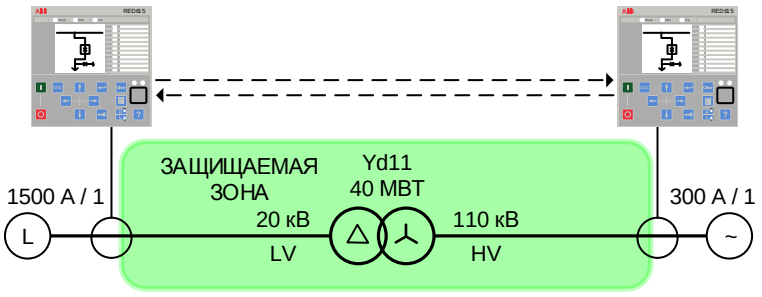


Рис. 241: Пример трансформатора в зоне для расчета корректировки коэффициента ТТ

Первым этапом расчета значения корректировки коэффициента трансформации ТТ является расчет номинального тока нагрузки для стороны ВН и НН. Номинальный ток нагрузки определяется как номинальная мощность трансформатора, деленная на квадратный корень кратного трем значения номинального межфазного напряжения на стороне ВН или НН.

$$I_{nT} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n}$$

(Уравнение 80)

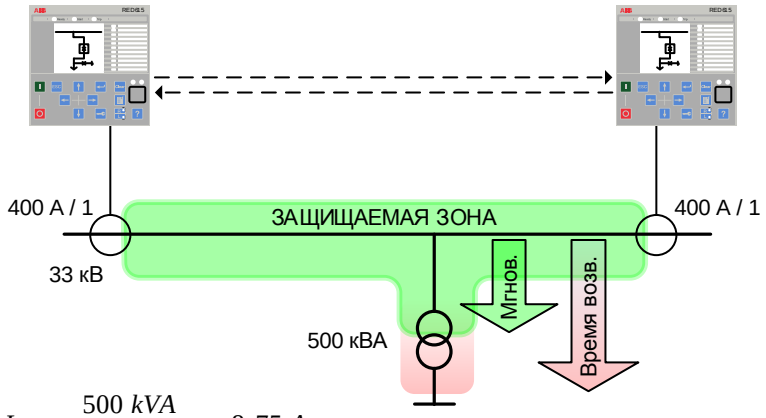
Номинальный ток нагрузки трансформатора на стороне ВН составляет 209,9 А (40 МВт / (√3 × 110 кВ)), на стороне НН – 1154,7 А (40 МВт / (√3 × 20 кВ)). Значения корректировки коэффициента трансформации ТТ на стороне ВН и стороне НН будут следующими:

Корректировка коэффициента трансформации ТТ (ВН) = 1,429
(300 А / 209,9 А)

Корректировка коэффициента трансформации ТТ (НН) = 1,299
(1500 А / 1154,7 А)

Маломощные силовые трансформаторы, подключенные к линии

При подключении к линии относительно маломощного силового трансформатора дифференциальная защита линии может применяться без необходимости измерения тока ответвления. В таких случаях функция дифференциальной защиты линии будет срабатывать с задержкой по времени, если значения дифференциального тока будут ниже заданного верхнего предела, а LNPLDF будет действовать согласовано с нижестоящими реле защиты в соответствующем ответвлении. Срабатывание будет мгновенным при дифференциальных токах, превышающих установленный предел. Как следствие, если ток нагрузки ответвления пренебрежимо мал, неисправности линии низкого сопротивления мгновенно устраняются при сохранении максимального уровня чувствительности к высокоомным сбоям, но с задержкой по времени. Сохраняется максимальная чувствительность к высокоомным сбоям при срабатывании с задержкой по времени.

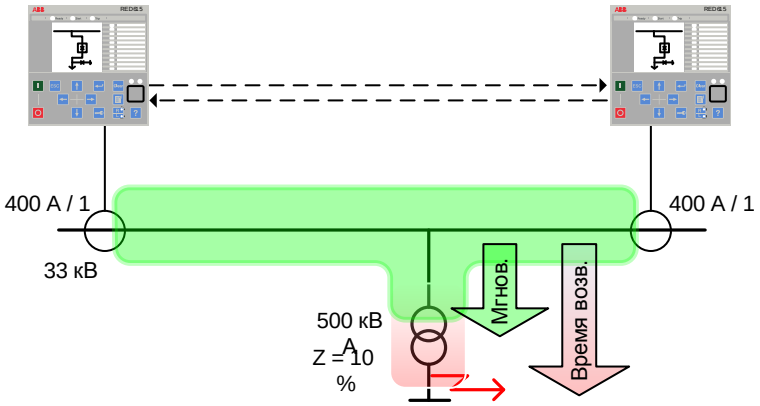


$$I_L = \frac{500\ kVA}{\sqrt{3} \cdot 33\ kV} \cong 8.75\ A$$

$$I_\Delta > \left[\frac{8.75\ A}{400\ A}\right] * 1A = 0.02\ A = 2\%$$

Рис. 242: Влияние тока нагрузки трансформатора с ответвлениями на стабилизированную ступень с низкой уставкой

Стабилизированная ступень предусматривает использование характеристик DT и IDMT для защиты от повреждений по времени, которые не охватываются мгновенной ступенью. Импеданс линии обычно на порядок ниже, чем импеданс трансформатора, что объясняет более высокий ток короткого замыкания при сбоях, находящихся на линии.



$$I_F = \frac{1.1 \cdot 500\ kVA}{\sqrt{3} \cdot 33\,kV \cdot 0.10} \cong 96.23\ A$$

$$I_\Delta < \left[\frac{96.23\ A}{400\ A}\right] * 1A = 0.24\ A = 24\,\%$$

Рис. 243: Влияние на дифференциальный ток тока короткого замыкания на стороне НН трансформатора ответвлений

Направление броска тока при запуске трансформатора

При подаче напряжения в линию ее дифференциальная защита воспринимает бросок тока намагничивания трансформатора как дифференциальный ток, что в отсутствие надлежащих мер может вызвать сбои в работе защиты. Бросок может наблюдаться только на одном конце линии, дифференциальный ток всегда генерируется на обоих концах. Пусковой ток включает в себя гармонические составляющие высокого порядка, которые могут выявляться и использоваться как критерии блокировки стабилизированной ступени. Информация об обнаружении броска передается между двумя концами линии, чтобы обеспечить быструю и безопасную блокировку стабилизированной ступени с двух сторон.

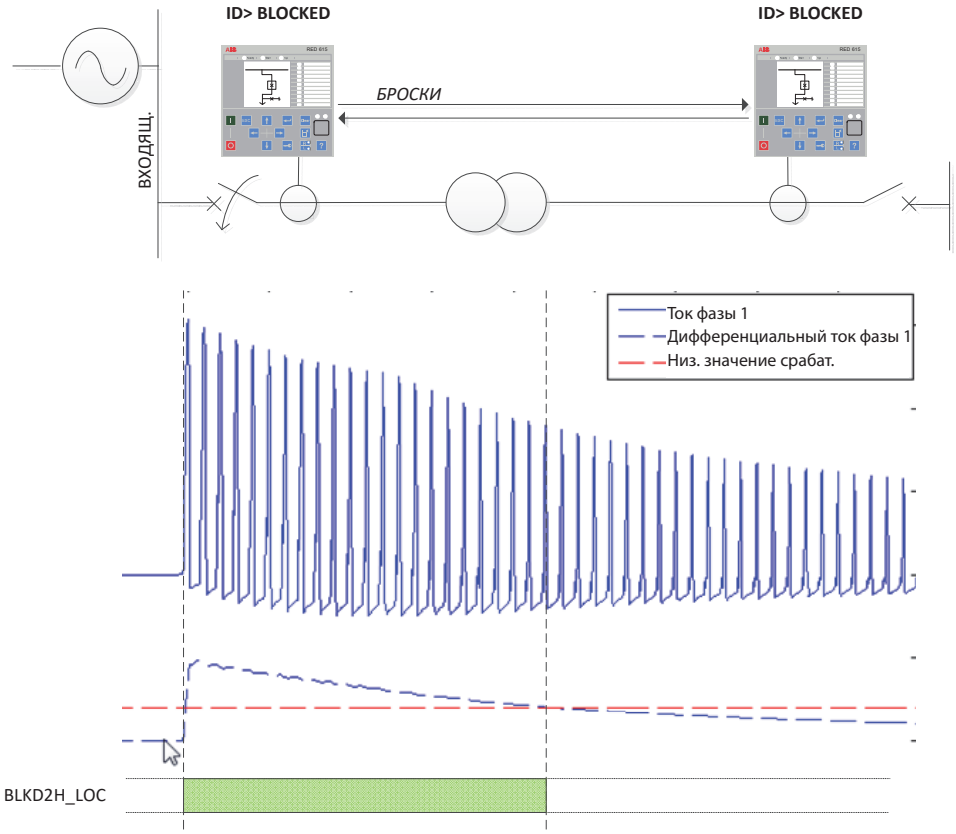


Рис. 244: Блокировка функций дифференциальной защиты линии при обнаружении пускового тока трансформатора

Если разрешен запуск ступени защиты во время броска, задержка может быть выбрана так, чтобы предотвратить срабатывание стабилизированной ступени при броске тока.

4.3.1.7 Сигналы

Таблица 417: Входные сигналы функции LNPLDF

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
I_LOC_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A на локальном конце
I_LOC_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B на локальном конце
I_LOC_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C на локальном конце
I_REM_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A на удаленном конце
I_REM_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B на удаленном конце
I_REM_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C на удаленном конце
Продолжение таблицы на следующей странице			

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал для блокировки функции
BLOCK_LS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал для блокировки стабилизирующей ступени
ENA_MULT_HS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Разрешение на использование множителя для ступени с высокой уставкой

Таблица 418: Выходные сигналы функции LNPLDF

Наименование	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание, локальная или удаленная, стабилизированная или мгновенная ступень
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Запуск, на локальном или удаленном конце
STR_LS_LOC	ЛОГИЧЕСКИЙ	Запуск стабилизированной ступени на локальном конце
STR_LS_REM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Запуск стабилизированной ступени на удаленном конце
OPR_LS_LOC	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание стабилизированной ступени на локальном конце
OPR_LS_REM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание стабилизированной ступени на удаленном конце
OPR_HS_LOC	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание мгновенной ступени на локальном конце
OPR_HS_REM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание мгновенной ступени на удаленном конце
BLKD2H_LOC	ЛОГИЧЕСКИЙ	Торможение по 2-й гармонике, обнаруженной на локальном конце
BLKD2H_REM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Торможение по 2-й гармонике, обнаруженной на удаленном конце
PRO_ACTIVE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние защиты, «да» при срабатывании функции

4.3.1.8 Уставки

Таблица 419: Групповые уставки функции LNPLDF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Низ. значение срабат.	От 10 до 200	%Ir	1	10	Базовая уставка для запуска стабилизированной ступени
Высок. значение срабат.	От 200 до 4000	%Ir	1	2000	Значение срабатывания мгновенной ступени
Пусковое значение 2 гарм.	От 10 до 50	%	1	20	Соотношение составляющей 2-й гармоники к составляющей основной гармоники, требуемое для блокировки
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Множит. высок. знач. срабат.	От 0,5 до 1,0		0,1	1,0	Множитель для пересчета значения срабатывания ступени с высокой уставкой
Множитель времени	От 0,05 до 15,00		0,01	1,00	Множитель времени для кривых IDMT
Конец 1 участка	От 0 до 200	%Ir	1	100	Поворот между первой и второй линией характеристик срабатывания
Наклон 2 участка	От 10 до 50	%	1	50	Наклон второй линии характеристик срабатывания
Конец 2 участка	200–20 000	%Ir	1	500	Поворот между второй и третьей линией характеристик срабатывания
Наклон 3 участка	От 10 до 200	%	1	150	Наклон третьего участка характеристики
Тип кривой срабатывания	1 = ANSI ЧрезвИнв 3 = ANSI НормИнв 5=ANSI Независимая Время 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 12 = МЭК ЧрезвИнв 15=МЭК Независимая Время			15=МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени для стабилизированной ступени
Время задержки срабатывания	45–2 000 000	мс	1	45	Время срабатывания стабилизированной ступени

Таблица 420: Общие уставки функции LNPLDF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл			1=Вкл	Режимы работы функции
Выбор обмотки	1=Не используется 2=Обмотка 1 3=Обмотка 2			1=Не используется	Расположение ИЭУ по отношению к трансформатора, на стороне ВН (обмотка 1) или НН (обмотка 2)
Тип обмотки 1	1=Y 2=YN 3=D 4=Z 5=ZN			1=Y	Подключение обмотки стороны ВН
Тип обмотки 2	1=y 2=yn 3=d 4=z 5=zn			1=y	Подключение обмотки стороны НН

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Часовая отметка	0=Час. отметка 0 1=Час. отметка 1 2=Час. отметка 2 4=Час. отметка 4 5=Час. отметка 5 6=Час. отметка 6 7=Час. отметка 7 8=Час. отметка 8 10=Час. отметка 10 11=Час. отметка 11			0=Час. отметка 0	Установка сдвига фаз между стороной ВН и НН с группой соединения для подключения (например, Dyn11 -> 11)
Коэф. выравн. ТТ	От 0,200 до 5,000		0,001	1,000	Корректировка коэффициента локального трансформатора фазного тока
Тип подключ. ТТ	1=Тип 1 2=Тип 2			1=Тип 1	Тип подключения ТТ. Определяется направлениями подключенных трансформаторов тока.
Вычитание тока НП	1=Без вычитания 2=Обмотка 1 3=Обмотка 2 4=Обмотка 1 и 2			1=Без вычитания	Устранение тока нулевой последовательности
Режим торможения	1=Нет 2=2-я гармоника			1=Нет	Выбор используемых режимов ограничения

Таблица 421: Общие уставки функции LNPLDF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	От 0 до 60000	мс	1	0	Время возврата для стабилизированной ступени
Мин. время срабат.	От 45 до 60000	мс	1	45	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT стабилизированной ступени

4.3.1.9 Контролируемые данные

Таблица 422: Контролируемые данные функции LNPLDF

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	От 0,00 до 100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
I_AMPL_LOC_A	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xIr	Амплитуда локального тока в фазе A после корректировки
I_AMPL_LOC_B	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xIr	Амплитуда локального тока в фазе B после корректировки
I_AMPL_LOC_C	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xIr	Амплитуда локального тока в фазе C после корректировки
Продолжение таблицы на следующей странице				

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I_AMPL_REM_A	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xIr	Амплитуда удаленного тока в фазе A после корректировки
I_AMPL_REM_B	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xIr	Амплитуда удаленного тока в фазе B после корректировки
I_AMPL_REM_C	FLOAT32	От 0,00 до 40,00	xIr	Амплитуда удаленного тока в фазе C после корректировки
ID_A	FLOAT32	От 0,00 до 80,00	xIr	Дифференциальный ток в фазе A
ID_B	FLOAT32	От 0,00 до 80,00	xIr	Дифференциальный ток в фазе B
ID_C	FLOAT32	От 0,00 до 80,00	xIr	Дифференциальный ток в фазе C
IB_A	FLOAT32	От 0,00 до 80,00	xIr	Стабилизирующий ток в фазе A
IB_B	FLOAT32	От 0,00 до 80,00	xIr	Стабилизирующий ток в фазе B
IB_C	FLOAT32	От 0,00 до 80,00	xIr	Стабилизирующий ток в фазе C
I_ANGL_DIFF_A	FLOAT32	От -180,00 до 180,00	град.	Разница углов сдвига фаз тока между локальным и удаленным концом, фаза A
I_ANGL_DIFF_B	FLOAT32	От -180,00 до 180,00	град.	Разница углов сдвига фаз тока между локальным и удаленным концом, фаза B
I_ANGL_DIFF_C	FLOAT32	От -180,00 до 180,00	град.	Разница углов сдвига фаз тока между локальным и удаленным концом, фаза C
LNPLDF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
A-дифф.	FLOAT32	От 0,00 до 80,00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе A
B-дифф.	FLOAT32	От 0,00 до 80,00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе B
C-дифф.	FLOAT32	От 0,00 до 80,00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе C

Продолжение таблицы на следующей странице

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
A-торм.	FLOAT32	От 0,00 до 80,00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе A
B-торм.	FLOAT32	От 0,00 до 80,00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе B
C-торм.	FLOAT32	От 0,00 до 80,00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе C

4.3.1.10 Технические данные

Таблица 423: Технические данные функции LNPLDF

Характеристики	Значение		
Погрешность срабатывания [1]	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц		
	Чувствит. ступень	±2,5% уст.	
	Грубая ступень	±2,5% уст.	
	Мин.	Типов.	Макс.
Ступень с высокой уставкой, время срабатывания [2][3]	22 мс	25 мс	29 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96		
Время невозврата (чувствительная ступень)	<40 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени	±5,0% уставки или ±20 мс [4]		

1) С симметричным каналом связи (например, оптоволоконным).
2) Без дополнительной задержки в канале связи (например, оптоволоконный канал).
3) Включает задержку выходного контакта. Если дифференциальный ток = 2 × *Высокое значение срабатывания* и $f_{ном}$ = 50 Гц с гальванической связью по контрольному проводу + 5 мс.
4) *Уставка срабатыв.* диапазон кратности 1,5...20.

4.3.1.11 Данные о технических изменениях

Таблица 424: Данные о технических изменениях функции LNPLDF

Версия	Изменение
B	Для уставки *Множитель времени* изменено значение шага с 0,05 на 0,01.
C	Дополнительная совместимость с трансформатором в зоне. В окне **Измерения** дифференциальный ток и ток смещения отображаются как номинальные.
D	Внутреннее улучшение.

4.3.2 Дифференциальная защита двухобмоточных трансформаторов, ступень с торможением и дифференциальная отсечка TR2PTDF

4.3.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Дифференциальная защита двухобмоточных трансформаторов, ступень с торможением и дифференциальная отсечка	TR2PTDF	3dI>T	87T

4.3.2.2 Функциональный блок

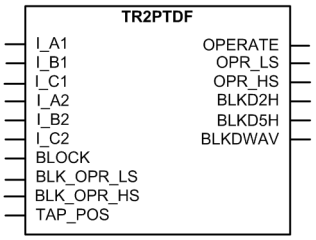


Рис. 245: Функциональный блок

4.3.2.3 Функциональные возможности

Функция стабилизированной быстродействующей дифференциальной защиты TR2PTDF предназначена для защиты двухобмоточных трансформаторов и блоков генератор-трансформатор. Функция TR2PTDF включает чувствительную ступень (с торможением) и быстродействующую ступень (отсечку).

Чувствительная ступень с торможением обеспечивает быстрое устранение повреждений, при этом оставаясь стабильной при высоких величинах тока, проходящих через защищенную зону, которые увеличивают погрешность при измерении тока. Алгоритм торможения по второй гармонике, а также алгоритм торможения по форме сигнала обеспечивает несрабатывание чувствительной ступени при бросках тока при включении трансформатора. Торможение по пятой гармонике обеспечивает несрабатывание ступени при полном дифференциальном токе, вызванным неопасным перевозбуждением трансформатора.

Быстродействующая грубая ступень (отсечка) обеспечивает очень быстрое устранение повреждений с большим дифференциальным током, независимо от гармонических составляющих.

Чувствительность характеристики можно увеличить за счет компенсации положения РПН. Коррекция коэффициента трансформации в результате изменения положения РПН выполняется автоматически на базе информации о состоянии РПН.

4.3.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции TR2PTDF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

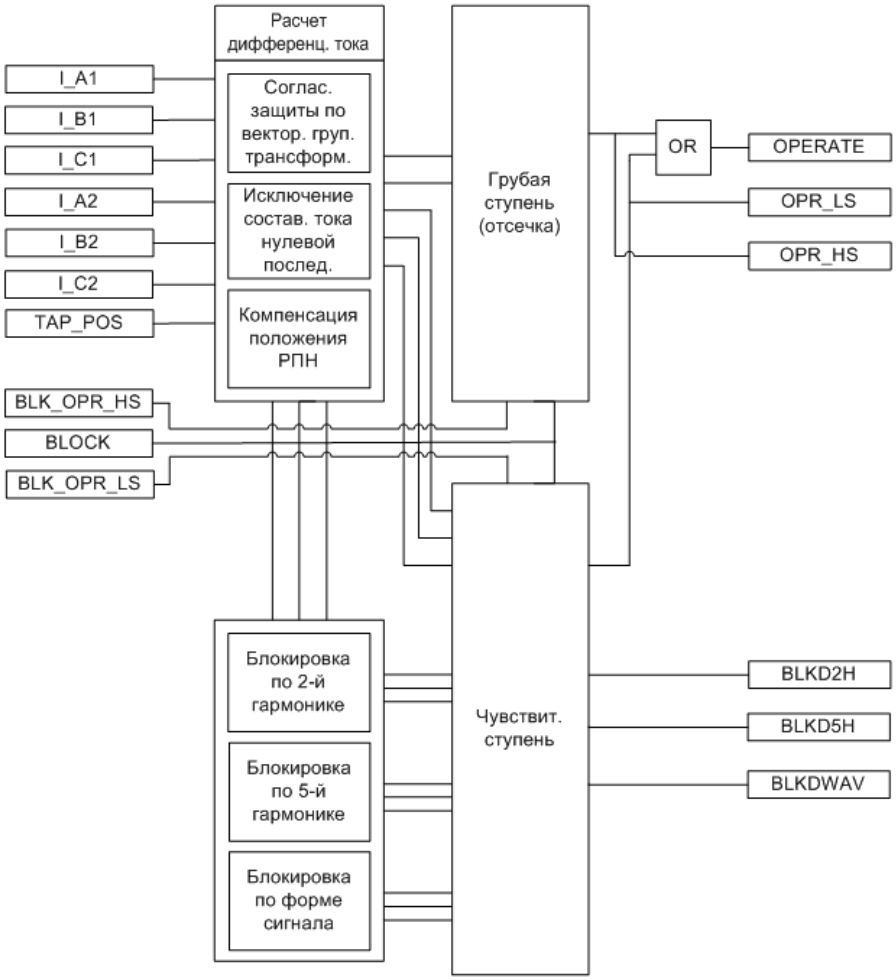


Рис. 246: Функциональная схема

Расчет дифференциального тока

Функция TR2PTDF действует пофазно на основании разности входящих и выходящих токов. Прямым направлением считается направление к защищаемому объекту.

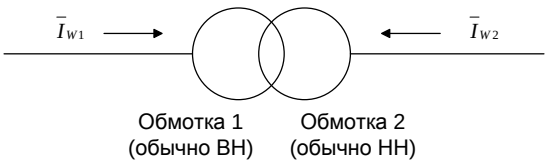


Рис. 247: Прямое направление токов

$$I_d = \left| \bar{I}_{W1} + \bar{I}_{W2} \right|$$

(Уравнение 81)

В нормальной ситуации в области, защищенной функцией TR2PTDF, повреждений нет. В таком случае токи $\bar{I}_{W1}$ и $\bar{I}_{W2}$ равны, а дифференциальный ток I_d равен нулю. Однако практически в стандартной ситуации дифференциальный ток отклоняется от нулевого значения. В защите силового трансформатора дифференциальный ток может быть вызван погрешностью ТТ, изменением положения РПН (при отсутствии компенсации), током холостого хода и кратковременными бросками тока трансформатора. Увеличение тока нагрузки вызывает возникновение дифференциального тока в результате погрешности ТТ и изменения положения РПН, который изменяется с таким же процентным отношением.

В устройствах дифференциальной защиты со смещением в нормальном режиме работы или при внешних отказах чем выше ток нагрузки на стабилизированной ступени с низкой уставкой, тем выше должен быть дифференциальный ток для отключения. При внутреннем повреждении в защищаемый объект токи протекают с обеих сторон. Это существенно уменьшает ток смещения, повышая чувствительность срабатывания.

$$I_b = \frac{\left| \bar{I}_{W1} - \bar{I}_{W2} \right|}{2}$$

(Уравнение 82)

Если ток смещения мал по сравнению с дифференциальным током или если фазовый угол между фазными токами обмотки 1 и 2 стремится к нулю (в нормальной ситуации разность фаз составляет 180 градусов), с наибольшей долей вероятности сбой произошел на участке, защищаемом устройством дифференциальной релейной защиты. В этом случае значение срабатывания, установленное для отсечки, автоматически уменьшается вдвое, и сигналы внутренней блокировки ступени с торможением запрещаются.

Согласование защиты по векторным группам трансформатора

Угол сдвига фаз токов обмотки 1 и обмотки 2, вызванный векторной группой силового трансформатора, компенсируется цифровым путем. Согласование угла сдвига фаз основано на фазовом сдвиге и цифровом соединении в треугольник внутри устройства релейной защиты. Параметр *Обмотка 1* определяет подключение обмотки 1 (”Y”, ”YN”, ”D”, ”Z”, ”ZN”). Параметр *Обмотка 2* определяет подключение обмоток на стороне низкого напряжения (“y”, ”yn”, ”d”, ”z”, ”zn”).

Согласование по векторным группам можно реализовать либо на обеих обмотках, 1 и 2, либо только на обмотке 1 или на обмотке 2, с интервалом 30°, при помощи уставки *Группа соединения* .

Если группой соединения обмоток является Yy0 и для параметра *Тип соединения ТТ* установлено значение «Тип 2», фазовый угол фазных токов,

подключенных к устройству релейной защиты, изменяться не будет. Если группой соединения обмоток является Yy6, угол сдвига фазных токов релейной защиты изменится на 180 градусов.

Пример 1

Согласование по векторным группам силового трансформатора на обмотке 1, подключенного по типу Ynd11, *Тип подключения ТТ* - "Тип 1". Параметр *Обмотка 1* имеет значение ”YN”, *Обмотка 2* - значение “d”, а *Группа соединения* - “Группа 11”. Это компенсируется внутренним путем, что дает обмотке 1 внутреннюю компенсацию +30°, а обмотке 2 – внутреннюю компенсацию со значением 0°:

$$\bar{I}_{L1mHV} = \frac{\bar{I}_{L1} - \bar{I}_{L2}}{\sqrt{3}}$$
$$\bar{I}_{L2mHV} = \frac{\bar{I}_{L2} - \bar{I}_{L3}}{\sqrt{3}}$$
$$\bar{I}_{L3mHV} = \frac{\bar{I}_{L3} - \bar{I}_{L1}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 83)

Пример 2

Но если векторная группа – Yd11, а *Тип подключения ТТ* - "Тип 1", компенсация имеет несколько другой вид. Параметр *Обмотка 1* имеет значение ”Y”, *Обмотка 2* - значение “d”, а *Группа соединения* - “Группа 11”. Это компенсируется внутренним путем, что дает обмотке 1 внутреннюю компенсацию +30°, а обмотке 2 – внутреннюю компенсацию со значением 0°:

$$\bar{I}_{L1mLV} = \frac{\bar{I}_{L1} - \bar{I}_{L3}}{\sqrt{3}}$$
$$\bar{I}_{L2mLV} = \frac{\bar{I}_{L2} - \bar{I}_{L1}}{\sqrt{3}}$$
$$\bar{I}_{L3mLV} = \frac{\bar{I}_{L3} - \bar{I}_{L2}}{\sqrt{3}}$$

(Уравнение 84)

Токи на стороне «Y» остаются без изменения, тогда как токи на стороне «d» компенсируются для согласования токов, протекающих в обмотках.

В данном примере отсутствует ток в нейтрали на каждой из сторон трансформатора (если не установлены заземляющие трансформаторы). Однако в предыдущем примере согласование проводится иначе, чтобы одновременно производилась компенсация тока в нейтрали обмотки 1.

Исключение составляющей тока нулевой последовательности

Если параметр *Группа соединения* - "Группа 2", "Группа 4", "Группа 8" или "Группа 10", согласование по векторным группам всегда выполняется в обеих обмотках, 1 и 2. Сочетание в результате дает правильную компенсацию. В

этом случае составляющая нулевой последовательности всегда убирается автоматически на обеих сторонах. Параметр *Вычитание Io* этого изменить не может.

Если параметр *Группа соединения* - "Группа 1", "Группа 5", "Группа 7" или "Группа 11", согласование по векторным группам выполняется только на одной стороне. Возможная составляющая нулевой последовательности фазных токов при замыканиях на землю вне зоны действия защиты убирается в цифровом соединении в треугольник, прежде будут рассчитаны дифференциальный и тормозной токи. Поэтому согласование по векторным группам почти всегда выполняется на стороне, имеющей соединение «звездой», трансформаторов, подключенных по типу «Ynd» и «Dyn».

Если параметр *Группа соединения* is "Clk Num 0" or "Clk Num 6", составляющая нулевой последовательности фазных токов не убирается автоматически ни на какой из сторон. Следовательно, составляющую нулевой последовательности на стороне с соединением звездой, то есть, заземленной в точке нейтрали звезды, нужно убрать при помощи параметра *Вычитание Io*.

Тот же параметр нужно использовать для устранения составляющей нулевой последовательности, например, в случае заземления трансформатора на стороне с соединением в треугольник силового трансформатора типа «Ynd» в защищаемой области. В этом случае согласование по векторным группам обычно выполняется на стороне, имеющей соединение звездой. На стороне, имеющей соединение в треугольник, устранение составляющей нулевой последовательности необходимо выбирать отдельно.

При помощи параметра *Вычитание Io* составляющая нулевой последовательности рассчитывается для каждого фазного тока:

$$\bar{I}_{L1m} = \bar{I}_{L1} - \frac{1}{3} x \left(\bar{I}_{L1} + \bar{I}_{L2} + \bar{I}_{L3} \right)$$

$$\bar{I}_{L2m} = \bar{I}_{L2} - \frac{1}{3} x \left(\bar{I}_{L1} + \bar{I}_{L2} + \bar{I}_{L3} \right)$$

$$\bar{I}_{L3m} = \bar{I}_{L3} - \frac{1}{3} x \left(\bar{I}_{L1} + \bar{I}_{L2} + \bar{I}_{L3} \right)$$

(Уравнение 85)

Во многих случаях, когда обмотка «wye» имеет заземленную нейтраль, можно выполнить компенсацию таким образом, чтобы составляющая нулевой последовательности фазных токов убиралась автоматически. Например, если это трансформатор типа «Ynd», компенсация выполняется на стороне обмотки 1, чтобы автоматически убирать составляющую нулевой последовательности фазных токов на этой стороне (а на стороне «d» их нет). В таком случае явно заданное удаление не требуется.

Компенсация положения РПН

Положение РПН, используемое для управления напряжением, может компенсироваться, а данные о положении предоставляются функции защиты с помощью индикации положения РПН, TPOSYLTC.

Обычно РПН находится на стороне обмотки высокого напряжения, то есть, обмотки 1 силового трансформатора. Параметр *Обмотка с РПН* указывает, к какой обмотке – на стороне высокого или низкого напряжения – подключен РПН. Этот параметр также используется для включения и отключения автоматической адаптации положения РПН. Возможные режимы: "Не используется", "Обмотка 1" или "Обмотка 2".

Параметр *Номин. ответвление* указывает номер ответвления, что, в результате, дает номинальное напряжение (и ток). Когда текущее положение ответвления отклоняется от этого значения, входные значения тока на той стороне, на которой находится РПН, масштабируются, чтобы они соответствовали токам на другой стороне.

Правильность масштабирования определяется количеством шагов, а направление отклонения от номинального ответвления и изменение напряжения в процентах является результатом отклонения одного шага ответвления. Значение в процентах задается с использованием параметра *Шаг регулирования* .

Рабочий диапазон РПН определяется параметрами *Миним. ответвление* и *Максим. ответвление* . Параметр *Миним. ответвление* указывает номер положения ответвления, указывающий минимальное действующее количество витков обмотки на той стороне трансформатора, где подключен РПН. Соответственно, параметр *Максим. ответвление* указывает номер положения, при котором действует максимальное количество витков обмотки

Параметры *Миним. ответвление* и *Максим. ответвление* помогают алгоритму компенсации положения определить, в каком направлении выполняется компенсация. Если же по какой-либо причине данные о текущем положении РПН повреждены, функция автоматической адаптации положения РПН не пытается приспособиться к нереальным значениям положения.

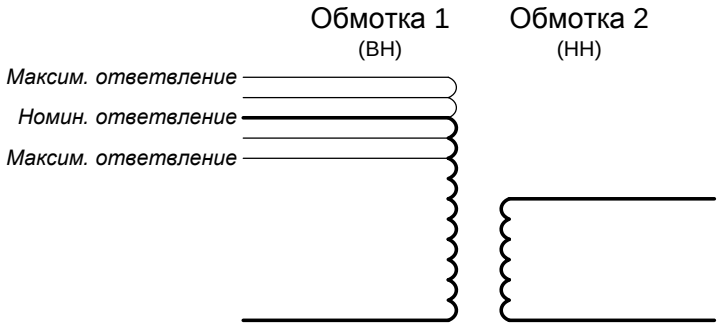


Рис. 248: Упрощенное представление обмоток высокого и среднего напряжения с указанием параметров Максим. ответвление, Миним. ответвление и Номин. ответвление .

Значение положения можно увидеть через меню Данных мониторинга ЛИЧМ или при помощи других инструментов связи функции индикации положения РПН. Если значение TAP_POS недостоверно, то данные о положении в TAP_POS не используются, а вместо них используется последнее достоверное значение. Кроме того, минимальная чувствительность ступени с торможением, определяемая уставкой *Основная уставка*, автоматически загрубляется вместе со всем диапазоном коррекции положения РПН. Новое действующее значение основной уставки:

$$Загрубленная\ уставка\ сраб. = Уставка\ срабатыв. + ABS(Максим.\ ответвление - Мин.\ ответвление) \bullet Шаг\ регулирования$$

(Уравнение 86)

Блокировка по 2-й гармонике

Броски тока намагничивания трансформатора происходят при включении трансформатора. При броске тока намагничивания величина тока может во много раз превышать номинальный ток, а время его уменьшения наполовину может составлять до нескольких секунд. Для дифференциальной защиты бросок тока представляет собой дифференциальный ток, который может привести к срабатыванию защиты практически в каждом случае при подключении трансформатора к сети. Обычно в броске тока намагничивания имеется большое содержание вторых гармоник.

Блокировка ступени с торможением TR2PTDF при броске тока намагничивания основана на отношении амплитуды второй гармоники, полученной цифровым путем из дифференциального тока, и амплитуды дифференциального тока основной частоты (Id2f /Id1f).

Данная блокировка также предотвращает непредусмотренное срабатывание при восстановлении и индуцированных бросках тока намагничивания. При броске тока во время восстановления ток намагничивания защищаемого трансформатора мгновенно возрастает после возврата напряжения к нормальному значению после устранения повреждения за пределами защищаемой зоны. Индуцированный бросок тока вызван включением

другого трансформатора, работающего параллельно с защищаемым трансформатором, который уже подключен к сети.

Отношение второй гармоники к основной гармонике может существенно различаться в разных фазах. Особенно при выполнении компенсации схемы соединения трансформатора, подключенного по принципу Ynd1, токи при бросках в двух фазах равны по величине, но противоположны по фазному углу, вычитание фаз при компенсации схемы соединения дает в результате очень небольшое количество второй гармоники.

Чтобы избежать нежелательного отключения фазы со слишком низким отношением второй гармоники к основной частоте, необходимо принять определенные меры. Один из способов – блокировка всех фаз при выполнении условий блокировки по второй гармонике минимум в одной фазе. Другой способ – расчет весовых коэффициентов второй гармоники по отношению к основной частоте для каждой фазы с использованием исходного отношения в каждой фазе. Здесь используется второй вариант. Данные о величине второй гармоники I_2H_RAT_x приводятся в меню "Контролируемые данные".

Поэтому соотношение, которое будет использоваться для блокировки по второй гармонике, рассчитывается как средневзвешенное значение с учетом соотношений, выведенных на основе дифференциальных токов трех фаз. Соотношение рассматриваемой фазы имеет наибольшую величину по сравнению с двумя другими фазами. Если долевые коэффициенты равны «4», «1» и «1», в этом устройстве релейной защиты «4» является коэфициентом рассматриваемой фазы. Срабатывание ступени с торможением соответствующей фазы блокируется, если весовой коэффициент этой фазы выше заданного предела блокировки *2 гармоника, блокир.*, и если блокировка активна, что определяется параметром *Режим торможения*.

Использование отдельной блокировки для каждой фазы и средневзвешенные значения, рассчитанные для отдельных фаз, обеспечивают схему блокировки, которая будет устойчивой к броскам тока при включении.

Если максимальное значение дифференциального тока очень высоко, то есть, если I_n>12×In, то предел для блокировки по второй гармонике загрубляется (в соответствующей фазе) путем его пропорционального повышения по отношению к максимальному значению дифференциального тока.

При возникновении замыкания внутри защищаемой области при включении силового трансформатора защиты не имеют задержки на отключение, так как в такой ситуации блокировка по второй гармонике в дифференциальном токе предотвращается отдельным алгоритмом на базе формы сигнала и скорости изменения стандартного броска тока и броска тока в токе повреждения. Этот алгоритм устраняет блокировку при бросках тока только при наличии повреждения в защищенной области.

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Деблокир. по 2 гарм.* .

Блокировка по пятой гармонике

Запрет срабатывания функции TR2PTDF при перевозбуждении основан на отношении пятой гармоники к основной гармонике в дифференциальном токе (Id5f/Id1f). Отношение рассчитывается отдельно для каждой фазы без использования весового коэффициента. Если коэффициент превышает заданное значение уставки *5 гармоника, блокир.*, и если блокировка включена при помощи параметра *Режим торможения*, срабатывание ступени с торможением TR2PTDF в соответствующей фазе блокируется.Данные о величине пятой гармоники I_5H_RAT_x приводятся в меню "Контролируемые данные".

При опасных уровнях перенапряжения, которые могут вызвать повреждение трансформатора, блокировку можно автоматически убрать. Если отношение пятой гармоники к основной гармонике в дифференциальном токе превышает значение уставки *5 гармоника, деблок.* , блокировка выводится. Деблокировка может включаться и отключаться также при помощи параметра *Деблокир. по 5 гарм.* .

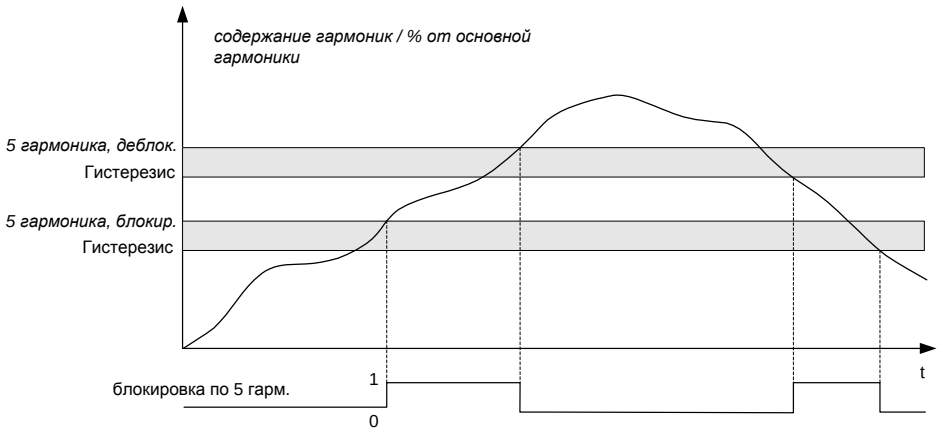


Рис. 249: Пределы срабатывания блокировки по пятой гармонике, когда функции блокировки/деблокировки включаются при помощи параметра управления Деблокир. по 5 гарм. .

Чтобы избежать колебаний между значениями "Да" и "Нет", блокировка по пятой гармонике имеет гистерезис. Блокировка также имеет счетчик, который подсчитывает количество последовательных выполнений определенного условия. Если условие не выполняется, значение счетчика уменьшается (если оно >0).

Деблокировка по пятой гармонике также имеет гистерезис и счетчик, который считает количество последовательных выполнений условия. Если условие не выполняется, значение счетчика уменьшается (если оно >0).

Блокировка по форме сигнала

Чувствительная ступень с торможением всегда может блокироваться по форме сигнала. Эту ступень нельзя блокировать при помощи параметра *Режим торможения* . Этот алгоритм состоит из двух частей. Первая часть предназначена для внешних повреждений, тогда как вторая часть используется при бросках тока. Этот алгоритм имеет критерии, учитывающие периоды малых токов при бросках тока, где также контролируется дифференциальный ток (не являющийся производным).

Чувствительная ступень с торможением

Дифференциальная токовая защита должна быть выполнена с торможением, так как дифференциальный ток может возникать не в результате повреждения трансформатора (или генератора), а в результате других явлений.

В защите трансформатора ложный дифференциальный ток может появляться в результате:

- Погрешностей ТТ
- Изменения положения РПН (при отсутствии автоматической компенсации)
- Тока холостого хода трансформатора
- Бросков тока при включении трансформатора
- Перевозбуждения трансформатора при перенапряжении
- Понижения частоты
- Насыщения ТТ при высоких токах, проходящих через трансформатор

Дифференциальный ток, вызванный погрешностями ТТ или изменением положения РПН, увеличивается пропорционально току нагрузки.

В защите генераторов ложные дифференциальные токи возникают по различным причинам.

- Погрешностей ТТ
- Насыщение ТТ при высоких токах, проходящих через генератор

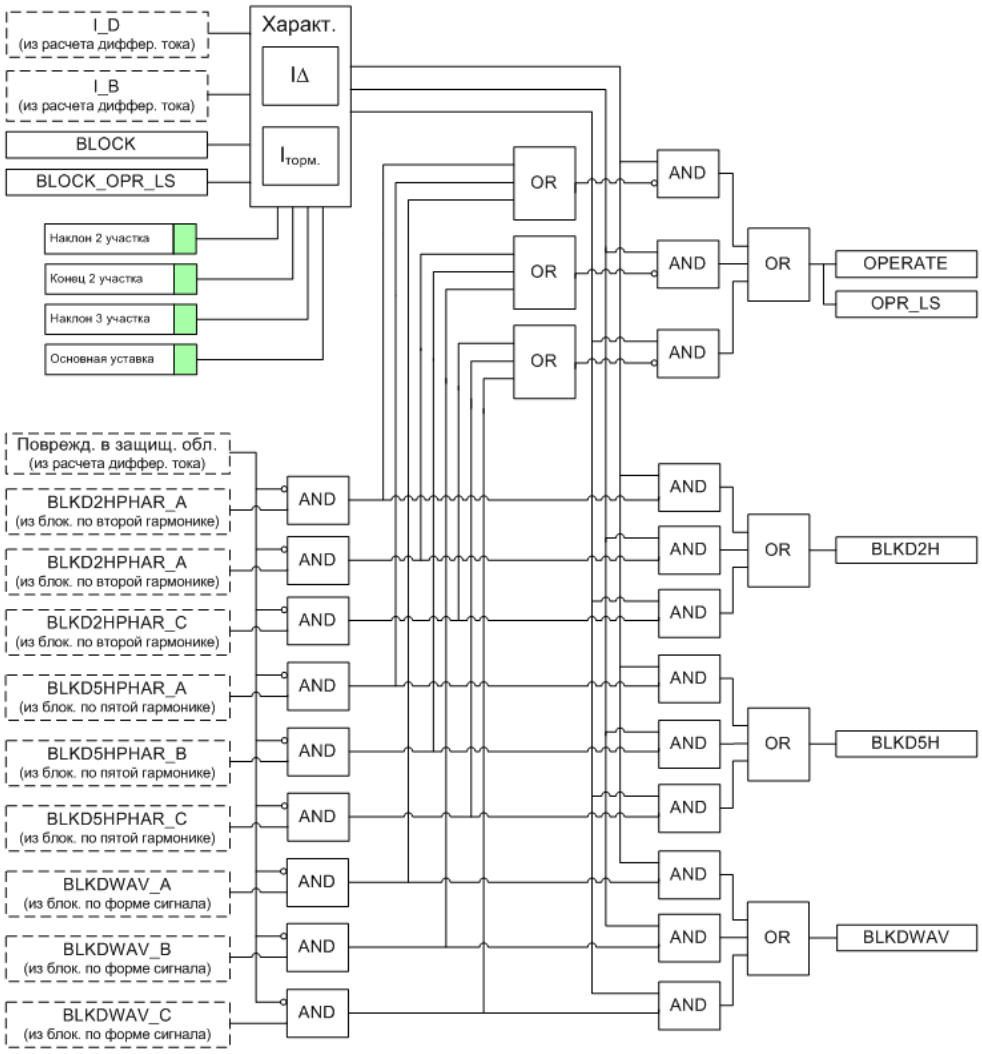


Рис. 250: Логика срабатывания ступени с торможением

Большие токи, проходящие через защищаемый объект, могут возникать из-за коротких замыканий за пределами защищаемой области, больших токов, питающих трансформатор при запуске двигателя, или из-за броска тока намагничивания трансформатора. Таким образом, срабатывание дифференциальной защиты происходит с торможением в отношении тока нагрузки. В дифференциальной защите с торможением чем выше ток нагрузки, тем выше дифференциальный ток, необходимый для срабатывания защиты.

Характеристика срабатывания ступени с торможением определяется уставкой *Основная уставка*, *Наклон 2 участка* и уставкой второй точки наклона характеристики срабатывания, *Конец 2 участка* (первая поворотная точка является фиксированной). Уставки одинаковы для всех фаз. Когда дифференциальный ток превышает значение срабатывания, определяемое заданной характеристикой, дифференциальная функция становится активной.

Если дифференциальный ток превышает величину срабатывания в течение соответствующего периода времени, который в 1,1 раза дольше периода основной гармоники, активируется выход OPR_LS. Выход OPERATE всегда становится активным после активации выхода OPR_LS.

Эту ступень можно блокировать внутренним путем, путем торможения по второй или пятой гармонике, или при помощи специальных алгоритмов, обнаруживающих броски тока или насыщение трансформатора тока при внешних повреждениях. Когда срабатывание ступени с торможением блокируется функцией блокировки по второй гармонике, выход BLKD2H становится активным.

Когда срабатывание ступени с торможением блокируется функцией блокировки по пятой гармонике, становится активным выход BLKD5H. Соответственно, когда срабатывание ступени с торможением блокируется функцией блокировки по форме сигнала, становится активным выход BLKDWAV, в зависимости от данных по фазам.

При необходимости выходы срабатывания ступени с торможением могут блокироваться внешними управляющими сигналами BLK_OPR_LS или BLOCK.

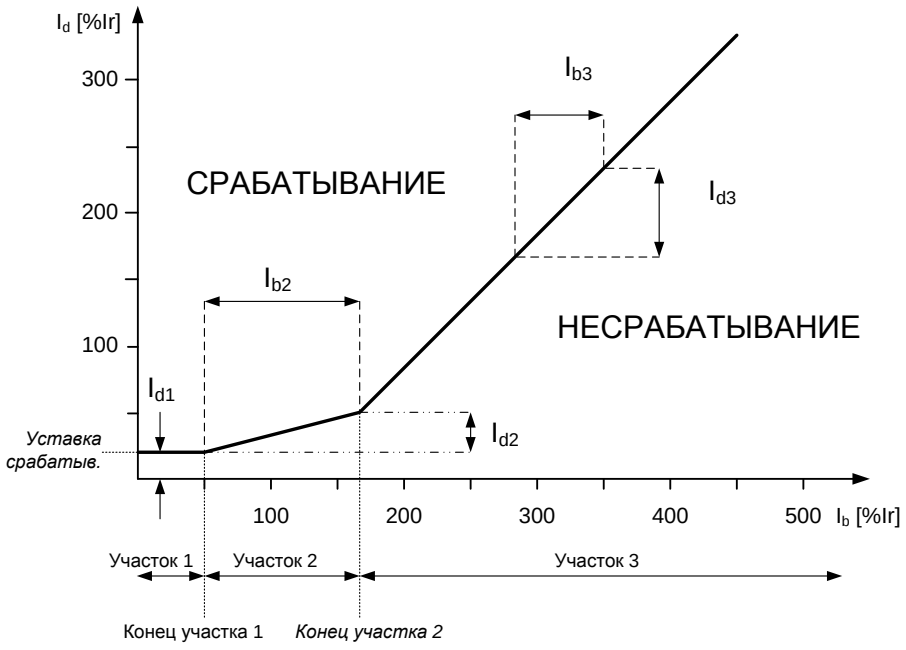


Рис. 251: Характеристика срабатывания функции дифференциальной защиты трансформатора с торможением TR2PTDF

Параметр *Основная уставка* ступени с торможением дифференциальной защиты определяется в соответствии со следующей характеристикой срабатывания:

Основная уставка = Id1

Уставки *Наклон 2 участка* и *Наклон 3 участка* определяются соответственно:

$$Slope\ \ section\,2 = \frac{I_{d2}}{I_{b2}} \cdot 100\%$$

(Уравнение 87)

$$Slope\ \ section\,3 = \frac{I_{d3}}{I_{b3}} \cdot 100\%$$

(Уравнение 88)

Вторая поворотная точка *Конец 2 участка* может устанавливаться в диапазоне от 100% до 500%.

Наклон кривой срабатывания дифференциальной функции меняется в различных частях диапазона.

- На участке 1 (где 0 % Iном < Ib < Конец участка 1, Конец участка 1 – фиксированное значение, 50 % от Iном) дифференциальный ток, требуемый для отключения, является постоянной величиной. Значение дифференциального тока равно значению уставки *Основная уставка* данного функционального блока. *Основная уставка* принципе, допускает ток холостого хода трансформатора и небольшие погрешности трансформаторов тока, но она также может использоваться для воздействия на общий уровень характеристики срабатывания. При номинальном токе потери при холостом токе силового трансформатора составляют около 0,2 %. Если напряжение питания силового трансформатора внезапно увеличится в результате анормальных режимов при работе, также увеличивается ток намагничивания трансформатора. В целом, плотность магнитного потока трансформатора довольно высока при номинальном напряжении, и увеличение напряжения на несколько процентов приводит к увеличению тока намагничивания на десятые доли процента. Это необходимо учитывать в уставке *Основная уставка*
- На участке 2, где Конец участка 1 < Ib/In < *Конец 2 участка*, называется областью воздействия уставки *Наклон 2 участка*. На этом отрезке изменение пускового значения влияет на наклон характеристики, то есть, насколько большим должно быть изменение дифференциального тока, требуемого для отключения, по сравнению с изменением тока нагрузки. В пусковом значении должны учитываться погрешности ТТ и изменения положения РПН трансформатора (при отсутствии компенсации). Нужно избегать использования слишком большого пускового значения, так как чувствительность защиты для определения межвитковых КЗ зависит, в основном, от пускового значения.
- На участке 3, где Ib/In > *Конец участка 2*, наклон характеристики можно задать с помощью параметра *Наклон 3 участка*, который определяет увеличение дифференциального тока при соответствующем увеличении тока торможения.

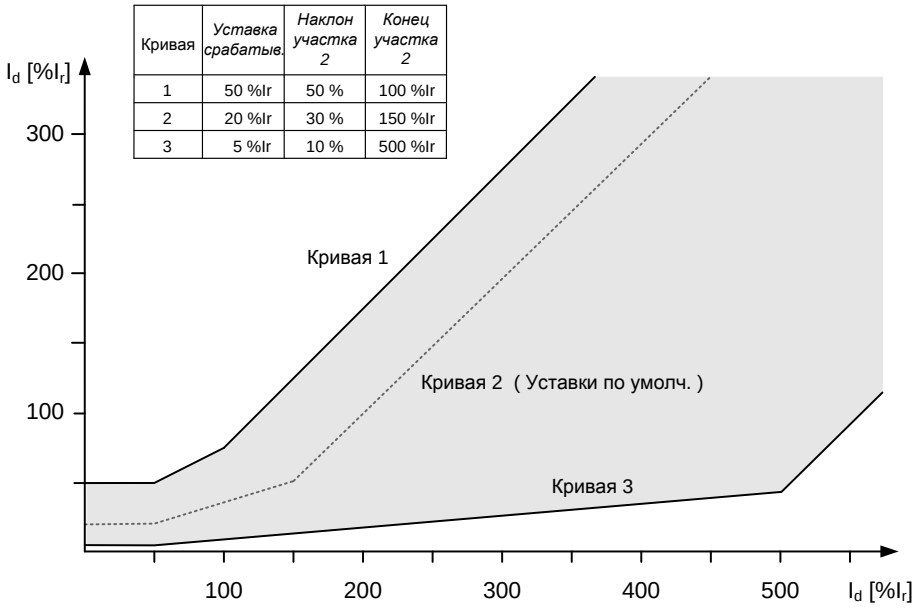


Рис. 252: Диапазон уставок для ступени с торможением

Если тормозной ток мал по сравнению с дифференциальным током, или если фазный угол между фазными токами обмотки 1 и обмотки 2 токов близок к нулю (в нормальной ситуации разность фаз составляет 180 градусов), то повреждение, скорее всего, произошло в области, защищенной функцией TR2PTDF. Тогда внутренние сигналы блокировки ступени со смещением запрещаются.

Грубая ступень (отсечка)

Срабатывания грубой ступени (отсечки) можно вводить/выводить при помощи параметра *Ввод грубой ступени* . Соответствующие значения параметра: "Да" и "Нет".

Действие отсечки не тормозится. При срабатывании отсечки выход `OPR_HS` становится активным, когда амплитуда составляющей основной частоты дифференциального тока превышает заданное значение уставки *Уставка дифотсечки*, или когда мгновенное значение дифференциального тока превышает в 2,5 раза значение уставки *Уставка дифотсечки*. Коэффициент 2,5 (=1,8 × √2) получен на основании максимального несимметричного тока повреждения.

Если тормозной ток мал по сравнению с дифференциальным током, или если фазный угол между фазными токами обмотки 1 и обмотки 2 токов близок к нулю (в нормальной ситуации, разность фаз составляет 180 градусов), то повреждение произошло в области, защищенной функцией TR2PTDF. В этом случае значение срабатывания, установленное для отсечки, автоматически

уменьшается вдвое, и сигналы внутренней блокировки ступени с торможением запрещаются.

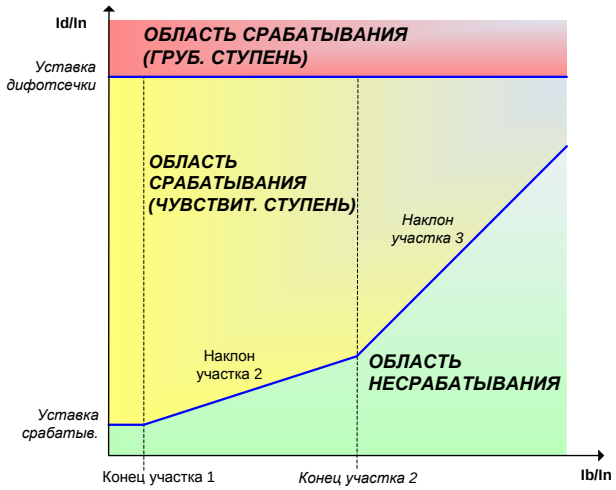


Рис. 253: Характеристика срабатывания защиты. (LS) - ступень с торможением, (HS) – отсечка

Выход `OPERATE` всегда становится активным после активации выхода `OPR_HS` .

Внутренние сигналы блокировки дифференциальной защиты не предотвращают срабатывания отсечки. При необходимости выходы срабатывания отсечки могут блокироваться внешними управляющими сигналами `BLK_OPR_LS` или `BLOCK`.

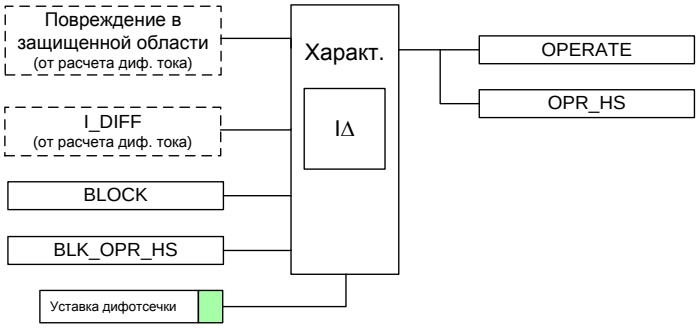


Рис. 254: Логика срабатывания отсечки

Сброс сигналов блокировки (деблокирование)

Все три блокирующих сигнала, т.е. сигнал блокировки по форме сигнала, по второй и пятой гармонике, имеют счетчик, который удерживает блокировку в течение определенного времени после прекращения условий блокировки.

Деблокирование происходит после того как истечет время, определяемое этим счетчиком. Это стандартный вариант деблокирования.

Сигналы блокировки могут сбрасываться моментально, если измерение показало очень высокий дифференциальный ток, или если угол сдвига фаз сравниваемых токов (угол между сравниваемыми токами) близок к нулю после выполнения автоматического согласования защиты по векторным группам (в нормальной ситуации разность фаз составляет 180 градусов). Однако это не сбрасывает счетчики, удерживающие блокировку, поэтому сигналы блокировки могут вернуться, после того как эти условия больше не будут действительными.

Функция внешней блокировки

Функция TR2PTDF имеет три входа для блокировки.

- Когда вход BLOCK активен (имеет значение "Да"), действие функции блокируется, но измерение выходных сигналов обновляется.
- Когда активен вход BLK_OPR_LS (имеет значение "Да"), функция TR2PTDF срабатывает стандартно, за исключением случаев, когда выход OPR_LS неактивен или активируется при любых обстоятельствах. Кроме того, выход OPERATE может активироваться только быстродействующей ступенью (отсечкой) (если она также не заблокирована).
- Когда активен вход BLK_OPR_HS (имеет значение "Да"), функция TR2PTDF срабатывает стандартно, за исключением случаев, когда выход OPR_HS неактивен или активируется при любых обстоятельствах. Кроме того, выход OPERATE может активироваться только ступенью с торможением (если она не заблокирована).

4.3.2.5 Применение

Функция TR2PTDF - это функция защиты с абсолютной селективностью, которая служит в качестве основной защиты трансформаторов в случае повреждения обмотки. Зона с дифференциальной защитой включает трансформатор, шину или кабели между трансформатором тока и силовым трансформатором. При использовании для дифференциальной защиты трансформаторов тока, встроенных в ввод, защищаемая зона не включает шины или кабели между автоматическим выключателем и силовым трансформатором.

На некоторых подстанциях имеется дифференциальная токовая защита шин. Защита шин включает шины или кабели между выключателем и силовым трансформатором. Внутренние КЗ в электрических цепях – очень серьезные повреждения, которые могут привести к прямому ущербу. Короткие замыкания и замыкания на землю в обмотках и на зажимах обычно и обнаруживаются дифференциальной защитой. Также обнаруживаются межвитковые КЗ, представляющие собой перекрытие между проводниками одной обмотки, если закорачивается достаточное для определения количество витков. Межвитковые замыкания – самые сложные для

обнаружения защитами повреждения обмотки трансформатора. Небольшое межвитковое КЗ, затрагивающее всего лишь несколько витков обмотки, может в результате привести к появлению тока, который невозможно определить до тех пор, пока не разовьется КЗ на землю. Следовательно, важно, чтобы дифференциальная защита имела большой уровень чувствительности, и чтобы была возможность использования чувствительной уставки без непредусмотренного срабатывания при внешних повреждениях.

Исключительно важно как можно скорее отключить поврежденный трансформатор. Так как функция TR2PTDF представляет собой функцию защиты с абсолютной селективностью, она предназначена для быстрого отключения, обеспечивая, таким образом, селективное отключение поврежденного трансформатора. Функция TR2PTDF никогда не должна срабатывать при повреждениях за пределами защищаемой зоны.

Функция TR2PTDF сравнивает ток на входе в трансформатор с токами на выходе трансформатора. Правильный анализ условий повреждения функцией TR2PTDF должен учитывать изменения напряжений, токов и фазных углов. Традиционные функции дифференциальной защиты трансформатора требуют наличия вспомогательных трансформаторов для коррекции фазового сдвига и коэффициента трансформации. Алгоритм дифференциальной защиты на базе использования цифрового микропроцессора, реализованный в функции TR2PTDF, обеспечивает компенсацию коэффициента трансформации и фазового сдвига внутренним путем, при помощи программного обеспечения.

При наличии правильной компенсации коэффициента трансформации и фазового сдвига при нормальной нагрузке или при внешних повреждениях дифференциальный ток теоретически должен быть равен нулю. Но кроме внутренних повреждений существует несколько различных явлений, которые могут вызвать появление нежелательных или ложных дифференциальных токов. Основными причинами появления таких токов могут быть:

- Несоответствие из-за изменения положения РПН
- Различные характеристики, нагрузки и рабочие условия трансформаторов тока
- Токи нулевой последовательности, протекающие только с одной стороны силового трансформатора
- Стандартные токи намагничивания
- Броски токов намагничивания
- Токи намагничивания при перевозбуждении.

Функция TR2PTDF предназначена, главным образом, для защиты двухобмоточных трансформаторов. Функция TR2PTDF также может использоваться для защиты блоков генератор-трансформатор, а также для защиты коротких кабельных и воздушных линий. Если расстояние между точками измерения относительно большое, могут потребоваться промежуточные ТТ, чтобы снизить нагрузку на трансформаторы тока.

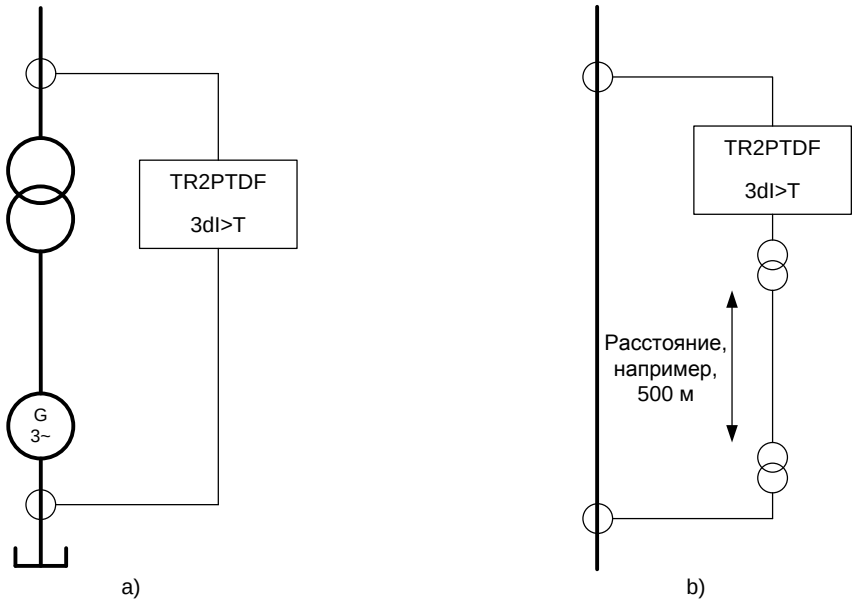


Рис. 255: Дифференциальная защита блока генератор-трансформатор и короткой кабельной/воздушной линии

Функция TR2PTDF также может использоваться для защиты трехобмоточных трансформаторов, или для защиты двухобмоточных трансформаторов с двумя отходящими фидерами.

На стороне силового трансформатора, на которой находится два фидера, ток двух ТТ в каждой фазе должен суммироваться путем параллельного подключения двух ТТ каждой фазы. Обычно это требует установки промежуточных ТТ для обработки векторной группы и/или несоответствия между двумя обмотками/фидерами.

Номинальная предельная кратность промежуточных ТТ должна отвечать тем же требованиям, что и таковая основных ТТ. Обратите внимание, что промежуточные ТТ налагают дополнительную нагрузку на основные ТТ.

Наиболее важным условием такого применения является то, что не менее 75 % мощности короткого замыкания должно подаваться на стороне силового трансформатора только с одним подключением к релейной защите.

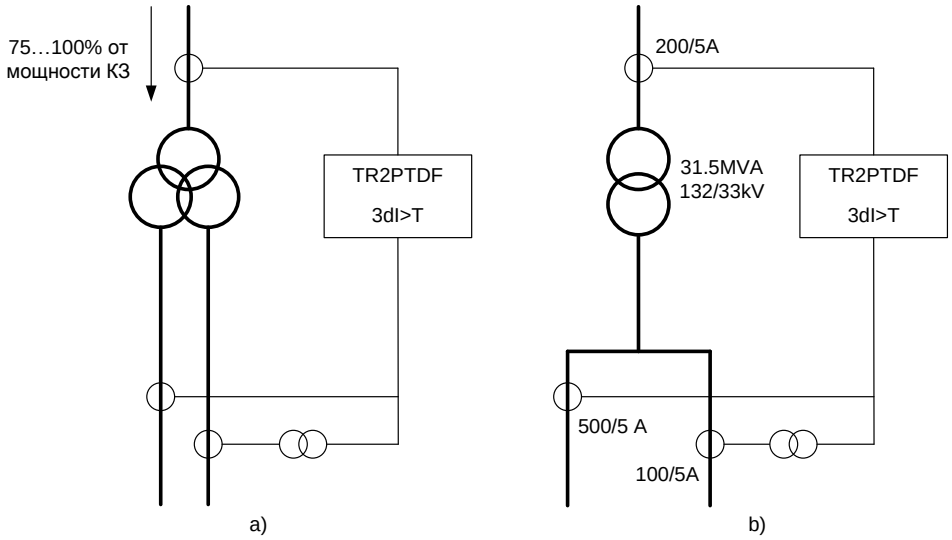


Рис. 256: Дифференциальная защита трехобмоточного трансформатора и трансформатора с двумя отходящими фидерами

Функция TR2PTDF также может использоваться для защиты силового трансформатора, питающего преобразователь частоты. Чтобы установить соответствие между токами трехобмоточного трансформатора и устройством защиты двухобмоточного трансформатора необходимо применение промежуточных ТТ.

Составляющая основной частоты подвергается числовой фильтрации посредством преобразования Фурье (DFT). Фильтр подавляет частоты, отличающиеся от заданной основной частоты, поэтому устройство релейной защиты не может измерять выходной сигнал преобразователя частоты, т. е. TR2PTDF не подходит для защиты силового трансформатора или двигателя, питаемого от преобразователя частоты.

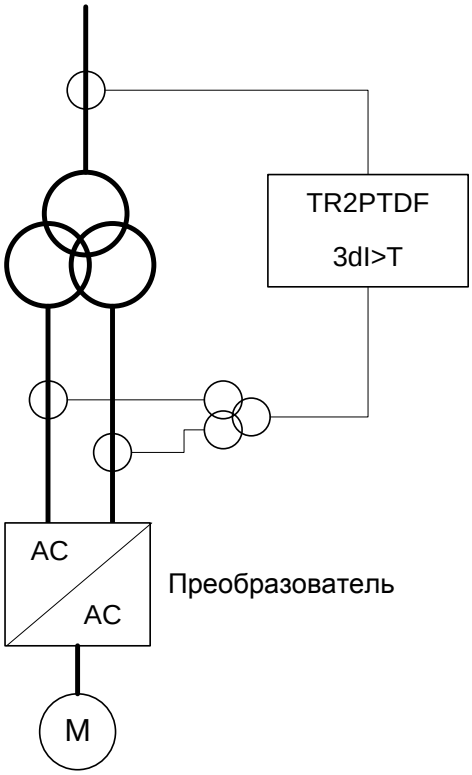


Рис. 257: Защита силового трансформатора, питающего преобразователь частоты.

Коррекция коэффициента трансформации ТТ

При номинальной нагрузке силового трансформатора вторичные токи ТТ часто отличаются от номинального тока. Коэффициенты трансформации ТТ можно скорректировать с обеих сторон силового трансформатора при помощи уставок *Корр.Ктт, обмотка 1* и *Корр.Ктт, обмотка 2* .

Сначала необходимо рассчитать номинальную нагрузку силового трансформатора на обеих сторонах, когда известна полная мощность и линейное напряжение.

$$I_{nT} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n}$$

(Уравнение 89)

I_{nT} номинальная нагрузка силового трансформатора

S_n номинальная мощность силового трансформатора

U_n номинальное линейное напряжение

Затем можно рассчитать уставку коррекции коэффициента трансформации ТТ.

$$\textit{Коррекция коэффициента трансформации } TT = \frac{I_{1n}}{I_{nT}}$$

(Уравнение 90)

I_{1n} номинальный первичный ток ТТ.

После коррекции коэффициента трансформации ТТ значения измеренных токов и соответствующих уставок функции TR2PTDF выражаются как кратное номинального тока силового трансформатора I_n (xI_n) или в виде процентного значения I_n ($\%I_n$).

Номинальный входной ток (1 А или 5 А) реле не обязательно должен быть одинаковым на сторонах высокого и низкого напряжения. Например, на стороне высокого напряжения может использоваться номинальный вторичный ток 5 А, а на стороне низкого напряжения — 1 А, или наоборот.

Пример

Номинальная мощность трансформатора составляет 25 МВА, коэффициент трансформации трансформаторов тока на стороне 110 кВ – 300/1, а на стороне 21 кВ – 1000/1.

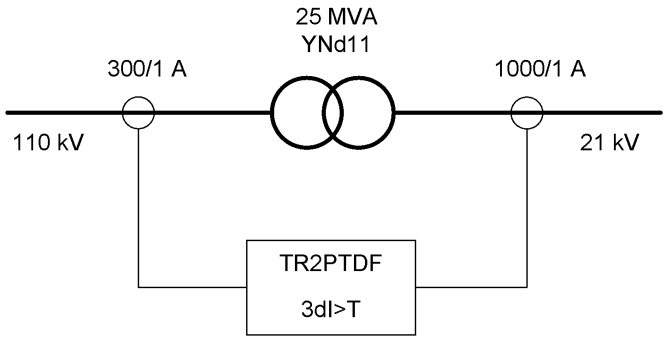


Рис. 258: Пример дифференциальной защиты двухобмоточного силового трансформатора

Номинальная нагрузка трансформатора рассчитывается так:

На стороне ВН: I_{nT_Wnd1} = 25 МВА / (1,732 x 110 кВ) = 131,2 А

На стороне НН: I_{nT_Wnd2} = 25 МВА / (1,732 x 21 кВ) = 687,3 А

.

Корр.Ктт, обмотка 1= 300 А / 131,2 А = “2,29”

Корр.Ктт, обмотка 2= 1000 A / 687,3 A = “1,45”

Согласование защиты по векторным группам и устранение составляющей нулевой последовательности

Векторная группа силового трансформатора численно подбирается на стороне высокого и низкого напряжения с помощью уставок *Обмотка типа 1*, *Обмотка типа 2* и *Часовая отметка*. Таким образом, при наличии только силового трансформатора в защищаемой зоне необходимости в промежуточных ТТ нет. Согласование основано на фазовом сдвиге и цифровом соединении в треугольник внутри устройства релейной защиты. В случае заземления нейтрали силового трансформатора, соединенного по схеме «звезда», релейная защита будет воспринимать любое замыкание на землю в сети как дифференциальный ток. Для такой обмотки можно исключить составляющую тока нулевой последовательности с помощью параметра *Исключение тока нулевой последовательности*.

Таблица 425: Параметры настройки TR2PTDF в зависимости от группы соединения обмоток трансформатора и вычитания составляющей нулевой последовательности

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
Yy0	Y	y	Группа 0	Нет необходимости
YNy0	YN	y	Группа 0	На стороне ВН
YNyn0	YN	yn	Группа 0	На стороне ВН и НН
Yyn0	Y	yn	Группа 0	На стороне НН
Yy2	Y	y	Группа 2	Нет необходимости
YNy2	YN	y	Группа 2	Нет необходимости
YNyn2	YN	yn	Группа 2	Нет необходимости
Yyn2	Y	yn	Группа 2	Нет необходимости
Yy4	Y	y	Группа 4	Нет необходимости
YNy4	YN	y	Группа 4	Нет необходимости
YNyn4	YN	yn	Группа 4	Нет необходимости
Yyn4	Y	yn	Группа 4	Нет необходимости
Yy6	Y	y	Группа 6	Нет необходимости
YNy6	YN	y	Группа 6	На стороне ВН
YNyn6	YN	yn	Группа 6	На стороне ВН и НН
Yyn6	Y	yn	Группа 6	На стороне НН

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
Yy8	Y	y	Группа 8	Нет необходимости
YNy8	YN	y	Группа 8	Нет необходимости
YNyn8	YN	yn	Группа 8	Нет необходимости
Yyn8	Y	yn	Группа 8	Нет необходимости
Yy10	Y	y	Группа 10	Нет необходимости
YNy10	YN	y	Группа 10	Нет необходимости
YNyn10	YN	yn	Группа 10	Нет необходимости
Yyn10	Y	yn	Группа 10	Нет необходимости
Yd1	Y	d	Группа 1	Нет необходимости
YNd1	YN	d	Группа 1	Нет необходимости
Yd5	Y	d	Группа 5	Нет необходимости
YNd5	YN	d	Группа 5	Нет необходимости
Yd7	Y	d	Группа 7	Нет необходимости
YNd7	YN	d	Группа 7	Нет необходимости
Yd11	Y	d	Группа 11	Нет необходимости
YNd11	YN	d	Группа 11	Нет необходимости
Dd0	D	d	Группа 0	Нет необходимости
Dd2	D	d	Группа 2	Нет необходимости
Dd4	D	d	Группа 4	Нет необходимости
Dd6	D	d	Группа 6	Нет необходимости
Dd8	D	d	Группа 8	Нет необходимости
Dd10	D	d	Группа 10	Нет необходимости
Dy1	D	y	Группа 1	Нет необходимости
Dyn1	D	yn	Группа 1	Нет необходимости

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
Dy5	D	y	Группа 5	Нет необходимости
Dyn5	D	yn	Группа 5	Нет необходимости
Dy7	D	y	Группа 7	Нет необходимости
Dyn7	D	yn	Группа 7	Нет необходимости
Dy11	D	y	Группа 11	Нет необходимости
Dyn11	D	yn	Группа 11	Нет необходимости
Yz1	Y	z	Группа 1	Нет необходимости
YNz1	YN	z	Группа 1	Нет необходимости
YNzn1	YN	zn	Группа 1	На стороне НН
Yzn1	Y	zn	Группа 1	Нет необходимости
Yz5	Y	z	Группа 5	Нет необходимости
YNz5	YN	z	Группа 5	Нет необходимости
YNzn5	YN	zn	Группа 5	На стороне НН
Yzn5	Y	zn	Группа 5	Нет необходимости
Yz7	Y	z	Группа 7	Нет необходимости
YNz7	YN	z	Группа 7	Нет необходимости
YNzn7	YN	zn	Группа 7	На стороне НН
Yzn7	Y	zn	Группа 7	Нет необходимости
Yz11	Y	z	Группа 11	Нет необходимости
YNz11	YN	z	Группа 11	Нет необходимости
YNzn11	YN	zn	Группа 11	На стороне НН
Yzn11	Y	zn	Группа 11	Нет необходимости
Zy1	Z	y	Группа 1	Нет необходимости
Zyn1	Z	yn	Группа 1	Нет необходимости
ZNyn1	ZN	yn	Группа 1	На стороне ВН

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
ZNy1	ZN	y	Группа 1	Нет необходимости
Zy5	Z	y	Группа 5	Нет необходимости
Zyn5	Z	yn	Группа 5	Нет необходимости
ZNyn5	ZN	yn	Группа 5	На стороне ВН
ZNy5	ZN	y	Группа 5	Нет необходимости
Zy7	Z	y	Группа 7	Нет необходимости
Zyn7	Z	yn	Группа 7	Нет необходимости
ZNyn7	ZN	yn	Группа 7	На стороне ВН
ZNy7	ZN	y	Группа 7	Нет необходимости
Zy11	Z	y	Группа 11	Нет необходимости
Zyn11	Z	yn	Группа 11	Нет необходимости
ZNyn11	ZN	yn	Группа 11	На стороне ВН
ZNy11	ZN	y	Группа 11	Нет необходимости
Dz0	D	z	Группа 0	Нет необходимости
Dzn0	D	zn	Группа 0	На стороне НН
Dz2	D	z	Группа 2	Нет необходимости
Dzn2	D	zn	Группа 2	Нет необходимости
Dz4	D	z	Группа 4	Нет необходимости
Dzn4	D	zn	Группа 4	Нет необходимости
Dz6	D	z	Группа 6	Нет необходимости
Dzn6	D	zn	Группа 6	На стороне НН
Dz8	D	z	Группа 8	Нет необходимости
Dzn8	D	zn	Группа 8	Нет необходимости
Dz10	D	z	Группа 10	Нет необходимости
Dzn10	D	zn	Группа 10	Нет необходимости

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
Zd0	Z	d	Группа 0	Нет необходимости
ZNd0	ZN	d	Группа 0	На стороне ВН
Zd2	Z	d	Группа 2	Нет необходимости
ZNd2	ZN	d	Группа 2	Нет необходимости
Zd4	Z	d	Группа 4	Нет необходимости
ZNd4	ZN	d	Группа 4	Нет необходимости
Zd6	Z	d	Группа 6	Нет необходимости
ZNd6	ZN	d	Группа 6	На стороне ВН
Zd8	Z	d	Группа 8	Нет необходимости
ZNd8	ZN	d	Группа 8	Нет необходимости
Zd10	Z	d	Группа 10	Нет необходимости
ZNd10	ZN	d	Группа 10	Нет необходимости
Zz0	Z	z	Группа 0	Нет необходимости
ZNz0	ZN	z	Группа 0	На стороне ВН
ZNzn0	ZN	zn	Группа 0	На стороне ВН и НН
Zzn0	Z	zn	Группа 0	На стороне НН
Zz2	Z	z	Группа 2	Нет необходимости
ZNz2	ZN	z	Группа 2	Нет необходимости
ZNzn2	ZN	zn	Группа 2	Нет необходимости
Zzn2	Z	zn	Группа 2	Нет необходимости
Zz4	Z	z	Группа 4	Нет необходимости
ZNz4	ZN	z	Группа 4	Нет необходимости
ZNzn4	ZN	zn	Группа 4	Нет необходимости
Zzn4	Z	zn	Группа 4	Нет необходимости
Zz6	Z	z	Группа 6	Нет необходимости

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
ZNz6	ZN	z	Группа 6	На стороне ВН
ZNzn6	ZN	zn	Группа 6	На стороне ВН и НН
Zzn6	Z	zn	Группа 6	На стороне НН
Zz8	Z	z	Группа 8	Нет необходимости
ZNz8	ZN	z	Группа 8	Нет необходимости
ZNzn8	ZN	zn	Группа 8	Нет необходимости
Zzn8	Z	zn	Группа 8	Нет необходимости
Zz10	Z	z	Группа 10	Нет необходимости
ZNz10	ZN	z	Группа 10	Нет необходимости
ZNzn10	ZN	zn	Группа 10	Нет необходимости
Zzn10	Z	zn	Группа 10	Нет необходимости
Yy0	Y	y	Группа 0	Нет необходимости
YNy0	YN	y	Группа 0	На стороне ВН
YNyn0	YN	yn	Группа 0	На стороне ВН и НН
Yyn0	Y	yn	Группа 0	На стороне НН
Yy2	Y	y	Группа 2	Нет необходимости
YNy2	YN	y	Группа 2	Нет необходимости
YNyn2	YN	yn	Группа 2	Нет необходимости
Yyn2	Y	yn	Группа 2	Нет необходимости
Yy4	Y	y	Группа 4	Нет необходимости
YNy4	YN	y	Группа 4	Нет необходимости
YNyn4	YN	yn	Группа 4	Нет необходимости
Yyn4	Y	yn	Группа 4	Нет необходимости
Yy6	Y	y	Группа 6	Нет необходимости
YNy6	YN	y	Группа 6	На стороне ВН

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
YNyn6	YN	yn	Группа 6	На стороне ВН и НН
Yyn6	Y	yn	Группа 6	На стороне НН
Yy8	Y	y	Группа 8	Нет необходимости
YNy8	YN	y	Группа 8	Нет необходимости
YNyn8	YN	yn	Группа 8	Нет необходимости
Yyn8	Y	yn	Группа 8	Нет необходимости
Yy10	Y	y	Группа 10	Нет необходимости
YNy10	YN	y	Группа 10	Нет необходимости
YNyn10	YN	yn	Группа 10	Нет необходимости
Yyn10	Y	yn	Группа 10	Нет необходимости
Yd1	Y	d	Группа 1	Нет необходимости
YNd1	YN	d	Группа 1	Нет необходимости
Yd5	Y	d	Группа 5	Нет необходимости
YNd5	YN	d	Группа 5	Нет необходимости
Yd7	Y	d	Группа 7	Нет необходимости
YNd7	YN	d	Группа 7	Нет необходимости
Yd11	Y	d	Группа 11	Нет необходимости
YNd11	YN	d	Группа 11	Нет необходимости
Dd0	D	d	Группа 0	Нет необходимости
Dd2	D	d	Группа 2	Нет необходимости
Dd4	D	d	Группа 4	Нет необходимости
Dd6	D	d	Группа 6	Нет необходимости
Dd8	D	d	Группа 8	Нет необходимости
Dd10	D	d	Группа 10	Нет необходимости

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
Dy1	D	y	Группа 1	Нет необходимости
Dyn1	D	yn	Группа 1	Нет необходимости
Dy5	D	y	Группа 5	Нет необходимости
Dyn5	D	yn	Группа 5	Нет необходимости
Dy7	D	y	Группа 7	Нет необходимости
Dyn7	D	yn	Группа 7	Нет необходимости
Dy11	D	y	Группа 11	Нет необходимости
Dyn11	D	yn	Группа 11	Нет необходимости
Yz1	Y	z	Группа 1	Нет необходимости
YNz1	YN	z	Группа 1	Нет необходимости
YNzn1	YN	zn	Группа 1	На стороне НН
Yzn1	Y	zn	Группа 1	Нет необходимости
Yz5	Y	z	Группа 5	Нет необходимости
YNz5	YN	z	Группа 5	Нет необходимости
YNzn5	YN	zn	Группа 5	На стороне НН
Yzn5	Y	zn	Группа 5	Нет необходимости
Yz7	Y	z	Группа 7	Нет необходимости
YNz7	YN	z	Группа 7	Нет необходимости
YNzn7	YN	zn	Группа 7	На стороне НН
Yzn7	Y	zn	Группа 7	Нет необходимости
Yz11	Y	z	Группа 11	Нет необходимости
YNz11	YN	z	Группа 11	Нет необходимости
YNzn11	YN	zn	Группа 11	На стороне НН
Yzn11	Y	zn	Группа 11	Нет необходимости
Zy1	Z	y	Группа 1	Нет необходимости

Продолжение таблицы на следующей странице

Схема соединения обмоток	Обмотка 1	Обмотка 2	Группа соединения	Вычитание Io
Zyn1	Z	yn	Группа 1	Нет необходимости
ZNyn1	ZN	yn	Группа 1	На стороне ВН
ZNy1	ZN	y	Группа 1	Нет необходимости
Zy5	Z	y	Группа 5	Нет необходимости
Zyn5	Z	yn	Группа 5	Нет необходимости
ZNyn5	ZN	yn	Группа 5	На стороне ВН
ZNy5	ZN	y	Группа 5	Нет необходимости
Zy7	Z	y	Группа 7	Нет необходимости
Zyn7	Z	yn	Группа 7	Нет необходимости
ZNyn7	ZN	yn	Группа 7	На стороне ВН
ZNy7	ZN	y	Группа 7	Нет необходимости
Yy0	Y	y	Группа 0	Нет необходимости

Ввод в действие

Правильность параметров *Тип подключения ТТ*, *Обмотка 1*, *Обмотка 2* и *Группа соединения*, для компенсации группы соединения можно проверить путем контроля величин углов `I_ANGL_A1_B1`, `I_ANGL_B1_C1`, `I_ANGL_C1_A1`, `I_ANGL_A2_B2`, `I_ANGL_B2_C2`, `I_ANGL_C2_A2`, `I_ANGL_A1_A2`, `I_ANGL_B1_B2` и `I_ANGL_C1_C2` при подаче тока в трансформатор. Величины углов рассчитываются на базе компенсированных токов. Описание сигналов в таблице данных мониторинга.

При наличии на станции трансформатора собственных нужд, его можно использовать для подачи тока на обмотки стороны высокого напряжения, тогда как обмотки на стороне низкого напряжения закорачиваются. Таким образом, ток может проходить и по обмоткам высокого напряжения, и по обмоткам низкого напряжения. Испытательные сигналы можно получить также и другим путем. Минимальный ток, предусмотренный для мониторинга фазного тока и угла, составляет 0,015 I_n.

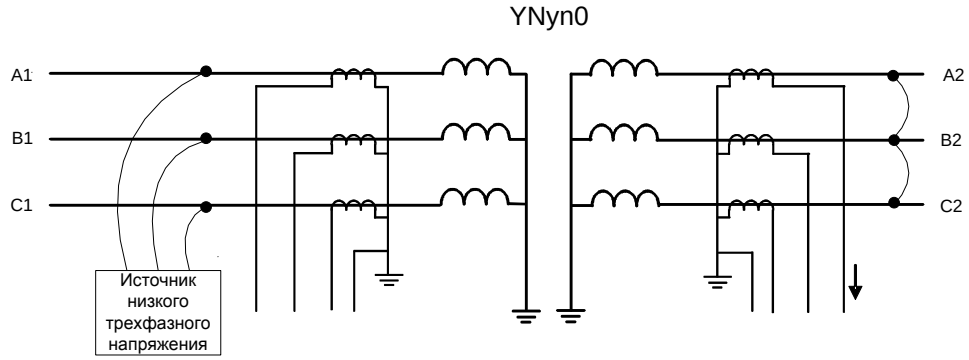


Рис. 259: Испытательная схема низкого напряжения. Источником низкого трехфазного напряжения может быть станционный трансформатор собственных нужд

Управляющий параметр *Обмотка с РПН* должен устанавливаться в значение "Не используется", чтобы значения контролируемого тока не масштабировались функцией автоматической адаптации положения РПН. Когда требуются только угловые значения, параметр *Обмотка с РПН* не требуется, так как на величины углов адаптация положения РПН никакого воздействия не оказывает.

При подаче токов в обмотку высокого напряжения, величины углов `I_ANGL_A1_B1`, `I_ANGL_B1_C1`, `I_ANGL_C1_A1`, `I_ANGL_A2_B2`, `I_ANGL_B2_C2` и `I_ANGL_C2_A2` должны иметь значение +120 градусов. В противном случае порядок чередования фаз может быть неправильным или полярность трансформатора тока может отличаться от полярности других трансформаторов тока на той же стороне.

Если величины углов `I_ANGL_A1_B1`, `I_ANGL_B1_C1` и `I_ANGL_C1_A1` имеют значение -120 градусов, порядок чередования фаз будет неверным на стороне высокого напряжения. Если величины углов `I_ANGL_A2_B2`, `I_ANGL_B2_C2` и `I_ANGL_C2_A2` имеют значение -120 градусов, порядок чередования фаз будет неверным на стороне низкого напряжения. Если величины углов `I_ANGL_A1_B1`, `I_ANGL_B1_C1` и `I_ANGL_C1_A1` не имеют одинакового значения +120 градусов, полярность одного трансформатора тока может быть неправильной. Например, если полярность ТТ при измерении фазы IL2 неверная,`I_ANGL_A1_B1` показывает значение -60 градусов, `I_ANGL_B1_C1` - значение -60 градусов, а `I_ANGL_C1_A1` - значение +120 градусов.

Когда порядок чередования фаз и значения величин углов правильны, углы `I_ANGL_A1_A2`, `I_ANGL_B1_B2` и `I_ANGL_C1_C2` обычно имеют значение ±180 градусов. Может быть несколько причин, по которым эти значения могут отличаться от ±180 градусов. Если значения равны 0 градусов, возможно, неправильно задано значение параметра *Тип подключения ТТ* . Если угловые значения другие, возможно, неправильно задан параметр *Группа соединения* . Еще одна причина заключается в том,

что комбинация параметров *Обмотка 1* и *Обмотка 2* не соответствует параметру *Группа соединения*. Это означает, что полученная группа соединения не поддерживается.

Пример

Если параметр *Обмотка 1* установлен в значение "Y", *Обмотка 2* установлен в значение "y", а *Группа соединения* - в значение "Группа 1", полученная группа "Yy1" представляет собой комбинацию, которая не поддерживается. Так же, если параметр *Обмотка 1* установлен в значение "Y", *Обмотка 2* в значение "d", а *Группа соединения* - в значение "Группа 0", полученная группа "Yd0" представляет собой комбинацию, которая не поддерживается. Все комбинации параметров *Обмотка 1*, *Обмотка 2* и *Группа соединения* , которые не поддерживаются, в результате приведут к выводу используемой по умолчанию группы соединения - "Yy0".

4.3.2.6 Подключения ТТ и коррекция коэффициента трансформации

Подключения первичных трансформаторов тока имеют обозначения "Тип 1" и "Тип 2".

- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 ИЭУ противоположны, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение "Тип 1". Примеры подключения для варианта «Тип 1» показаны на Рисунке 260 и Рисунке 261.
- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 ИЭУ совпадают, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение "Тип 2". Примеры подключения для варианта «Тип 2» показаны на Рисунке 262 и Рисунке 263.
- По умолчанию *Тип подключения ТТ* - "Тип 1".

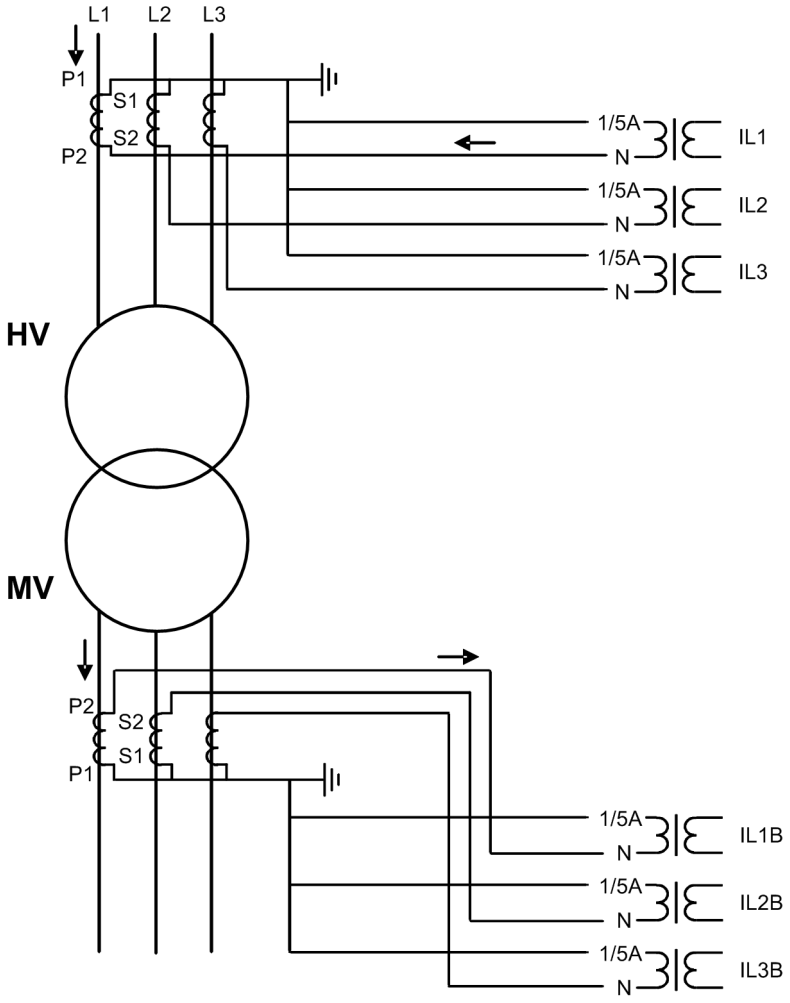


Рис. 260: Пример подключения трансформаторов тока по Типу 1

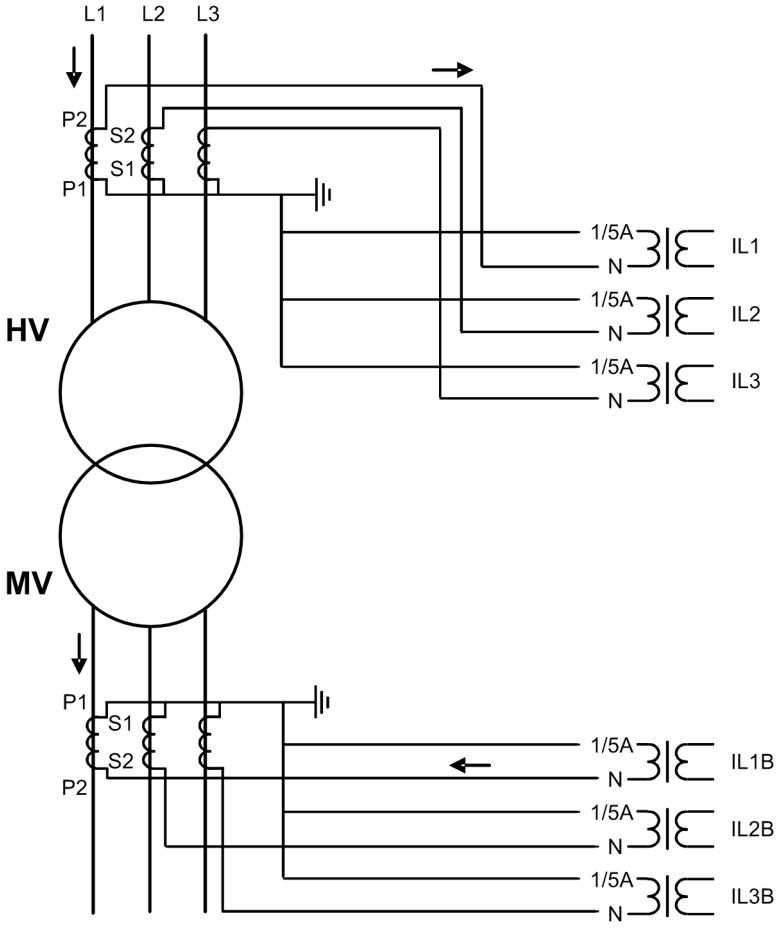


Рис. 261: Вариант подключения трансформаторов тока по Типу 1

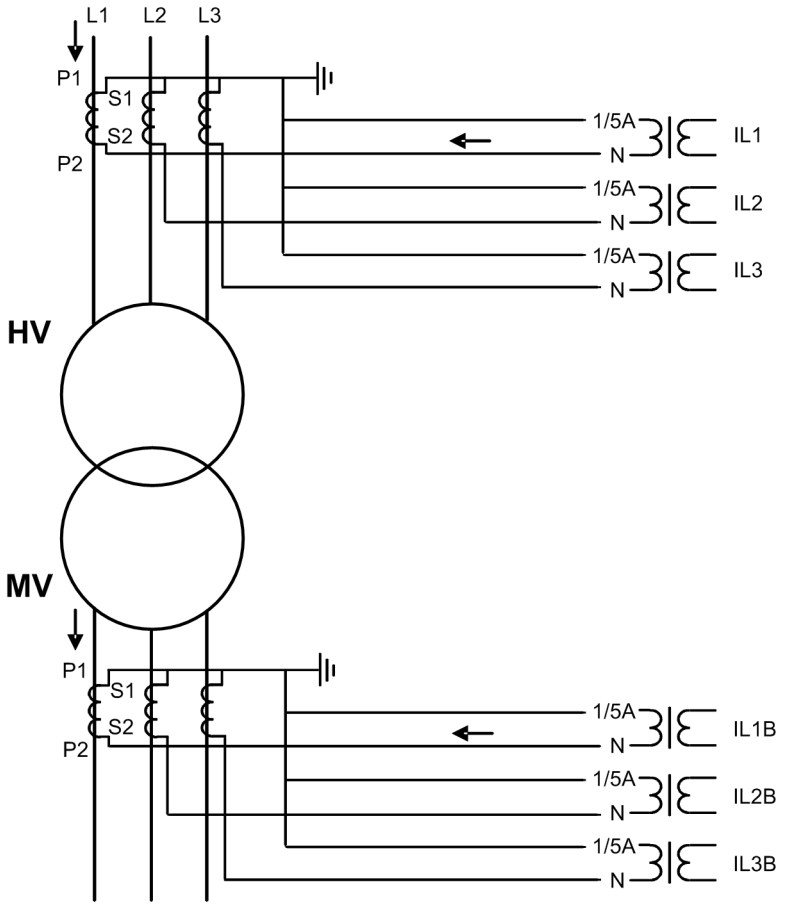


Рис. 262: Подключение трансформаторов тока по Типу 2 и пример токов при внешнем повреждении

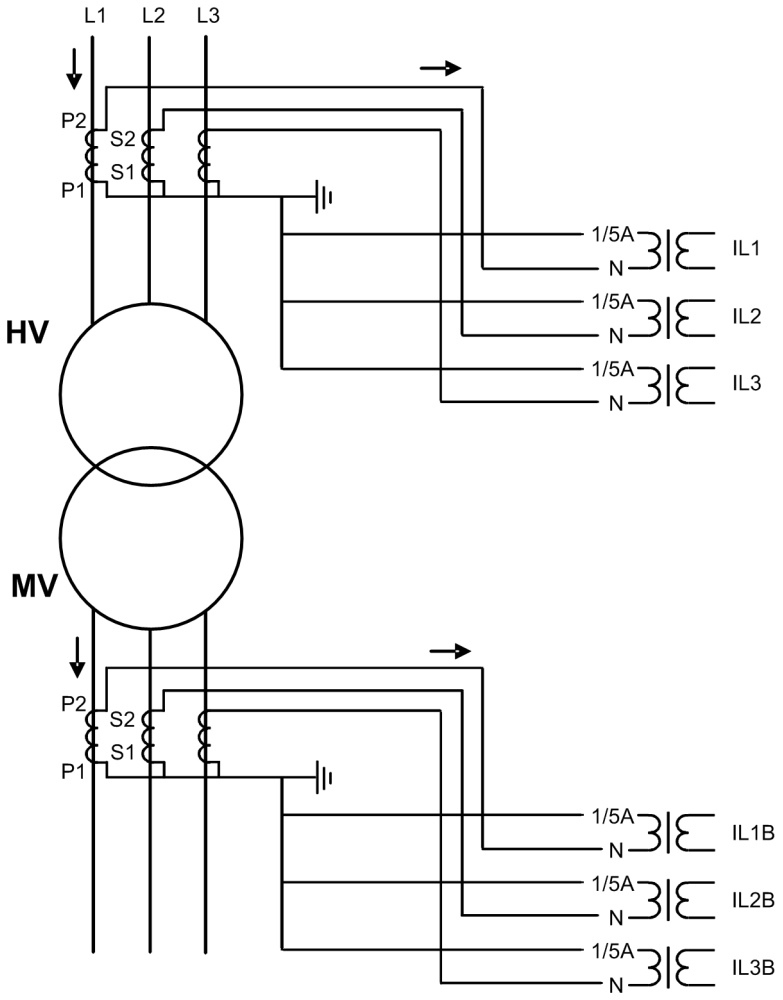


Рис. 263: Вариант подключения трансформаторов тока по Типу 2

При номинальной нагрузке силового трансформатора вторичные токи ТТ часто отличаются от номинального тока. Коэффициенты трансформации ТТ можно скорректировать с обеих сторон силового трансформатора при помощи уставок *Корр.Ктт, обмотка 1* и *Корр.Ктт, обмотка 2* .

4.3.2.7 Сигналы

Таблица 426: Входные сигналы функции TR2PTDF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A1	СИГНАЛ	0	Первичный ток в фазе A
I_B1	СИГНАЛ	0	Первичный ток в фазе B
I_C1	СИГНАЛ	0	Первичный ток в фазе C
I_A2	СИГНАЛ	0	Вторичный ток в фазе A
Продолжение таблицы на следующей странице			

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_B2	СИГНАЛ	0	Вторичный ток в фазе B
I_C2	СИГНАЛ	0	Вторичный ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	BLOCK
BLK_OPR_LS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка выходов срабатывания от ступени с торможением
BLK_OPR_HS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка выходов срабатывания от быстродействующей ступени (отсечки)
TAP_POS	INT8	0	Индикация положения отпайки трансформатора с РПН

Таблица 427: Выходные сигналы функции TR2PTDF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Общий сигнал срабатывания
OPR_LS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания от чувствительной ступени
OPR_HS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания от грубой ступени
BLKD2H	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние блокировки по 2 гармонике
BLKD5H	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние блокировки по 5 гармонике
BLKDWAV	ЛОГИЧЕСКИЙ	Блокировка по форме сигнала

4.3.2.8 Уставки

Таблица 428: Групповые уставки функции TR2PTDF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уставка дифотсечки	500...3000	%Iном	10	1000	Уставка срабатывания дифференциальной отсечки
Основная уставка	5...50	%Iном	1	20	Основная уставка срабатывания ступени с торможением
Наклон 2 участка	10...50	%	1	30	Наклон 2 участка характеристики
Конец 2 участка	100...500	%Iном	1	150	Точка перегиба между вторым и третьим участком характеристики
Режим торможения	5=форма волны 6=2 гарм.+ форма волны 8= 5 гарм.+ форма волны 9= 2 и 5 гарм.+форма волны			9= 2 и 5 гарм.+форма волны	Режим торможения
Уставка 2 гармоники	7...20	%	1	15	Относительное значение 2 гармоники для блокировки
5 гармоника, блокир.	10...50	%	1	35	Относительное значение 5 гармоники для блокировки

Таблица 429: Групповые уставки функции TR2PTDF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Ввод грубой ступени	0=Нет 1=Да			1=Да	Ввод в работу дифотсечки
Наклон 3 участка	10...100	%	1	100	Наклон третьего участка характеристики
Деблокир. по 2 гарм.	0=Нет 1=Да			1=Да	Деблокировка по 2 гармонике при включении на повреждение
5 гармоника, деблок.	10...50	%	1	35	Относительное значение 5 гармоники для деблокировки
Деблокир. по 5 гарм.	0=Нет 1=Да			0=Нет	Деблокировка по 5 гармонике при значительном перенапряжении

Таблица 430: Общие уставки функции TR2PTDF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Тип подключения ТТ	1=Тип 1 2=Тип 2			1=Тип 1	Тип подключения ТТ. Определяется направленностью подключенных ТТ
Обмотка 1	1=Y 2=YN 3=D 4=Z 5=ZN			1=Y	Схема обмоток на стороне ВН
Обмотка 2	1=y 2=yn 3=d 4=z 5=zn			1=y	Схема обмоток на стороне НН
Группа соединения	0=Группа 0 1=Группа 1 2=Группа 2 4=Группа 4 5=Группа 5 6=Группа 6 7=Группа 7 8=Группа 8 10=Группа 10 11=Группа 11			0=Группа 0	Установка сдвига фаз между стороной ВН и НН с группой соединения для подключения (например, Dyn11 -> 11)
Вычитание Io	1=Без вычитания 2=Обмотка 1 3=Обмотка 2 4=Обмотка 1 и 2			1=Без вычитания	Вычитание тока нулевой последовательности
Корр.Ктт, обмотка 1	0.40...4.00		0.01	1.00	Коррекция коэффициента трансформации ТТ, обмотка 1
Корр.Ктт, обмотка 2	0.40...4.00		0.01	1.00	Коррекция коэффициента трансформации ТТ, обмотка 2

Таблица 431: Общие уставки функции TR2PTDF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Миним. ответвление	-36...36		1	36	Номер ответвления, при котором используется минимальное количество витков обмотки, на которой установлен РПН.
Максим. ответвление	-36...36		1	0	Номер ответвления, при котором используется максимальное количество витков обмотки, на которой установлен РПН.
Номин. ответвление	-36...36		1	18	Номин. положение РПН, при котором получается номинальный коэфф. трансформации силового трансформатора (как без РПН)
Обмотка с РПН	1=Не используется 2=Обмотка 1 3=Обмотка 2			1=Не используется	Обмотка, к которой подключен РПН
Шаг регулирования	0.60...9.00	%	0.01	1.50	Изменение напряжения в %, соответствующее шагу регулирования РПН

4.3.2.9 Контролируемые данные

Таблица 432: Контролируемые данные функции TR2PTDF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
OPR_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Срабатывание по фазе A
OPR_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Срабатывание по фазе B
OPR_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Срабатывание по фазе C
BLKD2H_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по 2 гармонике по фазе A
BLKD2H_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по 2 гармонике по фазе B
BLKD2H_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по 2 гармонике по фазе C
BLKD5H_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по 5 гармонике по фазе A
BLKD5H_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по 5 гармонике по фазе B
BLKD5H_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по 5 гармонике по фазе C
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
BLKDWAV_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по форме волны по фазе A
BLKDWAV_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по форме волны по фазе B
BLKDWAV_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние блокировки по форме волны по фазе C
BLKD2HPHAR	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Общий сигнал блокировки по 2 гармонике функции PHAR LN
BLKD2HPHAR_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки по 2 гармонике функции PHAR LN, фаза A
BLKD2HPHAR_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки по 2 гармонике функции PHAR LN, фаза B
BLKD2HPHAR_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки по 2 гармонике функции PHAR LN, фаза C
BLKD5HPHAR	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Общий сигнал блокировки по 5 гармонике функции PHAR LN
BLKD5HPHAR_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки по 5 гармонике функции PHAR LN, фаза A
BLKD5HPHAR_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки по 5 гармонике функции PHAR LN, фаза B
BLKD5HPHAR_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки по 5 гармонике функции PHAR LN, фаза C
I_AMPL_A1	FLOAT32	0.00...40.00	xIном	Компенсированный по группе соединения ток стороны ВН, фаза A
I_AMPL_B1	FLOAT32	0.00...40.00	xIном	Компенсированный по группе соединения ток стороны ВН, фаза B
I_AMPL_C1	FLOAT32	0.00...40.00	xIном	Компенсированный по группе соединения ток стороны ВН, фаза C
I_AMPL_A2	FLOAT32	0.00...40.00	xIном	Компенсированный по группе соединения ток стороны 2, фаза A
I_AMPL_B2	FLOAT32	0.00...40.00	xIном	Компенсированный по группе соединения ток стороны 2, фаза B
I_AMPL_C2	FLOAT32	0.00...40.00	xIном	Компенсированный по группе соединения ток стороны 2, фаза C

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ID_A	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Дифференциальный ток фазы A
ID_B	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Дифференциальный ток фазы B
ID_C	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Дифференциальный ток фазы C
IB-A	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Ток торможения по фазе A
IB_B	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Ток торможения по фазе B
IB_C	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Ток торможения по фазе C
I_2H_RAT_A	FLOAT32	0.00...1.00		Относительная 2 гармоника в дифференциальном токе, фаза A
I_2H_RAT_B	FLOAT32	0.00...1.00		Относительная 2 гармоника в дифференциальном токе, фаза B
I_2H_RAT_C	FLOAT32	0.00...1.00		Относительная 2 гармоника в дифференциальном токе, фаза C
I_ANGL_A1_B1	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг фаз между фазами A и B, обмотка 1
I_ANGL_B1_C1	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг фаз между фазами B и C, обмотка 1
I_ANGL_C1_A1	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг фаз между фазами C и A, обмотка 1
I_ANGL_A2_B2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг фаз между фазами A и B, обмотка 2
I_ANGL_B2_C2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг фаз между фазами B и C, обмотка 2
I_ANGL_C2_A2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг фаз между фазами C и A, обмотка 2
I_ANGL_A1_A2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол сдвига фаз между обмоткой 1 и 2, фаза A
I_ANGL_B1_B2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол сдвига фаз между обмоткой 1 и 2, фаза B
I_ANGL_C1_C2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол сдвига фаз между обмоткой 1 и 2, фаза C
I_5H_RAT_A	FLOAT32	0.00...1.00		Относительная 5 гармоника в дифференциальном токе, фаза A

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I_5H_RAT_B	FLOAT32	0.00...1.00		Относительная 5 гармоника в дифференциальном токе, фаза B
I_5H_RAT_C	FLOAT32	0.00...1.00		Относительная 5 гармоника в дифференциальном токе, фаза C
TR2PTDF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
A-дифф.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе A
B-дифф.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе B
C-дифф.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе C
A-торм.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе A
B-торм.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе B
C-торм.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе C

4.3.2.10 Технические данные

Таблица 433: Технические данные функции TR2PTDF

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц		
		± 3,0 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	Чувствит. ступень Грубая ступень	36 мс 21 мс	41 мс 22 мс	46 мс 24 мс
Продолжение таблицы на следующей странице				

Характеристика	Значение
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) Ток до повреждения = 0,0, $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает задержку срабатывания выходного контакта. Если дифференциальный ток = 2 × заданное значение срабатывания и $f_{ном}$ = 50 Гц.

4.3.2.11 Данные о технических изменениях

Таблица 434: Данные о технических изменениях функции TR2PTDF

Версия	Изменение
B	В набор данных события включены блокировки по 5-й гармонике и форме сигнала.
C	Добавлена уставка *Наклон 3 участка*. Добавлен вход `TAP_POS`.

4.3.3 Цифровая низкоомная дифференциальная защита от замыканий на землю с торможением LREFPNDF

4.3.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Цифровая низкоомная дифференциальная защита нулевой последовательности с торможением	LREFPNDF	dIoLo>	Выключатель 87NL

4.3.3.2 Функциональный блок

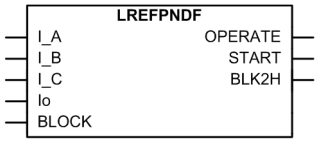


Рис. 264: Функциональный блок

4.3.3.3 Функциональные возможности

Дифференциальная защита двухобмоточного трансформатора от замыканий на землю с расчетным торможением LREFPNDF основана на принципе

расчета дифференциального тока торможения. Внешний стабилизирующий или нелинейный резистор не требуется.

Основные гармоники токов используются для расчета тока нулевой последовательности фазных токов, тока в нейтрали, дифференциальных токов и токов торможения. Характеристика срабатывания функции – независимая выдержка времени (DT).

Функция содержит блокировку. Для блокировки функции при броске тока намагничивания трансформатора используется вторая гармоника тока нейтрали. При необходимости также можно блокировать выходы функции, таймеры или функцию полностью.

4.3.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции LREFPNDF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

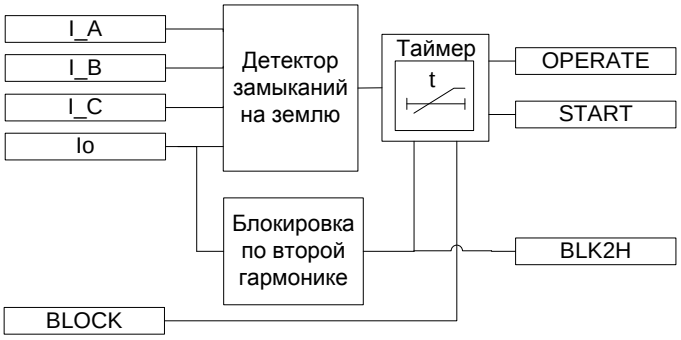


Рис. 265: Функциональная схема

Детектор замыкания на землю

Действие модуля основано на сравнении амплитуды и угла сдвига фаз между суммой основных гармоник фазных токов (ΣI, ток в нейтральном проводе) и основных гармоник тока в нейтрали (Io), протекающем в проводнике между нейтралью трансформатора или генератора и землей. Дифференциальный ток рассчитывается как абсолютное значение разности между током нулевой последовательности, т.е. суммой основных гармоник фазных токов I_A, I_B и I_C, и тока в нейтрали. Направленный дифференциальный ток ID_COSPHI – это произведение дифференциального тока и cosφ. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

$$ID_COSPHI = (\left|\overline{\Sigma I} - \bar{I}o\right|) \times \cos\varphi$$

(Уравнение 91)

$\overline{\Sigma I}$	Ток нулевой последовательности
φ	Угол сдвига фаз между расчетным током нулевой последовательности и током в нейтрали
$\bar{I}o$	Ток в нейтрали

Замыкание на землю в защищенной области, т.е. между фазными ТТ и подключенным к нейтрали ТТ, вызывает появление дифференциального тока. Для поддержания селективности в качестве критериев срабатывания используются направления, т. е. угол сдвига фаз тока нулевой последовательности и тока в нейтрали. Правильное значение уставки *Тип подключения ТТ* определяется полярностью подключения трансформатора тока.

Функция учитывает несоответствие коэффициента трансформации фазного ТТ и ТТ в нейтрали (Ток в нейтральном проводе в уставках аналогового входа), используя правильно заданные уставки аналоговых входов.

При замыкании на землю в защищенной области токи ΣI и Io направлены к защищаемой области. Коэффициент cosφ равен 1, когда угол сдвига фаз тока нулевой последовательности и тока в нейтрали составляет 180 градусов, т.е., когда токи защищенной области при замыкании на землю имеют противоположное направление. Так же, когда угол сдвига фаз между током нулевой последовательности и током в нейтрали составляет менее 90 градусов и при отсутствии КЗ на землю в защищенной области, значение ID_COSPHI указывается равным нулю. Таким образом, отключение возможно только в случае, когда угол сдвига фаз между током нулевой последовательности и током в нейтрали превышает 90 градусов.

Ток торможения IB рассчитывается как среднее значение фазных токов в защищаемых обмотках Это значение доступно в окне данных мониторинга.

$$IB = \frac{\left|\overline{I_A}\right| + \left|\overline{I_B}\right| + \left|\overline{I_C}\right|}{3}$$

(Уравнение 92)

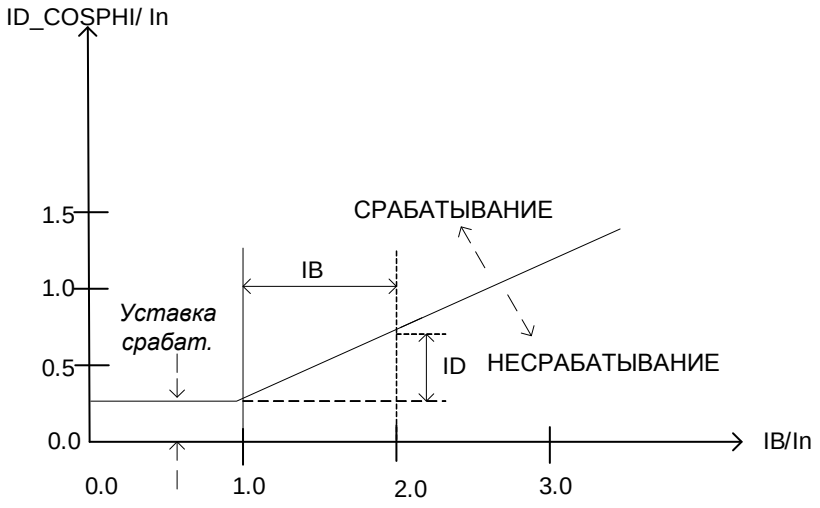


Рис. 266: Характеристика срабатывания функции защиты от замыканий на землю с торможением

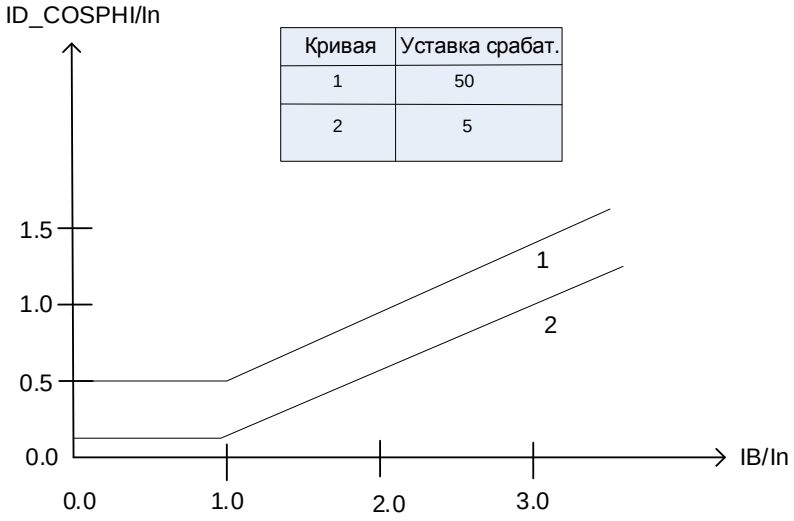


Рис. 267: Диапазон уставок характеристики срабатывания по принципу дифференциальной защиты с торможением функции защиты от замыканий на землю

Параметр *Уставка срабат.* используется для определения характеристики срабатывания функции. Значение дифференциального тока, требуемое для отключения, является постоянным при значениях тока торможения 0,0 < IB/Iном < 1,0, где Iном – номинальный ток, а Iном в этом контексте относится к номинальному току фазных аналоговых входов. Когда ток торможения превышает 1,0, наклон характеристики срабатывания (ID/IB) является постоянным при 50 %. В зависимости от значения параметра *Уставка срабат.* возможны различные характеристики срабатывания.

Для защиты срабатывания измеренный ток нейтрали должен быть выше 4 процентов. Когда это условие выполнено, измеренный ток нейтрали должен оставаться выше 2 процентов, в противном случае запускается отсчет времени возврата.

Для расчета направленного дифференциального тока ID_COSPHI амплитуда основной гармоники токов нулевой последовательности и токов в нейтрали должна превышать 4 % от Iном. Если одновременно не выполнено ни одно из этих условий, или выполнено лишь одно условие, элемент cosφ принудительно устанавливается в значение 1.

Блокировка по 2-й гармонике

Этот модуль сравнивает отношение второй гармоники тока (I_0_2H) и I_0 к заданному значению уставки *2 гармоника, блокир.*. Если значение отношения (I_0_2H / I_0) превысит величину уставки, становится активным выход BLK2H.

Данная блокировка также предотвращает непредусмотренное срабатывание при восстановлении и индуцированных бросках тока намагничивания. При броске тока во время восстановления ток намагничивания защищаемого трансформатора мгновенно возрастает после возврата напряжения к нормальному значению после устранения повреждения за пределами защищаемой зоны. Индуцированный бросок тока вызван включением другого трансформатора, работающего параллельно с защищаемым трансформатором, который уже подключен к сети.

Блокировка по второй гармонике блокируется, когда уставка *Режим торможения* установлена в значение "Нет", и включается, когда установлена в значение "По 2-й гармонике".

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *Мин время срабат*, становится активным выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер возврата сбрасывается, и выход START деактивируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через

дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние. При активации выхода сигнала блокировки по второй гармонике BLK2H выход OPERATE деактивируется.

4.3.3.5 Применение

Защита от замыканий на землю с использованием органа максимальной токовой защиты не обеспечивает адекватной защиты обмотки трансформатора в целом и обмотки, соединенной по схеме «звезда», в частности.

Защита от замыканий на землю с торможением используется, в основном, в качестве защиты с абсолютной селективностью обмоток трансформатора. Функция LREFPNDF – это чувствительная защита, применяемая для защиты обмотки трансформатора, соединенной по схеме «звезда». Эта система защиты устойчива ко всем повреждениям, возникшим за пределами защищаемой зоны.

Функция LREFPNDF обеспечивает более высокую чувствительность при обнаружении замыканий на землю, чем общая дифференциальная защита трансформатора. Это быстродействующая схема защиты с абсолютной селективностью, применяемая к обмоткам трансформатора, соединенным по схеме «звезда». Функция LREFPNDF обычно применяется в случаях глухого или низкоимпедансного заземления трансформатора (NER). Функция LREFPNDF также может применяться на стороне трансформатора, подключенного треугольником, если там используется заземляющий трансформатор с подключением обмоток по схеме зигзага. В функции LREFPNDF разность основной гармоники всех трех фазных токов и тока в нейтрали подается в орган дифференциальной защиты для обнаружения замыканий на землю в обмотке трансформатора на базе принципа цифровой дифференциальной токовой защиты с торможением.

Подключение трансформаторов тока

Подключения первичных трансформаторов тока имеют обозначения "Тип 1" и "Тип 2".

- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 ИЭУ противоположны, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение "Тип 1". Примеры подключения по Типу 1 показаны на рисунках 268 и 269.
- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 ИЭУ совпадают, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение "Тип 2". Примеры подключения по Типу 2 показаны на рисунках 270 и 271.
- По умолчанию *Тип подключения ТТ* - "Тип 1".

Когда заземление трансформаторов тока на стороне фазы и на стороне нейтрали одновременно находятся внутри либо вне защищаемой зоны, значение параметра *Тип подключения ТТ* - "Тип 1".

Если заземление трансформаторов тока на стороне выводов находится внутри защищаемой зоны, а заземление нейтрали – за пределами защищаемой зоны, или если заземление на стороне выводов находится за пределами защищаемой области, а заземление со стороны нейтрали находится в пределах защищаемой зоны, то параметр *Тип подключения ТТ* - "Тип 2".

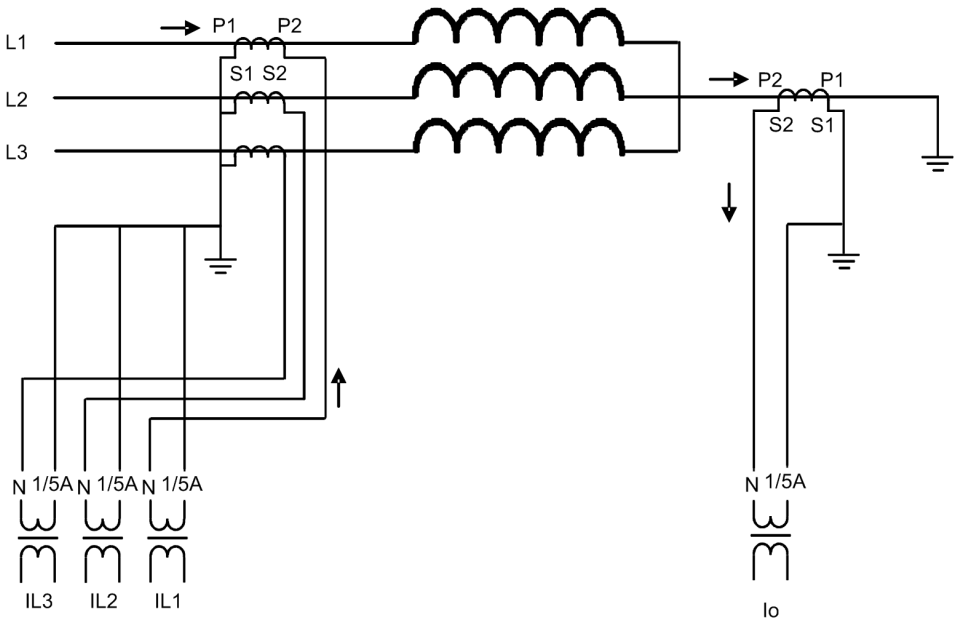


Рис. 268: Подключение трансформаторов тока по типу 1. Подключенные фазные токи и токи в нейтрали имеют противоположные направления при внешнем КЗ на землю. Оба заземления находятся внутри защищенной области

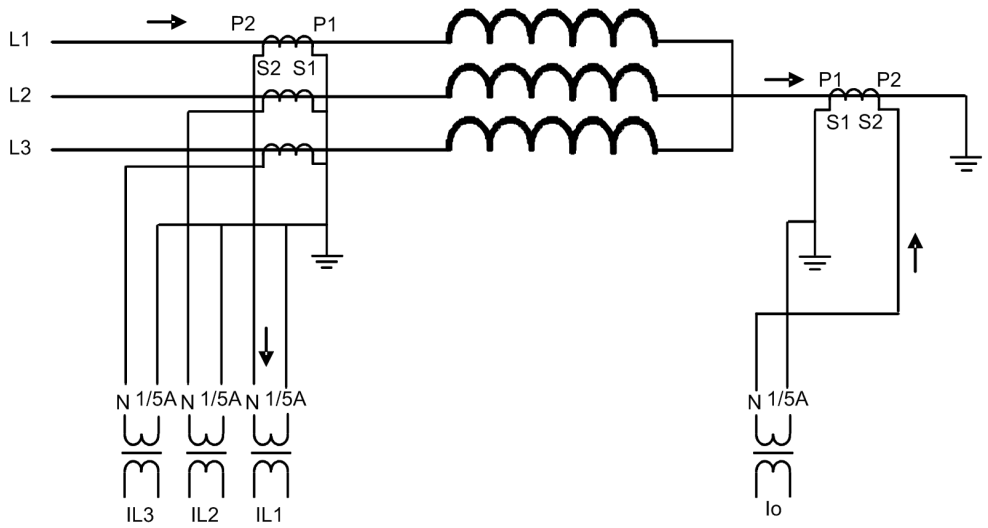


Рис. 269: *Подключение трансформаторов тока «Тип 1». Подключенные фазные токи и токи в нейтрали имеют противоположные направления при внешнем КЗ на землю Оба заземления находятся вне защищенной области*

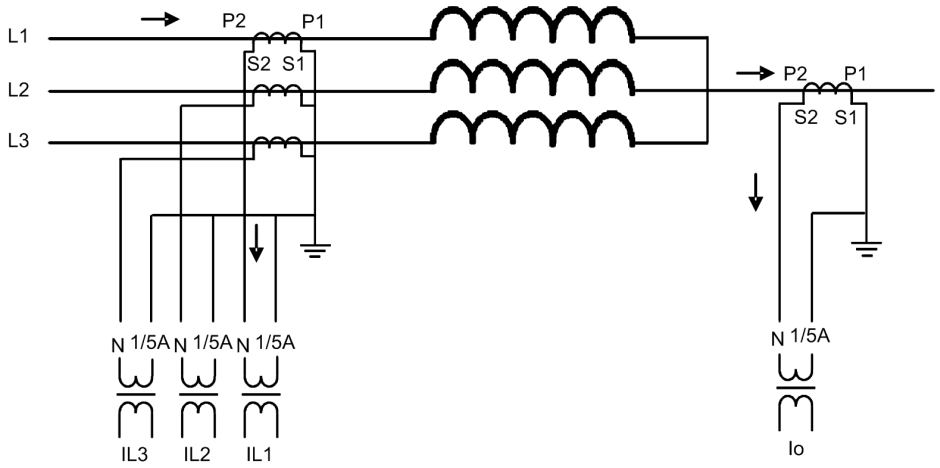


Рис. 270: *Подключение трансформаторов тока по типу 2. Фазные токи и токи в нейтрали имеют одинаковое направление при внешнем КЗ на землю. Заземление фазы находится внутри, а заземление нейтрали - вне защищаемой зоны.*

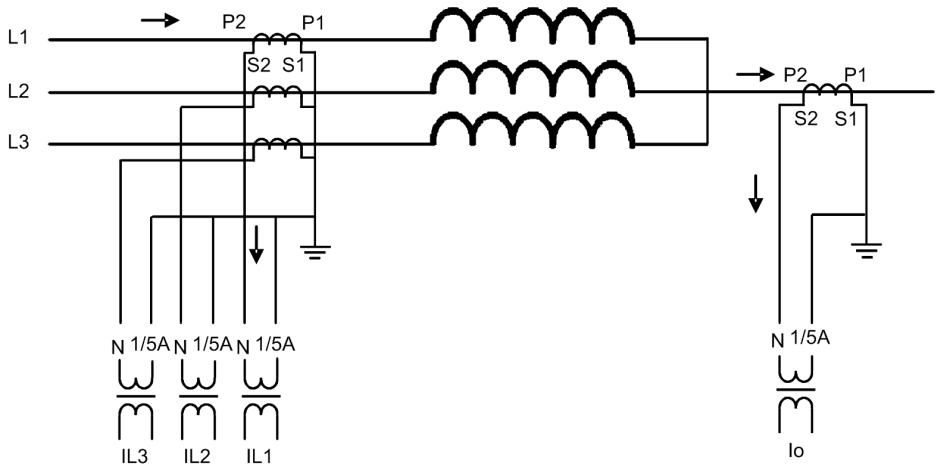


Рис. 271: Подключение трансформаторов тока «Тип 2». Подключенные фазные токи и токи в нейтрали имеют одинковые направления при внешнем КЗ на землю Заземление фазы находится внутри, а заземление нейтрали - вне защищаемой зоны.

Внешние и внутренние повреждения

Функция LREFPNDF не реагирует ни на какие повреждения за пределами защищаемой зоны. Внешнее повреждение обнаруживается путем проверки разности фазных углов тока в нейтрали и суммы фазных токов. Когда разность составляет менее 90 градусов, действие функции внутренним путем тормозится или блокируется. Следовательно, защита не чувствительна к внешним повреждениям.

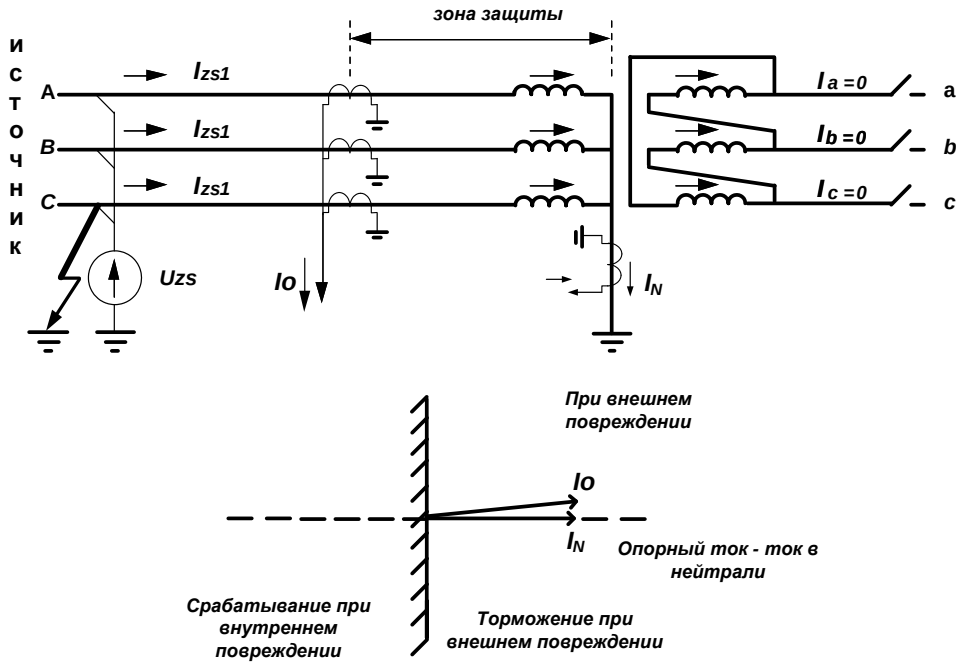


Рис. 272: Протекание тока во всех трансформаторах тока при внешнем КЗ

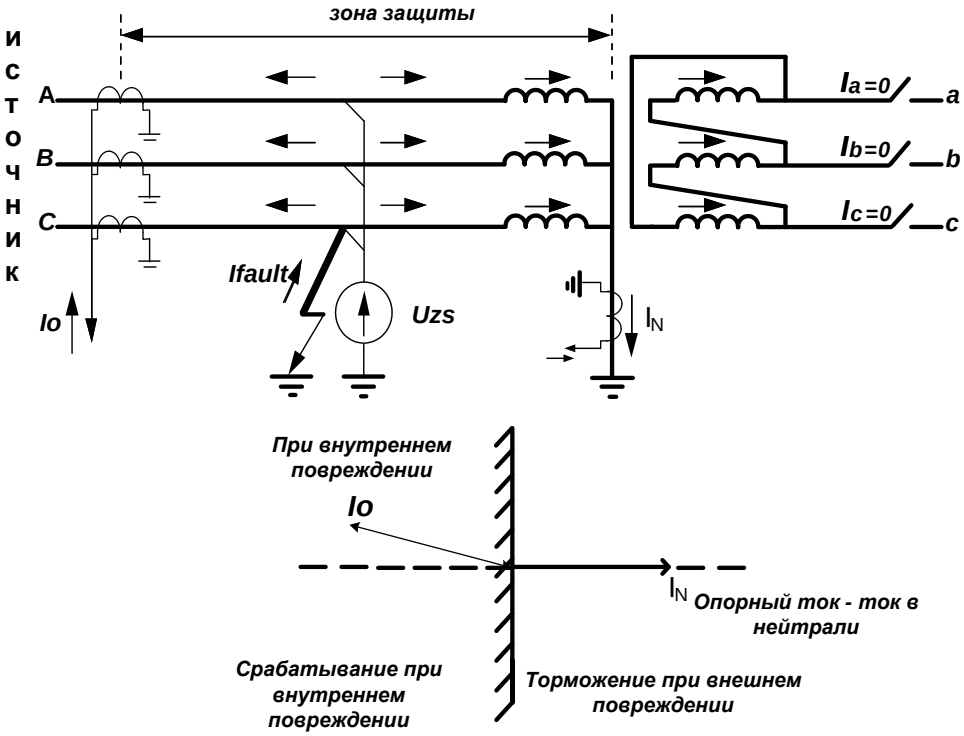


Рис. 273: Протекание тока во всех трансформаторах тока при внутреннем КЗ

Функция LREFPNDF также не реагирует на междуфазные замыкания, так как в этом случае ток повреждения протекает между двумя линейными ТТ, так что ТТ в нейтрали не подвергается воздействию этого тока повреждения.

Блокировка по второй гармонике в токе нейтрали

Броски тока намагничивания трансформатора происходят при включении трансформатора. При броске тока намагничивания величина тока может во много раз превышать номинальный ток, а время его уменьшения наполовину может составлять до нескольких секунд. Для устройства дифференциальной защиты бросок тока представляет собой дифференциальный ток, который может привести к срабатыванию ИЭУ практически при каждом подключении трансформатора к сети. Обычно в броске тока намагничивания имеется большое содержание вторых гармоник.

Данная блокировка также предотвращает непредусмотренное срабатывание при восстановлении и индуцированных бросках тока намагничивания. При броске тока во время восстановления ток намагничивания защищаемого трансформатора мгновенно возрастает после возврата напряжения к нормальному значению после устранения повреждения за пределами защищаемой зоны. Индуцированный бросок тока вызван включением другого трансформатора, работающего параллельно с защищаемым трансформатором, который уже подключен к сети.

Блокировка пуска защиты от замыканий на землю с торможением при броске тока намагничивания основана на отношении амплитуды второй гармоники и основной гармоники тока в нейтрали Io_2H / Io. Вторая гармоническая составляющая в нейтральном токе при намагничивающем импульсе, как правило, выше, чем в фазовых токах.

4.3.3.6 Сигналы

Таблица 435: Входные сигналы функции LREFPNDF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 436: Выходные сигналы функции LREFPNDF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
BLK2H	ЛОГИЧЕСКИЙ	блокировка по 2 гарм.

4.3.3.7 Уставки

Таблица 437: Групповые уставки функции LREFPNDF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уставка срабат.	5.0...50.0	%Iном	1.0	5.0	Уставка срабат.

Таблица 438: Групповые уставки функции LREFPNDF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	40...300000	мс	1	40	Мин время срабат
Режим торможения	1=Нет 2=Harmonic2			1=Нет	Режим торможения
Уставка 2 гармоники	10...50	%	1	50	Относительное значение 2 гармоники для блокировки

Таблица 439: Общие уставки функции LREFPNDF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Тип подключения ТТ	1=Тип 1 2=Тип 2			2=Тип 2	Тип подключения ТТ

Таблица 440: Общие уставки функции LREFPNDF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.3.3.8 Контролируемые данные

Таблица 441: Контролируемые данные функции LREFPNDF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
RES2H	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Блокировка по 2 гармонике
ID_COSPHI	FLOAT32	0.00...80.00	xIn	Дифференциальный ток
IB	FLOAT32	0.00...80.00	xIn	Ток торможения
LREFPNDF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.3.3.9 Технические данные

Таблица 442: LREFPNDF Технические данные

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц		
		±2,5% уставки или ±0,002 x I_n		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$I_{авар}$ = 2,0 × уставка *Пусковое значение*	37 мс	41 мс	45 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% от уставки или ±20 мс		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n × f_n, где n = 2, 3, 4, 5,…		

1) Ток до повреждения = 0,0, f_n = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает задержку на контакте сигнального выхода

4.3.3.10 Данные о технических изменениях

Таблица 443: Данные о технических изменениях функции LREFPNDF

Версия	Изменение
B	Единица измерения для уставки *2 гармоника, блокир.* изменена с %In на %.
C	Внутреннее улучшение.

4.3.4 Высокоомная дифференциальная защита от замыканий на землю с торможением HREFPDIF

4.3.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Высокоомная дифференциальная защита от замыканий на землю с торможением	HREFPDIF	dIoHi>	87NH

4.3.4.2 Функциональный блок

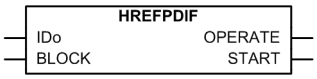


Рис. 274: Функциональный блок

4.3.4.3 Функциональные возможности

Функция высокоомной дифференциальной защиты от замыканий на землю с торможением HREFPDIF используется для защиты от замыканий на землю с торможением генераторов и силовых трансформаторов.

Запуск функции происходит при превышении заданной предельной величины дифференциального тока нейтрали. Функция HREFPDIF имеет независимую выдержку времени.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.3.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи настройки *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Действие функции HREFPDIF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

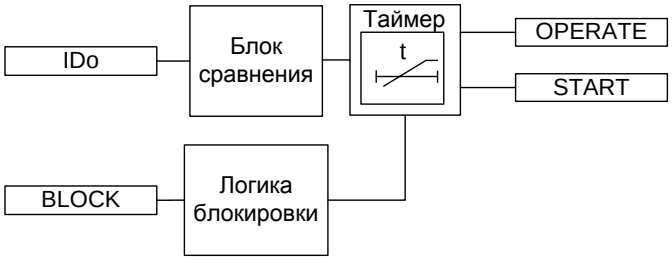


Рис. 275: Функциональная схема

Блок сравнения

Блок сравнивает дифференциальный ток в нейтрали IDo с заданным значением уставки *Уставка срабат.* . Если дифференциальный ток в нейтрали превышает значение параметра *Уставка срабат.* , блок сравнения посылает сигнал на включение таймера независимой выдержки времени.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Мин время срабат*, активируется выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер возврата достигнет значения, которое определяется уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, а выход START блокируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу устройства. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Параметр *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме «Останов таймера» таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир.

выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.3.4.5 Применение

В системах с глухозаземленной нейтралью защита от замыканий на землю всегда используется как дополнительная защита к стандартной дифференциальной защите трансформатора. Преимуществом защиты при замыканиях на землю является ее высокая чувствительность. Можно добиться чувствительности, близкой к 1%, тогда как в стандартных устройствах дифференциальной защиты минимальная чувствительность колеблется в диапазоне 5 – 10 %. Уровень для функции HREFPDIF зависит от токов намагничивания трансформаторов тока. Защита от замыканий на землю также является быстродействующей, благодаря использованию простого принципа измерения, так как это защита с абсолютной селективностью.

Различия в принципах измерения ограничивают возможность обнаружения замыканий на землю интеллектуальными устройствами дифференциальной защиты с торможением. Эти повреждения обнаруживаются только функцией защиты от замыканий на землю с торможением.

Устройство защиты от замыканий на землю с торможением подключается к каждой обмотке трансформатора, заземленной непосредственно или через небольшое сопротивление. При подключении тех же ТТ к другим интеллектуальным устройствам следует использовать отдельные сердечники.

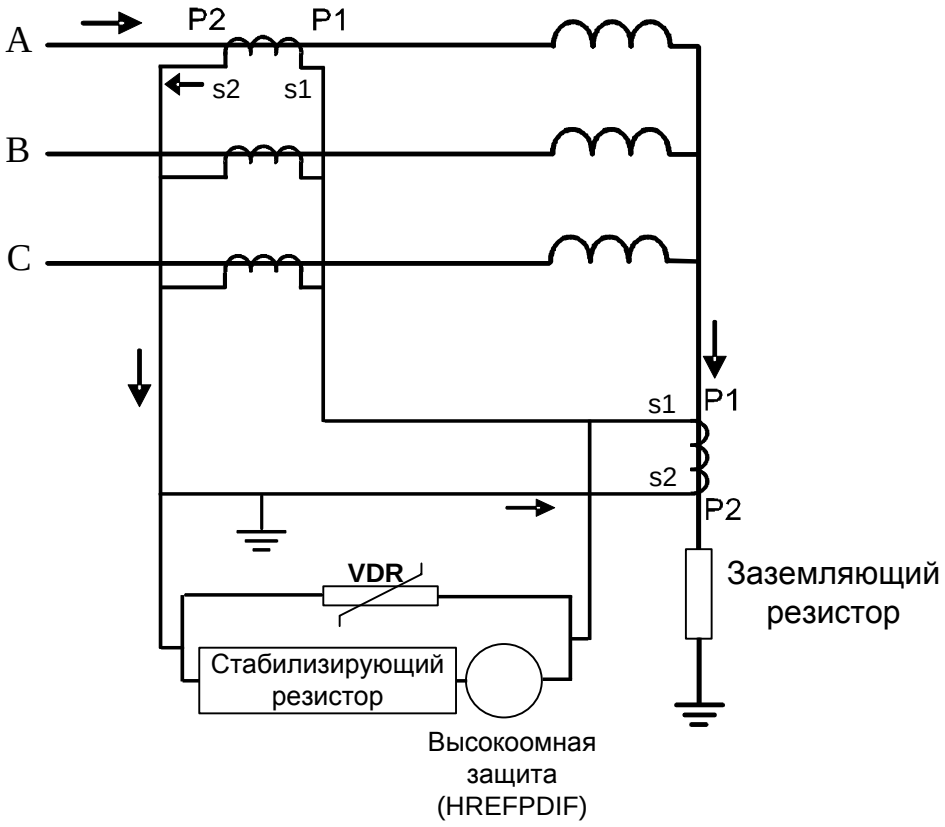


Рис. 276: Схема подключения защиты от замыканий на землю с торможением по принципу высокоомной защиты

Принцип действия высокоомной защиты

Стабилизация высокоомной защиты осуществляется при всех типах повреждений за пределами зоны действия защиты. Стабилизация достигается за счет использования стабилизирующего резистора в дифференциальной цепи. Применение данного метода требует одинаковых характеристик намагничивания, коэффициентов трансформации и относительно высокого расположения точки перегиба на кривой намагничивания. ТТ на каждой стороне соединены параллельно измерительной цепи, как показано на Рисунке 277. Измерительная цепь – это последовательное соединение стабилизирующего резистора и устройства.

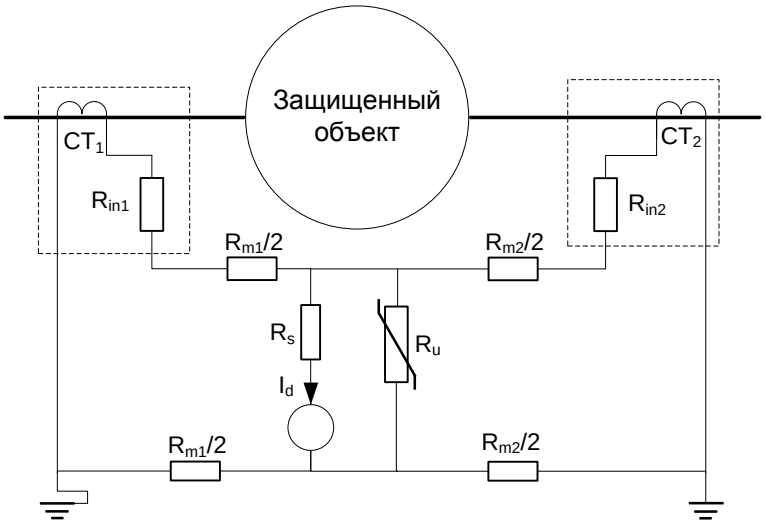


Рис. 277: Принцип действия высокоомной защиты

Устойчивость защиты основана на использовании стабилизирующего резистора (Rs) и того факта, что полное сопротивление вторичной обмотки ТТ быстро снижается по мере насыщения трансформатора. Индуктивное сопротивление цепи намагничивания полностью насыщенного ТТ падает до нуля, и полное сопротивление включает в себя только активное сопротивление обмотки (R_{in}) и активное сопротивление проводника (R_m).

Насыщение ТТ приводит к возникновению дифференциального тока, который теперь имеет два пути протекания: через насыщенный трансформатор, так как индуктивное сопротивление цепи намагничивания практически равно нулю, и через измерительную ветвь. Стабилизирующий резистор подбирается таким образом, чтобы ток в измерительной ветви был ниже тока срабатывания устройства при замыканиях вне зоны защиты. В результате обеспечивается устойчивая работа при насыщении, и защита все еще может быть чувствительной в неискаженных частях сигнала тока, как показано на Рисунке 278.

При внутреннем повреждении ток КЗ не может проходить через трансформаторы тока, он протекает по измерительной ветви, и защита срабатывает. Частичное насыщение ТТ может происходить при внутреннем КЗ, но ненасыщенная часть токового сигнала приводит к срабатыванию защиты.

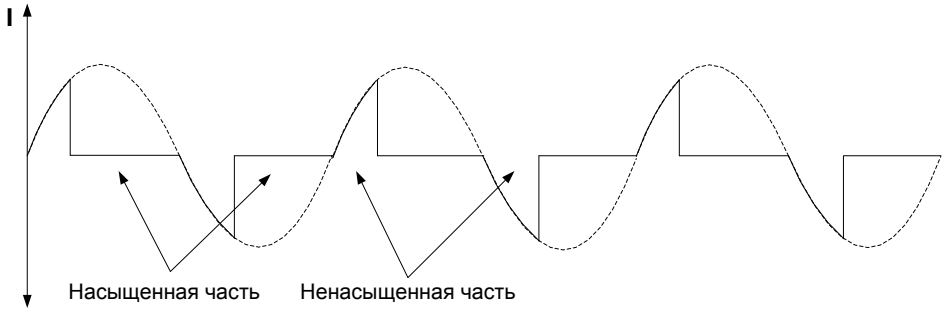


Рис. 278: Сигнал вторичной обмотки насыщенного ТТ

При внутреннем повреждении напряжение вторичной обмотки может легко превысить предельно допустимое напряжение ТТ, соединительных проводов и устройства. Для ограничения этого напряжения используется варистор VDR, как показано на Рисунке 277.

Вся схема, т.е. стабилизирующий резистор, варистор и провода должны регулярно проходить техническое обслуживание (т.е. регулярно должна проверяться их работа и состояние изоляции), чтобы они были способны выдерживать импульсы высокого напряжения, возникающие при внутреннем КЗ на протяжении всего срока службы оборудования. В противном случае при повреждении в зоне действия защиты любое перекрытие во вторичных цепях трансформатора тока или в любой части схемы может препятствовать правильной работе высокоомной дифференциальной защиты.

4.3.4.6 Конфигурация схемы измерения

Конфигурация внешней схемы измерения включает в себя четыре измерительных трансформатора тока, измеряющих ток, и стабилизирующего резистора. Варистор необходим на случай больших перенапряжений.

Значение стабилизирующего резистора рассчитывается по формуле:

$$R_s = \frac{U_s}{I_{rs}}$$

(Уравнение 93)

R_s сопротивление стабилизирующего резистора

U_s напряжение торможения ИЭУ

I_{rs} значение уставки *Основная уставка* .

Напряжение торможения можно рассчитать по следующей формуле:

$$U_s = \frac{I_{k\max}}{n}(R_{in} + R_m)$$

(Уравнение 94)

I_{kmax}	самый большой сквозной ток КЗ
n	коэффициент трансформации ТТ
R_{in}	собственное сопротивление вторичной обмотки ТТ
R_m	сопротивление самого длинного контура вторичной цепи ТТ

Кроме того, необходимо, чтобы напряжения в точке перегиба кривой намагничивания трансформатора тока U_k были как минимум в два раза больше величины напряжения торможения U_s.

4.3.4.7 Рекомендации по выбору трансформаторов тока

Чувствительность и надежность защиты в большой степени зависит от характеристик трансформаторов тока. Трансформаторы тока должны иметь одинаковый коэффициент трансформации. Рекомендуется использовать ТТ одинаковой конструкции, т.е., должна быть одинаковой нагрузка вторичной цепи и характеристики, и они должны быть одного типа, и, желательно, одной серии. Если характеристики и нагрузка ТТ не одинаковы, то расчет для каждой ветви схемы должен выполняться отдельно, и необходимо использовать результаты расчета по наихудшему варианту.

Во-первых, напряжение торможения, т.е. напряжение в измеряемой ветви при повреждении за пределами защищенной зоны, рассчитывается с таким допущением, что произошло полное насыщение одного из параллельно подключенных трансформаторов. Напряжение торможения можно рассчитать по следующей формуле:

$$U_s = \frac{I_{k\max}}{n}(R_{in} + R_m)$$

(Уравнение 95)

I_{kmax}	самый большой ток КЗ, первичных ампер. Самый большой ток замыкания на землю или ток короткого замыкания при повреждении за пределами защищенной зоны.
n	коэффициент трансформации ТТ
R_{in}	собственное сопротивление вторичной обмотки ТТ, Ом
R_m	сопротивление (максимальное R_{in} + R_m) вторичной обмотки ТТ, Ом

Трансформаторы тока должны быть способны подать ток, достаточный для срабатывания ИЭУ через дифференциальную цепь, если повреждение произошло внутри защищенной зоны. Чтобы обеспечить это, напряжение в точке перегиба кривой намагничивания U_{kn} должно быть как минимум в два раза выше напряжения торможения U_s.

Требуемое напряжение в точке перегиба кривой намагничивания U_{kn} трансформатора тока рассчитывается по формуле

$$U_{kn} \geq 2 \times U_s$$

(Уравнение 96)

U_{kn} напряжение в точке перегиба кривой намагничивания

U_s напряжение торможения

Коэффициент два используется в случае, когда задержка срабатывания защиты неприемлема ни в какой ситуации. Чтобы напряжение в точке перегиба кривой намагничивания на поднималось слишком высоко, необходимо использовать ТТ с сопротивлением вторичной обмотки, равной сопротивлению измерительного контура.

Так как полное сопротивление самого ИЭУ небольшое, требуется стабилизирующий резистор. Значение стабилизирующего резистора рассчитывается по формуле

$$R_s = \frac{U_s}{I_{rs}}$$

(Уравнение 97)

R_s сопротивление стабилизирующего резистора

U_s напряжение торможения ИЭУ

I_{rs} значение уставки *Уставка срабат.* , вторичных ампер

Стабилизирующий резистор должен быть способен рассеять большую энергию за очень короткое время; следовательно, должен использовать проволочный резистор. Из-за вероятной погрешности ТТ, которая может привести к прохождению через стабилизирующий резистор тока при нормальной нагрузке, номинальная мощность должна быть минимум 25 Вт.

Если значение U_{kn} слишком велико, или напряжение торможения слишком мало, необходимо использовать резистор большей мощности. Производители резисторов часто предусматривают 10-кратное превышение номинальной мощности в течение 5 секунд. Таким образом, мощность резистора можно рассчитать по формуле

$$\frac{U_{kn}^2}{R_s \times 10}$$

(Уравнение 98)

На чувствительность защиты влияет уставка ИЭУ, токи намагничивания ТТ, подключенных параллельно, и шунтирующее действие варистора (VDR).

Величина первичного тока I_{prim}, при которой срабатывает ИЭУ, может рассчитываться по формуле

$$I_{prim} = n \times (I_{rs} + I_u + m \times I_m)$$

(Уравнение 99)

I_{prim} первичный ток, при котором происходит пуск защиты

n коэффициент трансформации трансформатора тока

I_{rs} значение уставки *Уставка срабат* .

I_u ток утечки, протекающий через варистор VDR при величине напряжения U_s

м количество трансформаторов тока, включенных в защиту каждой фазы (=4)

I_m ток намагничивания каждого трансформатора тока при величине напряжения U_s

Значение I_e, которое приводится во многих каталогах, это ток возбуждения в точке перегиба кривой напряжения. Если допустить, что $U_{kn} \approx 2 \times U_s$, то значение $I_m \approx \frac{I_e}{2}$ дает приблизительную величину для Уравнения 99.

Выбор трансформаторов тока можно разделить на следующие операции:

1. По сути, должен быть известен самый большой ток КЗ. Но если необходимых данных нет, можно использовать приблизительные значения:
   - Небольшие силовые трансформаторы: $I_{kmax} = 16 \times I_n$ (соответствует $z_k = 6\%$ и близкой к бесконечности сети)
   - Большие силовые трансформаторы: $I_{kmax} = 12 \times I_n$ (соответствует $z_k = 8\%$ и близкой к бесконечности сети)
   - Генераторы и двигателя: $I_{kmax} = 6 \times I_n$

   Где I_n = номинальный ток, а z_k = полное сопротивление КЗ защищенного объекта
2. Номинальный первичный ток ТТ I_{1n} должен быть выше номинального тока электрической машины.
   При выборе ТТ также необходимо указать R_{in}.
3. Требуемая величина U_{kn} рассчитывается по Уравнению 96. Если значение U_{kn} трансформатора тока недостаточно высокое, нужно выбрать другой трансформатор тока. Значение U_{kn} дается производителем при использовании трансформаторов тока Класса X, или его можно рассчитать с помощью Уравнения 100.
4. Чувствительность I_{prim} рассчитывается при помощи Уравнения 99. Если полученное значение чувствительности будет достаточным, можно использовать имеющийся ТТ. Если же необходима большая чувствительность, нужно выбрать трансформатор тока с сердечником большей величины.

При использовании ТТ, не относящихся к Классу X, расчет U_{kn} выполняется по уравнению

$$U_{kn} = 0.8 \times F_n \times I_{2n} \times \left(R_{in} + \frac{S_n}{I_{2n}^2} \right)$$

(Уравнение 100)

F_n	номинальная предельная кратность, соответствующая номинальной нагрузке S_n
I_{2n}	номинальный вторичный ток ТТ
R_{in}	собственное сопротивление вторичной обмотки ТТ
S_n	вольт-амперная характеристика ТТ

Эти формулы, основанные на выборе ТТ согласно Уравнению 96, в результате дают абсолютно устойчивую схему. В некоторых случаях можно добиться устойчивости при меньших величинах напряжения в точке перегиба кривой намагниченности, чем указано в формулах. Но для обеспечения устойчивости необходимо очень хорошо знать условия в сети.

1. Если $U_k \geq 2$ x U_s, более безопасным будет более быстрое срабатывание ИЭУ.
2. Если $U_k \geq 1{,}5$ x U_s, а < 2 x U_s, действие ИЭУ может быть несколько продлено, и должно рассматриваться в каждом отдельном случае.
   Если $U_k < 1{,}5$ x U_s, действие ИЭУ оказывается под угрозой. Необходимо выбрать другой ТТ.

Необходимость использования варистора VDR зависит от определенных условий.

Во-первых, напряжение U_{max}, без учета насыщения ТТ при повреждении, рассчитывается согласно уравнению

$$U_{max} = \frac{I_{k\,max\,in}}{n} \times \left(R_{in} + R_m + R_s \right) \approx \frac{I_{k\,max\,in}}{n} \times R_s$$

(Уравнение 101)

I_{kmaxin}	максимальный ток повреждения в защищенной зоне, первичных ампер
n	коэффициент трансформации ТТ
R_{in}	собственное сопротивление ТТ, Ом
R_m	сопротивление самого длинного контура вторичной цепи ТТ, Ом
R_s	сопротивление стабилизирующего резистора, Ом

Далее, пиковое напряжение û, которое включает насыщение ТТ, рассчитывается по формуле (представленной П. Мэтьюсом (P. Mathews) в 1955 году)

$$\hat{u} = 2\sqrt{2U_{kn}\left(U_{max} - U_{kn}\right)}$$

(Уравнение 102)

U_{kn} напряжение в точке перегиба кривой намагничивания ТТ

Использование варистора рекомендуется в случае, когда пиковое напряжение û ≥ 2кВ, что представляет уровень прочности изоляции, на который тестировалось устройство.

Если значение R_sбыло меньше, варистор можно не использовать. Однако значение R_s зависит от тока срабатывания и напряжения торможения ИЭУ. Таким образом, нужно использовать более высокое значение уставки либо более низкое напряжение стабилизирующего резистора.

4.3.4.8 Примеры уставок

Пример 1

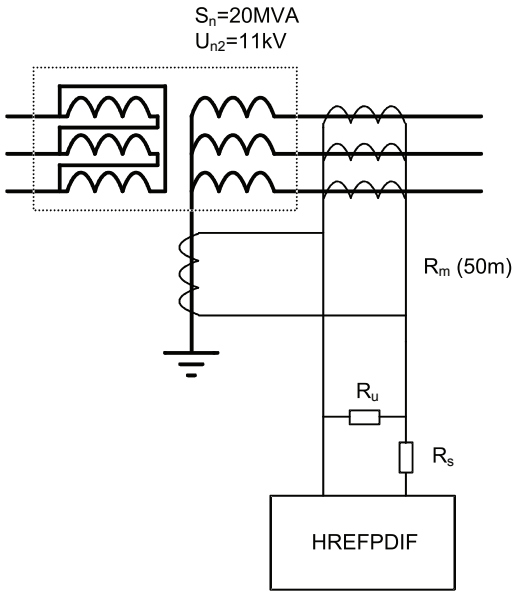


Рис. 279: Защита трансформатора от замыканий на землю с торможением

Данные защищенного силового трансформатора:

S_n = 20 MBA

U_{2n} = 11 кВ

Самое большое расстояние вторичной цепи - 50 м (длина всего контура - 100 м), площадь сечения - 10 мм^2.

$I_n = S_n / (\sqrt{3} \cdot U_n)$ = 1050 A

$I_{kmax} = 12 \cdot I_n$ = 12600 A

В этом примере тип TT - IHBF 12, размер сердечника - 35 процентов, первичный ток - 1200 A, и вторичный ток - 5 A.

R_{in} = 0,26 Ом (значение, предоставленное производителем).

U_k = 40 В (значение, предоставленное производителем).

I_e = 0,055 A (значение, предоставленное производителем).

R_m = 1,81 Ом/км · 2 · 0,05 км = 0,181 Ом ≈ 0,18 Ом

$$U_s = \frac{12600 \times (0.26 + 0.18)}{240} V \approx 23V$$

Согласно этому критерию значение U_k должно быть 2 · U_s = 2 · 23 В = 46 В. Оно зависит от того, каким образом достигнута устойчивость схемы за счет U_k = 40 В. В противном случае можно выбрать больший сердечник 65 процентов со следующими параметрами:

R_{in} = 0,47 Ом (значение, предоставленное производителем).

U_k = 81 В (значение, предоставленное производителем).

R_m = 0,18 Ом

$$U_s = \frac{12600 \times (0.47 + 0.18)}{240} V \approx 34V$$

$U_k = 2 \cdot U_s$ = 68 В (требуемое значение).

Как упоминалось ранее, $I_m = 0{,}5 \cdot I_e$ дает реалистичное значение I_{prim} в Уравнении 99. Если I_u = 0, а $I_{rs} = m \cdot 0{,}5 \cdot I_o$, то значение чувствительности равно:

$I_{prim} = n \cdot m \cdot I_e$ = 240 · 4 · 0,055 A ≈ 53 A

I_{rs} = 4· 0,5 · 0,055 A = 0,11 A

Значение уставки можно рассчитать по формуле:

$$\text{Уставка срабат.} = \left(\frac{I_{rs}}{I_{CT_n2}} \right) = \left(\frac{0.11A}{5A} \right) \approx 2.2\%$$

Сопротивление стабилизирующего резистора можно рассчитать по формуле:

$R_s = U_s / I_{rs}$ = 34 В / 0,11 A ≈ 309 Ом

Однако чувствительность можно рассчитать точнее, если известны действующие значения I_u и I_{rs} . Стабилизирующий резистор выбирается произвольно в приведенном выше примере, при этом считается, что значение резистора не является фиксированным.

Пример 2a

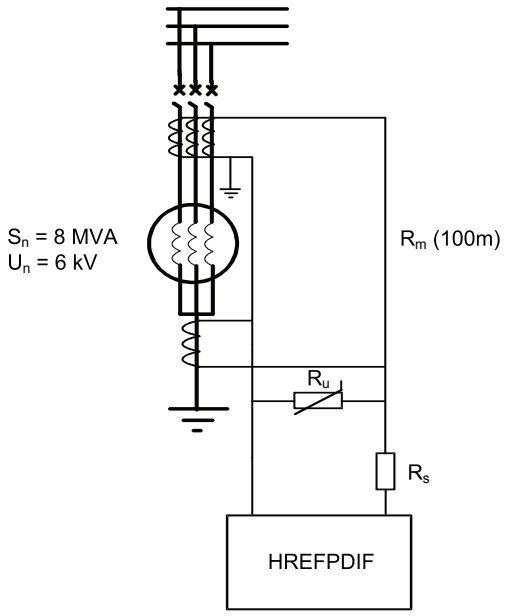


Рис. 280: Защита генератора от замыканий на землю с торможением

Данные защищенного генератора:

S_n = 8 МВА

U_n = 6 кВ.

I_n = 770 A

$I_{kmax} = 6 \cdot I_n = 6 \cdot 770$ A = 4620 A

В данном примере тип TT - KOFD 12 A 21 имеет следующие параметры:

I_{CT_1n} = 1000 A (значение, предоставленное производителем).

I_{CT_2n} = 1 A (значение, предоставленное производителем).

U_k = 323 В (значение, предоставленное производителем).

R_{in} = 15,3 Ом (значение, предоставленное производителем).

I_e = 0,012 A (значение, предоставленное производителем).

Если длина вторичной цепи составляет 100 м (длина всего контура - 200 м), а площадь сечения - 2,5 мм^2:

R_m = 7,28 Ом/км · 2 · 0,1 км ≈ 1,46 Ом

Требуемое напряжение в точке перегиба кривой намагничивания можно рассчитать при помощи Уравнения 96.

U_k = 2 · (4620 A / 1000) · (15,3 + 1,46) ≈ 155 В.

Значение 155 В ниже значения 323 В, что означает, что значение U_k - довольно высокое.

Как упоминалось ранее, $I_m = 0{,}5 \cdot I_e$ дает реалистичное значение I_{prim} в Уравнении 99. Если I_u = 0, а $I_{rs} = m \cdot 0{,}5 \cdot I_e$, то значение чувствительности равно:

$I_{prim} = n \cdot m \cdot I_e = 1000 \cdot 4 \cdot 0{,}012$ A = 48 A (≈ 6 % x I_n).

$I_{rs} = 4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}012$ A = 0,024 A.

Значение уставки можно рассчитать по формуле:

$$\text{Уставка срабат.} = \left(\frac{I_{rs}}{I_{CT_n2}} \right) = \left(\frac{0.024A}{1A} \right) \approx 2.4\%$$

Сопротивление стабилизирующего резистора теперь можно рассчитать по формуле:

$R_s = U_s / I_{rs}$ = 78 В / (2 · I_e) = 78 В / (2 · 0,012 A) = 3250 Ом.

Пример 2b

В данном примере I_{rs} = 4 x 12 мА = 48 мА, а I_u = 30 мА. При этом чувствительность будет такой:

$I_{prim} = n \cdot (I_{rs} + I_u + m \cdot I_m) = 1000 \cdot (48 + 30 + 24)$ мА = 102 А

Значение уставки можно рассчитать по формуле:

$$\text{Уставка срабат.} = \left(\frac{I_{rs}}{I_{CT_n2}} \right) = \left(\frac{0.048A}{1A} \right) \approx 4.8\%$$

Сопротивление стабилизирующего резистора теперь равно:

$R_s = U_s / I_{rs}$= 78 В / 48 мА ≈ 1630 Ом

В этом примере устройство такого типа, что стабилизирующий резистор можно выбирать произвольно.

4.3.4.9 Сигналы

Таблица 444: Входные сигналы функции HREFPDIF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
IDo	СИГНАЛ	0	Дифференциальный ток
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 445: Выходные сигналы функции HREFPDIF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.3.4.10 Уставки

Таблица 446: Групповые уставки функции HREFPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уставка срабат.	1.0...50.0	%Iном	0.1	1.0	Нижнее значение срабатывания, в % от номинального тока
Мин время срабат	40...300000	мс	1	40	Минимальное время срабатывания

Таблица 447: Общие уставки функции HREFPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 448: Общие уставки функции HREFPDIF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.3.4.11 Контролируемые данные

Таблица 449: Контролируемые данные функции HREFPDIF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
HREFPDIF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.3.4.12 Технические данные

Таблица 450: Технические данные функции HREFPDIF

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц		
		± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$I_{поврежд.}$ = 2,0 x уставка *Уставка срабат.* $I_{поврежд.}$ = 10,0 x уставка *Уставка срабат.*	16 мс 11 мс	21 мс 13 мс	23 мс 14 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Продолжение таблицы на следующей странице				

Характеристика	Значение
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Время задержки	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс

1) Ток до повреждения= 0.0, $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.3.4.13 Данные о технических изменениях

Таблица 451: Данные о технических изменениях функции HREFPDIF

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Внутреннее улучшение.

4.3.5 Высокоимпедансная дифференциальная защита HIxPDIF

4.3.5.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Высокоомная дифференциальная защита фазы A	HIAPDIF	dHi_A>	87A
Высокоомная дифференциальная защита фазы B	HIBPDIF	dHi_B>	87B
Высокоомная дифференциальная защита фазы C	HICPDIF	dHi_C>	Выключатель 87C

4.3.5.2 Функциональный блок

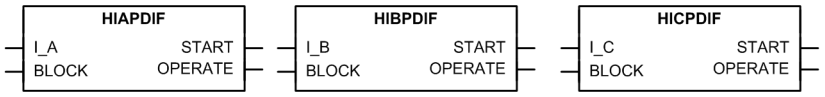


Рис. 281: Функциональный блок

4.3.5.3 Функциональные возможности

Функция высокоимпедансной дифференциальной защиты HIxPDIF представляет собой дифференциальную защиту общего назначения. Она обеспечивает пофазную защиту от короткого замыкания для шины. Однако

эту функцию также можно использовать для защиты генераторов, двигателей, трансформаторов и реакторов.

Пуск и срабатывание функции имеет место, когда дифференциальный ток превышает заданную предельную величину. Характеристика срабатывания функции – независимая выдержка времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или полностью всю функцию.

4.3.5.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции HIxPDIF можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

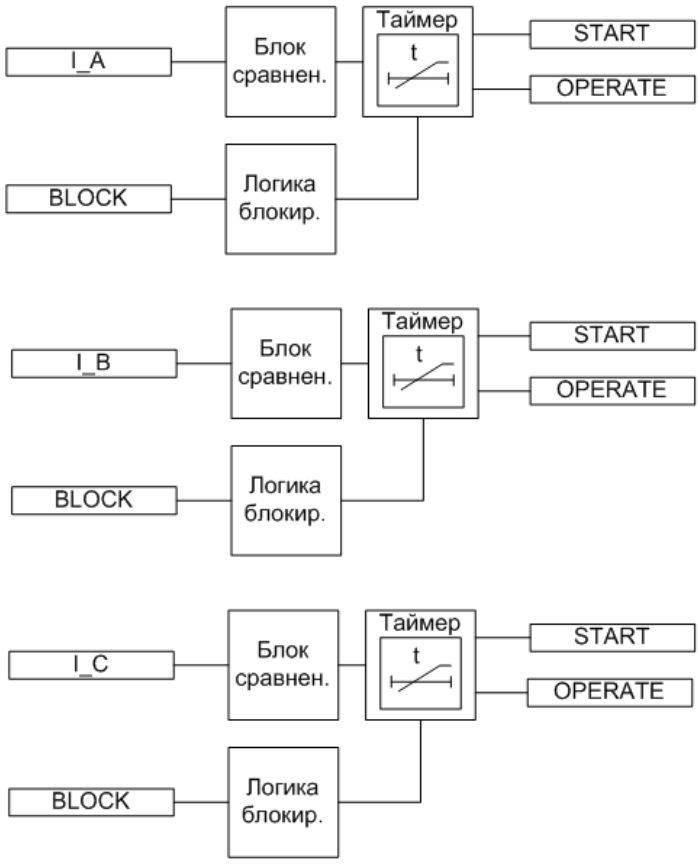


Рис. 282: Функциональная схема

Модульная схема показывает все фазы функции. Функциональные возможности фаз A, B и C идентичны.

Все три фазы имеют независимые настройки.

Блок сравнения

Этот модуль сравнивает дифференциальные токи I_A, рассчитанные в режиме измерения двойной амплитуды, с заданным значением параметра *Значение срабатывания*. Модуль таймера активируется, если значение дифференциального тока превышает значение параметра *Значение срабатывания*.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *Мин время срабат*, становится активным выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход START деактивируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

При активации входа BLOCK выполняется сброс таймера и деактивируются выходы START и OPERATE.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.3.5.5 Применение

Функция HIxPDIF обеспечивает безопасную и надежную схему защиты от всех видов повреждений. Для дифференциальной защиты применяется принцип высокоимпедансной защиты, характеризующийся способностью управлять сквозными замыканиями также и при сильном насыщении трансформатора тока (ТТ).

Рекомендации по выбору трансформаторов тока см. в разделе "Требования к измерительным трансформаторам" в настоящем руководстве.

Принцип действия высокоомной защиты

Фазные токи измеряются как со сторон входящих фидеров, так и со стороны исходящих фидеров шины. Вторичная обмотка трансформатора тока в каждой фазе подключается параллельно измерительной ветви ИЭУ. Поэтому реле измеряет только разницу токов. В идеальной ситуации дифференциальный ток для срабатывания реле появляется только при наличии повреждения между трансформаторами тока, т. е., в защищаемой зоне.

При повреждении вне этой зоны через защищаемый объект может протекать сильный ток, называемый сквозным током КЗ. В результате возможно частичное насыщение трансформаторов тока. Срабатывание реле предотвращается за счет стабилизирующего резистора (R_s) в измерительной ветви ИЭУ. R_s увеличивает импеданс ИЭУ; отсюда и название дифференциальной схемы с высоким импедансом.

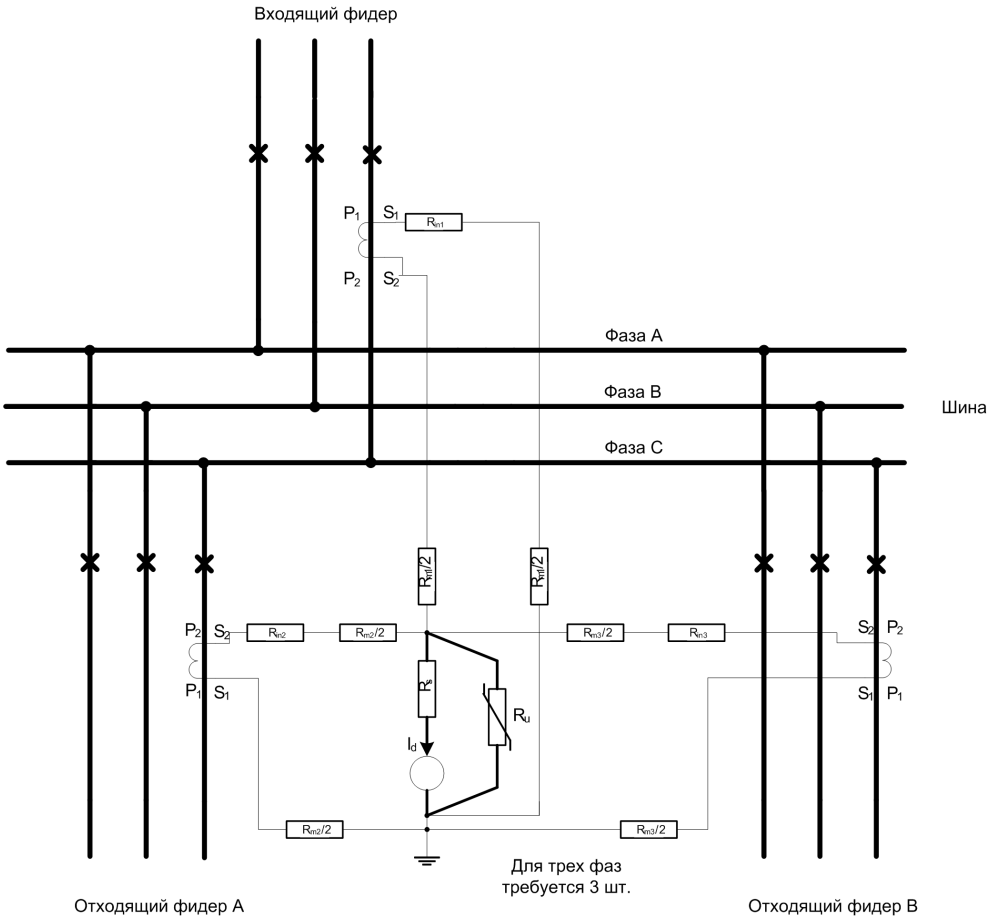


Рис. 283: Дифференциальная защита шины по отдельным фазам на основе принципа высокого импеданса

Сопротивления вторичной обмотки ТТ (R_{in}) и сопротивления соединительных проводов ($R_m/2$) также показаны на Рисунке 284.

На Рисунке 284 показана упрощенная цепь, состоящая только из одного входящего и одного исходящего фидера. Для простоты варистор (R_u) не показан. Сопротивления проводов показаны как общие сопротивления проводов R_{m1} и R_{m2}.

R_{m1} – это максимальное сопротивление проводов для всех наборов входящих фидеров, а R_{m2} является максимальным сопротивлением проводов для всех наборов исходящих фидеров.

В нижней части Рисунок 284 показан баланс напряжения при отсутствии повреждений в системе и отсутствии насыщения ТТ.

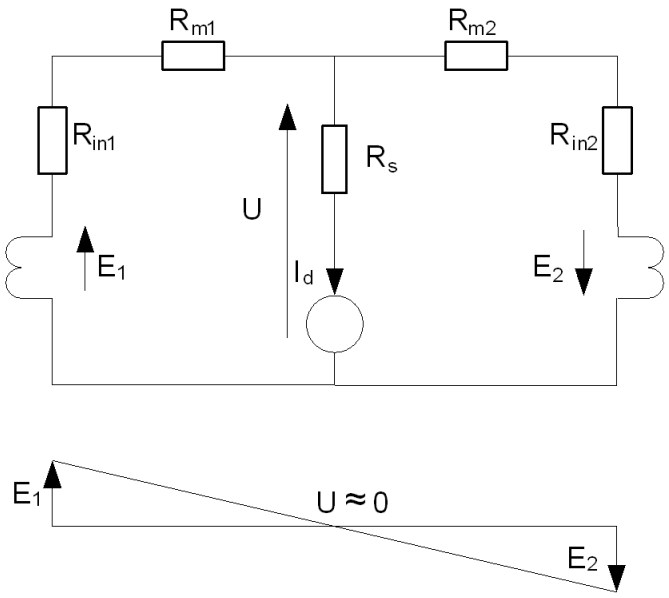


Рис. 284: Эквивалентная цепь при отсутствии повреждений или насыщения ТТ

При отсутствии повреждения токи во вторичных обмотках ТТ и их ЭДС E_1 и E_2 направлены в противоположные стороны, и в измерительной ветви ИЭУ нет ли напряжения, ни тока. Если в защищаемой зоне возникло повреждение, токи во вторичных обмотках имеют одинаковое направление. Реле измеряет сумму токов как дифференциальное значение и вызывает срабатывание выключателя. Если ток повреждения проходит только через один ТТ, ЭДС в его вторичной обмотке намагничивает противоположный ТТ, т. е., $E_1 \approx E_2$.

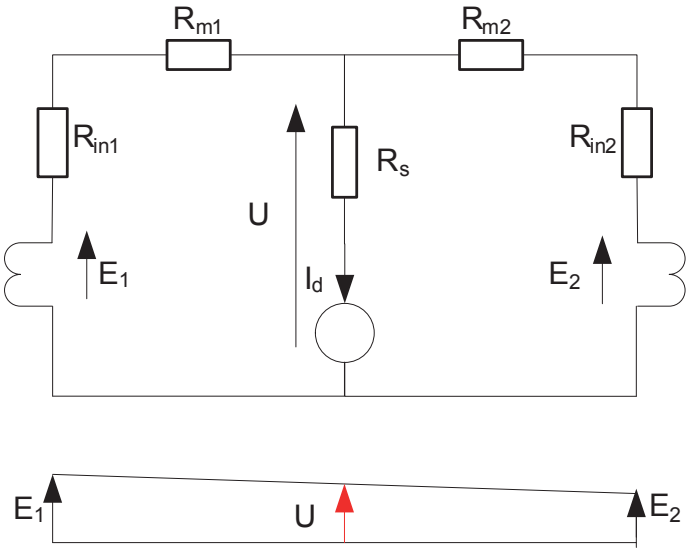


Рис. 285: Эквивалентная цепь в случае повреждения в защищаемой зоне

Рисунок 286 показывает насыщение ТТ при сквозном повреждении, т. е., при повреждении за пределами защищаемой зоны. Импеданс намагничивания насыщенного ТТ почти равен нулю. Обмотка ТТ в режиме насыщения может быть представлена как короткое замыкание. Когда один из ТТ находится в режиме насыщения, ток через ненасыщенный ТТ протекает по двум путям: один через измерительную ветвь ИЭУ (R_s + реле), второй через ТТ, находящийся в режиме насыщения (R_m + R_{in2}).

При насыщении ИЭУ не должно срабатывать. Это достигается путем увеличения импеданса реле с помощью стабилизирующего сопротивления (R_s), из-за которого большая часть дифференциального тока течет через ТТ, находящийся в режиме насыщения. В результате реле не срабатывает, т. е. срабатывание реле тормозится в случае насыщения ТТ сквозным током повреждения вне защищаемой зоны. Напряжение торможения U_s лежит в основе всех расчетов.

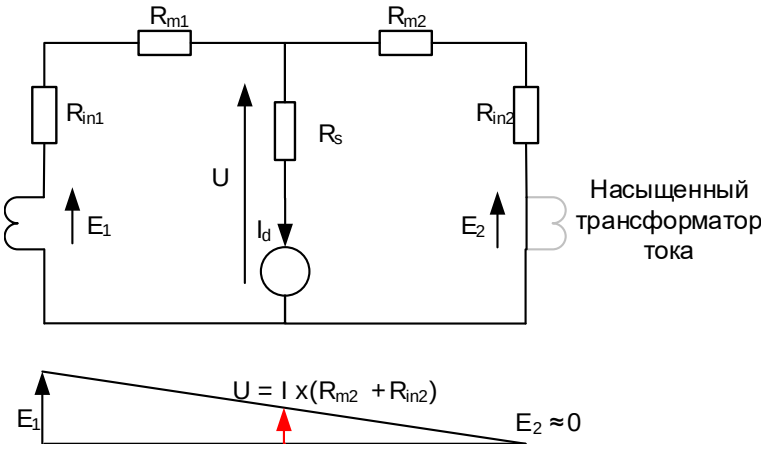


Рис. 286: Эквивалентная цепь в случае насыщения ТТ при сквозном повреждении

Насыщение ТТ скорее всего возникает и в случае повреждения в защищаемой зоне. Это не является проблемой, так как хотя реле остается стабильным (не срабатывает) на тех участках токового сигнала, которые создают насыщение во вторичной обмотке ТТ, защита срабатывает на той части токового сигнала, которая не вызывает насыщения.

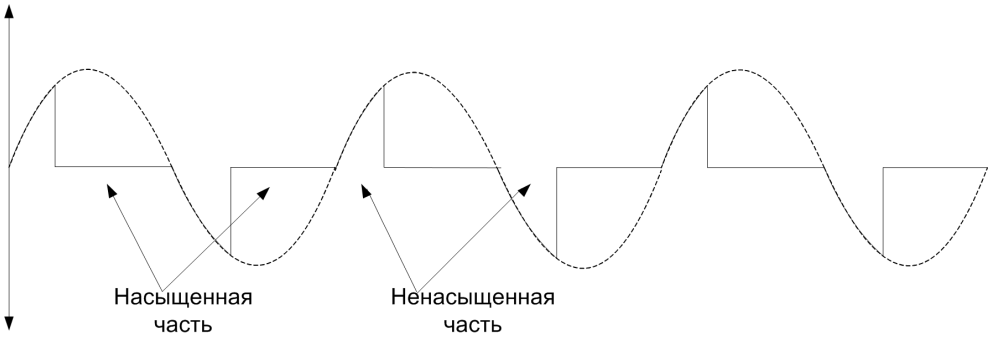


Рис. 287: Сигнал вторичной обмотки насыщенного ТТ

Напряжение вторичной обмотки может легко превысить предельно допустимое напряжение ТТ, соединительных проводов и ИЭУ из-за стабилизирующего сопротивления и насыщения ТТ. Для ограничения этого напряжения используется варистор (VDR, R_u), как показано на Рисунке 283.

Схема защиты шины

Базовая концепция любого устройства дифференциальной защиты шины напрямую основана на первом законе Кирхгофа, согласно которому сумма всех токов, подключенных к одной зоне дифференциальной защиты, равна нулю. Если сумма не равна нулю, значит, возникло внутреннее повреждение.

Другими словами, с точки зрения дифференциальной защиты шины, в любой момент времени сумма всех токов, поступающих в защищаемую зону (т. е. токов положительной величины), должна быть равна сумме токов, вытекающих из защищаемой зоны (т. е. токов отрицательной величины).

Рисунке 288 показан пример пофазной защиты одной шины с использованием дифференциальной защиты с высоким импедансом. Пример системы состоит из одного входящего фидера шины и двух исходящих фидеров шины. Трансформаторы тока как исходящих, так и входящих фидеров шины подключены параллельно с учетом полярности. При штатной нагрузке общий мгновенный поступающий ток равен общему мгновенному вытекающему току, и дифференциальный ток пренебрежимо мал. Повреждение в шине вызывает нарушение баланса поступающего и вытекающего токов. Дифференциальный ток протекает через устройство релейной защиты, которое выдает сигнал на отключение.

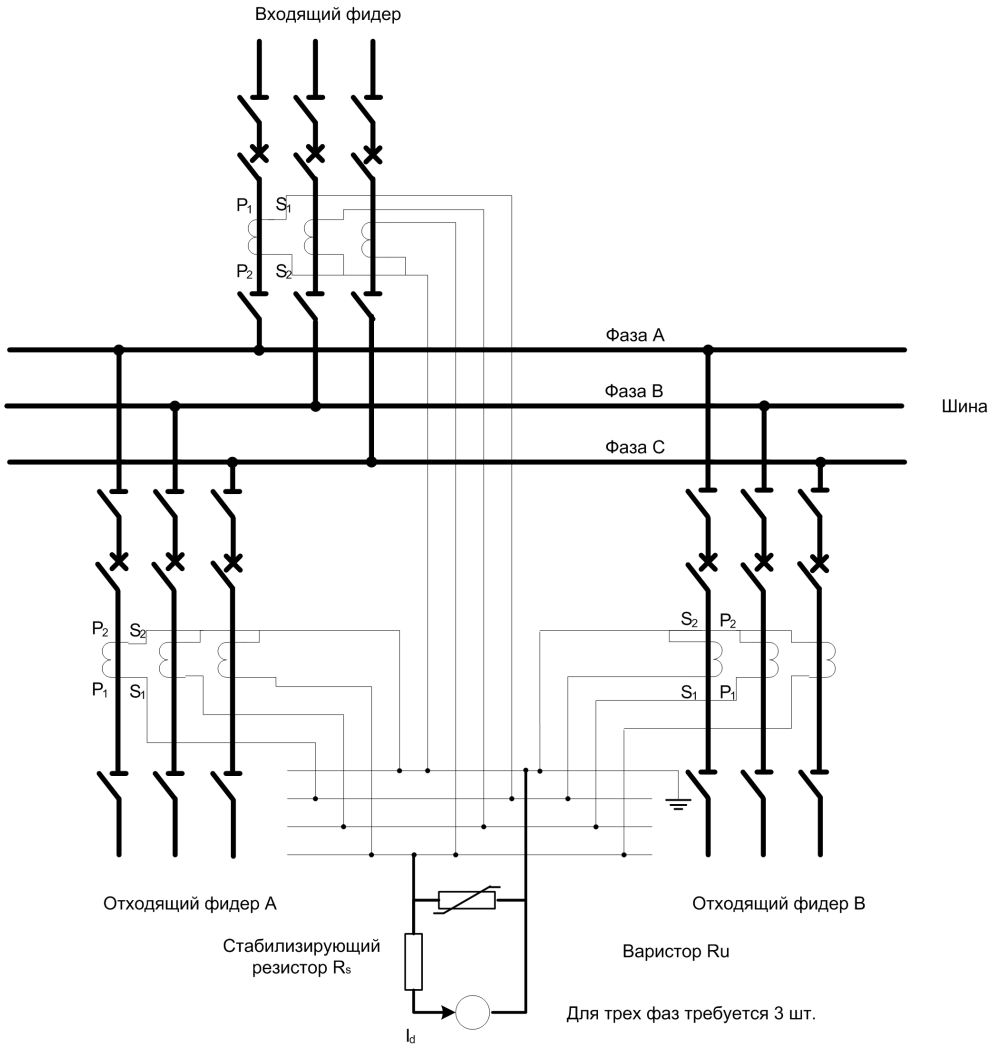


Рис. 288: Пофазная защита одной шины с использованием высокоимпедансной дифференциальной защиты

На Рисунке 289 показан пример системы, состоящей из двух секций шин, соединенных с помощью шиносоединительного выключателя. Каждая секция шины содержит два фидера, и обе секции оснащены отдельной дифференциальной защитой, каждая из которых образует отдельную зону. Созданные зоны перекрываются на шиносоединительном выключателе.

Когда шиносоединительный выключатель разомкнут, каждая секция шины воспринимает текущие токи независимо, т. е. мгновенный входящий ток равен суммарному исходящему току и дифференциальный ток пренебрежимо мал. В случае повреждения на шине дифференциальный ток перестает быть нулевым и срабатывает защита.

Когда шиносоединительный выключатель замкнут, ток также перетекает из одной секции шины в другую. Таким образом, при расчете дифференциального тока необходимо учитывать ток, протекающий через

шиносоединительный выключатель. В обычных условиях суммарный ток в каждой секции шины равен нулю. Однако при наличии повреждения в любой из секций шины дифференциальный ток больше не равен нулю и срабатывает защита.

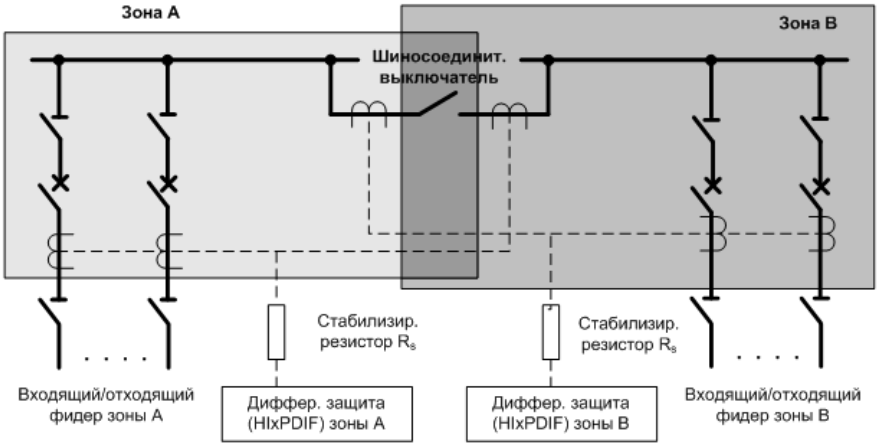


Рис. 289: Дифференциальная защита шины с шиносоединительным выключателем (показана одна фаза)

4.3.5.6 Пример расчетов для высокоомной дифференциальной защиты шины

В примере высокоомной дифференциальной защиты шины защищаемым объектом является система с одной шиной и двумя зонами защиты.

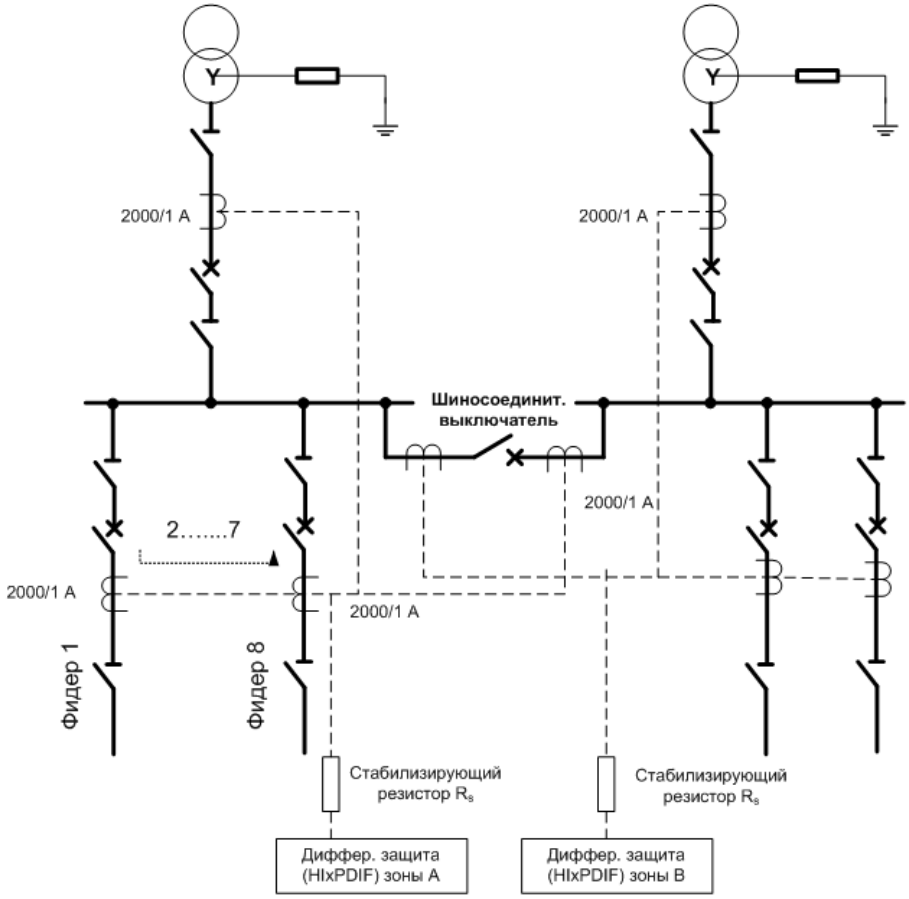


Рис. 290: Пример дифференциальной защиты шины

Данные шины:

U_n	20 кВ
I_n	2000 A
I_{kmax}	25 кА

10 фидеров в каждой защищаемой зоне, включая шиносоединительный выключатель и входящий фидер.

Принимается, что ТТ имеет следующие характеристики:

CT	2000/1 A
R_{in}	15,75 Ом
U_{kn}	436 V
I_e	<7 мА (при U_{kn})
R_m	1 Ом

Напряжение торможения рассчитывается по следующей формуле:

$$U_s = \frac{25000A}{2000}(15.75\Omega + 1.\Omega) \approx 209.37\ V$$

(Уравнение 103)

В этом случае требование к напряжению в точке перегиба кривой намагничивания трансформатора тока выполняется, так как $U_{kn} > 2U_s$.

Предполагается, что кривая намагничивается ТТ линейная. Ток намагничивания при напряжении торможения можно оценить как:

$$I_m = \frac{U_s}{U_{kn}} \cdot I_e$$

(Уравнение 104)

$$I_m = \frac{209.37V}{436V} \cdot 7mA \approx 3.4mA$$

(Уравнение 105)

Чтобы обеспечить достаточное торможение защиты, установочный ток I_{rs} должен быть на минимуме суммы токов намагничивания всех подключенных трансформаторов тока.

$$I_{rs} = 10 \cdot 3.4mA \approx 34\,mA$$

(Уравнение 106)

Сопротивление стабилизирующего резистора рассчитывается по формуле 107.

$$R_S = \frac{209.37\ V}{0.034A} \approx 6160\,\Omega$$

(Уравнение 107)

Рассчитанное значение является максимальным для стабилизирующего резистора. Если такой номинал недоступен, следует выбрать ближайшее доступное меньшее значение, после чего установочный ток ИЭУ настраивается в соответствии с выбранным резистором. Например, в данном случае используется резистор номиналом 5900 Ом.

$$I_{rs} = \frac{209.37V}{5900\,\Omega} \approx 35\,mA$$

(Уравнение 108)

Чувствительность защиты получается по уравнению 109, при условии, что $I_u = 0$.

$$I_{prim} = 2000 \cdot (0.035\,A + 10 \cdot 0.0034\,A + 0\,A) \approx 140A$$

(Уравнение 109)

Мощность стабилизирующего резистора рассчитывается как:

$$P \geq \frac{(436V)^2}{5900\Omega} \approx 32W$$

(Уравнение 110)

На основе уравнения 111 и уравнения 112 проверяется, требуется ли варистор.

$$U_{max} = \frac{25000A}{2000}(5900\Omega + 15.75\Omega + 1.00\Omega) \approx 74.0kV$$

(Уравнение 111)

$$\ddot{u} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 436V \cdot (74000V - 436V)} \approx 16.0kV$$

(Уравнение 112)

В данном случае требуется варистор (по одному в каждой фазе), так как напряжение при повреждении превышает 2 кВ.

Ток утечки через варистор VDR при напряжении стабилизации можно узнать из руководство по эксплуатации варистора, здесь предполагается, что он равен приблизительно 2 мА при напряжении стабилизации

$$Iu \approx 0.002\,A$$

(Уравнение 113)

Чувствительность защиты можно пересчитать с учетом тока утечки через варистор в соответствии с уравнением 114.

$$I_{prim} = 2000 \cdot (0.035\,A + 10 \cdot 0.0034\,A + 0.002\,A) \approx 142A$$

(Уравнение 114)

4.3.5.7 Сигналы

Таблица 452: Входные сигналы функции HIAPDIF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 453: Входные сигналы функции HIBPDIF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 454: Входные сигналы функции HICPDIF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 455: Выходные сигналы функции HIAPDIF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 456: Выходные сигналы функции HIBPDIF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

Таблица 457: Выходные сигналы функции HICPDIF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.3.5.8 Уставки

Таблица 458: Групповые уставки функции HIAPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уставка срабат	1,0...200,0	%Iном	1,0	5,0	Значение срабатывания, в % от номинального тока
Мин время срабат	20...300000	мс	10	20	Мин время срабат

Таблица 459: Общие уставки функции HIAPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 460: Общие уставки функции HIAPDIF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата

Таблица 461: Групповые уставки функции HIBPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уставка срабат	1,0...200,0	%Iном	1,0	5,0	Значение срабатывания, в % от номинального тока
Мин время срабат	20...300000	мс	10	20	Мин время срабат

Таблица 462: Общие уставки функции HIBPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 463: Общие уставки функции HIBPDIF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата

Таблица 464: Групповые уставки функции HICPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уставка срабат	1,0...200,0	%Iном	1,0	5,0	Значение срабатывания, в % от номинального тока
Мин время срабат	20...300000	мс	10	20	Мин время срабат

Таблица 465: Общие уставки функции HICPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 466: Общие уставки функции HICPDIF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата

4.3.5.9 Контролируемые данные

Таблица 467: Контролируемые данные функции HIAPDIF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
HIAPDIF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 468: Контролируемые данные функции HIBPDIF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
HIBPDIF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 469: Контролируемые данные функции HICPDIF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
HICPDIF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.3.5.10 Технические данные

Таблица 470: Технические данные функции HIxPDIF

Параметр		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц		
		± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$I_{авар}$ = 2,0 × установленное *Пусковое значение*	12 мс	16 мс	24 мс
	$I_{авар}$ = 10 × установленное *Пусковое значение*	10 мс	12 мс	14 мс
Время возврата		<40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% уставки или ±20 мс		

1) *Режим измерения* = по умолчанию (в зависимости от ступени), ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, ток замыкания при номинальной частоте и с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.3.5.11 Данные о технических изменениях

Таблица 471: Данные о технических изменениях функции HIxPDIF

Версия	Изменение
B	Название функции изменено с HIPDIF на HIAPDIF, HIBPDIF, HICPDIF.

4.3.6 Дифференциальная защита электрических машин, ступень с торможением и дифференциальная отсечка MPDIF

4.3.6.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Дифференциальная защита электрических машин, ступень с торможением и дифференциальная отсечка	MPDIF	3dI>G/M	87G/M

4.3.6.2 Функциональный блок

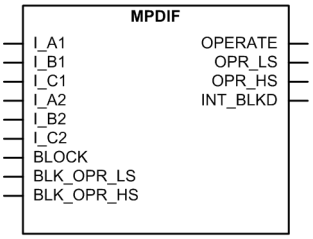


Рис. 291: Функциональный блок

4.3.6.3 Функциональные возможности

Функция стабилизированной быстродействующей дифференциальной защиты электрических машин MPDIF — это защита с абсолютной селективностью. Вероятность внутренних повреждений электрической машины относительно невелика. Однако последствия таких повреждений, как с точки зрения стоимости ремонта, так и с точки зрения производственных потерь, очень значительны, что делает дифференциальную защиту исключительно важной.

Устойчивость дифференциальной защиты увеличивается за счет фильтра апериодической составляющей. Эта функция при необходимости временно снижает чувствительность дифференциальной защиты, чтобы избежать отключения электрической машины при внешних повреждениях с большим содержанием апериодических составляющих. Функция MPDIF также включает блокировку по насыщению трансформатора тока, которая предотвращает ненужное отключение при обнаружении броска тока намагничивания при выполнении переключений, при повышении напряжения или при внешних КЗ.

4.3.6.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции MPDIF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

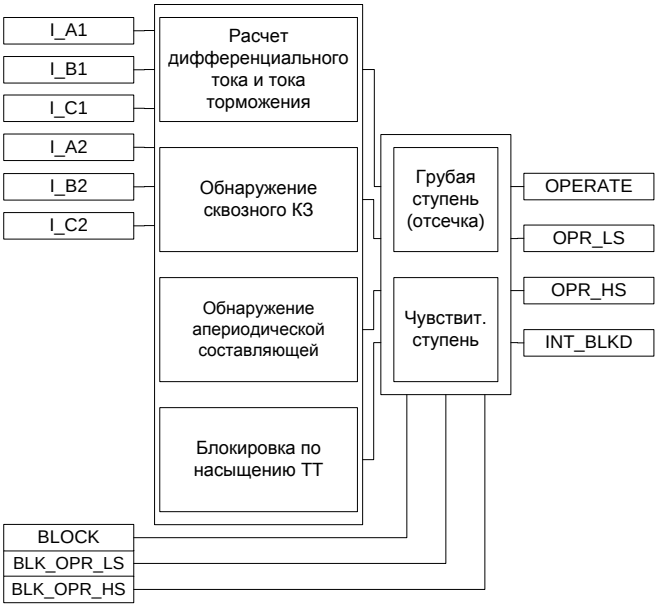


Рис. 292: Функциональная схема

Расчет дифференциального тока и тока торможения

Блок расчета дифференциального тока рассчитывает дифференциальный ток. Дифференциальный ток представляет собой разность фазного тока и тока нейтрали электрической машины. Фазные токи $\bar{I}_1$ и $\bar{I}_2$ означают составляющие основной частоты со стороны фазных выводов и со стороны нейтрали. Амплитуду дифференциального тока I_d можно рассчитать по уравнению (при условии, что прямым направлением тока считается направление к электрической машине):

$$I_d = \left|\bar{I}_1 + \bar{I}_2\right|$$

(Уравнение 115)

При нормальных условиях в области, защищенной этим функциональным блоком, повреждения нет, поэтому токи $\bar{I}_1$ и $\bar{I}_2$ равны, а дифференциальный ток $I_d = 0$. Но практика показывает наличие определенного дифференциального тока из-за погрешности трансформаторов со стороны фазеых выводов и и со стороны выводов нейтрали, но этот ток при нормальных условиях очень небольшой.

Настоящий модуль рассчитывает дифференциальный ток по всем трем фазам.

Чувствительная ступень дифференциальной защиты - это ступень с торможением по току. Ток торможения также известен как ток стабилизации. Стабилизация означает, что дифференциальный ток, необходимый для срабатывания, увеличивается в зависимости от величины тока торможения и характеристик срабатывания. При возникновении внутреннего повреждения

токи по обеим сторонах защищенного объекта направлены к объекту. Это приводит к тому, что ток торможения становится значительно меньше, что делает срабатывание защиты более чувствительным при внутренних повреждениях.

Традиционный способ расчета тока торможения:

$$I_b = \left| \frac{\bar{I}_1 - \bar{I}_2}{2} \right|$$

(Уравнение 116)

Модуль рассчитывает ток торможения по всем трем фазам.

Обнаружение сквозного КЗ

Блок обнаружения сквозного КЗ (TF) предназначен для определения типа повреждения, т.е. является ли повреждение внешним, т.е. сквозным, или внутренним. Эта информация очень важна для обеспечения правильной работы защиты при насыщении трансформатора тока.

- При сквозном повреждении трансформаторы тока могут насыщаться из-за большой величины тока повреждения. Такое насыщение ТТ в переходном режиме (без апериодической составляющей) не происходит сразу же в начале повреждения. Таким образом, модуль TF рассматривает повреждение как внешнее, так как ток торможения высок, но при этом дифференциальный ток остается небольшим. Если в этом случае происходит насыщение ТТ в переходном режиме (без апериодической составляющей), то для предотвращения срабатывания разрешается блокировка по насыщению ТТ.
- Обычно фазный угол между нейтралью электрической машины и ТТ на стороне линии составляет 180 градусов. Если внутреннее повреждение происходит при сквозном повреждении, угол менее 50 градусов четко указывает на наличие внутреннего повреждения, а также на то, что модуль TF берет на себя управление и отменяет любую блокировку в результате насыщения ТТ.

Блокировка по насыщению ТТ

Насыщение трансформаторов тока может происходить при повышении тока при пуске двигателя или при аномальных бросках тока намагничивания при повышении напряжения (двигатель с подключением через трансформатор), или же при внешнем повреждении. Неравномерное насыщение ТТ в точке звезды и на стороне линии (например, из-за различной нагрузки) может привести к появлению дифференциального тока, которые вызовет срабатывание дифференциальной защиты. Этот модуль блокирует срабатывание чувствительной ступени с торможением функции MPDIF внутренним путем при насыщении ТТ. После активации блокировка сохраняется в течение определенного времени после исчезновения вызвавших ее условий.

Обнаружение апериодической составляющей

При обнаружении апериодической составляющей функция временно загрубляет дифференциальную защиту. Действие этого модуля зависит от уставки *ВводАпериодТорм* . Апериодические составляющие постоянно извлекаются из моментальных значений трех дифференциальных токов. Самое большое значение апериодической составляющей из трех берется в качестве значения для торможения как самое эффективное, т.е. временно чувствительность защиты уменьшается как функция этого самого большого значения торможения. Расчетный ток торможения по апериодической составляющей не должен затухать (от наибольшего измеренного значения) быстрее, чем истечет постоянная времени, равная одной секунде. Значение временного действующего ограничения чувствительности имеет верхний предел и ограничивается номинальным током электрической машины или в 3,3 раза больше значения уставки *Чувствит уставка*, в зависимости от того, что меньше. Временный дополнительный предел затухает по экспоненциальному закону с максимальной величины с постоянной времени, равной одной секунде.

Эта функция должна применяться в сетях, где ожидается использование очень больших постоянных времени. Значение временного предела чувствительности выше заданных характеристик срабатывания. Другими словами, временный предел имеет больший приоритет, чем характеристика срабатывания, и временно определяет наибольшую чувствительность защиты. Временная чувствительность меньше чувствительности, определяемой участком 1 рабочей характеристики, и предполагается, что она предотвратит непредусмотренное срабатывание при внешних повреждениях с токами небольшой величины.

Чувствит ступень с торм.

Дифференциальная токовая защита должна иметь ступень с торможением, так как вероятной причиной появление дифференциального тока может быть не повреждение электрической машины, а что-то другое. При дифференциальной защите ложный дифференциальный ток может быть вызван следующими причинами:

- Погрешности ТТ
- Насыщение ТТ при больших токах, проходящих через электрическую машину

Дифференциальный ток, вызванный погрешностями ТТ, увеличивается в процентном отношении так же, как и ток нагрузки.

Большие токи, проходящие через защищенный объект, могут быть вызваны сквозным КЗ. Таким образом, срабатывание дифференциальной защиты происходит с торможением в отношении тока нагрузки. В дифференциальной защите с торможением чем выше ток нагрузки, тем выше дифференциальный ток, необходимый для срабатывания защиты.

Модуль с низкой уставкой со смещением путем анализа условий, проверенных модулем сквозного повреждения, модулем обнаружения (составляющей) постоянного тока и модулями блокировки по насыщению ТТ, принимает решение, вызван ли дифференциальный ток внутренним отказом или какой-либо ложной причиной. При выявлении насыщения сквозного повреждения, постоянного тока или ТТ формируется внутренний сигнал блокировки дифференциального тока, который, в свою очередь, блокирует сигнал срабатывания. При внутренних повреждениях на срабатывание дифференциальной защиты влияет ток смещения.

Значение параметра *Основная уставка* ступени с торможением функционального блока определяется следующим уравнением:

$$\textit{Низ. значение срабат.} = I_{d1}$$

(Уравнение 117)

Значение параметра *Наклон 2 участка* и *Наклон 3 участка* определяются соответственно:

$$\textit{Наклон участка 2} = \frac{I_{d2}}{I_{b2}} \cdot 100\%$$

(Уравнение 118)

$$\textit{Наклон участка 3} = \frac{I_{d3}}{I_{b3}} \cdot 100\%$$

(Уравнение 119)

Конец первого участка *Конец участка 1* может устанавливаться в нужной точке в диапазоне от 0 до 100 процентов (или % I_r). Соответственно, конец второго участка *Конец участка 2* может устанавливаться в диапазоне от 100 до 300 процентов (или % I_r).

Наклон характеристики срабатывания функционального блока меняется в различных частях диапазона.

На участке 1, где 0,0 < I_b/I_n < уставки *Конец 1 участка*, необходимый для срабатывания дифференциальный ток является постоянным. Значение дифференциального тока равно значению уставки *Чувствит уставка* данного функционального блока. Уставка *Основная уставка* учитывает небольшие погрешности трансформаторов тока, но она также может использоваться и для того, чтобы оказать воздействие на общий уровень характеристики срабатывания.

Участок 2, где *Конец 1 участка* < I_b/I_n < *Конец 2 участка*, называется областью воздействия уставки *Наклон 2 участка*. На этом участке изменение уставки *Конец 2 участка* оказывает влияние на наклон характеристики, то есть на то, насколько большим должно быть изменение дифференциального тока, необходимое для срабатывания, в зависимости от изменения тока

нагрузки. Уставка *Конец 2 участка* учитывает определенные погрешности ТТ.

На участке 3, где I_b/I_n > *Конец участка 2*, наклон характеристики можно задать с помощью параметра *Наклон 3 участка*, который определяет увеличение дифференциального тока при соответствующем увеличении тока торможения.

Дифференциальный ток, необходимый для срабатывания защиты при определенном уровне тока торможения можно рассчитать по следующим формулам:

При величине тока торможения меньше значения уставки *Конец 1 участка*

$$I_{d\ срab.}\ [\%I_r] = уставка\ низ.\ значения\ срабат.$$

(Уравнение 120)

При величине тока торможения больше значения уставки *Конец 1 участка* , но меньше значения уставки *Конец 2 участка*

$$I_{d\ срab.}\ [\%I_r] = Низ.\ значение\ срабат. + (I_b\ [\%I_r] - конец\ 1\ участка) \bullet Наклон\ участка\ 2$$

(Уравнение 121)

При более высоких значениях тока торможения, превышающих значение уставки *Конец участка 2*

$$I_{d\ срab.}\ [\%I_r] = Низ.\ значение\ срабат. + (конец\ 2\ участка - конец\ 1\ участка) \bullet Наклон\ участка\ 2 + (I_b\ [\%I_r] - конец\ 2\ участка) \bullet Наклон\ участка\ 3$$

(Уравнение 122)

Когда величина дифференциального тока превышает значение срабатывания, которое определяется характеристиками срабатывания, активируется выход OPR_LS. Выход OPERATE всегда становится активным при активации выхода OPR_LS.

Сигнал срабатывания ступени с торможением можно блокировать путем активации входа BLK_OPR_LS или BLOCK. К тому же, когда срабатывание ступени с торможением блокируется функцией блокировки по форме сигнала, становится активным выход INT_BLKD в зависимости от информации о фазе.

Разность фазных углов между двумя токами I_A1 и I_A2 теоретически составляет 180 электрических градусов при внешнем повреждении и 0 электрических градусов при внутреннем повреждении. Если разность фазных углов составляет менее 50 электрических градусов или если ток торможения опускается ниже 30% от дифференциального тока, то, скорее всего, повреждение имеет место в зоне, защищенной функцией MPDIF. Тогда внутренние сигналы блокировки (по насыщению ТТ или по апериодической составляющей) ступени с торможением запрещаются.

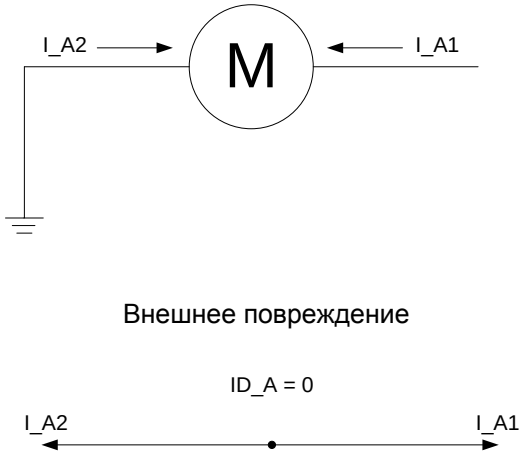


Рис. 293: Прямое направление тока

Дифференциальная отсечка

Дифференциальная защита включает быстродействующую грубую ступень без торможения (отсечку). При срабатывании отсечки выход OPR_HS активируется, когда амплитуда составляющей основной частоты дифференциального тока превышает заданное значение *Уставка дифотсечки* или когда мгновенные пиковые значения дифференциального тока превышают значение 2,5 · *Уставка дифотсечки*. Коэффициент 2,5 (= 1,8 · √2) получен на основании максимального несимметричного тока повреждения.

Выход OPERATE всегда становится активным при активации выхода OPR_HS.

Внутренние сигналы блокировки функционального блока не предотвращают срабатывания отсечки. При необходимости сигнал срабатывания отсечки может блокироваться дискретными входами BLK_OPR_HS или BLOCK.

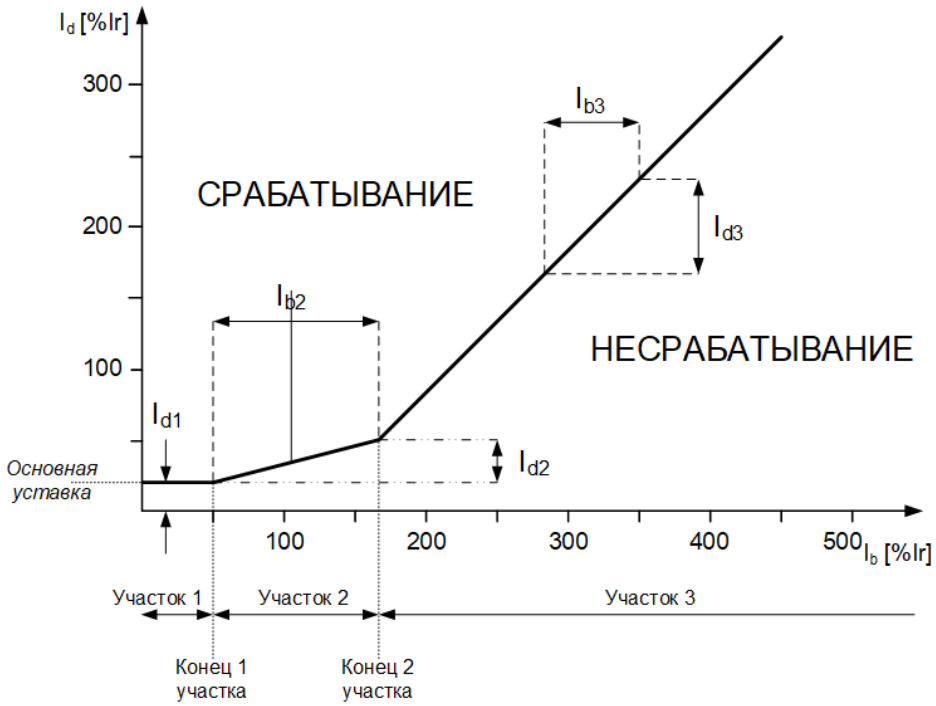


Рис. 294: Характеристика срабатывания ступени с торможением дифференциальной защиты генератора

4.3.6.5 Применение

Дифференциальная защита работает по принципу расчета дифференциального тока на двух концах обмотки, то есть, входящий в обмотку ток сравнивается с выходящим из обмотки током. При внутреннем повреждении токи на входе в обмотку и на выходе различны, что приводит к появлению дифференциального тока, который затем используется для формирования сигнала срабатывания. Благодаря этому принципу дифференциальная защита на срабатывает при внешних повреждениях. Но следует обратить внимание на то, что внутренние повреждения в одной фазе обычно не обнаруживаются до тех пор, пока они не перерастут в какой-либо другой тип повреждения.

Короткое замыкание между фазами обмотки статора обычно приводит к возникновению больших токов КЗ. При коротком замыкании возникает риск повреждения изоляции, обмоток и сердечника статора. Сила тока при больших КЗ может повредить и другие компоненты электрической машины. Короткое замыкание может также вызвать взрыв и пожар. При возникновении в электрической машине короткого замыкания появляется повреждение, которое необходимо устранить. Серьезность повреждения и время ремонта зависят от степени повреждения, которая, в свою очередь, сильно зависит от времени повреждения. Для ограничения ущерба и убытков исключительно важно быстрое устранение повреждений такого типа.

Для сокращения ущерба от КЗ обмотки статора время устранения короткого замыкания должно быть как можно короче (мгновенным). Подпитку током КЗ от внешней энергосистемы (через электрическую машину или блочный выключатель) или от самой машины необходимо отключить как можно скорее.

В случае большой постоянной времени апериодической составляющей в токе повреждения должен использоваться фильтр апериодической составляющей. Этот ток повреждения может иметь меньшую величину (менее номинального тока), но это "нехороший" ток, при котором происходит насыщение ТТ и срабатывание дифференциальной защиты при внешних повреждениях. Эта функция эффективна при сквозных токах умеренной величины, но неэффективна при сквозных токах большой величины.

Хотя обычно ток КЗ очень большой, то есть, гораздо больше номинального тока электрической машины, существует возможность короткого замыкания между фазами вблизи нейтрали машины, при этом ток повреждения будет небольшим. Ток повреждения, идущий от синхронной электрической машины, также может быть ограниченным из-за низкого возбуждения синхронного генератора. Это обычно происходит в период пуска синхронной машины, до синхронизации с сетью. Таким образом, для обнаружения междуфазных КЗ электрической машины необходима относительно высокая чувствительность, чтобы можно было обнаружить токи небольшой величины.

Также очень важно, чтобы защита электрической машины от коротких замыканий не срабатывала при внешних повреждениях, когда от машины идут большие токи КЗ. Объединить быстрое устранение повреждения, чувствительность и селективность поможет применение дифференциальной защиты электрических машин, которая является наилучшим вариантом для защиты от междуфазных коротких замыканий.

Риск непредусмотренного срабатывания дифференциальной защиты из-за насыщения трансформатора тока - это общая проблема дифференциальной защиты. Если большая синхронная электрическая машина отключается при внешнем коротком замыкании, возрастает риск развала энергосистемы. Кроме того, каждое непредусмотренное отключение машины - это производственные потери. Таким образом, предупреждение непредусмотренного отключения машин имеет огромную экономическую выгоду.

Рекомендации по выбору трансформаторов тока

Чем важнее защищаемый объект, тем большее внимание следует уделять трансформаторам тока. Обычно невозможно выбрать трансформатор тока таким образом, чтобы он повторял токи с высоким уровнем апериодических составляющих без насыщения при высоком магнитном потоке. Функция дифференциальной защиты срабатывает надежно даже при частичном насыщении трансформаторов тока.

Рекомендуемый класс точности трансформаторов тока, используемый с функцией дифференциальной защиты – 5P, в котором предел токовой погрешности при номинальном первичном токе составляет 1%, а предельное значение сдвига фаз составляет 60 минут. Предел полной погрешности трансформатора при предельном первичном токе для данной номинальной погрешности составляет 5%

Приблизительное значение номинальной предельной кратности F_a, соответствующее фактической нагрузке трансформатора тока, можно рассчитать на базе номинальной предельной кратности F_n (ALF) при номинальной нагрузке S_n, внутренней нагрузке S_{in} и фактической нагрузке S_a трансформатора тока.

$$F_a = F_n \times \frac{S_{in} + S_n}{S_{in} + S_a}$$

(Уравнение 123)

Пример 1

Номинальная нагрузка S_n трансформатора тока 5P20 составляет 10 ВА, вторичный номинальный ток – 5A, внутреннее сопротивление R_{in} = 0,07 Ом, а номинальная предельная кратность F_n, соответствующая номинальной нагрузке, составляет 20 (5P20). Таким образом, собственная нагрузка трансформатора тока S_{in} = (5A)² × 0,07 Ом = 1,75 ВА. Входное полное сопротивление ИЭУ при номинальном токе 5 А составляет < 20 мОм. Если измерительные проводники имеют сопротивление 0,113 Ом, фактическая нагрузка трансформатора тока составляет S_a = (5A)² × (0,113 + 0,020) Ом = 3,33 ВА. Таким образом, номинальная предельная кратность F_a, соответствующая фактической нагрузке, равна приблизительно 46.

Нагрузка ТТ может существенно увеличиться при номинальном токе 5 А. Фактическая нагрузка ТТ снижается при номинальном токе 1 А при одновременном улучшении воспроизводимости.

При повреждениях в защищенной зоне токи могут быть очень большими по сравнению с номинальными токами трансформаторов тока. Благодаря быстродействующей ступени (отсечке) функционального блока дифференциальной защиты, достаточно, что трансформаторы тока способны передать ток, требуемый для мгновенного отключения во время первого периода.

Таким образом, обычно трансформаторы тока могут передавать несимметричный ток повреждения без насыщения в течение следующих 10 мс после возникновения повреждения, чтобы обеспечить соответствие времени срабатывания ИЭУ времени невозврата.

Номинальная предельная кратность, соответствующая фактической нагрузке трансформатора фазного тока, который используется в дифференциальной защите, должна удовлетворять требованию:

$$F_a > K_r \times Ik_{\max} \times (T_{dc} \times \omega \times (1 - e^{\frac{-T_m}{T_{dc}}}) + 1)$$

(Уравнение 124)

Ik_{kmax}	Максимальный ток сквозного повреждения (в I_R), при котором защита не может срабатывать
T_{dc}	Постоянная времени апериодической составляющей первичной обмотки по отношению к Ik_{max}
ω	Угловая частота, т. е. 2 x π x f_n
T_m	Время до насыщения, т.е. продолжительность правильной трансформации до насыщения трансформатора
K_r	Коэффициент остаточной намагниченности 1/(1-r), где r – максимальная остаточная магнитная индукция в относительных единицах от магнитной индукции насыщения

Параметр r – максимальная остаточная магнитная индукция в сердечнике ТТ в относительных единицах от магнитной индукции насыщения. Значение параметра r зависит от используемого магнитного материала и конструкции ТТ. Например, если значение r =0,4, остаточная магнитная индукция может быть 40 % от магнитной индукции насыщения. Если требуется точное значение параметра r, необходимо обратиться к производителю трансформатора. При отсутствии точного значения рекомендуется использовать значение r=0,4.

Требуемое минимальное время до насыщения T_m в функции MPDIF составляет половину периода основной частоты (10 мс при f_n = 50 Гц).

Для определения достаточно точного значения номинальной предельной кратности F_a рассматриваются два типовых случая:

1. Повреждение на станционной шине.

   Защита должна быть устойчивой при повреждениях, возникающих при нормальной рабочей ситуации. Повторное включение трансформатора на фоне повреждения шины приводит к возникновению очень больших токов и тепловому напряжению. Следовательно, повторное включение в таком случае является нежелательным. Величиной остаточного магнитного потока можно пренебречь.
   Максимальный сквозной ток повреждения Ik_{max} обычно для двигателя составляет 6 I_R. При коротком замыкании вблизи питающего трансформатора постоянная времени апериодической составляющей T_{dc} тока повреждения почти одинакова с таковой трансформатора, типичным значением является 100 мс.

   I_{kmax} = 6 I_R
   T_{dc} = 100 мс
   ω = 100π Гц
   T_m = 10 мс

K_r = 1

При подстановке в Уравнение 124 этих значений получим следующий результат:

$$F_a > K_r \times Ik_{\max} \times (T_{dc} \times \omega \times (1 - e^{\frac{-T_m}{T_{dc}}}) + 1) \approx 24$$

2. Повторное включение на фоне повреждения в более отдаленной части сети.

   Защита должна быть устойчивой при повторном включении на фоне повреждения в линии. В таком случае наличие остаточного магнитного потока очень вероятно. Здесь он принимается за 40 %.
   С другой стороны, теперь ток повреждения меньше, и, так как в этом месте отношение активного сопротивления к реактивному больше, полное смещение апериодической составляющей невозможно. Более того, постоянная времени апериодической составляющей (T_{dc}) тока повреждения теперь меньше, здесь принимается за 50 мс.
   Допустим, что максимальный ток повреждения на 30% ниже, чем при повреждении на шине, и смещение апериодической составляющей – максимум 90%.

   I_{kmax} = 0,7 × 6 = 4,2 (I_R)
   T_{dc} = 50 мс
   ω = 100π Гц
   T_m = 10 мс
   K_r = 1/(1-0,4) = 1,6667

   При подстановке в Уравнение 124 этих значений получим следующий результат:

$$F_a > K_r \times Ik_{\max} \times 0.9 \times (T_{dc} \times \omega \times (1 - e^{\frac{-T_m}{T_{dc}}}) + 1) \approx 24$$

Если фактическую нагрузку ТТ S_a из уравнения расчета номинальной предельной кратности невозможно снизить настолько, чтобы обеспечить достаточное значение для F_a, существует два варианта решения такой задачи:

1. Можно выбрать ТТ с более высокой номинальной нагрузкой S_n (что также означает повышение номинальной предельной кратности F_n).
2. Можно выбрать ТТ с более высоким номинальным предельным током I_{1n} (но с такой же номинальной нагрузкой).

Вариант 2 экономически эффективней, и, следовательно, лучше, хотя при его использовании несколько снижается чувствительность схемы.

Пример 2

Здесь показано, какие действие необходимо предпринять по варианту 2, чтобы улучшить фактическую номинальную предельную кратность.

$$F_a = \left(\frac{I_R CT}{I_R Motor} \right) \times F_n$$

(Уравнение 125)

I_RCT	номинальный первичный ток ТТ, например, 1500 А
I_RMotor	номинальный ток защищенного двигателя, например, 1000 А
F_n	номинальная предельная кратность ТТ, например, 30
F_a	фактическая номинальная предельная кратность в результате выбора большего трансформатора тока; подставив значения в уравнение, получим F_a = 45

В дифференциальной защите очень важно, чтобы значения номинальной предельной кратности F_a фазных трансформаторов тока на обеих сторонах соответствовали друг другу, т.е. нагрузки ТТ на обеих сторонах должны быть равны, насколько это возможно. Если через защищенный объект, когда он подключен к сети, пройдут броски тока или пусковые токи с большим содержанием апериодических составляющих, необходимо особое внимание к работе и нагрузкам трансформаторов тока, а также к выбору уставок этого функционального блока.

Подключение трансформаторов тока

Подключения первичных трансформаторов тока обозначены "Тип 1" и "Тип 2".

- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 ИЭУ противоположны, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение "Тип 1". Примеры подключения по Типу 1 показаны на рисунках 295 и 296.
- Если положительные направления токов обмотки 1 и обмотки 2 ИЭУ совпадают, параметр *Тип подключения ТТ* имеет значение "Тип 2". Примеры подключения по Типу 2 показаны на рисунках 297 и 298.
- По умолчанию *Тип подключения ТТ* - "Тип 1".

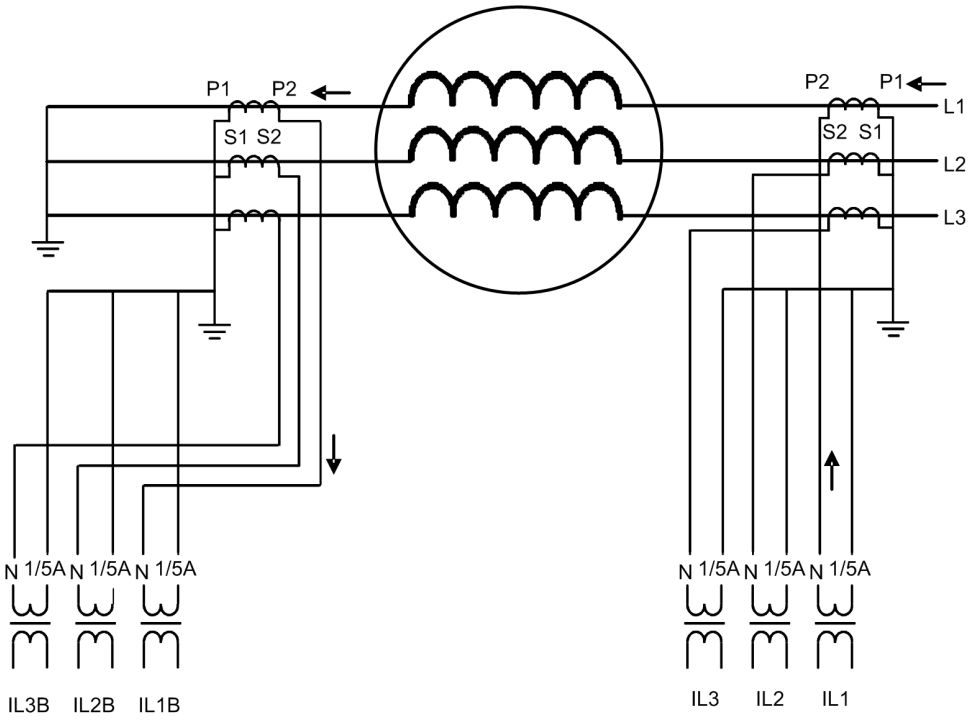


Рис. 295: Подключение трансформатора тока по типу 1, пример 1

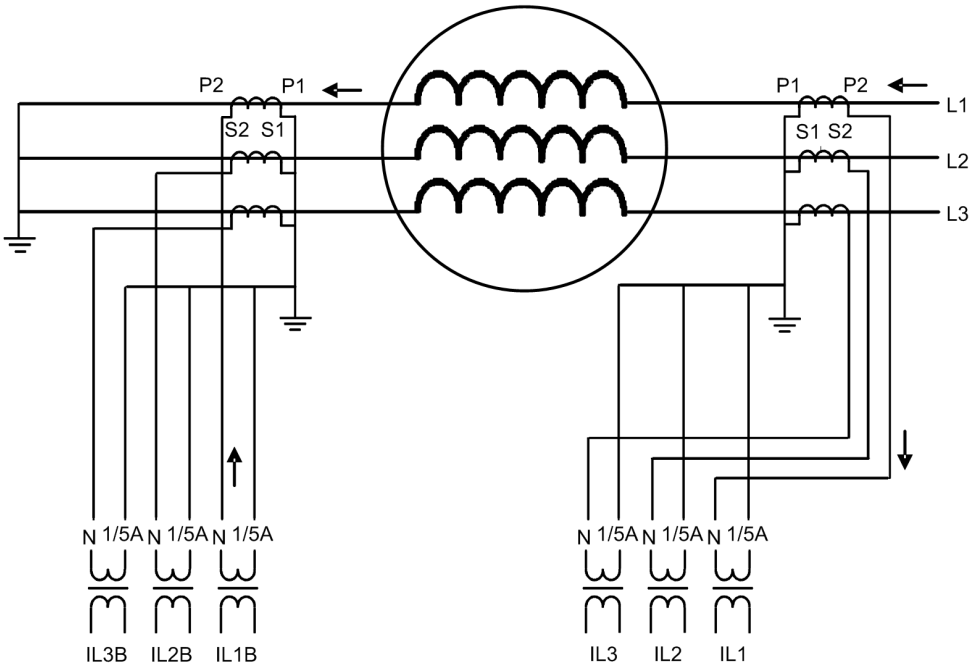


Рис. 296: Пример 2 подключения трансформатора тока по Типу 1

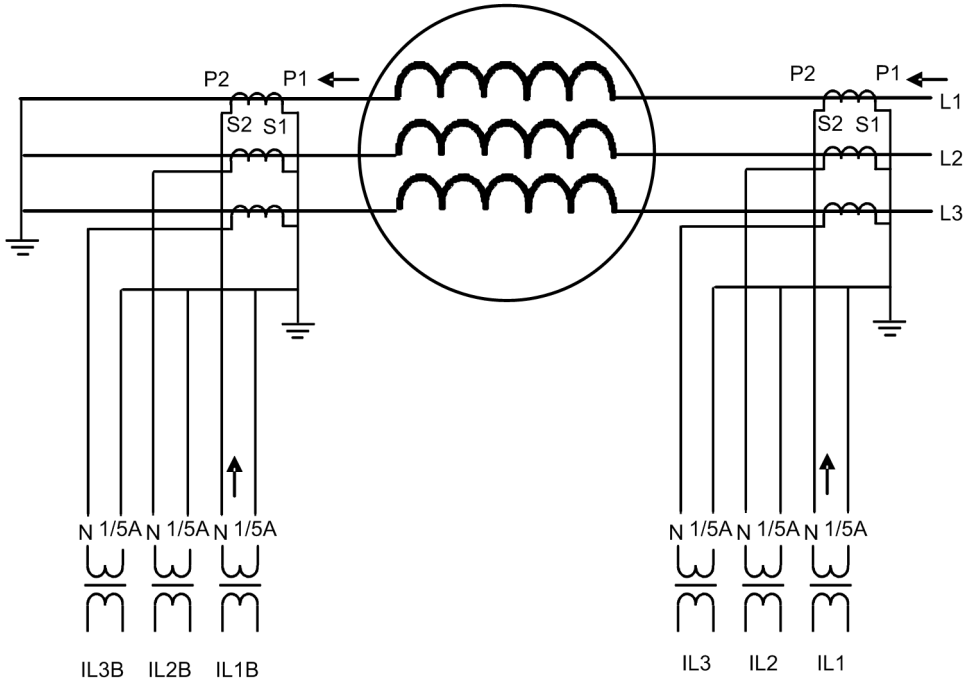


Рис. 297: Подключение трансформатора тока по типу 2, пример 1

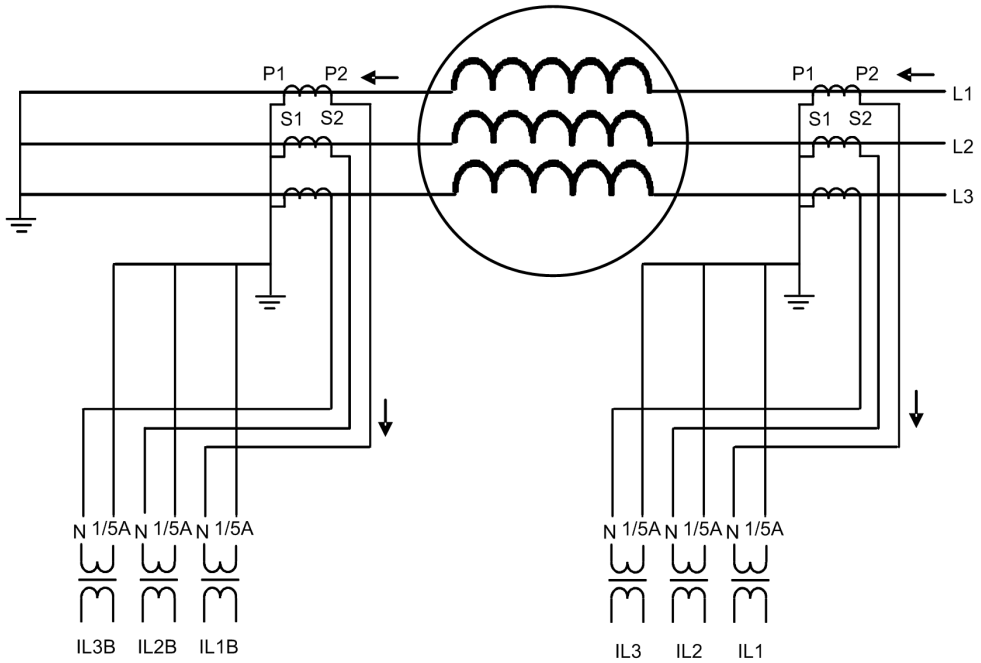


Рис. 298: Пример 2 подключения трансформатора тока по Типу 2

Насыщение трансформаторов тока

Существует два основных типа насыщения, которые необходимо обнаружить: насыщение в установившемся режиме (без апериодической составляющей) и насыщение в переходном режиме (с апериодической составляющей). Насыщение в установившемся режиме (без апериодической составляющей) вызвано большим током повреждения, когда магнитный поток ТТ превышает максимальное значение. В результате происходит искажение вторичного тока, как показано на Рисунке 299. Апериодическая составляющая тока также вызывает увеличение магнитного потока до насыщения трансформатора тока. Это называется насыщением в переходном режиме (с апериодической составляющей).

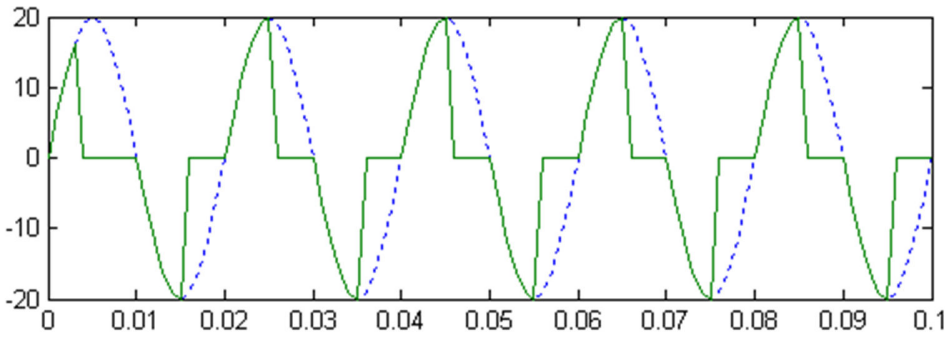


Рис. 299: Насыщение в установившемся режиме (без апериодической составляющей)

При коротком замыкании в линии электропередачи в токе КЗ содержится апериодическая составляющая. Величина апериодической составляющей зависит от фазного угла в момент возникновения КЗ. На Рисунке 300 показан вторичный ток ТТ при повреждении. Из-за наличия апериодической составляющей магнитный поток достигает максимального значения за 0,07 секунд, вызывая насыщение. По мере затухания апериодической составляющей трансформатор тока постепенно выходит из состояния насыщения.

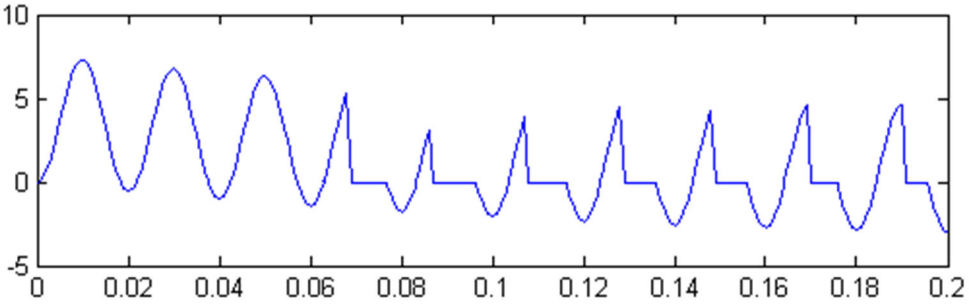


Рис. 300: Насыщение в переходном режиме (с апериодической составляющей)

4.3.6.6 Сигналы

Таблица 472: Входные сигналы функции MPDIF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A1	СИГНАЛ	0	Первичный ток в фазе A
I_B1	СИГНАЛ	0	Первичный ток в фазе B
I_C1	СИГНАЛ	0	Первичный ток в фазе C
I_A2	СИГНАЛ	0	Вторичный ток в фазе A
I_B2	СИГНАЛ	0	Вторичный ток в фазе B
I_C2	СИГНАЛ	0	Вторичный ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
BLK_OPR_LS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка выходов срабатывания от ступени с торможением
BLK_OPR_HS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка выходов срабатывания от быстродействующей ступени (отсечки)

Таблица 473: Выходные сигналы функции MPDIF

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
OPR_LS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания от чувствительной ступени
OPR_HS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания от грубой ступени
INT_BLKD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние внутренней блокировки

4.3.6.7 Уставки

Таблица 474: Групповые уставки функции MPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Основная уставка	5...30	%Iном	1	5	Основная уставка пуска ступени с торможением
Уставка дифотсечки	100...1000	%Iном	10	500	Уставка срабатывания дифференциальной отсечки
Наклон 2 участка	10...50	%	1	30	Наклон 2 участка характеристики
Конец 1 участка	0...100	%Iном	1	50	Точка перегиба между первым и вторым участком характеристики
Конец 2 участка	100...300	%Iном	1	150	Точка перегиба между вторым и третьим участком характеристики

Таблица 475: Групповые уставки функции MPDIF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Наклон 3 участка	10...100	%	1	100	Наклон третьего участка характеристики
ВводАпериодТорм	0=Нет 1=Да			0=Нет	Уставка ввода в работу функции торможения по апериодической составляющей

Таблица 476: Общие уставки функции MPDIF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Тип подключения ТТ	1=Тип 1 2=Тип 2			1=Тип 1	Тип подключения ТТ. Определяется направленностью подключенных ТТ
Коэф выравн ТТ линии	0.40...4.00		0.01	1.00	Коррекция Ктт, сторона линии
Коэф выравн ТТ нейтр	0.40...4.00		0.01	1.00	Коррекция Ктт, сторона нейтрали

4.3.6.8 Контролируемые данные

Таблица 477: Контролируемые данные функции MPDIF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
OPR_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Срабатывание по фазе A
OPR_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Срабатывание по фазе B
OPR_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Срабатывание по фазе C
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
INT_BLKD_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние внутренней блокировки по фазе A
INT_BLKD_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние внутренней блокировки по фазе B
INT_BLKD_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Состояние внутренней блокировки по фазе C
ID_A	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Дифференциальный ток фазы A
ID_B	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Дифференциальный ток фазы B
ID_C	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Дифференциальный ток фазы C
IB-A	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Ток торможения по фазе A
IB_B	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Ток торможения по фазе B
IB_C	FLOAT32	0.00...80.00	xIном	Ток торможения по фазе C
I_ANGL_A1_B1	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазный угол тока Фаза A - Фаза B, сторона линии
I_ANGL_B1_C1	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазный угол тока Фаза B - Фаза C, сторона линии
I_ANGL_C1_A1	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазный угол тока Фаза C - Фаза A, сторона линии
I_ANGL_A2_B2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазный угол тока Фаза A - Фаза B, сторона нейтрали
I_ANGL_B2_C2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазный угол тока Фаза B - Фаза C, сторона нейтрали
I_ANGL_C2_A2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазный угол тока Фаза C - Фаза A, сторона нейтрали
I_ANGL_A1_A2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Разность фазных углов тока линии и нейтрали, фаза A
I_ANGL_B1_B2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Разность фазных углов тока линии и нейтрали, фаза B
I_ANGL_C1_C2	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Разность фазных углов тока линии и нейтрали, фаза C
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
MPDIF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
A-дифф.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе A
B-дифф.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе B
C-дифф.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда дифференциального тока в фазе C
A-торм.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе A
B-торм.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе B
C-торм.	FLOAT32	0.00...80.00		Измеренная амплитуда тока торможения в фазе C

4.3.6.9 Технические данные

Таблица 478: Технические данные функции MPDIF

Параметр		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц		
		±3% уставки или ±0,002 x $I_{ном}$		
Время срабатывания 1)2)		Мин.	Типов.	Макс.
	Чувствит. ступень	36 мс	40 мс	42 мс
	Грубая ступень	18 мс	22 мс	27 мс
Время возврата		<40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,95		
Время невозврата		<20 мс		

1) $F_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания сильноточного выходного контакта

4.4 Защита от несимметрии

4.4.1 Максимальная токовая защита обратной последовательности NSPTOC

4.4.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Максимальная токовая защита обратной последовательности	NSPTOC	I2>	46

4.4.1.2 Функциональный блок

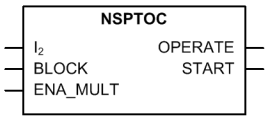


Рис. 301: Функциональный блок

4.4.1.3 Функциональные возможности

Функция МТЗ обратной последовательности NSPTOC используется для увеличения чувствительности при обнаружении однофазного режима, междуфазных замыканий или несимметричных нагрузок, например, из-за обрыва проводников или несимметричных напряжений фидера.

Функция NSPTOC может также использоваться для обнаружения повреждения проводов.

Действие функции основано на измерении тока обратной последовательности. При повреждении функция запускается, когда ток обратной последовательности превышает заданное предельное значение. Характеристика срабатывания может представлять собой независимую выдержку времени (DT) либо обратнозависимую времятоковую характеристику (IDMT). В режиме с независимой выдержкой времени (DT) функция срабатывает по истечении заданной выдержки времени и сбрасывается при исчезновении тока повреждения. Режим срабатывания IDMT имеет токозависимые характеристики выдержки времени.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.4.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции NSPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

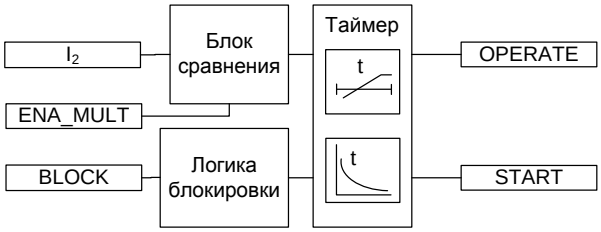


Рис. 302: Функциональная схема

Блок сравнения

Измеренный ток обратной последовательности сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если измеренное значение превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения активирует модуль таймера. Если вход ENA_MULT активен, заданное *Пусковое значение* умножается на заданное значение *МножительПускЗнач*.

ИЭУ не принимает уставки *Пусковое значение* или *МножительПускЗнач*, если эти уставки превышают диапазон настройки уставки *Пусковое значение*.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.* характеристика срабатывания может иметь независимую или обратнозависимую выдержку времени (DT или IDMT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе характеристики IDMT, программируемой пользователем, характеристики срабатывания определяются параметрами *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т.е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Действие таймера при возврате зависит от сочетания

параметров *Тип кривой срабат.*, *Тип кривой возврата* и *Время возврата* . Если же выбрана характеристика с независимой выдержкой времени, то таймер возврата будет работать до истечения заданного времени уставки *Время возврата* . При выборе характеристик IDMT параметр *Тип кривой возврата* можно установить в значение "Мгновенная", "Независимая" или "Инверсная". Характеристика возврата "Мгновенная" обеспечивает моментальный возврат. Если же тип характеристики возврата - "Независимая", то время возврата зависит от уставки *Время возврата* . Если тип характеристики возврата - "Инверсная", то время возврата зависит от величины тока в течение ситуации возврата. Выход START блокируется по истечении времени таймера возврата.

Выбор характеристики «Инверсная» поддерживается только для ANSI характеристик или для обратнозависимых характеристик, программируемых пользователем. Если же выбирается другой тип характеристики срабатывания, то в такой ситуации возврат производится моментально.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования времени срабатывания и возврата характеристики IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное возможное время срабатывания характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.

Уставка *Мин время срабат* должна использоваться с большой осторожностью, поскольку время срабатывания зависит от характеристики IDMT, но не может быть меньше значения уставки *Мин время срабат* . Более подробную информацию смотрите в разделе Обратнозависимые характеристики (IDMT) для максимальной токовой защиты в настоящем руководстве.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания

останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.4.1.5 Применение

Так как величины тока обратной последовательности отсутствуют в условиях нормальной симметричной нагрузки, органы МТЗ обратной последовательности могут настраиваться на более быстрое и более чувствительное действие, чем обычная максимальная токовая защита от междуфазных замыканий. МТЗ обратной последовательности также может использоваться в качестве резервной защиты линий от замыканий на землю в сетях с глухозаземленной нейтралью и в сетях с нейтралью, заземленной через низкое активное сопротивление.

МТЗ обратной последовательности обеспечивает резервную защиту от замыканий на землю на стороне высокого напряжения силового трансформатора, подключенного по схеме треугольник–звезда при замыканиях на землю на стороне низкого напряжения с подключением по схеме «звезда». Если замыкание на землю происходит на стороне, подключенной по схеме «звезда», величины тока обратной последовательности появляются на стороне силового трансформатора, подключенного по схеме «треугольника».

Наиболее часто МТЗ обратной последовательности используется для защиты вращающихся машин, где величины тока обратной последовательности указывают на наличие несимметричной нагрузки (несимметричные напряжения). Несимметричная нагрузка обычно приводит к перегреву машины и может привести к серьезным повреждениям даже за относительно небольшой промежуток времени.

Для согласования с другими устройствами в системе имеется множество уставок характеристик и множителей времени.

4.4.1.6 Сигналы

Таблица 479: Входные сигналы функции NSPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
BLOCK	BOOLEAN	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_MULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход масштабирования уставки по току

Таблица 480: Выходные сигналы функции NSPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
ПУСК	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.4.1.7 Уставки

Таблица 481: Групповые уставки функции NSPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.01...5.00	xIn	0.01	0.30	Пусковое значение
МножительПускЗнач	0.8...10.0		0.1	1.0	Коэффициент масштабирования пускового значения
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	40...200000	мс	10	40	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5 = ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15 = МЭК Независимая Время 17 = Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 482: Групповые уставки функции NSPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата

Таблица 483: Общие уставки функции NSPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0.0086...120.0000		1	28.2000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.0000...0.7120		1	0.1217	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.02...2.00		1	2.00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.46...30.00		1	29.10	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.0...1.0		1	1.0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 484: Общие уставки функции NSPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.4.1.8 Контролируемые данные

Таблица 485: Контролируемые данные функции NSPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
NSPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.4.1.9 Технические данные

Таблица 486: Технические данные NSPTOC

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$		
		± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
Время пуска [1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$I_{авар.}$ = 2 × уст. *Пусковое значение*	23 мс 15 мс	26 мс 18 мс	28 мс 20 мс
	$I_{авар.}$ = 10 × уст. *Пусковое значение*			
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% уставки или ±20 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени		±5,0 % от теоретического значения или ±20 мс [3)]		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …		

1) Ток обратной последовательности до повреждения = 0,0, $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Макс. *Пусковое значение* = 2,5 × $I_{ном}$, *Пусковое значение* диапазон кратности 1,5...20

4.4.1.10 Данные о технических изменениях

Таблица 487: Данные о технических изменениях функции NSPTOC

Версия	Изменение
B	Минимальное и используемое по умолчанию значение уставки *Время срабатывания* изменено на 40 мс.
C	Значение шага уставки *Множитель времени* изменено с 0,05 на 0,01.
D	Внутреннее улучшение
E	Внутренние улучшения

4.4.2 Защита от обрыва фазы PDNSPTOC

4.4.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от обрыва фазы	PDNSPTOC	I2/I1>	46PD

4.4.2.2 Функциональный блок

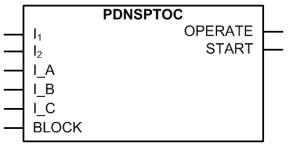


Рис. 303: Функциональный блок

4.4.2.3 Функциональные возможности

Функция защиты от обрыва фазы PDNSPTOC используется для обнаружения несимметрии, вызванной обрывом проводников.

Пуск и срабатывание функции происходит, когда ток небаланса I_2/I_1 превышает заданное предельное значение. Для предотвращения непредусмотренного срабатывания как минимум один из фазных токов должен превышать минимальный уровень. Функция PDNSPTOC имеет независимую выдержку времени.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выход функции, таймер или всю функцию полностью.

4.4.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PDNSPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

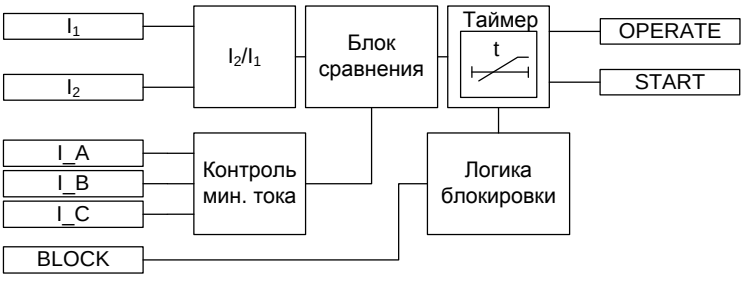


Рис. 304: Функциональная схема

I_2/I_1

Блок I_2/I_1 рассчитывает отношение токов прямой и обратной последовательности. Рассчитанное значение передается в блок сравнения.

Блок сравнения

Блок сравнения сравнивает рассчитанное соотношение токов прямой и обратной последовательностей с заданной уставкой *Пусковое значение*. Если расчетное значение превышает уставку *Пусковое значение* и модуль проверки минимального фазного тока регистрирует значение, превышающее уставку *Мин. фазный ток*, блок сравнения отправляет информацию о превышении значения в модуль таймера.

Блок Контроль мин. тока

Блок контроля минимального тока проверяет нахождение измеренных фазных токов в пределах заданного значения уставки *МинимФазныйТок*. Для ввода в действие блока сравнения хотя бы один фазный ток должен превысить заданное предельное значение.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания*, активируется выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер возврата достигнет значения, которое определяется уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, а выход START отключается.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.4.2.5 Применение

В трехфазных распределительных сетях среднего и высокого напряжения обрыв одной фазы может привести к увеличению напряжения нулевой последовательности и появлению кратковременных пиков напряжения, а также к качаниям в соответствующей фазе.

Функция PDNSPTOC представляет собой трехфазную защиту с независимой выдержкой времени, предназначенную для обнаружения обрыва проводников в распределительных сетях среднего и высокого напряжения. Функция применяется для защиты воздушных линий и подземных кабелей.

Действие функции PDNSPTOC основано на соотношении токов прямой и обратной последовательности. Это дает лучшую чувствительность и устойчивость (по сравнению с простой токовой защитой обратной последовательности), так как расчетное соотношение токов прямой и обратной последовательности при изменениях нагрузки является относительно постоянным.

Несимметрия сети обнаруживается путем постоянного контроля коэффициента отношения тока обратной и прямой последовательности, где значение тока обратной последовательности - I_2, а I_1 – значение тока прямой последовательности. Несимметрия рассчитывается по следующему уравнению.

$$Iratio = \frac{I_2}{I_1}$$

(Уравнение 126)

Ситуация обрыва фазы A фидера показана на следующем рисунке.

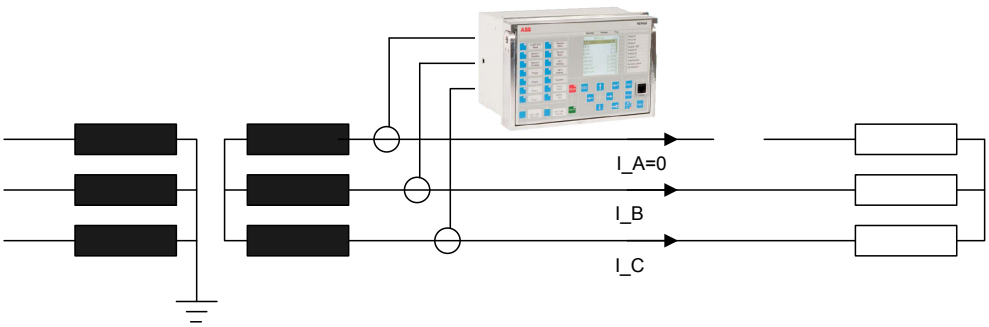


Рис. 305: Обрыв проводника фазы A распределительного фидера среднего или высокого напряжения

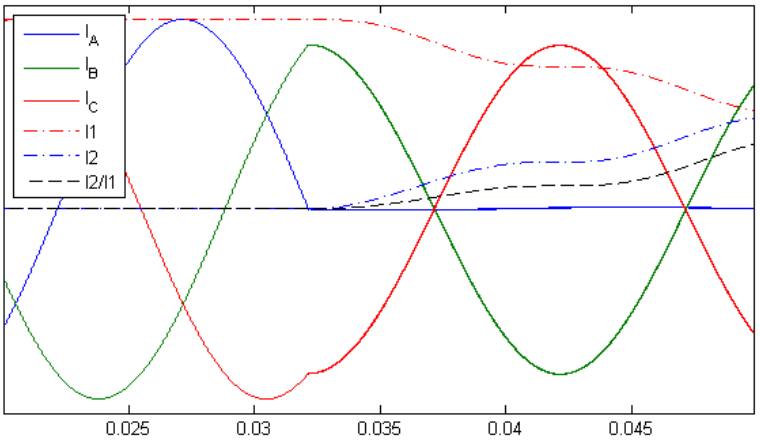


Рис. 306: Величины трехфазных токов при обрыве фазы A, а также отношение токов обратной и прямой последовательности

4.4.2.6 Сигналы

Таблица 488: Входные сигналы функции PDNSPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_1	СИГНАЛ	0	Ток прямой последовательности
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	BOOLEAN	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 489: Выходные сигналы функции PDNSPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.4.2.7 Уставки

Таблица 490: Групповые уставки функции PDNSPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	10...100	%	1	10	Пусковое значение
Время срабатывания	100...30000	мс	1	100	Время срабатывания

Таблица 491: Общие уставки функции PDNSPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 492: Общие уставки функции PDNSPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
МинимФазныйТок	0.05...0.30	xIn	0.01	0.10	Минимальный фазный ток

4.4.2.8 Контролируемые данные

Таблица 493: Контролируемые данные функции PDNSPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
RATIO_I2_I1	FLOAT32	0.00...999.99	%	Измеренное отношение токов I2 / I1
PDNSPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.4.2.9 Технические данные

Таблица 494: Технические данные PDNSPTOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц
	±2% уставки
Время пуска	<70 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Время невозврата	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

4.4.2.10 Данные о технических изменениях

Таблица 495: Данные о технических изменениях функции PDNSPTOC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение
D	Внутреннее улучшение

4.4.3 Защита от обратного чередования фаз PREVPTOC

4.4.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от обратной последовательности фаз	PREVPTOC	I2>>	46R

4.4.3.2 Функциональный блок

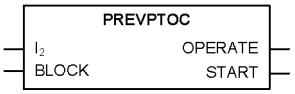


Рис. 307: Функциональный блок

4.4.3.3 Функциональные возможности

Функция защиты от обратной последовательности фаз PREVPTOC используется для обнаружения обратного подключения фаз к трехфазному двигателю путем контроля тока обратной последовательности I_2 двигателя.

Запуск и срабатывание функции PREVPTOC происходит при превышении заданной предельной величины I_2. Функция PREVPTOC имеет независимую выдержку времени срабатывания (DT). Функция PREVPTOC использует расчетное значение I_2, при запуске двигателя она регистрирует очень высокие значения I_2. Высокие значения I_2 обусловлены неправильным подключением фаз, которого двигатель вращается в противоположном направлении.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.4.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PREVPTOC можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

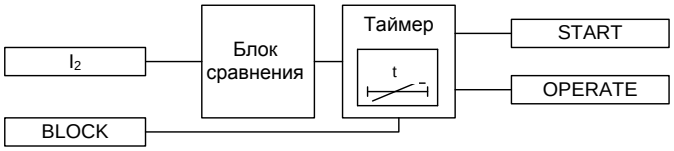


Рис. 308: Функциональная схема

Блок сравнения

Блок сравнения сравнивает значение тока обратной последовательности с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если значение I_2 превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения посылает сигнал активации таймера.

Таймер

При активации таймера активируется выход `START`. Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* , активируется выход `OPERATE`. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Если таймер достигнет значения 200 мс, таймер срабатывания сбрасывается, а выход `START` блокируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

4.4.3.5 Применение

Вращение двигателя в обратном направлении - очень неблагоприятное состояние. Когда двигатель приводит в действие, например, вентиляторы и насосы, и направление его вращения меняется из-за неправильной последовательности фаз, процесс может быть нарушен, и поток охлаждающего воздуха двигателя тоже может изменить направление на обратное. Для двигателей с односторонним вращением изменение направления вращения может привести к неэффективному охлаждению двигателя из-за конструкции вентилятора.

При нормальных условиях работы двигателя величина составляющей обратной последовательности фазных токов настолько мала по сравнению с

величиной составляющей прямой последовательности тока, что ею можно пренебречь. Но если при запуске двигателя обнаруживается обратная последовательность фаз, величина I_2 очень высока. Поэтому, как только значение I_2 превышает пусковое значение, функция обнаруживает обратное направление вращения и выдает сигнал, отключающий двигатель от источника питания.

4.4.3.6 Сигналы

Таблица 496: Входные сигналы функции PREVPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
BLOCK	BOOLEAN	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 497: Выходные сигналы функции PREVPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.4.3.7 Уставки

Таблица 498: Групповые уставки функции PREVPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.05...1.00	xIn	0.01	0.75	Пусковое значение
Время срабатывания	100...60000	мс	10	100	Время срабатывания

Таблица 499: Общие уставки функции PREVPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Блок	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

4.4.3.8 Контролируемые данные

Таблица 500: Контролируемые данные функции PREVPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
PREVPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.4.3.9 Технические данные

Таблица 501: Технические данные функции PREVPTOC

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц		
		± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
Время запуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$I_{поврежд.}$ = 2,0 × установленное *Пусковое значение*	23 мс	25 мс	28 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% от уставки или ±20 мс		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …		

1) Ток обратной последовательности до повреждения = 0,0, $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает задержку на контакте сигнального выхода

4.4.3.10 Данные о технических изменениях

Таблица 502: Данные о технических изменениях функции PREVPTOCДанные о технических изменениях функции 46R

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение

4.4.4 Токовая защита обратной последовательности электрических машин MNSPTOC

4.4.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Токовая защита обратной последовательности электрических машин	MNSPTOC	I2>M	46M

4.4.4.2 Функциональный блок

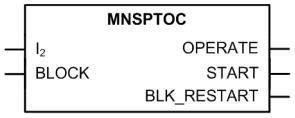


Рис. 309: Функциональный блок

4.4.4.3 Функциональные возможности

Функция максимальной токовой защиты обратной последовательности для электрических машин MNSPTOC защищает электрические двигатели от несимметрии фаз. Небольшая несимметрия напряжений может привести к возникновению тока обратной последовательности большой силы в двигателе. Например, увеличение несимметрии напряжений на 5 % дает ток обратной последовательности в обмотке статора, значение которого составляет 30 % полного тока нагрузки и который может вызвать перегрев двигателя. MNSPTOC обнаруживает большой ток обратной последовательности и отключает двигатель. Функция

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.4.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции MNSPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

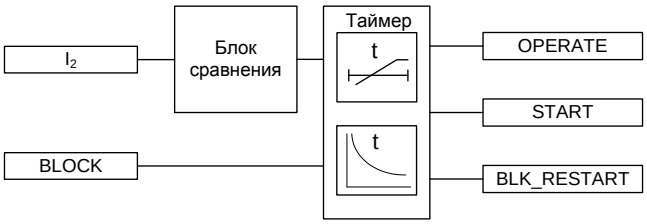


Рис. 310: Функциональная схема

Блок сравнения

Рассчитанный ток обратной последовательности сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение* . Если измеренное значение превышает заданное значение уставки *Пусковое значение* , то функция включает таймер.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.*характеристика срабатывания может иметь независимую или обратнозависимую выдержку времени (DT или IDMT). После того как таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При возврате, то есть, когда значение тока обратной последовательности опустится ниже значения уставки *Пусковое значение* , включается таймер возврата, и выход START сбрасывается по истечении выдержки времени *Время возврата* при использовании независимой выдержки времени. При использовании обратнозависимой выдержки времени (IDMT) время возврата зависит от выбранного типа кривой.

Для характеристик с обратнозависимой выдержкой времени можно определить минимальное и максимальное время срабатывания, это определяется уставками *Мин время срабат* и *Макс время срабат*. Параметр *Множ.времени машины* соответствует постоянной электрической машины, равной постоянной электрической машины I_2^2t, как указано производителем. Если есть несоответствие между используемым ТТ и значениями номинального тока двигателя, можно подобрать кривые IDMT при помощи уставки *Ток превышения*.

При активации выхода OPERATE становится активным выход BLK_RESTART. При блокировке выхода OPERATE включается таймер охлаждения. Таймер устанавливается в значение, определенное уставкой *Время охлаждения* . Выход BLK_RESTART остается активным до тех пор, пока не будет превышено значение таймера охлаждения. Если ток обратной последовательности увеличится сверх заданного значения в этот период времени, сразу же станет активным выход OPERATE.

Выход T_ENARESTART указывает продолжительность периода, в течение которого выход BLK_RESTART остается активным, то есть, указывает оставшееся время таймера охлаждения. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

4.4.4.5 Характеристики таймера

Функция MNSPTOC поддерживает оба типа характеристик срабатывания: независимую (DT) и инверсную (IDMT). Пользователь может выбрать независимую выдержку времени, для чего ему нужно выбрать "ANSI Независимая " или "МЭК Независимая " в качестве значения параметра *Тип кривой срабат.* . В обоих случаях функция работает идентично. При выборе характеристики DT на нее влияют только уставки *Время срабатывания* и *Время возврата*.

В ИЭУ имеется два типа программируемых пользователем обратнозависимых характеристик, "Инверсная кривая A" и "Инверсная кривая B".

Токовые обратнозависимые характеристики выдержки времени (IDMT)

В режимах с использованием обратнозависимых характеристик время срабатывания зависит от величины тока: чем выше ток, тем быстрее происходит срабатывание. Расчет времени срабатывания или интегрирование начинается сразу же после того как значение тока превысит заданное значение уставки *Пусковое значение* и станет активным выход START.

Выход OPERATE активируется, когда накопленная сумма интегратора, рассчитывающего наличие максимального тока, превышает значение, определяемое режимом обратнозависимой характеристики. Пусковое значение зависит от выбранного типа кривой и используемых значений уставок.

Уставки *Мин время срабат* и *Макс время срабат* определяют минимальное и максимальное время срабатывания, возможное в режиме IDMT. Для задания этих уставок рекомендуется внимательно изучить конкретные характеристики IDMT.

Инверсная кривая A

Уравнение обратнозависимой характеристики для кривой типа A выглядит так:

$$t[s] = \frac{k}{\left(\frac{I_2}{I_r}\right)^2}$$

(Уравнение 127)

t[s] Время срабатывания в секундах

k Уставка *Множ.времени машины*

I_2 Ток обратной последовательности

I_n Уставка *Номинальный ток*

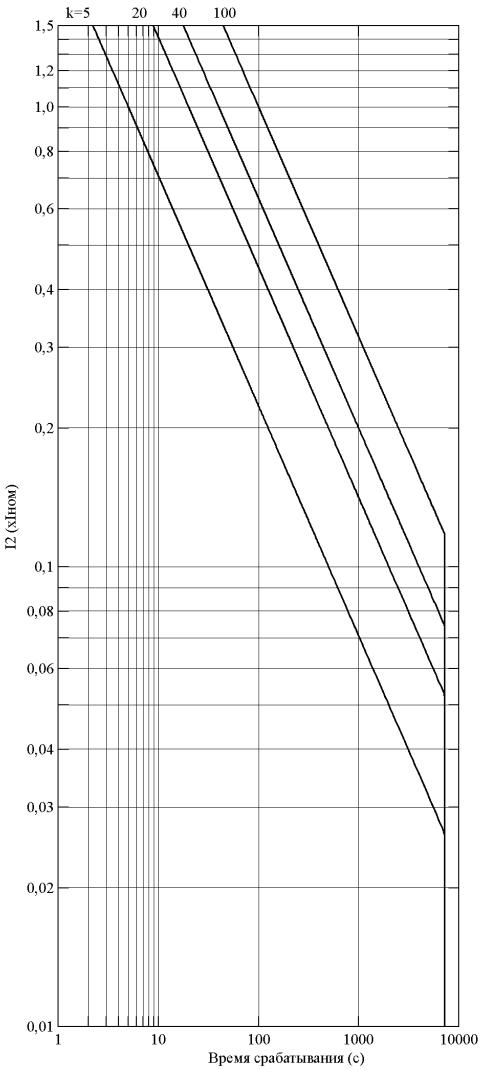


Рис. 311: Инверсная кривая A функции MNSPTOC

Если ток обратной последовательности становится меньше значения параметра *Пусковое значение*, время возврата определяется как:

$$t[s] = a \times \left(\frac{b}{100} \right)$$

(Уравнение 128)

t[s] Время возврата в секундах

a заданное значение уставки *Время охлаждения*

b % истекшего времени пуска (START_DUR)

После начала периода возврата сохраняется время, в течение которого был активен выход START. При повторном возникновении повреждения, т. е., если ток обратной последовательности поднимется выше заданного значения во время периода возврата, расчеты срабатывания продолжатся с использованием сохраненных значений. Если период возврата закончится, и, при этом, не будет обнаружено никакого повреждения, таймер срабатывания сбрасывается, и сохраненные значения времени пуска и накопленные значения очищаются.

Инверсная кривая B

Уравнение обратнозависимой характеристики для кривой типа B выглядит так:

$$t[s] = \frac{k}{\left(\frac{I_2}{I_r}\right)^2 - \left(\frac{I_S}{I_r}\right)^2}$$

(Уравнение 129)

t[s] Время срабатывания в секундах

k *Множ.времени машины*

I_2 Ток обратной последовательности

I_S Уставка *Пусковое значение*

I_n Уставка *Номинальный ток*

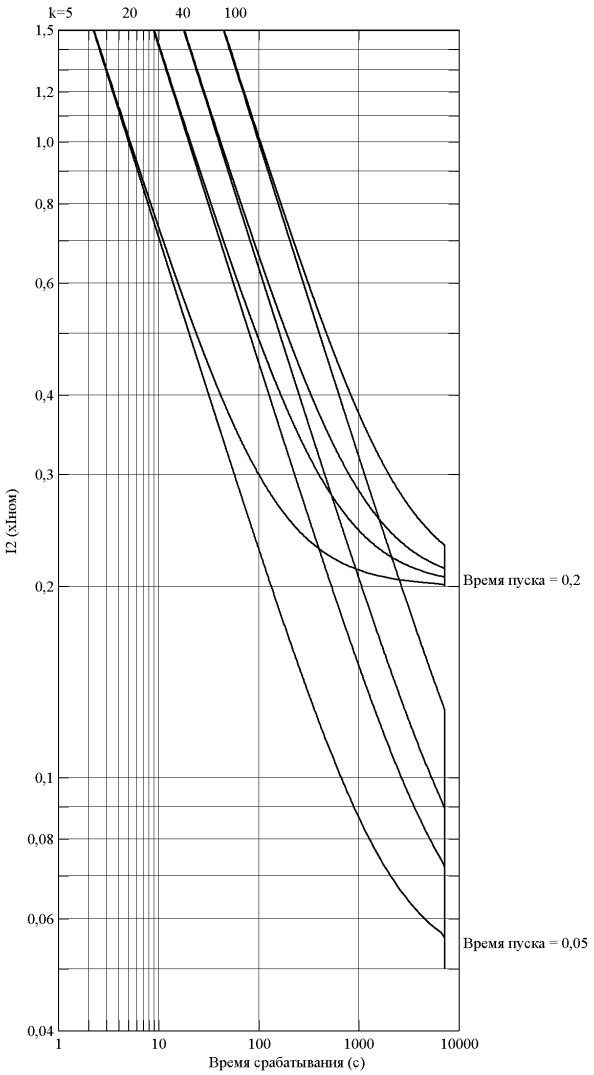


Рис. 312: Инверсная кривая B функции MNSPTOC

Если повреждение исчезнет, ток обратной последовательности опустится ниже значения уставки *Пусковое значение*, и выход START станет неактивным. Мгновенный возврат функции не производится. Возврат определяется уравнением или значением параметра *Время охлаждения*.

Сброс таймера осуществляется двумя способами:

- Когда ток обратной последовательности опускается ниже пускового значения, разность в знаменателе принимает отрицательное значение, и накопленная сумма начинает уменьшаться. Уменьшение суммы

показывает охлаждение машины, а скорость охлаждения зависит от величины тока обратной последовательности. Если сумма достигла нуля, и при этом не было обнаружено повреждение, накопление прекращается, и таймер сбрасывается.
- Если истечет время возврата, определенное уставкой *Время охлаждения* и при этом не будет обнаружено повреждение, таймер сбрасывается.

Таким образом, возврат продолжается в течение периода времени, равного значению уставки *Время охлаждения* , или до тех пор, пока время срабатывания не уменьшится до нуля, в зависимости от того, что наступит ранее.

4.4.4.6 Применение

В трехфазном двигателе условия, которые могут привести к несимметрии, – это работа с обрывом одной фазы, несимметрия напряжения от источника питания и однофазное повреждение. Ток обратной последовательности повреждает двигатель в условиях небаланса напряжения, и, следовательно, для проверки условия небаланса ток обратной последовательности необходимо контролировать.

Когда напряжение, подаваемое на работающий двигатель, становится несимметричным, ток прямой последовательности остается почти без изменения, но в результате несимметрии появляется ток обратной последовательности. Например, если несимметрия вызвана обрывом одной из фаз, появляется ток обратной последовательности, который равен по величине и противоположен по направлению току нагрузки в неповрежденной фазе Сочетание токов прямой и обратной последовательности дает фазные токи, которые приблизительно в 1,7 раза выше предыдущей нагрузки в каждой неповрежденной фазе и отсутствие тока в оборванной фазе.

Токи обратной последовательности протекают через обмотки статора, вызывая появление напряжения обратной последовательности в обмотках ротора. Это может привести к повышению тока на роторе, который повреждает обмотку ротора. Частота индуцированного тока приблизительно вдвое больше частоты источника питания. Из-за поверхностного эффекта индуцированный ток, частота которого вдвое выше частоты источника питания, сталкивается с большим сопротивлением ротора, что приводит к сильному перегреву даже если величина фазных токов меньше номинального тока двигателя.

Полное сопротивление обратной последовательности асинхронного или синхронного двигателя приблизительно равно полному сопротивлению при заторможенном роторе, которое приблизительно равно одной шестой от нормального полного сопротивления двигателя, учитывая, что ток при заторможенном роторе двигателя в шесть раз превышает номинальный ток. Следовательно, даже трехпроцентная несимметрия напряжения может

привести к току обратной последовательности 18% в обмотках статора. О серьезности такой ситуации свидетельствует повышение на 30-40% температуры двигателя.

4.4.4.7 Сигналы

Таблица 503: Входные сигналы функции MNSPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
BLOCK	BOOLEAN	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 504: Выходные сигналы функции MNSPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
BLK_RESTART	ЛОГИЧЕСКИЙ	Блокировка подключения перегретой машины

4.4.4.8 Уставки

Таблица 505: Групповые уставки функции MNSPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.01...0.50	xIn	0.01	0.20	Пусковое значение
Тип кривой срабат.	5 = ANSI Независимая Время 15 = МЭК Независимая Время 17 = Инверсная кривая A 18 = Инверсная кривая B			15 = МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Множ.времени машины	5.0...100.0		0.1	5.0	Постоянная времени электрической машины
Время срабатывания	100...120000	мс	10	1000	Время срабатывания

Таблица 506: Общие уставки функции MNSPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Макс время срабат	500000...7200000	мс	1000	1000000	Максимальное время срабатывания независимо от типа инверсной характеристики
Мин время срабат	100...120000	мс	1	100	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время охлаждения	5...7200	s	1	50	Время, необходимое для охлаждения машины

Таблица 507: Общие уставки функции MNSPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Ток превышения	0.30...2.00	xIn	0.01	1.00	Номинальный ток (Ir) электрической машины (используется только для кривых IDMT)
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.4.4.9 Контролируемые данные

Таблица 508: Контролируемые данные функции MNSPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
T_ENARESTART	INT32	0...10000	с	Расчетное время сброса блокировки повторного пуска
MNSPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.4.4.10 Технические данные

Таблица 509: Технические данные функции MNSPTOC

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: f_n		
		± 1,5 % уставки или ± 0,002 × I_n		
Время запуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$I_{поврежд.}$ = 2,0 × установленное *Пусковое значение*	23	25 мс	28 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% уставки или ±20 мс		
Погрешность срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени		± 5,0% теоретического значения или ±20 мс[3)]		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n × f_n, где n = 2, 3, 4, 5,…		

1) Ток обратной последовательности до повреждения = 0,0, f_n = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает задержку на контакте сигнального выхода
3) *Пусковое значение* диапазон кратности 1,10...5,00

4.4.4.11 Данные о технических изменениях

Таблица 510: Данные о технических изменениях функции MNSPTOC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение

4.5 Защита по напряжению

4.5.1 Трехфазная защита от повышения напряжения PHPTOV

4.5.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита от повышения напряжения	PHPTOV	3U>	59

4.5.1.2 Функциональный блок

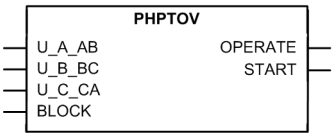


Рис. 313: Функциональный блок

4.5.1.3 Функциональные возможности

Функция трехфазной защиты от повышения напряжения PHPTOV применяется в таких частях энергосистемы, как генераторы, трансформаторы, двигатели и линии электропередачи для защиты системы от повышенных напряжений, которые могут повредить изоляцию и привести к пробою изоляции. В функции трехфазной защиты от повышения напряжения предусмотрена уставка для обнаружения повышения напряжения в одной, двух или трех фазах.

Функция PHPTOV имеет как независимую выдержку времени (DT), так и обратнозависимые времятоковые характеристики (IDMT) выдержки времени на срабатывание.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.5.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PHPTOV можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

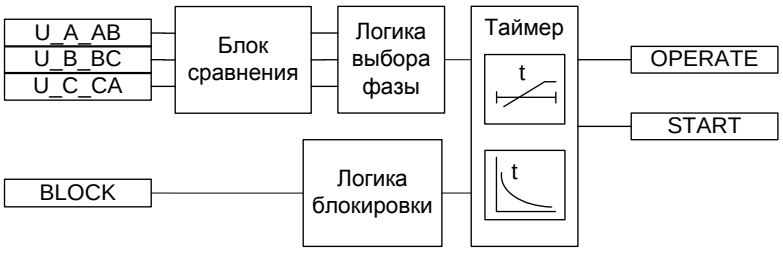


Рис. 314: Функциональная схема

Блок сравнения

Основная гармоника измеренных фазных напряжений сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если измеренное значение превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения включает логику выбора фазы. Для предотвращения ненужных колебаний, в том случае, когда входной сигнал немного отличается от уставки *Пусковое значение*, может использоваться уставка *Относит гистерезис*. После выхода из области гистерезиса необходимо, чтобы пусковое условие выполнялось снова, простого возвращения сигнала в область гистерезиса недостаточно.

Уставка *Выбор напряжения* используется для выбора напряжений на которые реагирует защита: фазные или линейные.

Что касается срабатывания по напряжению в режиме IDMT, уравнения, используемые для обратнозависимых кривых, содержат прерывные характеристики. Параметр *НастрПарамКривой* используется для предотвращения непредусмотренного срабатывания.



Более подробное описание кривых IDMT и использование уставки *НастрПарамКривой* смотрите в разделе Максимальные параметры кривой IDMT защиты от повышения напряжения настоящего руководства.

Логика выбора фазы

Если в блоке сравнения выполняются все критерии повреждения, то логика выбора фазы определяет фазу или фазы, в которых обнаружено превышение уровня повреждения. Если количество фаз совпадает со значением уставки *Количество фаз*, логика выбора фазы включает таймер.

Таймер

При активации таймера активируется выход `START`. В зависимости от значения уставки *Характеристика срабатывания*, характеристика срабатывания выбирается в соответствии с DT или IDMT.



Подробное описание кривых IDMT по напряжению приводится в разделе Кривые IDMT для защиты от повышения напряжения настоящего руководства.

После того как таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход `OPERATE`.

При выборе программируемой IDMT характеристики времени срабатывания определяются следующими параметрами: *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т. е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Поведение в случае возврата зависит от выбранных характеристик срабатывания. Если выбрана независимая выдержка времени (DT), таймер возврата работает до тех пор, пока не превысит значения уставки *Время возврата*. Если продолжительность возврата превысит заданное значение уставки *Время возврата*, таймер сбрасывается, и выход START отключается.

При выборе обратнозависимой характеристики срабатывания (IDMT) работа таймера в состоянии возврата зависит от сочетания уставок *Тип кривой возврата*, *Тип возврата* и *Время возврата*.

Таблица 511: ***Функция времени возврата при выборе обратнозависимой характеристики (IDMT)***

Функция возврата		**Уставка "Тип кривой возврата"**	**Уставка "Тип возврата"**	**Уставка "Время возврата"**
Мгновенный возврат	При возврате таймер срабатывания "сбрасывается моментально"	"Мгновенная"	Уставка не оказывает влияния	Уставка не оказывает влияния
Остановленный таймер	При возврате таймер срабатывания останавливается и фиксирует значение	"Независимая"	"Останов таймера срабатывания"	Таймер срабатывания сбрасывается после того как пройдет заданное *Время возврата*
Линейное уменьшение	При наличии ситуации возврата значение таймера срабатывания линейно уменьшается	"Независимая"	"Уменьшение таймера срабатывания"	Таймер срабатывания сбрасывается после того как будет превышено заданное значение уставки *Время возврата*

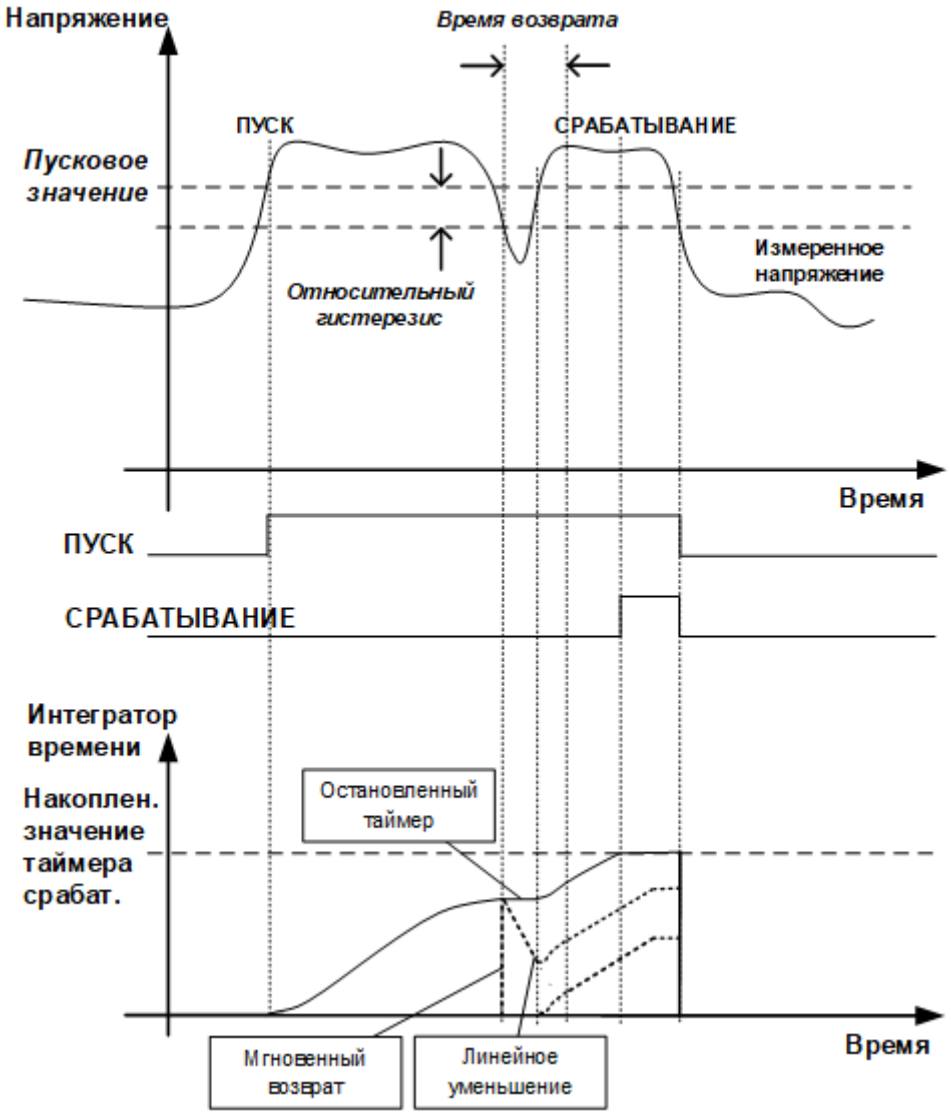


Рис. 315: Поведение различных режимов возврата IDMT. Сигнал срабатывания основан на уставках Тип кривой возврата = "Независимая" и Тип возврата= “Останов таймера срабатывания”. Также показано влияние других режимов возврата

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования значений времени срабатывания характеристик IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное необходимое время срабатывания для характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.

Уставку *Мин время срабат* следует использовать с осторожностью, так как время срабатывания определяется характеристикой IDMT, но ее значение всегда должно быть не

меньше значения уставки *Мин время срабат*. Более подробную информацию смотрите в разделе Кривые IDMT для защиты от повышения напряжения настоящего руководства.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации входного сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

Режим "Останов таймера" не действует в режиме "Инверсная".

4.5.1.5 Характеристики таймера

Функция PHPTOV поддерживает следующие характеристики срабатывания:

Таблица 512: Поддерживаемые типы обратнозависимых характеристик (IDMT)

Тип кривой срабат.
(5) ANSI Независимая Время
(15) МЭК Независимая Время
(17) Инв. кривая A
(18) Инв. кривая B
(19) Инв. кривая C
(20) Программируемая

4.5.1.6 Применение

Перенапряжение в сети может возникать в результате бросков при переходных процессах в сети или в результате длительного повышения напряжения промышленной частоты. Для защиты сети от перенапряжений при переходных процессах используются разрядники для защиты от перенапряжений, а для защиты от повышения напряжения промышленной частоты используется функция защитного реле.

Повышение напряжения основной частоты может иметь место в сети в результате чрезвычайных обстоятельств, таких как:

- Неправильная работа функции автоматического регулирования напряжения, когда генератор находится в изолированном режиме.
- Работа в режиме ручного управления при выходе из строя регулятора напряжения. Резкое изменение нагрузки, в частности реактивной составляющей мощности, приводит к существенному изменению напряжения из-за собственного регулирования больших напряжений типичного генератора переменного тока.
- Внезапная потеря нагрузки в результате отключения отходящих фидеров, при этом генератор остается в изолированном состоянии или питает очень малую нагрузку. Это приводит к внезапному повышению напряжения на зажимах в результате захваченного магнитного потока и повышения частоты вращения.

Если остается подключенной нагрузка, чувствительная к повышению напряжения, это оборудование может быть повреждено.

Для предотвращения повреждения оборудования очень важно обеспечить защиту от повышения напряжения промышленной частоты в виде органа с выдержкой времени, независимой или обратнозависимой.

4.5.1.7 Сигналы

Таблица 513: Входные сигналы функции PHPTOV

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	BOOLEAN	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 514: Выходные сигналы функции PHPTOV

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.5.1.8 Уставки

Таблица 515: Групповые уставки функции PHPTOV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.05...1.60	xUn	0.01	1.10	Пусковое значение
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	40...300000	мс	10	40	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	5=ANSI Независимая Время 15=МЭК Независимая Время 17=Инверсная Кривая A 18=Инверсная Кривая B 19=Инверсная Кривая C 20=Программируемая			15=МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 516: Групповые уставки функции PHPTOV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Блок	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата
Тип возврата	1=Останов таймера срабатывания 2=Уменьшение таймера срабатывания			1=Останов таймера срабатывания	Выбор возврата

Таблица 517: Общие уставки функции PHPTOV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания
Параметр кривой A	0.005...200.000		1	1.000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0.50...100.00		1	1.00	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.0...1.0		1	0.0	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.000...60.000		1	0.000	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.000...3.000		1	1.000	Параметр E для программируемой кривой
Выбор напряжения	1=фазное 2=междуфазное			2=междуфазное	Выбор фазного или междуфазного напряжения

Таблица 518: Общие уставки функции PHPTOV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	40...60000	мс	1	40	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
НастрПарамКривой	0.0...10.0		0.1	0.0	Настроечный параметр во избежание разрывов в кривой
Относительный гистерезис	1.0...5.0	%	0.1	4.0	Относительный гистерезис для срабатывания

4.5.1.9 Контролируемые данные

Таблица 519: Контролируемые данные функции PHPTOV

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
PHPTOV	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.1.10 Технические данные

Таблица 520: Технические данные PHPTOV

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$ = ±2 Гц		
		± 1,5 % уставки или ±0,002 × $U_{ном}$		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$U_{авар}$ = 1,1 × уставка *Пусковое значение*	23 мс	27 мс	31 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		В зависимости от уставки *Относительный гистерезис*		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% уставки или ±20 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени		±5,0 % от теоретического значения или ±20 мс [3)]		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{Значение\ срабатывания}$, где n = 2, 3, 4, 5,…		

1) *Пусковое значение* = 1,0 × $U_{ном}$, напряжение до повреждения = 0,9 × $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, перегрузка по напряжению по одной фазе в междуфазном режиме при номинальной частоте, подаваемой с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает выдержку времени выходного сигнального контакта
3) Макс. *Пусковое значение* = 1,20 × $U_{Значение\ пуска}$, *Пусковое значение* диапазон кратности 1,10–2,00

4.5.1.11 Данные о технических изменениях

Таблица 521: Данные о технических изменениях функции PHPTOV

Версия	Изменение
B	Значение шага уставки *Множитель времени* изменено с 0,05 на 0,01.
C	Максимальный диапазон настройки параметрической кривой расширен с 3,0 до 10,0%, а значение по умолчанию изменено с 2,0 на 0,0%.
D	Добавлена уставка *Тип возврата*.

4.5.2 Трехфазная защита от понижения напряжения PHPTUV

4.5.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита от понижения напряжения	PHPTUV	3U<	27

4.5.2.2 Функциональный блок

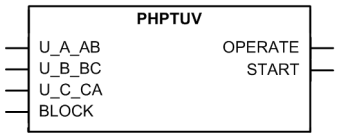


Рис. 316: Функциональный блок

4.5.2.3 Функциональные возможности

Функция трехфазной защиты от понижения напряжения PHPTUV используется для отключения от сети устройств, например, электродвигателей, которые могут повредиться при эксплуатации при пониженном напряжении. Функция PHPTUV включает регулируемую уставку для обнаружения понижения напряжения в одной, двух или трех фазах.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.5.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PHPTUV можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

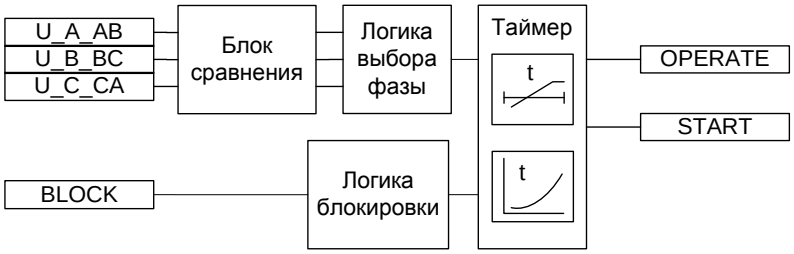


Рис. 317: Функциональная схема

Блок сравнения

Основная гармоника измеренных фазных напряжений сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если измеренное значение опускается ниже значения уставки *Пусковое значение*, блок сравнения включает логику выбора фазы. Для предотвращения ненужных колебаний, в том случае, когда входной сигнал немного выше или ниже уставки *Пусковое значение*, может использоваться уставка *Относит гистерезис*. После выхода из области гистерезиса необходимо, чтобы пусковое условие выполнялось снова, простого возвращения сигнала в область гистерезиса недостаточно.

Уставка *Выбор напряжения* используется для выбора напряжений на которые реагирует защита: фазные или линейные.

Что касается срабатывания в режиме IDMT, уравнения, используемые для обратнозависимых кривых, содержат характеристики прерывности. Параметр *НастрПарамКривой* используется для предотвращения непредусмотренного срабатывания.

Более подробное описание кривых IDMT и использование уставки *НастрПарамКривой* смотрите в разделе Кривые IDMT для защиты от понижения напряжения настоящего руководства.

Блок сравнения содержит функцию блокировки по понижению уровня, для тех случаев, когда одно из измеренных напряжений ниже требуемого уровня. Это свойство необходимо, когда нужно избежать непредусмотренных пусков, и действует, например, при выполнении последовательности АПВ. Блокировка Блокировка по понижению напряжения активируется по умолчанию, (уставка *Ввод блокировки* имеет значение "Да"), а уровень блокировки может задаваться при помощи уставки *НапряжБлокировки* .

Логика выбора фазы

Если в блоке сравнения выполняются все критерии повреждения, то логика выбора фазы определяет фазу или фазы, в которых обнаружено превышение

уровня повреждения. Если количество фаз с повреждениями совпадает со значением уставки *Количество фаз*, логика выбора фазы включает таймер.

Таймер

После активации таймер активирует выход START. В зависимости от значения уставки *Характеристика срабатывания*, характеристика срабатывания выбирается в соответствии с DT или IDMT.



Подробное описание кривых IDMT по напряжению приводится в разделе Кривые IDMT для защиты от понижения напряжения настоящего руководства.

После того как таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе программируемой IDMT характеристики времени срабатывания определяются следующими параметрами: *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C*, *Параметр кривой D* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т. е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. Поведение в случае возврата зависит от выбранных характеристик срабатывания. Если выбрана независимая выдержка времени (DT), таймер возврата работает до тех пор, пока не превысит значения уставки *Время возврата*. Если продолжительность возврата превысит заданное значение уставки *Время возврата*, таймер сбрасывается, и выход START отключается.

При выборе обратнозависимой характеристики срабатывания (IDMT) работа таймера в состоянии возврата зависит от сочетания уставок *Тип кривой возврата*, *Тип возврата* и *Время возврата*.

Таблица 522: Функция времени возврата при выборе обратнозависимой характеристики (IDMT)

Функция возврата		Уставка "Тип кривой возврата"	Уставка "Тип возврата"	Уставка "Время возврата"
Мгновенный возврат	При возврате таймер срабатывания "сбрасывается моментально"	"Мгновенная"	Уставка не оказывает влияния	Уставка не оказывает влияния
Остановленный таймер	При возврате таймер срабатывания останавливается и фиксирует значение	"Независимая"	"Останов таймера срабатывания"	Таймер срабатывания сбрасывается после того как будет превышено заданное значение уставки *Время возврата*
Линейное уменьшение	При наличии ситуации возврата значение таймера срабатывания линейно уменьшается	"Независимая"	"Уменьшение таймера срабатывания"	Таймер срабатывания сбрасывается после того как будет превышено заданное значение уставки *Время возврата*

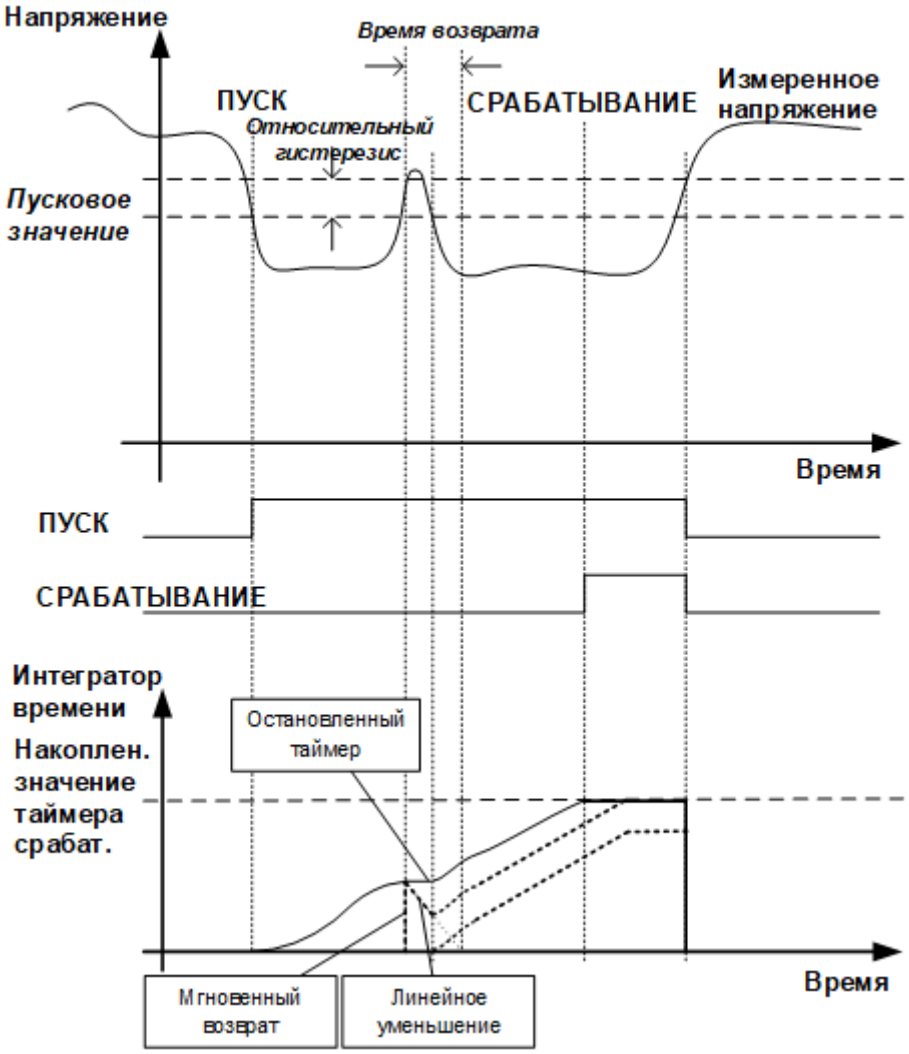


Рис. 318: Поведение различных режимов возврата IDMT. Сигнал срабатывания основан на уставках Тип кривой возврата = "Независимая" и Тип возврата= “Останов таймера срабатывания”. Также показано влияние других режимов возврата

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования значений времени срабатывания характеристик IDMT.

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное необходимое время срабатывания для характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.

Уставку *Мин время срабат* следует использовать с осторожностью, так как время срабатывания определяется характеристикой IDMT, но ее значение всегда должно быть не меньше значения уставки *Мин время срабат*. Более подробную информацию смотрите в разделе Обратнозависимые

характеристики (IDMT) для максимальной токовой защиты в настоящем руководстве.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации входного сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

Режим "Останов таймера" не действует в режиме "Инверсная".

4.5.2.5 Характеристики таймера

Функция PHPTUV поддерживает следующие характеристики срабатывания:

Таблица 523: Поддерживаемые типы обратнозависимых характеристик (IDMT)

Тип кривой срабат.
(5) ANSI Независимая Время
(15) МЭК Независимая Время
(21) Инв. Кривая A
(22) Инв. Кривая B
(23) Программируемая

4.5.2.6 Применение

Функция PHPTUV применяется для таких элементов энергосистемы, как генераторы, трансформаторы, электродвигатели и линии электропередачи,

для обнаружения понижения напряжения. Понижение напряжения может быть вызвано аварийным режимом или повреждением в энергосистеме. Функция PHPTUV может использоваться в сочетании с максимальными токовыми защитами. Другое применения функции – обнаружение отсутствия напряжения, например, перед включением линии высокого напряжения, или при срабатывании автоматического выключателя в случае масштабного отключения электроэнергии. Функция PHPTUV также используется, чтобы инициировать действия по коррекции напряжения, такие как использование батарей статических конденсаторов, для компенсации реактивной нагрузки, и, следовательно, для повышения напряжения.

Функция PHPTUV может использоваться для отключения от сети устройств, таких как электрические двигатели, которые могут быть повреждены при эксплуатации при пониженном напряжении. Функция PHPTUV касается условий понижения напряжения в энергосистеме промышленной частоты. Понижение напряжения может быть вызвано следующими условиями:

- Неправильное функционирование регулятора напряжения или неправильные уставки при ручном регулировании (симметричное снижение напряжения)
- Перегрузка (симметричное снижение напряжения)
- Короткие замыкания, часто в виде КЗ на землю (несимметричное повышение напряжения).

Функция PHPTUV помогает предотвратить работу чувствительного оборудования в условиях, которые могут вызвать перегрев и сократить ожидаемый срок его службы. Во многих случаях функцию PHPTUV можно использовать для процессов автоматизации (местных или дистанционных) в энергосистеме.

4.5.2.7 Сигналы

Таблица 524: Входные сигналы функции PHPTUV

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 525: Выходные сигналы функции PHPTUV

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.5.2.8 Уставки

Таблица 526: Групповые уставки функции PHPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.05...1.20	xUn	0.01	0.90	Пусковое значение
Множитель времени	0.05...15.00		0.01	1.00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Время срабатывания	60...300000	мс	10	60	Время срабатывания
Тип кривой срабат.	5=ANSI Независимая Время 15=МЭК Независимая Время 21=Инверсная Кривая A 22=Инверсная Кривая B 23=Программируемая			15=МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени

Таблица 527: Групповые уставки функции PHPTUV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая			1=Мгновенная	Выбор типа кривой возврата
Тип возврата	1=Останов таймера срабатывания 2=Уменьшение таймера срабатывания			1=Останов таймера срабатывания	Выбор возврата

Таблица 528: Общие уставки функции PHPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания
Параметр кривой A	0.005...200.000		1	1.000	Параметр A для программируемой кривой
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Параметр кривой B	0.50...100.00		1	1.00	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0.0...1.0		1	0.0	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой D	0.000...60.000		1	0.000	Параметр D для программируемой кривой
Параметр кривой E	0.000...3.000		1	1.000	Параметр E для программируемой кривой
Выбор напряжения	1=фазное 2=междуфазное			2=междуфазное	Выбор фазного или междуфазного напряжения

Таблица 529: Общие уставки функции PHPTUV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин время срабат	60...60000	мс	1	60	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
НастрПарамКривой	0.0...10.0		0.1	0.0	Настроечный параметр во избежание разрывов в кривой
НапряжБлокировки	0.05...1.00	xUn	0.01	0.20	Блокировка по низкому уровню для режима понижения напряжения
Ввод блокировки	0=Нет 1=Да			1=Да	Ввод внутренней блокировки
Относительный гистерезис	1.0...5.0	%	0.1	4.0	Относительный гистерезис для срабатывания

4.5.2.9 Контролируемые данные

Таблица 530: Контролируемые данные функции PHPTUV

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
PHPTUV	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.2.10 Технические данные

Таблица 531: Технические данные PHPTUV

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц		
		± 1,5 % уставки или ±0,002 × $U_{ном}$		
Время пуска[1)2)]	$U_{авар.}$ = 0,9 × уставка *Пусковое значение*	Мин.	Типов.	Макс.
		62 мс	66 мс	70 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Зависит от уставки параметра *«Относительный гистерезис»*		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% уставки или ±20 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени		± 5,0% теоретического значения или ±20 мс[3)]		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …		

1) *Пусковое значение* = 1,0 × $U_{ном}$, напряжение до повреждения = 1,1 × $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, снижение напряжения по одной фазе в междуфазном режиме при номинальной частоте, подаваемой с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Мин. *Пусковое значение* = 0,50, *Пусковое значение* имеет диапазон кратности 0,90...0,20

4.5.2.11 Данные о технических изменениях

Таблица 532: Данные о технических изменениях функции PHPTUV

Версия	Изменение
B	Значение шага уставки *Множитель времени* .
C	Максимальный диапазон настройки параметрической кривой расширен с 3,0 до 10,0%, а значение по умолчанию изменено с 2,0 на 0,0%.
D	Добавлена уставка *Тип возврата*.

4.5.3 Защита от повышения напряжения нулевой последовательности ROVPTOV

4.5.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от повышения напряжения нулевой последовательности	ROVPTOV	Uo>	59G

4.5.3.2 Функциональный блок



Рис. 319: Функциональный блок

4.5.3.3 Функциональные возможности

Функция защиты от повышения напряжения нулевой последовательности ROVPTOV используется в распределительных сетях, где напряжение нулевой последовательности может достигать недопустимых уровней, например в нейтрали, заземленной через большое полное сопротивление.

Функция запускается, когда напряжение нулевой последовательности превышает заданное предельное значение. Функция ROVPTOV имеет независимую выдержку времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер независимой выдержки времени или всю функцию полностью.

4.5.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции ROVPTOV можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

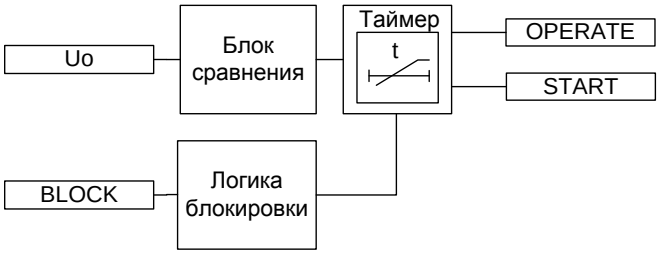


Рис. 320: Функциональная схема

Блок сравнения

Напряжение нулевой последовательности сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если значение превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения передает сигнал включения на таймер. Напряжение нулевой последовательности может выбираться при помощи уставки *Выбор сигнала Uo*. Можно выбрать одно из двух значений: "Измеренное Uo" и "Расчетное Uo". Если выбран вариант "Измеренное Uo", коэффициент напряжения для канала Uo задается в глобальном параметре **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (Uo,TH)**. Если выбран вариант "Расчетное Uo", коэффициент напряжения получается из каналов фазных напряжений, указанных в глобальном параметре **Конфигурация/ Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)**.

Пример 1. Uo измеряется с помощью TH, подключенных по схеме разомкнутого треугольника (20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В : 100/3 В). В этом случае выбрано значение "Измеренное Uo". Номинальные значения для напряжения нулевой последовательности получается с учетом коэффициентов трансформации TH, введенных в напряжении нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/Аналоговые входы/Напряжение (Uo,TH)**: 11,547 кВ:100 В. Пусковое значение напряжения нулевой последовательности 1,0 × Un соответствует напряжению 1,0 × 11,547 кВ = 11,547 кВ в первичной цепи.

Пример 2. Значение Uo рассчитывается из фазных величин. Фазный коэффициент TH равен 20/sqrt(3) кВ : 100/sqrt(3) В. В этом случае выбрано значение "Расчетное Uo". Номинальное значение для напряжения нулевой последовательности получается с учетом коэффициентов трансформации TH, введенных в напряжении нулевой последовательности Uo: **Конфигурация/ Аналоговые входы/Напряжение (3U,TH)**: 20,000 кВ : 100 В. Пусковое значение напряжения нулевой последовательности 1,0 × Uном соответствует напряжению 1,0 × 20,000 кВ = 20,000 кВ в первичной цепи.



Если выбрано значение "Расчетное Uo", номинальное значение напряжения нулевой последовательности всегда соответствует напряжению между фазами. Таким образом, допустимое максимальное значение напряжения нулевой последовательности *Пусковое значение* равно 0,577 × Un. Для расчетного значения Uo необходимо, чтобы к ИЭУ были

подключены все три напряжения "фаза-земля". Напряжение Uo не может рассчитываться на основе значений напряжений "фаза-фаза".

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания*, активируется выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер возврата достигнет значения, которое определяется уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, а выход START отключается.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.5.3.5 Применение

Функция ROVPTOV предназначена для защиты от замыканий на землю в системах с изолированной нейтралью, в системах с нейтралью, заземленной через активное и реактивное сопротивление. В сетях с компенсированной нейтралью пуск этой функции может использоваться для управления коммутационным устройством резистора нейтрали. Эта функция при необходимости также обеспечивает резервную защиту фидеров для защиты шин в системах, в которых нерационально использовать специальную защиту.

В системах с компенсированной и изолированной нейтралью напряжение в нейтрали системы, т.е. напряжение нулевой последовательности,

увеличивается при любом замыкании на землю. В зависимости от типа и сопротивления повреждения напряжение нулевой последовательности может достигать различных величин. Самое большое напряжение нулевой последовательности, равное напряжению между фазой и землей, бывает при однофазном замыкании на землю. Напряжение нулевой последовательности возрастает приблизительно на такую же величину во всей системе, и найти поврежденный компонент очень сложно. Таким образом, эта функция часто используется в качестве резервной защиты или в качестве разрешающего сигнала на работу защиты фидера от замыканий на землю.

Эта защита также может использоваться для защиты от замыканий на землю генераторов или двигателей и для защиты от небаланса конденсаторных батарей.

Напряжение нулевой последовательности может рассчитываться программным путем на базе измерения трехфазного напряжения. Это напряжение также может измеряться однофазным трансформатором напряжения, находящимся между точкой звезды трансформатора и землей, или путем использования трех однофазных трансформаторов, соединенных по схеме разомкнутого треугольника.

4.5.3.6 Сигналы

Таблица 533: Входные сигналы функции ROVPTOV

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Uo	СИГНАЛ	0	Измерение напряжения нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 534: Выходные сигналы функции ROVPTOV

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.5.3.7 Уставки

Таблица 535: Групповые уставки функции ROVPTOV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.010...1.000	xUn	0.001	0.030	Пусковое значение по превышению напряжения нулевой последовательности
Время срабатывания	40...300000	мс	1	40	Время срабатывания

Таблица 536: Общие уставки функции ROVPTOV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Выбор сигнала 3Uo	1=Измеренное 3Uo 2=Расчетное 3Uo			1=Измеренное 3Uo	Выбор используемого сигнала 3Uo

Таблица 537: Общие уставки функции ROVPTOV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.5.3.8 Контролируемые данные

Таблица 538: Контролируемые данные функции ROVPTOV

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
ROVPTOV	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.3.9 Технические данные

Таблица 539: Технические данные ROVPTOV

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$ = ±2 Гц		
		± 1,5 % уставки или ±0,002 × $U_{ном}$		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$U_{авар.}$ = 2 × уставку *Пусковое значение*	48 мс	51 мс	54 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Продолжение таблицы на следующей странице				

Характеристика	Значение
Время невозврата	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) Остаточное напряжение до повреждения = 0,0 × $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, остаточное напряжение при номинальной частоте, подаваемой с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.5.3.10 Данные о технических изменениях

Таблица 540: Данные о технических изменениях функции ROVPTOV

Версия	Изменение
B	Добавлен параметр настройки для «Измеренный Uo» или «Расчетный Uo»,
C	Внутреннее улучшение
D	Внутреннее улучшение

4.5.4 Защита от повышения напряжения обратной последовательности NSPTOV

4.5.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от повышения напряжения обратной последовательности	NSPTOV	U2>	47O-

4.5.4.2 Функциональный блок

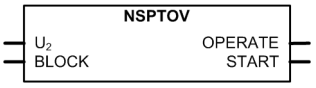


Рис. 321: Функциональный блок

4.5.4.3 Функциональные возможности

Функция защиты от повышения напряжения обратной последовательности NSPTOV используется для обнаружения условий повышения напряжения обратной последовательности. Функция NSPTOV используется для защиты электрических машин.

Функция запускается, когда напряжение обратной последовательности превышает заданное предельное значение. Функция NSPTOV имеет независимую выдержку времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер независимой выдержки времени или всю функцию полностью.

4.5.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции NSPTOV можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

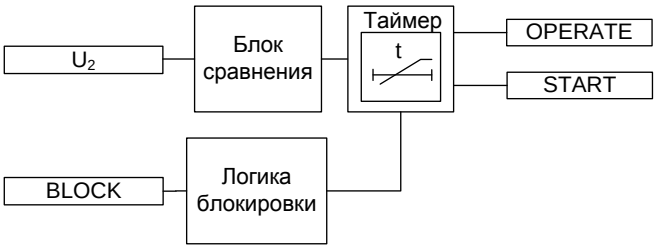


Рис. 322: Функциональная схема

Блок сравнения

Рассчитанное напряжение обратной последовательности сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение* . Если значение превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения посылает сигнал активации таймера.

Таймер

При активации таймера активируется выход `START`. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определенного уставкой *Время срабатывания*, активируется выход `OPERATE`, если напряжение остается повышенным. Если напряжение обратной последовательности нормализуется до срабатывания модуля, включается таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход `START` блокируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.5.4.5 Применение

Длительный или временный небаланс напряжения может возникать в сети по различным причинам. В основном, небаланс напряжения является результатом обрыва проводников или несимметричной нагрузки, и характеризуется появлением составляющей обратной последовательности напряжения. Для вращающихся электрических машин небаланс напряжения приводит к небалансу тока, результатом чего является перегрев роторов электрических машин. Следовательно, вращающиеся машины не выдерживают продолжительного наличия напряжения обратной последовательности, превышающего обычно 1-2 процента x U_n.

Ток обратной последовательности I_2, потребляемый асинхронной или синхронной машиной, линейно пропорционален составляющей обратной последовательности напряжения U_2. Когда U_2 составляет P% от U_n, I_2 обычно составляет около 5 x P% x I_n.

Функциональные блоки защиты по максимальному току обратной последовательности NSPTOC используются для выполнения селективной защиты от небаланса тока и напряжения отдельно для каждой электрической машины. Как вариант, защита может быть реализована при помощи функции NSPTOV, которая контролирует небаланс напряжения на шине.

Если машина имеет собственную защиту от небаланса, функция NSPTOV может применяться в качестве резервной защиты или может использоваться для сигнализации. Для сигнализации функция может использоваться в тех случаях, когда нет необходимости отключать нагрузки, выдерживающие небаланс напряжения лучше вращающихся электрических машин.

К сети со значительной несимметрией напряжений вращающиеся машины вообще не должны подключаться. Эту логику можно реализовать путем

запрета включения выключателя в случае запуска функции NSPTOV. Такая схема предотвращает подключение машины к сети, если последовательность ее фаз неверна.

Правильное значение уставки *Пусковое знач. напряжения* составляет приблизительно 3 процента от U_n. Правильное значение уставки *Время срабатывания* зависит от применения. Если функция NSPTOV используется в качестве резервной защиты, время срабатывания должно устанавливаться в зависимости от времени срабатывания функции NSPTOC, используемой в качестве основной защиты. Если функция NSPTO используется в качестве основной защиты, время срабатывания должно составлять приблизительно 1 секунду.

4.5.4.6 Сигналы

Таблица 541: Входные сигналы функции NSPTOV

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_2	СИГНАЛ	0	Напряжение обратной последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 542: Выходные сигналы функции NSPTOV

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.5.4.7 Уставки

Таблица 543: Групповые уставки функции NSPTOV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.010...1.000	xUn	0.001	0.030	Пусковое значение
Время срабатывания	40...120000	мс	1	40	Время срабатывания

Таблица 544: Общие уставки функции NSPTOV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 545: Общие уставки функции NSPTOV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

4.5.4.8 Контролируемые данные

Таблица 546: Контролируемые данные функции NSPTOV

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
NSPTOV	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.4.9 Технические данные

Таблица 547: Технические данные NSPTOV

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$		
		± 1,5 % уставки или ±0,002 × $U_{ном}$		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$U_{авар.}$ = 1,1 × уст. *Пусковое значение* $U_{авар.}$ = 2,0 × уст. *Пусковое значение*	33 мс 24 мс	35 мс 26 мс	37 мс 28 мс
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% уставки или ±20 мс		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …		

1) Напряжение обратной последовательности до повреждения = 0,0 × $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, максимальное напряжение обратной последовательности при номинальной частоте, подаваемой с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.5.4.10 Данные о технических изменениях

Таблица 548: Данные о технических изменениях функции NSPTOV

Версия	Изменение
B	Внутреннее изменение
C	Внутреннее улучшение.
D	Внутреннее улучшение.

4.5.5 Защита от понижения напряжения прямой последовательности PSPTUV

4.5.5.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от понижения напряжения прямой последовательности	PSPTUV	U1<	47U+

4.5.5.2 Функциональный блок

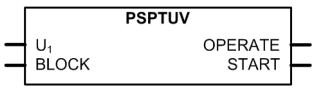


Рис. 323: Функциональный блок

4.5.5.3 Функциональные возможности

Функция защиты от понижения напряжения прямой последовательности PSPTUV используется для обнаружения условия понижения напряжения прямой последовательности. Функция PSPTUV используется для защиты небольших электростанций. Эта функция помогает отключить собственную электростанцию от поврежденной линии, когда ток повреждения, подаваемый электростанцией, слишком мал для запуска функции МТЗ, но достаточно высок для поддержания дуги. Для успешного автоматического повторного включения автоматического выключателя со стороны сети необходимо оперативное отключение всех источников тока повреждения.

Запуск функции происходит при снижении напряжения прямой последовательности ниже заданной предельной величины. Функция PSPTUV имеет независимую выдержку времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер независимой выдержки времени или всю функцию полностью.

4.5.5.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PSPTUV можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

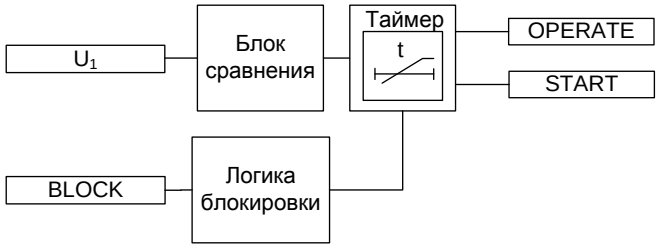


Рис. 324: Функциональная схема. U_1 используется для обозначения напряжение прямой последовательности.

Блок сравнения

Рассчитанное напряжение прямой последовательности сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если значение опускается ниже значения уставки*Пусковое значение*, блок сравнения включает таймер. Для предотвращения ненужных колебаний, в том случае, когда входной сигнал немного отличается от уставки *Пусковое значение*, может использоваться уставка *Относит гистерезис*. После выхода из области гистерезиса необходимо, чтобы пусковое условие выполнялось снова, простого возвращения сигнала в область гистерезиса недостаточно.

Таймер

При активации таймера активируется выход `START`. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определенного уставкой *Время срабатывания*, активируется выход `OPERATE`, если напряжение остается пониженным. Если напряжение прямой последовательности нормализуется до срабатывания модуля, включается таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход `START` блокируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.5.5.5 Применение

Функция PSPTUV может применяться для защиты электростанции, используемой для распределенной генерации, когда повреждения в сети, такие как короткие замыкания или КЗ на землю в линиях электропередачи или распределительных линиях могут привести к возникновению потенциально опасных для электростанции ситуаций. Повреждение в сети может быть опасным для электростанции по разным причинам. Действие защиты может привести к секционированию системы, которое также можно назвать условием потери питания в сети, при котором часть сети, питаемая данной электростанцией, отключается от остальной части сети. В этом случае есть риск ввода в действие АПВ, когда напряжения в различных частях сети не синхронизируются, что приводит к перегрузке электростанции. Другой риск заключается в том, что при аварии в сети может произойти потеря синхронизма генератора. Избежать таких рисков поможет быстрое отключение выключателя электростанции.

Чем ниже трехфазное симметричное напряжение в сети, тем выше вероятность потери синхронизма генератором. При несимметричных повреждениях также присутствует напряжение прямой последовательности. Это более подходящий критерий для обнаружения риска потери синхронизма, чем, например, понижение междуфазного напряжения.

Для анализа выпадения из синхронизма генератора, являющегося довольно сложным процессом, требуется модель генератора с первичным источником энергии и контроллерами. Генератор может работать синхронно, даже если напряжение упадет на несколько десятых процента в течение сотых долей миллисекунды. Таким образом, уставка функции PSPTUV определяется необходимостью защитить электростанцию от рисков секционирования, так как в этом случае потребуется более высокое значение уставки.

Потеря синхронизма генератора означает, что генератор входит неустойчивое состояние, в котором он не может работать как генератор с частотой сети, а попеременно переходит в двигательный режим/режим генератора. Такое состояние оказывает на генератор тепловое и механическое воздействие. Такой тип потери синхронизма не следует путать с потерей синхронизма между отдельной секцией и сетью. При секционировании состояние самого генератора нормальное, но фазный угол и частота междуфазного напряжения может отличаться от соответствующего напряжения в остальной части сети. Отдельная секция, питаясь от небольшой малоинерционной электростанции, может относительно быстро приобрести собственную частоту.

Функция PSPTUV является дополнением к другим принципам защиты от потери сети по частоте и напряжению.

Заклинивание ротора двигателя и невозможность его запуска может привести к длительному понижению напряжения. Функция защиты от понижения напряжения прямой последовательности может использоваться в качестве резервной защиты от заклинивания ротора двигателя.

4.5.5.6 Сигналы

Таблица 549: Входные сигналы функции PSPTUV

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 550: Выходные сигналы функции PSPTUV

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.5.5.7 Уставки

Таблица 551: Групповые уставки функции PSPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0.010...1.200	xUn	0.001	0.500	Пусковое значение
Время срабатывания	40...120000	мс	10	40	Время срабатывания

Таблица 552: Групповые уставки функции PSPTUV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
НапряжБлокировки	0.01...1.00	xUn	0.01	0.20	Уровень внутренней блокировки по напряжению
Ввод блокировки	0=Нет 1=Да			1=Да	Ввод внутренней блокировки

Таблица 553: Общие уставки функции PSPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 554: Общие уставки функции PSPTUV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Относительный гистерезис	1.0...5.0	%	0.1	4.0	Относительный гистерезис для срабатывания

4.5.5.8 Контролируемые данные

Таблица 555: Контролируемые данные функции PSPTUV

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
PSPTUV	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.5.9 Технические данные

Таблица 556: Технические данные PSPTUV

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$ = ±2 Гц		
		± 1,5 % уставки или ±0,002 × $U_{ном}$		
Время пуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$U_{авар.}$ = 0,99 × уст. *Пусковое значение*	52 мс 44 мс	55 мс 47 мс	58 мс 50 мс
	$U_{авар.}$ = 0,9 × уст. *Пусковое значение*			
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		В зависимости от уставки *Относительный гистерезис*		
Время невозврата		<35 мс		
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени		±1,0% уставки или ±20 мс		
Подавление гармоник		Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …		

1) *Пусковое значение* = 1,0 × $U_{ном}$, напряжение прямой последовательности до повреждения = 1,1 × $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, снижение напряжения прямой последовательности при номинальной частоте, подаваемой с произвольным фазовым углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.5.5.10 Данные о технических изменениях

Таблица 557: Данные о технических изменениях функции PSPTUV

Версия	Изменение
B	-
C	Внутреннее улучшение
D	Внутреннее улучшение

4.5.6 Защита от перевозбуждения OEPVPH

4.5.6.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от перевозбуждения	OEPVPH	U/f>	24

4.5.6.2 Функциональный блок

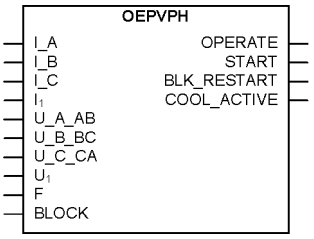


Рис. 325: Функциональный блок

4.5.6.3 Функциональные возможности

Функция защиты от перевозбуждения OEPVPH используется для защиты генераторов и силовых трансформаторов от чрезмерно высокой магнитной индукции и насыщения магнитного сердечника.

Функция рассчитывает отношение U/f (Вольт/Герц), пропорциональное уровню возбуждения генератора или трансформатора, и сравнивает его со значением уставки. Функция запускается, когда уровень возбуждения превышает заданное предельное значение, и срабатывает по истечении заданного времени срабатывания. Функция может иметь независимую (DT) или обратнозависимую характеристику срабатывания (кривая IDMT для функции защиты от перевозбуждения).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.5.6.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции OEPVPH можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

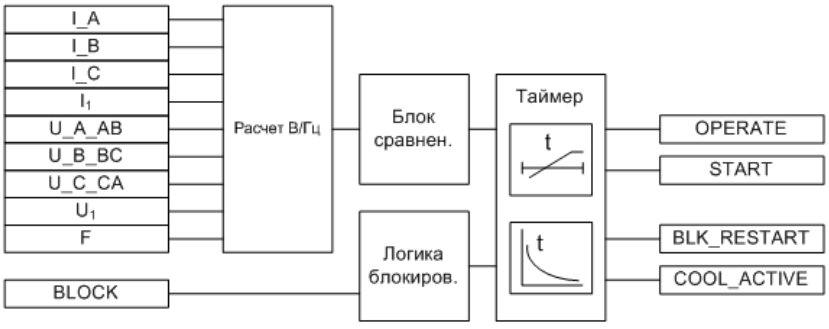


Рис. 326: Функциональная схема

Расчет U/f

Модуль рассчитывает отношение U/f, т.е. уровень возбуждения от внутреннего наведенного напряжения (E) и частоты. Фактическое измеренное напряжение (U_m) имеет отклонение от внутреннего наведенного напряжения (эдс) E, значения, которое должно выдерживать оборудование. Эта компенсация напряжения основывается на токе нагрузки (I_L) и реактивном сопротивлении утечки (X_{leak}) оборудования. Реактивное сопротивление утечки трансформатора или генератора задается при помощи уставки *Сопр рассеяния* в процентах от Z баз.

Внутреннее наведенное напряжение (E) рассчитывается на основании измеренного напряжения. Уставки *Выбор напряжения* и *Контроль фаз* определяют, какие напряжения и токи будут использоваться. Если уставка *Выбор напряжения* установлена в значение "фазное" или "междуфазное", то уставка *Контроль фаз* необходим для определения того, какие фазные или междуфазные напряжения ("A или AB", "B или BC" и "C или CA") и токи должны использоваться для расчета наведенного напряжения.

Таблица 558: Напряжения и токи, используемые для расчета наведенного напряжения E (эдс)

Уставка "Выбор напряжения"	Уставка "Контроль фаз"	Расчет внутреннего наведенного напряжения (эдс) E[1)]
фазное	A или AB	$\overline{E} = \sqrt{3} \cdot \left(\overline{U_A} + \overline{I_A} \cdot (j \cdot X_{leak}) \right)$
фазное	B или BC	$\overline{E} = \sqrt{3} \cdot \left(\overline{U_B} + \overline{I_B} \cdot (j \cdot X_{leak}) \right)$
фазное	C или CA	$\overline{E} = \sqrt{3} \cdot \left(\overline{U_C} + \overline{I_C} \cdot (j \cdot X_{leak}) \right)$
междуфазное	A или AB	$\overline{E} = \overline{U_{AB}} + \left((\overline{I_A} - \overline{I_B}) \cdot (j \cdot X_{leak}) \right)$
междуфазное	B или BC	$\overline{E} = \overline{U_{BC}} + \left((\overline{I_B} - \overline{I_C}) \cdot (j \cdot X_{leak}) \right)$
междуфазное	C или CA	$\overline{E} = \overline{U_{CA}} + \left((\overline{I_C} - \overline{I_A}) \cdot (j \cdot X_{leak}) \right)$
Прямая посл.	Нет	$\overline{E} = \sqrt{3} \cdot \left(\overline{U_1} + \overline{I_1} \cdot (j \cdot X_{leak}) \right)$

1) Напряжения, токи и реактивное сопротивление утечки X_{leak} в расчетах приведены в единицах: вольт, ампер и Ом.

Если на ИЭУ подаются все три фазных или межфазных напряжения и тока, рекомендуется выбирать вариант "Прямая посл.".

Если реактивное сопротивление утечки защищенного оборудования неизвестно, или если для расчета уровня возбуждения будет использоваться измеренное напряжение (U_m), то уставка реактивного сопротивления утечки задается в нулевое значение. Расчетное наведенное напряжение E в этом случае равно измеренному напряжению.

Расчетное отношение U/f масштабируется до величины на базе отношения номинальных величин U_n/f_n. Однако самое большое длительно допустимое напряжение (в % U_n) может определяться параметром *Макс рабочее напряж* для изменения базы для расчета напряжения. Измеренное напряжение сравнивается с новым базовым значением для получения уровня возбуждения.

Уровень возбуждения (M) рассчитывает так:

$$M = \frac{\frac{E}{f_m}}{\frac{U_n}{f_n} \cdot \frac{максим.пост.напряж.}{100}}$$

(Уравнение 130)

M уровень возбуждения (отношение U/f или Вольт/Герц) в относительных единицах
E внутреннее наведенное напряжение (эдс)
f_m измеренная частота
U_n номинальное межфазное напряжение
f_n номинальная частота

Если частота на входе (f_m) составляет менее 20 процентов от номинальной частоты (f_n), расчет уровня возбуждения блокируется, и уровень возбуждения принудительно устанавливается в нулевое значение. Это означает, что в условиях низкой частоты блокируется пуск и срабатывание функции.

Расчетный уровень возбуждения (отношение U/f или Вольт/Герц) VOLTPERHZ можно увидеть в контролируемых данных.

Блок сравнения

Блок сравнения сравнивает расчетный уровень возбуждения с уставкой *Пусковое значение* . Если уровень возбуждения превышает заданное

предельное значение, модуль посылает разрешающий сигнал на пуск таймера.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. В зависимости от значения параметра *Тип кривой срабат.* характеристика срабатывания может иметь независимую или обратнозависимую выдержку времени (DT или IDMT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При возникновении условия возврата, т.е. когда уровень возбуждения опускается ниже значения уставки *Пусковое значение* до момента срабатывания функции, включается таймер возврата, и выход START сбрасывается по истечении выдержки времени *Время возврата* при использовании независимой выдержки времени. Что касается обратнозависимых характеристик, возврат происходит так, как описано в разделе Характеристики таймера.

Для обратнозависимых характеристик можно определить максимальное и минимальное время срабатывания при помощи уставок *Мин время срабат* и *Макс время срабат* . Параметр *Макс время срабат* используется для того, чтобы предотвратить множественные пуски при небольших уровнях перевозбуждения. Параметр *Множитель времени* используется для масштабирования времени срабатывания обратнозависимых характеристик.

При активации выхода OPERATE становится активным выход BLK_RESTART.

В случае характеристики DT при деактивировании выхода OPERATE включается таймер охлаждения. Таймер устанавливается в значение, определенное уставкой *Время охлаждения*. Выходы BLK_RESTART и COOL_ACTIVE остаются активными до тех пор, пока не будет сброшен таймер охлаждения. Если в течение этого времени возбуждение увеличится сверх заданного значения, сразу же станет активным выход OPERATE. При использовании обратнозависимой выдержки времени (IDMT) отключение выходов BLK_RESTART и COOL_ACTIVE зависит от выбранного типа кривой.

Выход T_ENARESTART указывает длительность активного состояния выхода BLK_RESTART в секундах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Параметр *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме «Останов таймера» таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.5.6.5 Характеристики таймера

Функция OEPVPH поддерживает оба типа характеристик срабатывания: независимую (DT) и инверсную (IDMT). Пользователь может выбрать независимую выдержку времени, для чего ему нужно выбрать "ANSI Независимая " или "МЭК Независимая " в качестве значения параметра *Тип кривой сработ.* . В обоих случаях функция работает идентично. Когда выбирается независимая характеристика, на нее оказывают воздействие только уставки *Время срабатывания* и *Время возврата* .

Функция OEPVPH также поддерживает четыре обратнозависимых характеристики срабатывания: "Кривая перевозб IDMT1", "Кривая перевозб IDMT2", "Кривая перевозб IDMT3" и "Кривая перевозб IDMT4".

Характеристики IDMT для функции защиты от перевозбуждения

В режимах с обратнозависимыми характеристиками время срабатывания зависит от мгновенного значения возбуждения: чем выше уровень возбуждения, тем меньше время срабатывания. Подсчет или суммирование времени срабатывания начинается сразу же, когда уровень возбуждения превысит заданное значение уставки *Пусковое значение* и станет активным выход START.

Выход OPERATE активируется, когда накопленная сумма интегратора, рассчитывающего уровень перевозбуждения, превышает значение, определяемое режимом обратнозависимой характеристики. Пусковое значение зависит от выбранного типа кривой и используемых значений уставок.

Уставки *Мин время срабат* и *Макс время срабат* определяют минимальное и максимальное время срабатывания, возможное в режиме IDMT. Для задания этих уставок рекомендуется внимательно изучить конкретные характеристики IDMT.

Время срабатывания функционального блока может существенно отличаться в зависимости от типа кривой, даже если другие уставки не менялись.

При активации таймера активируется выход START для характеристик типа IDMT. Если уровень возбуждения упадет ниже значения уставки *Пусковое значение* до срабатывания функции, активируется таймер возврата и выход START немедленно сбрасывается. Если во время состояния возврата снова появится сигнал START, расчет срабатывания будет выполняться с учетом предыдущего периода, когда выход START был активен. Это необходимо для того, чтобы срабатывание произошло за меньшее время, учитывая нагревание электрической машины во время предыдущего состояния пуска.

При активизации сигнала START время возврата рассчитывается на основе следующего уравнения.

$$время\ возврата = \left(\frac{START_DUR}{100}\right) \bullet время\ охлаждения$$

(Уравнение 131)

Для характеристик типа IDMT когда выход ПУСК деактивируется, интегральное значение, рассчитанное во время активного состояния выхода START, непрерывно уменьшается на постоянную величину до нуля во время периода возврата. Если же повреждение повторится, интегрирование продолжится с текущего интегрального значения, а время пуска будет скорректировано, как показано на Рисунке 327. Время пуска становится значением в момент исчезновения повреждения минус имевшее место время возврата. Если период возврата истек, а повреждение не было обнаружено, сохраненные значения времени пуска и интегрирования сбрасываются.

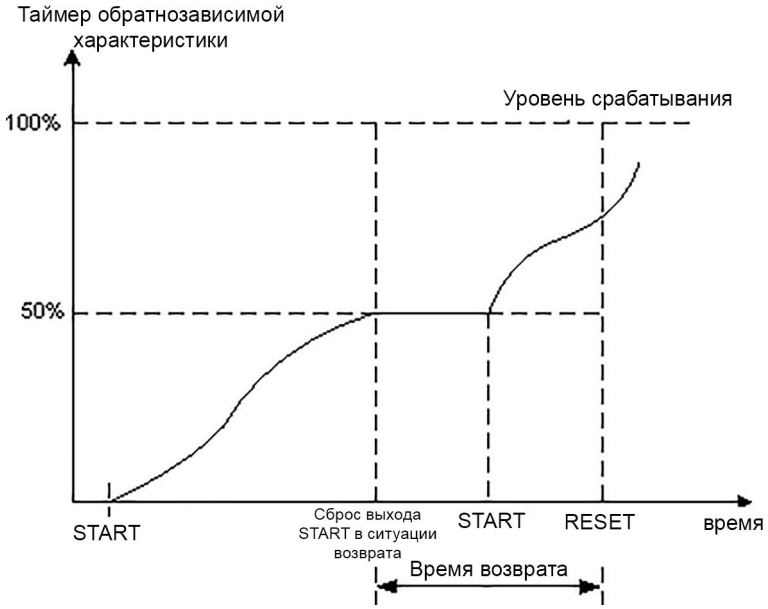


Рис. 327: *Пример возврата с выдержкой времени в обратнозависимых характеристиках. Когда выход пуска становится активным во время периода возврата, таймер срабатывания продолжает отсчет с уровня, соответствующего моменту возврата (время возврата = 0,50 · Время охлаждения)*

IDMT кривые перевозбуждения 1, 2 и 3

Основным уравнением для кривых IDMT "Кривая перевозб IDMT1", "Кривая перевозб IDMT2" и "Кривая перевозб IDMT3" является следующее:

$$t(s) = 60 \cdot e^{\left(\frac{ak+b-100M}{c}\right)}$$

(Уравнение 132)

t(s) Время срабатывания в секундах

M Уровень возбуждения (отношение U/f или Вольт/Герц) в относительных единицах

k Уставка *Множитель времени*

Постоянная "60" в Уравнении 132 преобразует время, указанное в минутах, в секунды.

Таблица 559: Параметры a, b и c для различных IDMT кривых

Уставка Тип кривой срабат.	a	b	c
Кривая перевозб IDMT1	2.5	115.00	4.886
Кривая перевозб IDMT2	2.5	113.50	3.040
Кривая перевозб IDMT3	2.5	108.75	2.443

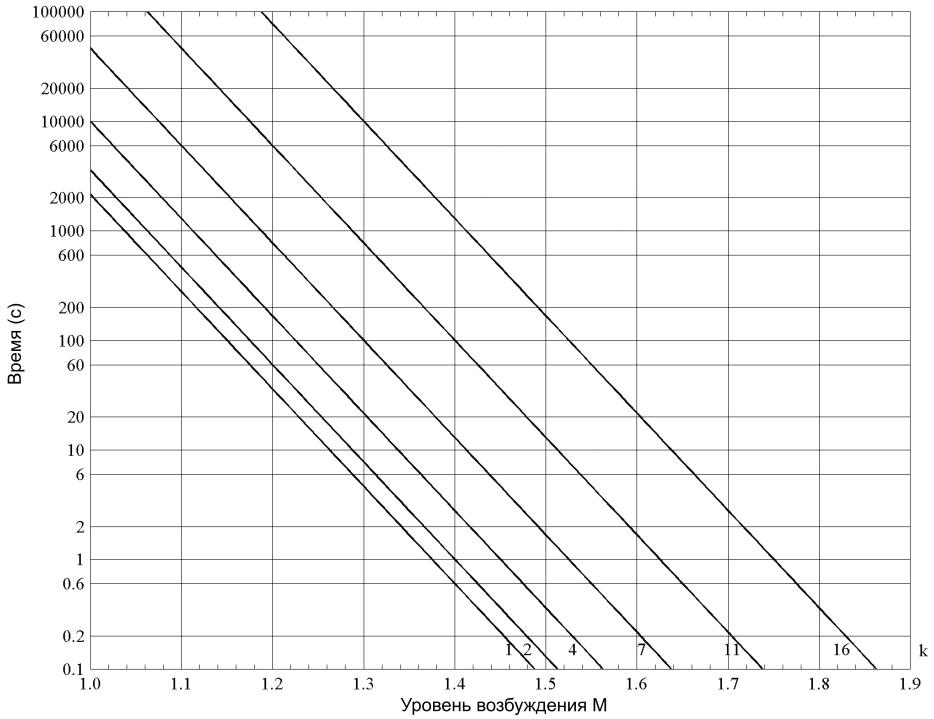


Рис. 328: Кривые срабатывания IDMT кривых перевозбуждения ("Кривая перевозб IDMT1") при значениях параметров a = 2,5, b = 115,0 и c = 4,886

IDMT кривая перевозбуждения 4

Основным уравнением для кривой IDMT "Кривая перевозб IDMT1" является следующее:

$$t(s) = d + \frac{0.18k}{(M-1)^2}$$

(Уравнение 133)

t(s) Время срабатывания в секундах

d Значение *Пост выдержка врем* в миллисекундах

M Значение возбуждения (отношение U/f или Вольт/Герц) в относительных единицах

k Уставка *Множитель времени*

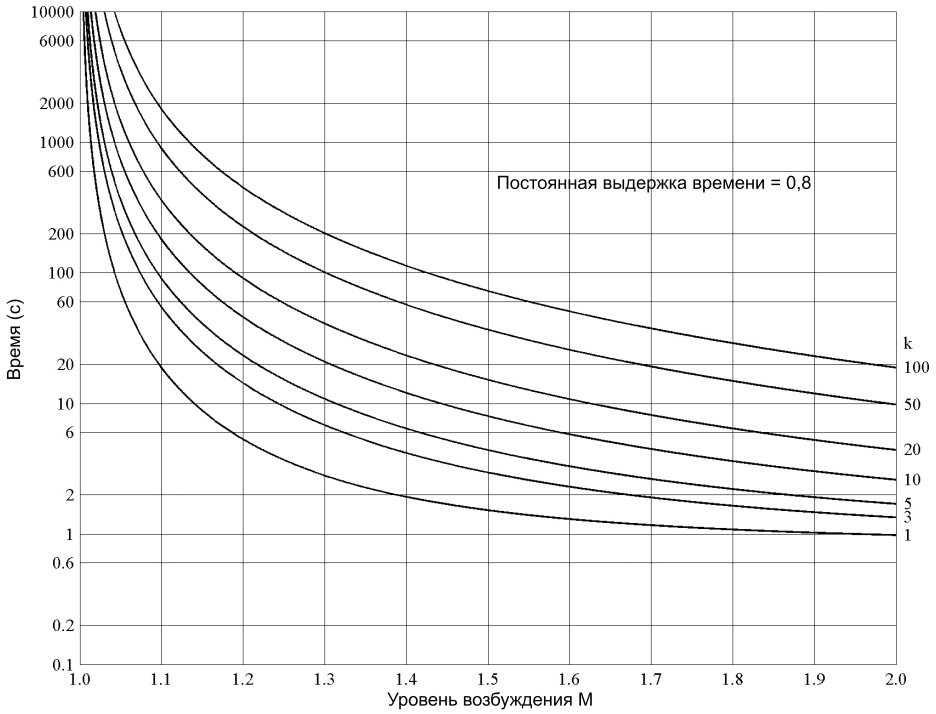


Рис. 329: Кривые срабатывания IDMT характеристики перевозбуждения 4 ("Кривая перевозб IDMT4") при различных значениях уставки Множитель времени, когда уставка Пост выдержка врем равна 800 мс

При активации выхода OPERATE становится активным выход BLK_RESTART.

Если уровень возбуждения превысит заданное значение в то время, когда активен выход BLK_RESTART, сразу же становится активным выход OPERATE.

Если уровень возбуждения превысит заданное значение в то время, когда выход BLK_RESTART неактивен, а выход COOL_ACTIVE активен, выход OPERATE активируется не сразу. В этом случае на расчет таймера

срабатывания повлияет оставшееся время таймера охлаждения, как показано на Рисунке 330. Это компенсирует нагрев и сократит общее время срабатывания.

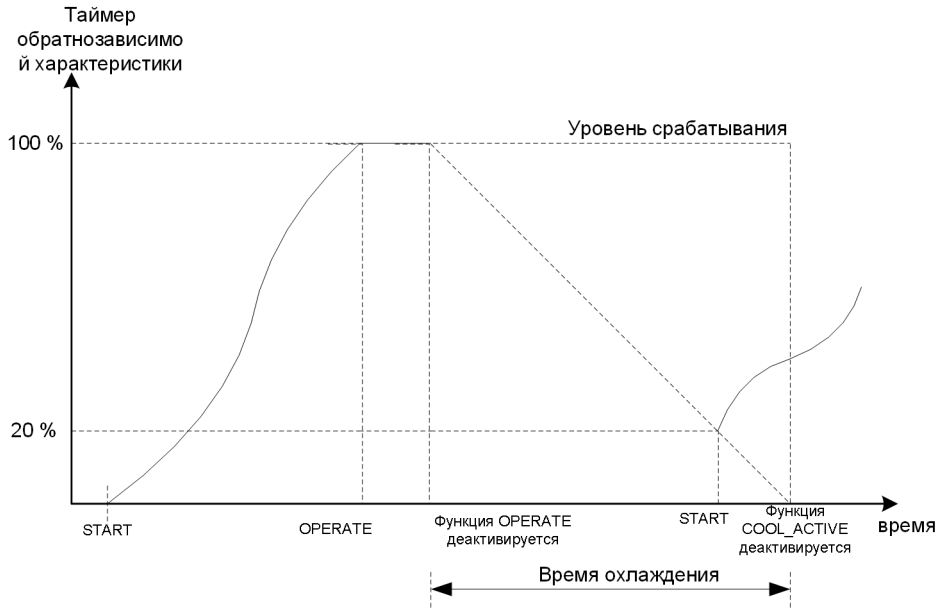


Рис. 330: Пример работы таймера обратнозависимой характеристики, если ПУСК происходит в момент, когда выход BLK_RESTART неактивен, а выход COOL_ACTIVE — активен.

4.5.6.6 Применение

Если шихтованный стальной сердечник силового трансформатора или генератора подвержен потоку магнитной индукции сверх заданного предела, увеличивается магнитный поток утечки. Это в результате дает большой гистерезис и потери вихревых токов в нешихтованных частях. Эти потери могут привести к перегреву и серьезному повреждению изоляции и находящихся рядом частей за относительно небольшое время.

Повышение напряжения, понижение частоты или их сочетание приводит к чрезмерному повышению уровня магнитной индукции. Так как уровень магнитной индукции прямо пропорционален напряжению и обратно пропорционален частоте, вместо непосредственного измерения магнитной индукции защита от перевозбуждения рассчитывает относительный коэффициент В/Гц. Номинальный уровень (номинальное напряжение при номинальной частоте) обычно берется за 100%, возможно небольшое превышение в зависимости от конструкции.

Наибольший риск перевозбуждения существует на теплоэлектростанциях, где блок генератор – трансформатор отключается от остальной части сети, или в изолированный частях системы, в которых могут наблюдаться высокие напряжения или низкие частоты.

Перевозбуждение может возникать во время пуска или отключения генератора, если ток возбуждения не отрегулирован должным образом. К перевозбуждению также может привести потеря нагрузки или отключение нагрузки в случае неправильной работы регулятора напряжения и регулятора частоты. К перевозбуждению может привести понижение снижение частоты в части системы, изолированной от магистральной сети, если система регулирования напряжения поддерживает нормальное напряжение.

Защита от перевозбуждения трансформатора обычно обеспечивается защитой от перевозбуждения генератора, которая использует трансформаторы напряжения, подключенные к выводам генератора. Характеристики, которые определяют пределы отношения В/Гц генератора и трансформатора, должны правильно координироваться для защиты обоих агрегатов.

Если работа генератора возможна с коэффициентом мощности при опережающем токе, напряжение на стороне ВН трансформатора может иметь более высокое отношение В/Гц в относительных единицах, чем отношение В/Гц генератора. Это необходимо учитывать в соответствующей защите трансформатора от перевозбуждения. К тому же измерение напряжения не должно производиться на тех обмотках, на которых находится РПН.

Считается, что перевозбуждение – явление симметричное, вызванное такими событиями, как потеря нагрузки. Следует отметить, что высокое фазное напряжение не означает перевозбуждения. Например, в энергосистеме с изолированной нейтралью однофазное КЗ на землю означает повышение напряжения в двух неповрежденных фазах, но перевозбуждения не будет ни в одной обмотке. Междуфазные напряжения остаются без существенных изменений. Напряжение, которое должно учитываться для перевозбуждения, представляет собой напряжение между двумя концами каждой обмотки.

Примеры расчетов для защиты от перевозбуждения

Пример 1

Номинальные параметры электрической машины

Номинальное междуфазное напряжение (U_n)	11000 В
Номинальный фазный ток (I_n)	7455 А
Номинальная частота (f_n)	50 Гц
Реактивное сопротивление утечки (X_{leak})	20% или 0,2 о.е.

Измеренное напряжение и токи нагрузки электрической машины

Напряжение между фазами A и B (U_{AB})	11500∠0° В
Ток в фазе A (I_A)	5600∠-63,57° А
Ток в фазе B (I_B)	5600∠176,42° А
Измеренная частота (f_m)	49,98 Гц

Уставка *Макс рабочее напряж*	100%
Уставка *Выбор напряжения*	междуфазное
Уставка *Контроль фаз*	A или AB

Реактивное сопротивление утечки в относительных единицах X_{leakPU} преобразуется в Ом.

$$X_{leak\Omega} = X_{leakPU} \cdot \left(U_n \Big/ \left(I_n \cdot \sqrt{3} \right) \right) = 0.2 \cdot \left(11000 \Big/ \left(7455 \cdot \sqrt{3} \right) \right) = 0.170378\ Ohms$$

(Уравнение 134)

Рассчитывается внутреннее наведенное напряжение E электрической машины.

$$\overline{E} = \overline{U_{AB}} + (\overline{I_A} - \overline{I_B}) \cdot (jX_{leak})$$

(Уравнение 135)

E = 11500∠0°+ (5600∠-63,57°- 5600∠176,42°) · (0,170378∠90°) = 12490 В

Рассчитывается уровень возбуждения M электрической машины.

$$уровень\ возбуждения\ M = \frac{12490 \Big/ 49.98}{11000 \Big/ 50 \bullet 1.00} = 1.1359$$

(Уравнение 136)

Пример 2

Ситуация и все данные – такие же, как в примере 1. В этом случае производитель электрической машины допускает длительную работу при 105 % номинального напряжения и при номинальной нагрузке, и это значение будет использоваться как основа для расчета перевозбуждения.

Обычно характеристики U/f указываются таким образом, чтобы отношение составляло 1,00 при номинальном напряжении и номинальной частоте. Таким образом, в качестве значения уставки *Макс рабочее напряж* рекомендуется использовать 100%.

Если параметр *Макс рабочее напряж* имеет значение 105 процентов, то уровень возбуждения M машины рассчитывается согласно следующему уравнению.

$$уровень\ возбуждения\ M = \frac{12490 \Big/ 49.98}{11000 \Big/ 50 \bullet 1.05} = 1.0818$$

(Уравнение 137)

Пример 3

В этом случае функция действует согласно обратнозависимой характеристике (IDMT). Для уставки *Тип кривой срабатывания* выбрано значение "Кривая перевозб. IDMT2". Примеры уставок для кривой IDMT таковы: *Пусковое значение* = 110%, *Макс рабочее напряж* = 100%, *Множитель времени* = 4, *Макс время срабат* = 1000 с, *Мин время срабат* = 1 с и *Время охлаждения* = 200 с.

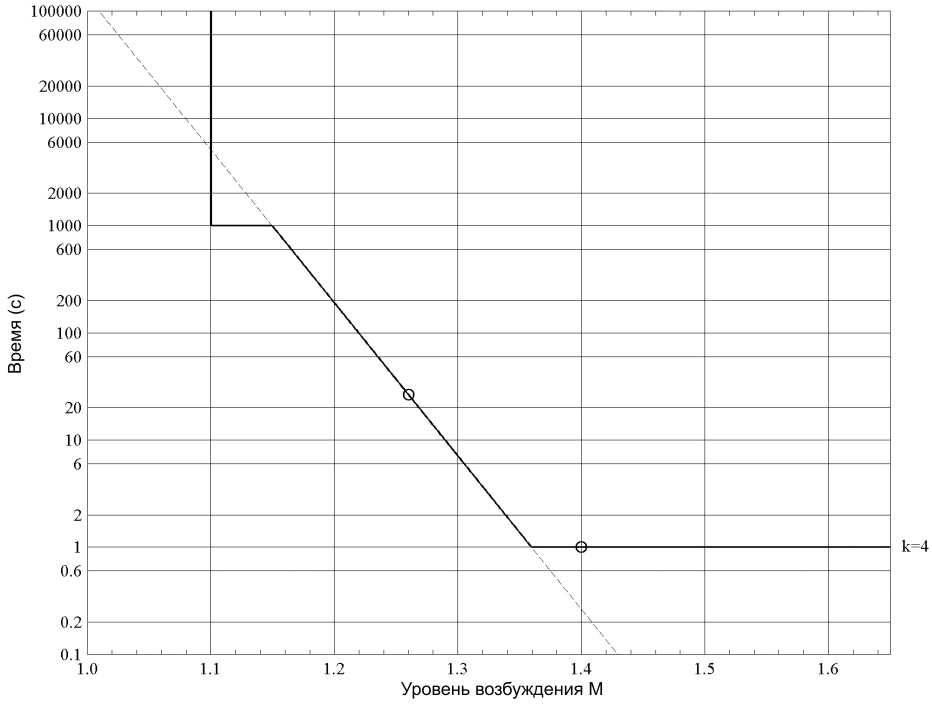


Рис. 331: Характеристика срабатывания "Кривая перевозб IDMT2" на основе уставок, указанных в примере 3. Две отмеченных на кривой точки описаны в тексте.

Если уровень возбуждения остается на значении 1,26, срабатывание происходит через 26,364 с согласно точке, отмеченной на Рисунке 331. Для уровня возбуждения 1,4 (это вторая точка на Рисунке 331) кривая "Кривая перевозб IDMT2" дает 0,2636 с согласно Уравнению 132, но уставка *Мин время срабат* ограничивает время срабатывания до 1,0 с.

Уставка *Макс время срабат* ограничивает время срабатывания до 1000 с, если уровень возбуждения остается в пределах от 1,1 до 1,16.

В целом, уровень возбуждения редко остается постоянным. Таким образом, точное время срабатывания в режиме с любой обратнозависимой характеристикой предугадать сложно.

Пример 4

В этом случае функция действует согласно обратнозависимой характеристике (IDMT). Для параметра *Характеристика срабатывания* выбрано значение "Кривая перевозб IDMT4". Примеры уставок для кривой IDMT таковы: *Пусковое значение* = 110 %, *Макс рабочее напряж* = 100 %, *Множитель времени* = 5, *Макс время срабат* = 3600 с, *Пост выдержка врем* = 0,8 с и *Время охлаждения* = 100 с.

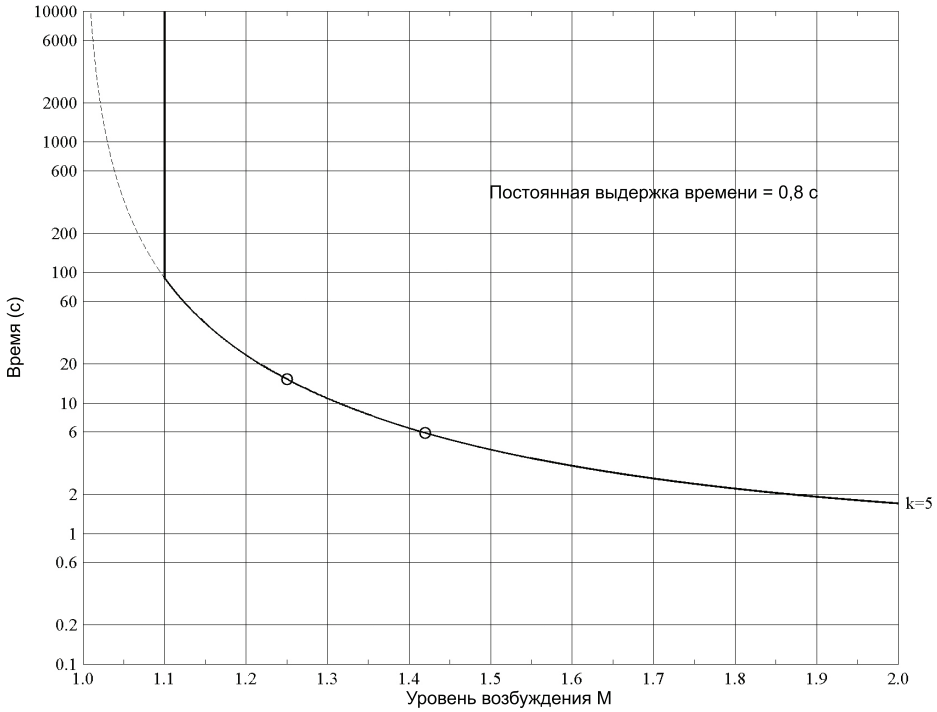


Рис. 332: Характеристика србабатывания - "Кривая перевозб IDMT4" с указанными уставками. Две отмеченных на кривой точки описаны в тексте.

Если уровень возбуждения остается на значении 1,25, срабатывание происходит через 15,20 с. При уровне возбуждения 1,42 время срабатывания будет 5,90 с согласно двум точкам на Рисунке 332. В этом случае уставка *Макс время срабат* 3600 с не ограничивает максимальное время срабатывания, поскольку время срабатывания при значении *Пусковое значение* = 110% (1,1 условной единицы) составляет прибл. 75 с.

4.5.6.7 Сигналы

Таблица 560: Входные сигналы функции OEPVPH

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
I_1	СИГНАЛ	0	Ток прямой последовательности
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
F	СИГНАЛ	0	Измеренная частота
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки

Таблица 561: Выходные сигналы функции OEPVPH

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал пуска
BLK_RESTART	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал блокировки повторного включения перегретой машины
COOL_ACTIVE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал индикации процесса охлаждения машины

4.5.6.8 Уставки

Таблица 562: Групповые уставки функции OEPVPH (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	100...200	%	1	100	Пусковое значение перевозбуждения
Тип кривой срабат.	5=ANSI Независимая Время 15=МЭК Независимая Время 17=Кривая перевозб IDMT1 18=Кривая перевозб IDMT2 19=Кривая перевозб IDMT3 20=Кривая перевозб IDMT4			15=МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Множитель времени	0.1...100.0		0.1	3.0	Множитель времени для IDMT кривых перевозбуждения
Время срабатывания	200...200000	мс	10	500	Время срабатывания независимой характеристики

Таблица 563: Общие уставки функции OEPVPH (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Время охлаждения	5...10000	с	1	600	Время, необходимое для охлаждения машины
Пост выдержка врем	100...120000	мс	10	800	Уставка постоянной выдержки времени
Макс время срабат	500000...10000000	мс	10	1000000	Максимальное время срабатывания для кривых IDMT
Выбор напряжения	1=фазное 2=междуфазное 3=прямая посл.			3=прямая посл.	Выбор напряжения - фазное, междуфазное или прямой последовательности
Выбор фазы	1=A или AB 2=B или BC 3=C или CA			1=A или AB	Параметр для выбора фазы
Сопр рассеяния	0.0...50.0	%	0.1	0.0	Индуктивное сопротивление рассеяния электрической машины
Макс рабочее напряж	80...160	%	1	110	Максимально допустимое относительное рабочее напряжение

Таблица 564: Общие уставки функции OEPVPH (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	100	Время возврата таймера независимой характеристики
Мин время срабат	200...60000	мс	10	200	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT

4.5.6.9 Контролируемые данные

Таблица 565: Контролируемые данные функции OEPVPH

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания (в %)
T_ENARESTART	INT32	0...10000	с	Расчетное время сброса блокировки повторного пуска
VOLTPERHZ	FLOAT32	0.00...10.00	о.е.	Уровень возбуждения, т.е. отношение U/f или Вольт/Герц
OEPVPH	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.6.10 Технические данные

Таблица 566: Технические данные функции OEPVPH

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	±3,0% уставки
Время запуска [1)2)]	Изменение частоты: Типовое: 200 мс
	Изменение напряжения: Типовое: 40 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Продолжение таблицы на следующей странице	

Характеристика	Значение
Время задержки	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени	± 5,0% теоретического значения или ±50 мс

1) f_n = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.5.7 Функция переключения питания при понижении напряжения LVRTPTUV

4.5.7.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция переключения питания при понижении напряжения	LVRTPTUV	U<RT	27RT

4.5.7.2 Функциональный блок

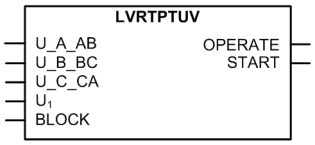


Рис. 333: Функциональный блок

4.5.7.3 Функциональные возможности

Функция переключения питания при понижении напряжения LVRTPTUV в принципе представляет собой трехфазную защиту от понижения напряжения. Она отличается от традиционной трехфазной защиты от понижения напряжения PHPTUV тем, что позволяет операторам сети определять собственную кривую поддержания генераторного режима при провале напряжения сети (LVRT) для генераторов в соответствии с требованиями местных или национальных стандартов эксплуатации электроустановок. Кривую LVRT можно точно определить в соответствии с требованиями, задав подходящие координаты "время-напряжение".

Функция содержит блокировку. Функцию LVRTPTUV можно блокировать с помощью входа BLOCK. При блокировке сбрасываются таймеры и выходы.

4.5.7.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции LVRTPTUV можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

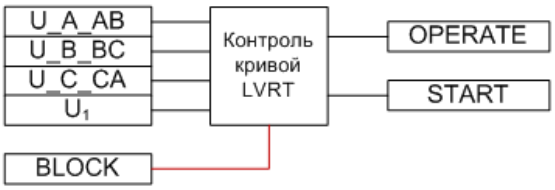


Рис. 334: Функциональная схема

Контроль кривой LVRT

Контроль кривой LVRT запускается при обнаружении пониженного напряжения. Обнаружение пониженного напряжения зависит от уставки *Выбор напряжения*. Все доступные для выбора варианты основаны на составляющих основной гармоники.

В функции используются напряжения "фаза-земля", если для уставки *Выбор напряжения* задано значение "Наибольшее фаза-земля" или "Наименьшее фаза-земля", и межфазные напряжения, если для уставки *Выбор напряжения* задано значение "Наибольшее фаза-фаза" или "Наименьшее фаза-фаза".

Если для уставки *Выбор напряжения* задано значение "Наибольшее фаза-земля", "Наименьшее фаза-земля", "Наибольшее фаза-фаза" или "Наименьшее фаза-фаза", измеренные трехфазные напряжения пофазно сравниваются с заданным значением *Пусковое знач. напряжения*. Если измеренное значение меньше заданного значения *Пусковое знач. напряжения* в количестве фаз, равном заданному уставкой *Количество фаз*, активируется выход START.

Для уставки *Количество фаз* предусмотрены значения "Ровно 1 из 3", "Ровно 2 из 3" и "Ровно 3 из 3", которые отличаются от обычных вариантов, доступных в других функциях. Например, если для уставки *Количество фаз* задано значение "Ровно 2 из 3", для активирования выхода START необходимо, чтобы в сети с одним циклом любые два напряжения опустились ниже значения *Пусковое знач. напряжения*. Даже если более двух напряжений будут ниже значения *Пусковое знач. напряжения*, выход START не активируется.

Если для уставки *Выбор напряжения* задано значение "Прямая послед.", составляющая прямой последовательности сравнивается с заданным значением *Пусковое знач. напряжения*. Если она меньше заданного значения *Пусковое знач. напряжения*, активируется выход START.

После активации выхода START функция контролирует поведение напряжения, определяемого уставкой *Выбор напряжения*, по заданной кривой LVRT. Когда заданное напряжение оказывается в зоне срабатывания, сразу же активируется выход OPERATE. Длительность импульса OPERATE фиксирована и равна 100 мс. Выход START деактивируется вместе с выходом OPERATE.

При возникновении ситуации возврата, т. е. если напряжение становится выше значения *Пусковое знач. напряжения* до активизации выхода OPERATE, функция не сбрасывается, пока не пройдет установленное максимальное время восстановления, т. е., выход START остается активным.

Кривая LVRT определяется с использованием значений координат "время-напряжение". Доступны значения *Время восстановления 1…Время восстановления 10* и *Уровень напряжения 1…Уровень напряжения 10.*. Количество координат, требуемых для определения кривой LVRT, задается уставкой *Активные координаты*.

Если для уставки *Время восстановления 1* задано ненулевое значение, характеристика будет горизонтальной от момента возникновения повреждения до времени *Время восстановления 1*

Два примера кривой LVRT показаны на рисунке 335 и рисунке 336 с соответствующими уставками из таблицы 567.

Во избежание неправильной работы необходимо правильно задать координаты. Например, значение уставки *Время восстановления 2* должно быть больше значения уставки *Время восстановления 1*. *Время восстановления 1…Время восстановления 10* — это соответствующие значения времени от момента возникновения повреждения.

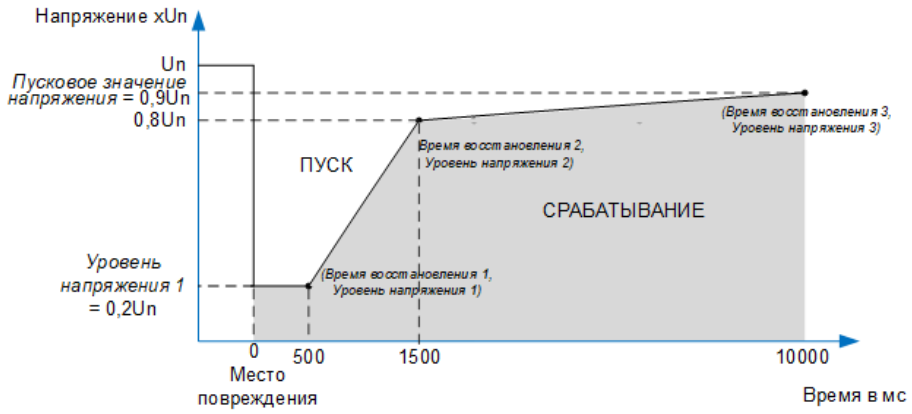


Рис. 335: Пример кривой A поддержания генераторного режима при провале напряжения сети

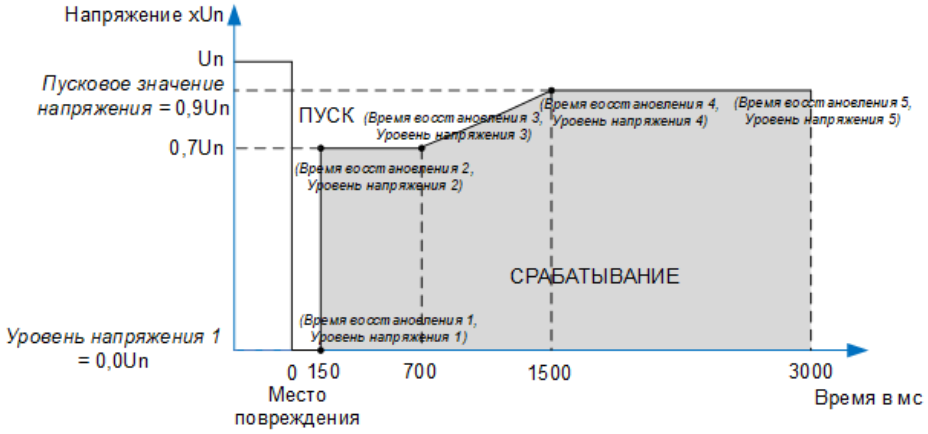


Рис. 336: Пример кривой B поддержания генераторного режима при провале напряжения сети

Таблица 567: Уставки для примеров A и B

Уставки	Кривая A	Кривая B
Пусковое значение напряжения	0,9 · Un	0,9 · Un
Активные координаты	3	5
Уровень напряжения 1	0,2 · Un	0 · Un
Время восстановления 1	500 мс	150 мс
Уровень напряжения 2	0,8 · Un	0,7 · Un
Время восстановления 2	1000 мс	150 мс
Уровень напряжения 3	0,9 · Un	0,7 · Un
Время восстановления 3	10000 мс	700 мс
Продолжение таблицы на следующей странице		

Уставки	Кривая A	Кривая B
Уровень напряжения 4	-	0,9 · Un
Время восстановления 4	-	1500 мс
Уровень напряжения 5	-	0,9 · Un
Время восстановления 5	-	3000 мс

Необходимо, чтобы значение последней активной уставки *Уровень напряжения X* было больше или равно значению *Пусковое знач. напряжения*. Уставки не принимаются, если значение последней активной уставки *Уровень напряжения X* не будет больше или равно значению *Пусковое знач. напряжения*.

На рисунке 337 показан пример работы функции защиты LVRTPTUV в случае, когда для уставки *Количество фаз* задано значение "Ровно 2 из 3", а для уставки *Выбор напряжения* задано значение "Наименьшее фаза-фаза".

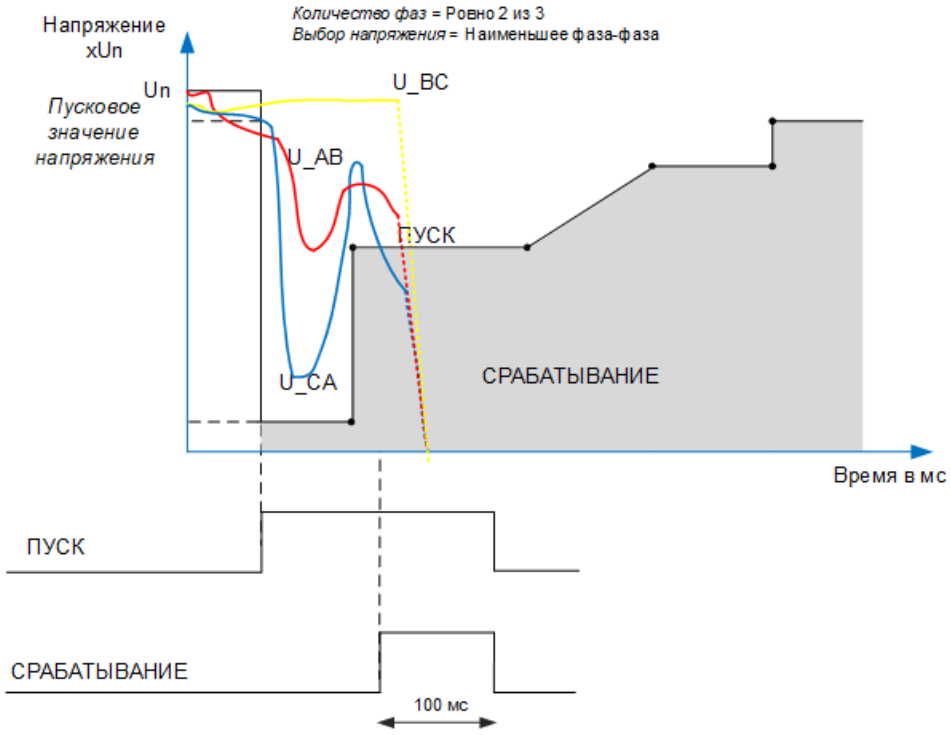


Рис. 337: Типичный пример работы функции LVRTPTUV

При активации входа BLOCK сбрасываются таймеры и деактивируются выходы функции.

4.5.7.5 Применение

Распределенная генерация, в основном ветряные и солнечные электростанции, быстро развивается благодаря либерализации рынков (отмене регулирования) и глобальной тенденции по использованию возобновляемых источников энергии. Эти электростанции ("фермы") напрямую подключаются к сетям и, введу своих больших размеров, могут влиять на поведение сети. Теперь такие электростанции должны удовлетворять строжайшим требованиям к подключению, которые раньше были обязательными только для мощных электростанций. Эти требованию включают помощь в поддержании стабильности системы, поддержку реактивной мощности, выход на нормальный режим после возмущений от переходного процесса и стабилизация частоты и напряжения. В соответствии с этими требованиями ветряные и солнечные электростанции должны оставаться работоспособными в случае нарушения режима в энергосистеме.

В соответствии с актуальными требованиями стандартов эксплуатации электроустановок средства распределенной генерации, подключенные к высоковольтным сетям, должны выдерживать падение напряжения до определенной доли от номинального напряжения (в некоторых случаях до 0 %) в течение определенного времени. Эти требования называются поддержанием генераторного режима при провале напряжения сети (LVRT) или поддержанием генераторного режима при аварии (FRT) и описываются с помощью кривой зависимости напряжения от времени.

Типичное поведение LVRT распределенной генерации можно разделить на три зоны в соответствии с изменением напряжения в зависимости от времени.

- В момент отказа в системе величина напряжения может опуститься до значения *Уровень напряжения 1* на время, определяемое параметром *Время восстановления 1*. В таких условиях генерирующий блок должен оставаться подключенным к сети. Эта граница определяет зону A,
- Зона B определяет уровень линейного роста напряжения при восстановлении от значения *Уровень напряжения 1* до значения *Уровень напряжения 2* в течение времени от *Время восстановления 1* до *Время восстановления 2*.
- Зона C — это зона, в которой напряжение стабилизируется. Для параметра *Уровень напряжения 3* задается то же значение, что и для параметра *Уровень напряжения 2*. Система должна оставаться выше этого напряжения в течение времени от *Время восстановления 2* до *Время восстановления 3*.

Система восстанавливает нормальное состояние и функция сбрасывается, когда напряжение становится равным или превышает *Уровень напряжения 4* по истечение времени *Время восстановления 4*.

Когда напряжение в общей точке сопряжения выше кривой LVRT, генерирующий блок должен оставаться подключенным; отключаться он может только тогда, когда напряжение становится ниже этой кривой.

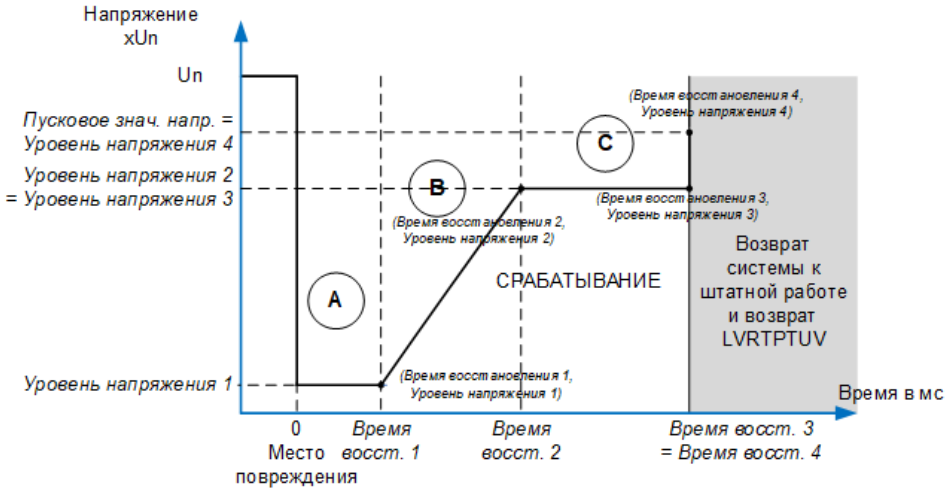


Рис. 338: Типичная кривая функции поддержания генераторного режима для генерирующего блока

Требования LVRT зависит от характеристик энергосистемы и используемой защиты и могут существенно различаться. В разных странах эти требования также различны. Функция LVRTPTUV содержит четыре типа кривых LVRT, которые отвечают большинству потребностей энергосистем. Операторы сети могут выполнить точную настройку кривой LVRT, задавая параметры в соответствии со своими требованиями, что упрощает использование этой функции по сравнению с различными традиционными методами защиты от пониженного напряжения с различными значениями времени срабатывания и различной логикой.

4.5.7.6 Сигналы

Таблица 568: Входные сигналы функции LVRTPTUV

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_A_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_A_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 569: Выходные сигналы функции LVRTPTUV

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.5.7.7 Уставки

Таблица 570: Групповые уставки функции LVRTPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Напряжение пуска	0,05...1,20	xUn	0,01	0,90	Значение напряжения, ниже которого начинает работать функция

Таблица 571: Общие уставки функции LVRTPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	4 = Ровно 1 из 3 5 = Ровно 2 из 3 6 = Ровно 3 из 3			4 = Ровно 1 из 3	Количество фаз с повреждением
Выбор напряжения	1 = Наибольшее фаза-земля 2 = Наименьшее фаза-земля 3 = Наибольшее фаза-фаза 4 = Наименьшее фаза-фаза 5 = Прямая послед.			4 = Наименьшее фаза-фаза	Параметр выбора напряжения для контроля кривой
Активные координаты	1...10		1	3	Координаты, используемые для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 1	0,00...1,20	xUn	0,01	0,20	1-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 2	0,00...1,20	xUn	0,01	0,80	2-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 3	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	3-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 4	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	4-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 5	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	5-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 6	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	6-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 7	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	7-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 8	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	8-я координата напряжения для определения кривой LVRT

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уровень напряжения 9	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	9-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Уровень напряжения 10	0,00...1,20	xUn	0,01	0,90	10-я координата напряжения для определения кривой LVRT
Время восстановления 1	0...300000	мс	1	500	1-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 2	0...300000	мс	1	1000	2-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 3	0...300000	мс	1	10000	3-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 4	0...300000	мс	1	10000	4-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 5	0...300000	мс	1	10000	5-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 6	0...300000	мс	1	10000	6-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 7	0...300000	мс	1	10000	7-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 8	0...300000	мс	1	10000	8-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 9	0...300000	мс	1	10000	9-я координата времени для определения кривой LVRT
Время восстановления 10	0...300000	мс	1	10000	10-я координата времени для определения кривой LVRT

4.5.7.8 Контролируемые данные

Таблица 572: Контролируемые данные функции LVRTPTUV

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
LVRTPTUV	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.7.9 Технические данные

Таблица 573: Технические данные функции LVRTPTUV

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц
	± 1,5 % уставки или ±0,002 × $U_{ном}$
Время пуска[1)2)]	Типовое: 40 мс
Время возврата	В зависимости от максимального значения уставки *Время восстановления* .
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) Испытано при значении параметра *Количество фаз* = 1 из 3, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений.
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.5.8 Защита от качания по напряжению VVSPPAM

4.5.8.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от качания по напряжению	VVSPPAM	VS	78V

4.5.8.2 Функциональный блок

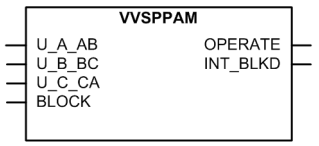


Рис. 339: Функциональный блок

4.5.8.3 Функциональные возможности

Функция защиты от сдвига вектора напряжения VVSPPAM, также называемая функцией броска вектора или дельта фи, непрерывно измеряет длительность цикла напряжения. В момент образования изолированной области длительность измеренного цикла напряжения становится меньше или больше длительности предыдущего цикла, т. е. измеренный цикл напряжения сдвигается по времени. Такой сдвиг напряжения измерятся в терминах

фазового угла. Функция VVSPPAM вызывает немедленное отключение, если сдвиг вектора напряжения превышает заданное значение.

Функцию можно блокировать с помощью входа BLOCK. При блокировке сбрасываются таймеры и выходы.

4.5.8.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл".

Работу функции VVSPPAM можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.



Рис. 340: Функциональная схема

Блок обнаружения сдвига вектора

Этот модуль измеряет длительность каждого цикла одной фазы напряжения. Длительность текущего цикла сравнивается с предыдущим циклом, рассматриваемым как опорное значение. При потери напряжения сети происходит резкое изменение длительности цикла, если нагрузка на генератор внезапно изменяется и несоответствие или дисбаланс (генерации относительно нагрузки) в изолированной части достаточно велики. Цикл сдвигается по времени, т. е. частота может не измениться, но сдвиг вектора виден в фазе, как показано на рисунке 341.

Эта ступенька измеряется в градусах для каждого сигнала напряжения, определенного уставкой *Контроль фаз*. Уставка *Контроль фаз* определяет, какое напряжение используется для обнаружения сдвига вектора. Доступные значения параметра *Контроль фаз* — "Все" и "Прямая посл.". Если вычисленное значение $\Delta\delta$ превышает заданное *Пусковое значение* для всех заданных фаз, модуль отправляет сигнал включения на таймер длительности импульса.

Уставка *Выбор напряжения* служит для выбора доступного сигнала напряжения: между фазой и землей или между фазами.

Рекомендуемое значение для параметра *Контроль фаз* — "Прямая посл." (это значение используется по умолчанию).

Если величина уровня напряжения в любом из контролируемых сигналов напряжения, определяемых уставкой *Контроль фаз*, опускается ниже

значения *Значение блокировки U<* или превышает значение *Значение блокировки U>*, вычисление сдвига вектора отключается и активируется выход INT_BLKD.

Функция блокируется и активируется LOWAMPL_BLKD, если измеренная частота отклоняется от номинального значения более чем на ±5%.

Величина вычисленного сдвига вектора для трех напряжений фаза-земля или фаза-фаза, USHIFT_A_AB, USHIFT_B_BC и USHIFT_C_CA или напряжение прямой последовательности U1SHIFT, которые привели к активизации последнего сигнала на выходе OPERATE, доступны в окне контролируемых данных.

При активации входа BLOCK выход INT_BLKD деактивируется.

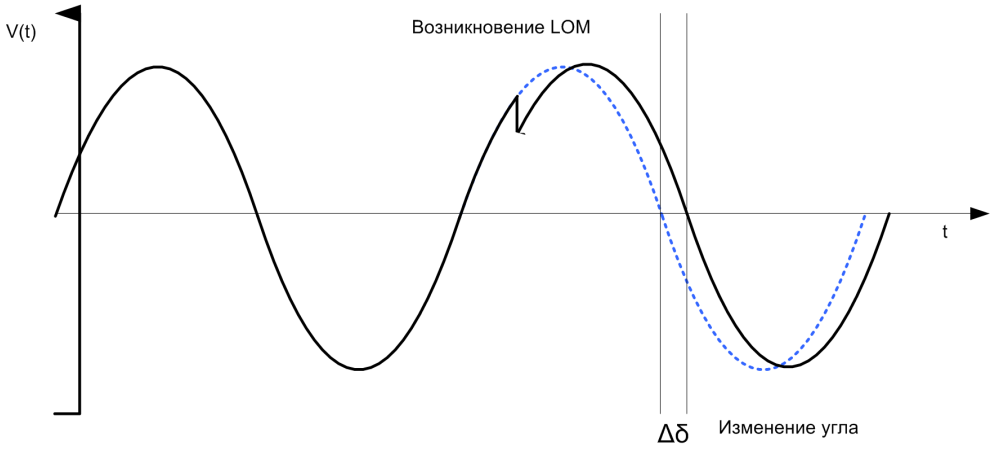


Рис. 341: Сдвиг вектора при пропадании сетевого напряжения

Импульсный таймер

После активации импульсного таймера он активирует выход OPERATE. Длительность импульса OPERATE фиксирована и равна 100 мс.

При активации входа BLOCK деактивируется цифровой выход OPERATE и сбрасывается таймер.

4.5.8.5 Применение

Использование блоков распределенной генерации (DG) увеличивается благодаря либерализации рынков (отмене регулирования) и глобальной тенденции по использованию возобновляемых источников энергии. Они вырабатывают мощность в диапазоне от 10 кВт до 10 МВт, и большинство из них связаны с распределительной сетью. Они могут передавать мощность как в сеть, так и на местные нагрузки. Подключать генераторы напрямую к распределительной сети обычно не принято, поэтому распределенная генерация может создавать определенные сложности для защиты

распределительных сетей. С точки зрения защиты одна из самых сложных проблем — это проблема образования изолированных участков.

Под образованием изолированного участка понимается ситуация, когда блок распределенной генерации продолжает подавать мощность в некоторую часть распределительной сети, когда питание от более крупной энергосистемы больше не подается из-за размыкания выключателя. Образование изолированных участков также еще называется потерей сети (LOM или LOG). Когда происходит потеря сети, ни напряжение, ни частота больше не контролируются энергосистемой. Эти распределенные генераторы не оборудование системой управления напряжением и частотой; поэтому величина напряжения в изолированной сети может не поддерживаться в требуемый пределах, что приводит к неопределенным величинам напряжения в изолированной сети и к нестабильной частоте. Неконтролируемая частота создает высокую опасность для приводов и других механизмов. Образование изолированных участков происходит вследствие отказа в сети, из-за неправильного размыкания выключателя или из-за размыкания выключателя при техническом обслуживании. Если распределенный генератор продолжает работать после отключения сетевого питания, в некоторых ситуация отказы не изолируются, например дуговой разряд может поддерживаться распределенными генераторами. Кроме того, распределенные генераторы несовместимы с методами АПВ по току. Во время паузы последовательности АПВ генераторы в сети обычно выходят из синхронизма с сетью, и их повторное включение без синхронизации может привести к повреждению генераторов и вызвать высокие токи и напряжения в окружающей сети.

Во избежание таких технических проблем требуется защита для отключения распределенной генерации, если она оказывается электрически изолированной от основной сети. Для обнаружения потери сети используются различные методы. Однако данная функция основана на сдвиге вектора напряжения.

Обнаружение сдвига вектора гарантирует быстрое и надежное обнаружение отказа основной сети почти во всех условиях эксплуатации, когда блок распределенной генерации работает параллельно основной сети, но в некоторых ситуаций эта функция может не сработать.

Если активная и реактивная мощность, вырабатываемая блоком распределенной генерации, практически сбалансированы (например, если несоответствие мощностей или дисбаланс не превышают 5...10%) и нагрузки потребляют активную и реактивную мощность, сдвиг фазы напряжения может быть слишком небольшим для обнаружения алгоритмом обнаружения сдвига вектора. Это означает, что у алгоритма обнаружения сдвига вектора есть небольшая зона отсутствия обнаружения (NDZ), которая также зависит от типа генераторов, нагрузок, сети и значения запуска или срабатывания алгоритма обнаружения сдвига вектора. Другие события в сети, такие как подключение или отключение конденсаторов, включение очень больших нагрузок в слабой сети или подключение параллельного трансформатора на подстанции высокого/среднего напряжения, при которых не происходит

значительного изменения величины напряжения (в отличии от отказов) потенциально могут вызвать ложное срабатывание алгоритма обнаружения сдвига вектора, если используются очень чувствительные настройки.

Обнаружение сдвига вектора также защищает синхронные генераторы от повреждения из-за образования изолированного участка сети или потери сети. Для обнаружения потери сети с помощью функции сдвига вектора генератор должен быть рассчитан на импорт или экспорт по крайней мере 5...10% генерируемой мощности в сеть, чтобы гарантировать поддающееся обнаружению изменение нагрузки после образования изолированного участка или потери сети.

Несколько критериев потери сети

Помимо сдвига вектора, имеются другие пассивные методы, используемые для обнаружения потери сети. К таким пассивным методам относятся, например повышение или понижение напряжения, повышение или понижение частоты, скорость изменения частоты, дисбаланс напряжения, скорость изменения мощности и т. д. В этих пассивных методах для обнаружения потери сети используются напряжение или частота. Эффективность этих методов зависит от несоответствия мощности локальной генерации и мощности нагрузки. Преимущество всех этих методов заключается в том, что они просты и экономичны, но у каждого из них есть своя зона отсутствия обнаружения. Для преодоления этой проблемы рекомендуется комбинировать различные критерии обнаружения потери сети.

Для обнаружения потери сети параллельно работают две или более функций защиты. Когда выполнены все критерии обнаружения потери сети, подается аварийный сигнал или сигнал срабатывания защиты. Обычно для обнаружении потери сети параллельно используются сдвиг вектора и скорость изменения частоты.

Выбранный критерий защиты может быть включен в средство конфигурации приложения для создания аварийных сигналов или сигналов срабатывания защиты с несколькими критериями.

4.5.8.6 Сигналы

Таблица 574: Входные сигналы функции VVSPPAM

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 575: Выходные сигналы функции VVSPPAM

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
INT_BLKD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Функция защиты заблокирована устройством

4.5.8.7 Уставки

Таблица 576: Групповые уставки функции VVSPPAM (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	2,0...30,0	град.	0,1	6,0	Пусковое значение сдвига вектора

Таблица 577: Групповые уставки функции VVSPPAM (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Значение блокировки U>	0,40...1,50	xUn	0,01	1,20	Напряжение, выше которого функция будет заблокирована устройством
Значение блокировки U<	0,15...1,00	xUn	0,01	0,80	Напряжение, ниже которого функция будет заблокирована устройством

Таблица 578: Общие уставки функции VVSPPAM (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 579: Общие уставки функции VVSPPAM (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Контроль фаз	7 = Фазы A + B + C 8 = Прямая посл.			8 = Прямая посл.	Контролируемая фаза напряжения

4.5.8.8 Контролируемые данные

Таблица 580: Контролируемые данные функции VVSPPAM

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
VEC_SHT_A_AB	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг вектора фазного напряжения A или междуфазного напряжения AB
VEC_SHT_B_BC	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг вектора фазного напряжения B или междуфазного напряжения BC
VEC_SHT_C_CA	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг вектора фазного напряжения C или междуфазного напряжения CA
VEC_SHT_U1	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Сдвиг вектора напряжения прямой последовательности
VVSPPAM	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.5.8.9 Технические данные

Таблица 581: Технические данные функции VVSPPAM

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного напряжения: $f_{ном}$ ±1 Гц
	±1°
Время срабатывания[1)2)]	Типовое: 53 мс

1) $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.6 Защита по частоте

4.6.1 Защита по частоте FRPFRQ

4.6.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита по частоте	FRPFRQ	f>/f<,df/dt	81

4.6.1.2 Функциональный блок

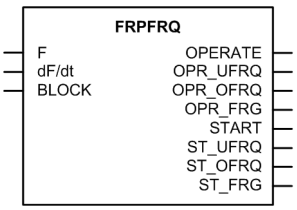


Рис. 342: Функциональный блок

4.6.1.3 Функции

Функция защиты по частоте FRPFRQ используется для защиты компонентов сети от аварийных условий по частоте.

Эта функция обеспечивает основную защиту по частоте, т.е. защиту от повышения частоты, защиту от понижения частоты, а также защиту по скорости изменения частоты. Кроме того, для получения более сложных схем защиты системы можно использовать комбинированные критерии.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.6.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции FRPFRQ можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

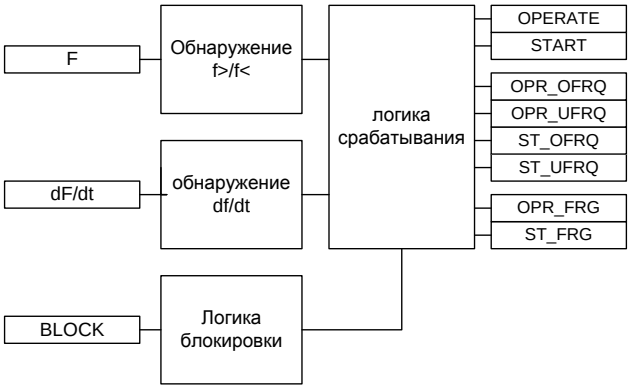


Рис. 343: Функциональная схема

Обнаружение Freq>/<

Модуль обнаружения изменения частоты включает функцию обнаружения повышения или понижения частоты на базе значения уставки *Режим работы* .

В режиме "f>" измеренная частота сравнивается с заданным значением *Пусковое знач. f>*. Если измеренное значение превышает заданное значение уставки *Пусковое знач. f>*, модуль сообщает о превышении значения в модуль логики срабатывания.

В режиме "f<" измеренная частота сравнивается с заданным значением *Пусковое знач. f<*. Если измеренное значение ниже заданного значения уставки *Пусковое знач. f<*, модуль сообщает значение в модуль логики срабатывания.

Модуль обнаружения скорости изменения частоты (df/dt)

Модуль обнаружения скорости изменения частоты включает в себя функцию обнаружения положительного или отрицательного изменения частоты на основании значения уставки *Пусковое знач. df/dt* . Защита по уменьшению скорости изменения частоты выбирается в том случае, когда значение отрицательное. Защита по повышению скорости изменения частоты выбирается в случае положительного значения уставки. Когда выбирается защита по скорости изменения частоты, и скорость изменения частоты превышает значение уставки *Пусковое знач. df/dt* , модуль сообщает о превышении значения в модуль логики срабатывания.

ИЭУ не принимает заданное значение "0,00" в качестве значения уставки *Пусковое знач. df/dt*.

Логика срабатывания

Этот модуль используется для комбинирования различных критериев защиты на базе измерения частоты и скорости измерения частоты для достижения более сложного режима работы функции. Выбор критериев осуществляется параметром *Режим работы* .

Таблица 582: Режимы логики срабатывания

Режим работы	Описание
f<	Функция действует как независимая защита от понижения частоты ("f<"). Когда измеренная частота опускается ниже заданного значения уставки *ПусковоеЗначение f<* , модуль активирует выходы START и STR_UFRQ . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *ВрСраб по частоте* , становятся активными выходы OPERATE и OPR_UFRQ . При восстановлении частоты до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время возврата f</f>* , таймер срабатывания сбрасывается, а выходы START и STR_UFRQ блокируются.
f>	Функция действует как независимая защита от повышения частоты ("f>") . Когда измеренная частота превышает значение уставки *ПусковоеЗначение f>* , модуль активирует выходы START и STR_OFRQ . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *ВрСраб по частоте* , становятся активными выходы OPERATE и OPR_OFRQ . При восстановлении частоты до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время возврата f</f>* , таймер срабатывания сбрасывается, а выходы START и STR_OFRQ блокируются.
df/dt	Функция действует как независимая защита по градиенту или скорости изменения частоты ("df/dt"). Когда градиент частоты превышает значение, определяемое уставкой *Пусковое знач. df/dt* , модуль активирует выходы START и STR_FRG . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *ВрСраб df/dt* , становятся активными выходы OPERATE и OPR_FRG . При восстановлении скорости изменения частоты до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время возврата df/dt* , таймер срабатывания сбрасывается, а выходы START и STR_FRG блокируются.
Продолжение таблицы на следующей странице	

Режим работы	Описание
f< + df/dt	Последовательно включаются два метода защиты. Когда измеренная частота опустится ниже заданного значения уставки *Пусковое знач. f<* , включается защита по скорости изменения частоты. После того как частота опустится ниже заданного значения, градиент частоты сравнивается со значением уставки *Пусковое знач. df/dt* . Когда градиент частоты превысит заданное значение, модуль активирует выходы START b STR_FRG . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *ВрСраб df/dt* , становятся активными выходы OPERATE и OPR_FRG . Если скорость изменения частоты восстановится до срабатывания модуля, становится активным таймер возврата. После того как таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время возврата df/dt* , таймер срабатывания сбрасывается, а выходы START и STR_FRG блокируются. При использовании такого режима выход OPR_UFRQ неактивен.
Продолжение таблицы на следующей странице	

Режим работы	Описание
f> + df/dt	Два метода защиты включаются последовательно. Когда измеренная частота превысит заданное значение уставки *Пусковое знач. f>* , включается защита по скорости изменения частоты. После того как частота превысит заданное значение, градиент частоты сравнивается со значением уставки *Пусковое знач. df/dt* . Когда градиент частоты превысит заданное значение, модуль активирует выходы START и STR_FRG . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигнет значения, определяемого уставкой *ВрСраб df/dt* , становятся активными выходы OPERATE и OPR_FRG . При восстановлении скорости изменения частоты до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Когда таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время возврата df/dt* , таймер срабатывания сбрасывается, а выходы START и STR_FRG блокируются. При использовании такого режима выход OPR_OFRQ неактивен.
f< или df/dt	Параллельно включаются две метода защиты. Выход START становится активным, когда любое из измеренных значений модуля защиты превысит заданное значение. Подробные данные об активном модуле имеются на выходах STR_UFRQ и STR_FRG. Приоритетным в отношении выхода OPERATE является самое короткое время срабатывания, определяемое уставкой *ВремяСраб. f< / f>* или *ВремяСраб. Df/dt* . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Характеристику, которая активирует выход OPERATE, можно видеть на выходе OPR_UFRQ или OPR_FRG. Если скорость изменения частоты восстановится до срабатывания модуля, становится активным таймер возврата. Когда таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время возврата df/dt* , таймер срабатывания сбрасывается, а выход STR_FRG блокируется. При восстановлении частоты до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Если таймер достигает значения, заданного уставкой *Время возврата f</f>*, таймер срабатывания сбрасывается и выход STR_UFRQ деактивируется.
f> или df/dt	Параллельно включаются две метода защиты. Выход START становится активным, когда любое из измеренных значений модуля защиты превысит заданное значение. Подробные данные с активного модуля имеются на выходах STR_OFRQ и STR_FRG. Приоритетным в отношении выхода OPERATE является самое короткое время срабатывания, определяемое уставкой *ВремяСраб. f< / f>* или *ВремяСраб. Df/dt* . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Характеристику, которая активирует выход OPERATE, можно видеть на выходе OPR_OFRQ или OPR_FRG. Если скорость изменения частоты восстановится до срабатывания модуля, становится активным таймер возврата. Когда таймер достигнет значения, определяемого уставкой *Время возврата df/dt* , таймер срабатывания сбрасывается, а выход STR_FRG блокируется. При восстановлении частоты до срабатывания блока, становится активным таймер возврата. Если таймер достигает значения, заданного уставкой *Время возврата f</f>*, таймер срабатывания сбрасывается и выход STR_UFRQ деактивируется.

Модуль рассчитывает значение длительности пуска, которое указывает процентное отношение времени пуска к заданному времени срабатывания (Независимая выдержка времени, DT). Длительность пуска зависит от выбранного значения уставки *Режим работы* .

Таблица 583: Значение длительности пуска

Используемый режим работы	Имеющееся значение длительности пуска
f<	ST_DUR_UFRQ
f>	ST_DUR_OFRQ
df/dt	ST_DUR_FRG

Длительность комбинированного пуска START_DUR указывает максимальное процентное отношение активных режимов защиты. Эти значения отображаются в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.6.1.5 Применение

Для надежного и точного измерения частоты функция защиты по частоте использует напряжение прямой последовательности с контролем чередования фаз.

Устойчивость частоты в системе – один из основных принципов при ремонте и обслуживании передающих и распределительных сетей. Для защиты всех чувствительных к частоте аппаратов сети и их безопасной работы выход частоты за пределы допустимого диапазона недопустим.

Защита от повышения частоты применяется во всех ситуациях, когда необходимо надежное обнаружение высокого уровня основной частоты напряжения в энергосистеме. Высокий уровень основной частоты в энергосистеме свидетельствует о небалансе выработки и потребления электроэнергии. В таком случае генерация слишком велика по сравнению с потреблением электроэнергии нагрузками, подключенными к энергосистеме. Это может произойти из-за внезапной потери нагрузки или из-за сбоя в

системе регулятора частоты вращения турбины. В случае продолжения и развития такой ситуации устойчивость энергосистемы нарушается.

Защита от понижения частоты применяется во всех ситуациях, когда требуется надежное обнаружение понижения основной частоты напряжения в энергосистеме. Понижение основной частоты в энергосистеме свидетельствует о том, что генерируемая мощность недостаточна для питания подключенных к энергосистеме нагрузок.

Понижения частоты может быть следствием перегрузки генераторов, работающих в изолированной системе. Это также может быть результатом серьезного повреждения в энергосистеме из-за дефицита генерации электроэнергии по сравнению с нагрузкой. Это может произойти из-за повреждения в энергосистеме на передающих линиях, соединяющих две части системы. В результате система делится на две части, с избытком нагрузки в одной части и дефицитом нагрузки, соответственно, в другой части.

Градиент частоты применяется во всех ситуациях, когда требуется надежное обнаружение скорости изменения основной частоты напряжения. Градиент частоты может использоваться как при повышении, так и при понижении частоты. Эта функция обеспечивает выходной сигнал, который может использоваться функциями отстройки от нагрузочного режима, снижения или форсирования работы генератора, изменения уставок в распределительных системах высокого напряжения на постоянном токе и пуска турбины. Градиент частоты часто используется в сочетании с сигналом понижения напряжения, особенно в небольших энергосистемах, где потеря одного большого генератора требует немедленных действий для сохранения целостности энергосистемы. В таких ситуациях требуются действия по отстройке от нагрузочного режима на довольно высоком уровне частоты. Однако в сочетании с большим отрицательным градиентом частоты защиту от понижения частоты можно использовать с высокой уставкой.

4.6.1.6 Сигналы

Таблица 584: Входные сигналы функции FRPFRQ

Название	Тип	По умолчанию	Описание
F	СИГНАЛ	0	Измеренная частота
df/dt	СИГНАЛ	0	Скорость изменения частоты
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 585: Выходные сигналы функции FRPFRQ

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
OPR_OFRQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания защиты от повышения частоты
OPR_UFRQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания защиты от понижения частоты
OPR_FRG	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания защиты по скорости изменения частоты
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
ST_OFRQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания защиты от повышения частоты
ST_UFRQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пусковой сигнал защиты от понижения частоты
ST_FRG	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания защиты по скорости изменения частоты

4.6.1.7 Уставки

Таблица 586: Групповые уставки функции FRPFRQ (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Рабочий режим	1=Freq< 2=Freq> 3=df/dt 4=Freq< + df/dt 5=Freq> + df/dt 6=Freq< ИЛИ df/dt 7=Freq> ИЛИ df/dt			1=Freq<	Выбор режима работы с защитой по частоте
Пусковое знач. Freq>	0.9000...1.2000	xFn	0.0001	1.0500	Пусковое значение частоты защиты от повышения частоты
Пусковое знач. Freq<	0.8000...1.1000	xFn	0.0001	0.9500	Пусковое значение частоты защиты от понижения частоты
ПусковоеЗнач. df/dt	-0,2000...0,2000	xFном/c	0.0025	0.0100	Пусковое значение защиты по скорости изменения частоты
Время сраб f</f>	80...200000	мс	10	200	Выдержка времени защиты по частоте
ВремяСраб. Df/dt	120...200000	мс	10	400	Время срабатывания защиты по скорости изменения частоты

Таблица 587: Общие уставки функции FRPFRQ (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 588: Общие уставки функции FRPFRQ (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата f</f>	0...60000	мс	1	0	Выдержка времени на возврат защиты по частоте
Время возврата df/dt	0...60000	мс	1	0	Выдержка времени на срабатывание защиты по скорости изменения частоты

4.6.1.8 Контролируемые данные

Таблица 589: Контролируемые данные функции FRPFRQ

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Длительность пуска
ST_DUR_OFRQ	FLOAT32	0.00...100.00	%	Длительность пуска
ST_DUR_UFRQ	FLOAT32	0.00...100.00	%	Длительность пуска
ST_DUR_FRG	FLOAT32	0.00...100.00	%	Длительность пуска
FRPFRQ	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.6.1.9 Технические данные

Таблица 590: Технические данные FRPFRQ

Характеристика		Значение
Погрешность срабатывания	f>/f<	±5 мГц
	df/dt	±50 мГц/с (в диапазоне |df/dt| < 5 Гц/с) ±2,0% уставки (в диапазоне 5Гц/с < |df/dt| < 15Гц/с)
Время пуска	f>/f<	<80 мс
	df/dt	<120 мс
Время возврата		<150 мс
Погрешность времени срабатывания		±1,0% уставки или ±30 мс

4.6.1.10 Данные о технических изменениях

Таблица 591: Данные о технических изменениях функции FRPFRQ

Версия	Изменение
B	Для параметров *Пусковое знач. f>* и *Пусковое знач. f<* значение шага изменено с 0,001 до 0,0001.
C	Значение шага df/dt изменено с 0,005 ×Fn/c на 0,0025 ×Fn/c.
D	Внутреннее улучшение.

4.6.2 Функция автоматической частотной разгрузки и восстановления нагрузки LSHDPFRQ

4.6.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция сброса и восстановления нагрузки	LSHDPFRQ	UFLS/R	81LSH

4.6.2.2 Функциональный блок

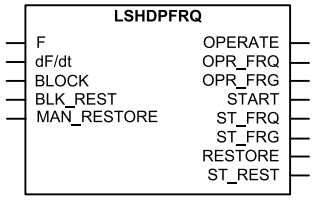


Рис. 344: Функциональный блок

4.6.2.3 Функциональные возможности

Функция автоматической частотной разгрузки и восстановления нагрузки LSHDPFRQ способна выполнять сброс нагрузки по понижению частоты и по скорости изменения частоты. Нагрузку, которая сбрасывается во время аварийного (по частоте) режима, можно восстановить, после того как частота стабилизируется до нормального уровня.

Для обнаружения условия понижения частоты измеренная частота системы сравнивается с заданным значением уставки. Для обнаружения высокой скорости снижения частоты измеренная скорость изменения частоты (df/dt) сравнивается со значением уставки. Сочетание обнаруженного условия понижения частоты и высокого значения df/dt используется для активации

автоматической частотной разгрузки. Имеется фиксированная временная задержка между обнаружением условия понижения частоты и высокого значения df/dt и активацией функции LSHDPFRQ. Эта выдержка может задаваться, и используется она для предотвращения непредусмотренной частотной разгрузки после восстановления частоты системы до нормального уровня.

В настоящем документе «высокое значение df/dt» означает «высокая степень изменения частоты в отрицательном направлении».

После стабилизации частоты функция LSHDPFRQ может восстановить нагрузку, которая была отключена при аварийном режиме по частоте. Восстановление нагрузки можно выполнить вручную или автоматически.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.6.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции LSHDPFRQ можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям даны в следующих разделах.

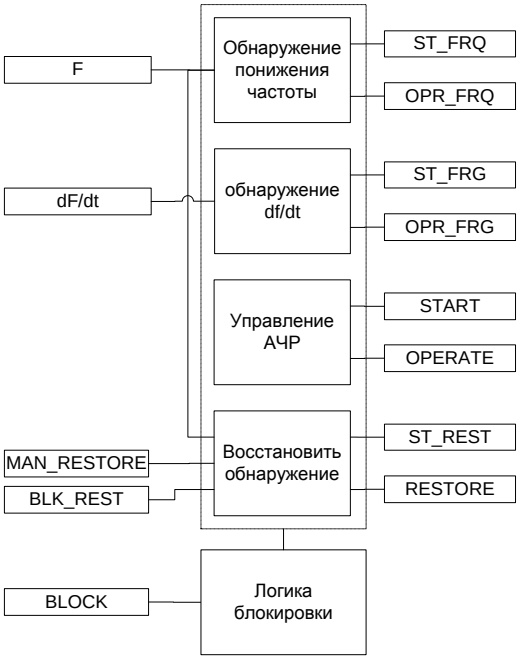


Рис. 345: Функциональная схема

Обнаружение понижения частоты

Модуль обнаружения понижения частоты измеряет входную частоту, рассчитанную на базе сигнала напряжения. Условие понижения частоты определяется, когда измеренная частота опустится ниже значения уставки *Пусковое значение f* .

Модуль обнаружения понижения частоты включает в себя таймер с независимой выдержкой времени При обнаружении понижения частоты таймер срабатывания активирует выход ST_FRQ . После того как таймер модуля обнаружения понижения частоты достигнет значения уставки *Время сраб f</f>*, становится активным выход OPR_FRQ , если условие понижения частоты все еще сохраняется. Если же частота восстановится до нормального уровня до срабатывания модуля, становится активным таймер возврата. Когда таймер возврата достигнет значения, которое определяется уставкой *Время возврата*, таймер сбрасывается, а выход ST_FRQ отключается.

Модуль обнаружения скорости изменения частоты (df/dt)

Модуль обнаружения df/dt измеряет входную частоту, рассчитанную на базе сигнала напряжения, и рассчитывает градиент частоты. Высокое значение скорости изменения частоты df/dt определяется путем сравнения градиента частоты со значением уставки *ПусковоеЗнач. df/dt* .Модуль обнаружения df/dt активируется, когда градиент частоты уменьшается со скоростью, превышающей значение уставки *ПусковоеЗнач. df/dt*.

Модуль обнаружения df/dt включает в себя таймер с независимой выдержкой времени. При обнаружении df/dt таймер срабатывания активирует выход ST_FRG. Когда таймер достигнет значения уставки *Время сраб df/dt*, активируется выход OPR_FRG, если условие понижения частоты все еще сохраняется. Если же df/dt восстановится до нормального уровня до срабатывания модуля, становится активным таймер возврата. Когда таймер возврата достигнет значения, которое определяется уставкой *Время возврата* , таймер сбрасывается, а выход ST_FRG отключается.

Управление АЧР

Способ автоматической частотной разгрузки, т. е. будет ли функция действовать по понижению частоты, по скорости изменения частоты или по обоим критериям, определяется пользовательским параметром *Режим АЧР*. Допустимые режимы работы для настроек *Режим АЧР*: "Freq<", "Freq< И df/dt" и "Freq< ИЛИ df/dt".

После выполнения выбранных условий становятся активными выходные сигналы START и OPERATE .

Когда активен выход START , процент оставшегося до истечения выдержки времени можно контролировать при помощи параметра START_DUR , который доступен в данных мониторинга.

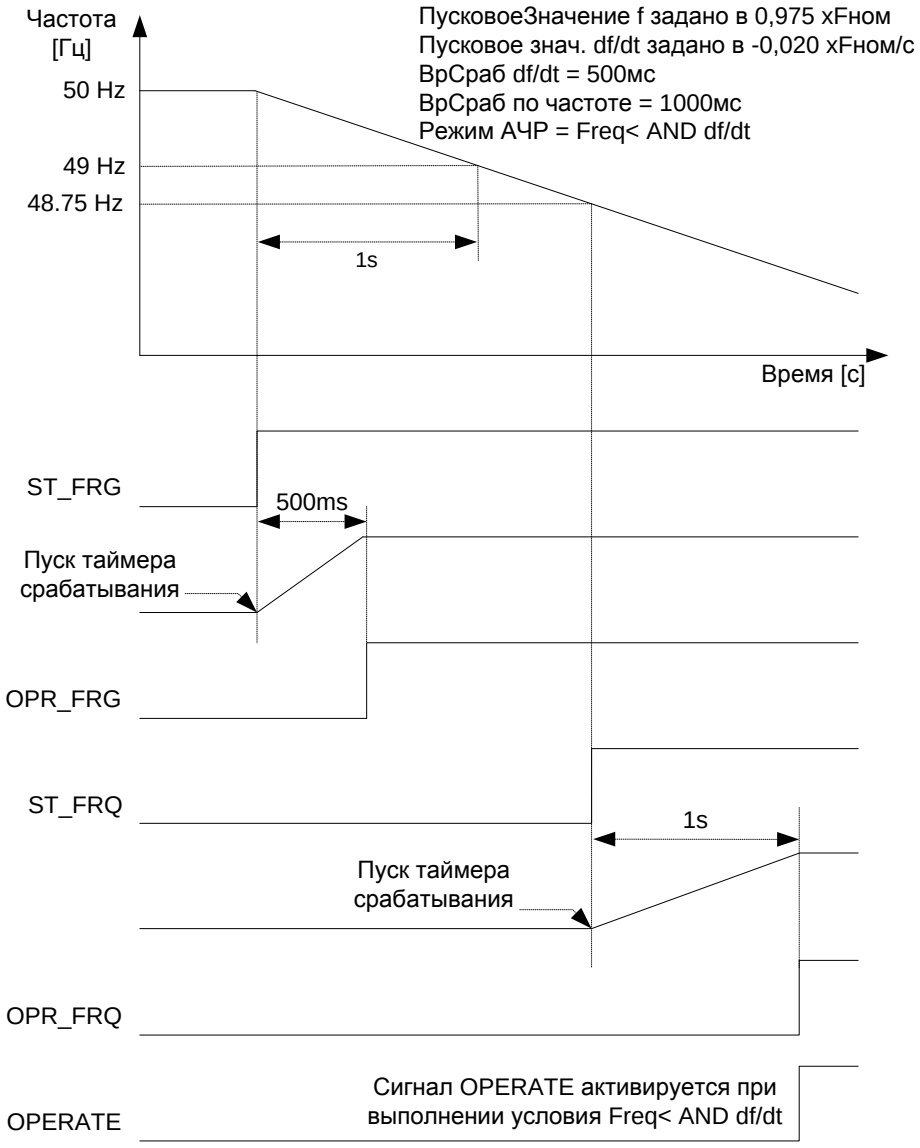


Рис. 346: Автоматическая частотная разгрузка в режиме «f< И df/dt», когда удовлетворяются оба условия, f< и df/dt (Номинальная частота=50 Гц)

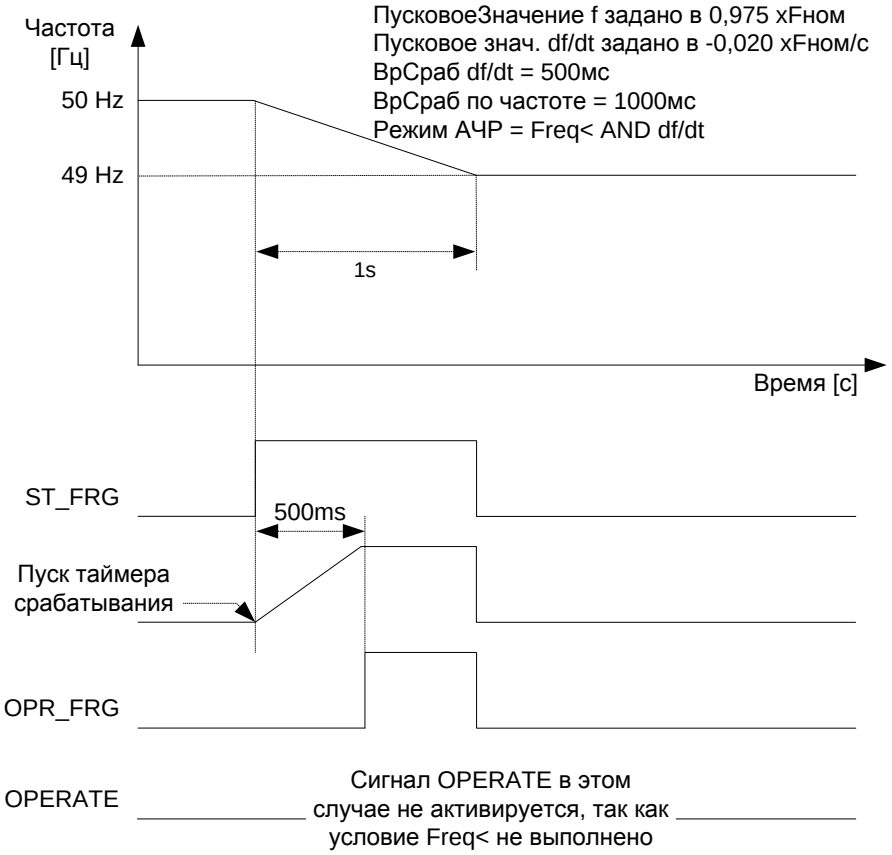


Рис. 347: Автоматическая частотная разгрузка в режиме «f< И df/dt», когда удовлетворяется только условие df/dt (Номинальная частота=50 Гц)

Обнаружение восстановления

Если после активации входа OPERATE частота восстановится до уровня, превышающего значение уставки *Частота восстановл.* , активируется выходной сигнал RESTORE. Выход RESTORE остается активным в течение 100 мс. Параметр *Режим восстановл-я* используется для выбора режима восстановления, и имеет значения "Выкл", "Авто" или "Ручной".

Режим восстановления	Описание
Выкл.	Восстановление нагрузки отключено.
Авто	В режиме "Авто" входная частота непрерывно сравнивается с настройкой *Частота восстановл*. Модуль обнаружения восстановления включает в себя таймер с независимой выдержкой времени. При обнаружении восстановления таймер срабатывания активирует выход ST_REST. После того как таймер достигнет значения, определенного уставкой *ВремяВосстановл*, активируется выход RESTORE, если условие восстановления сохраняется. Если частота опустится ниже значения *Частота восстановл.* до активации выхода RESTORE, запускается таймер восстановления. После того как таймер возврата достигнет значения уставки *ВремяВосстановл*, таймер сбрасывается, и выход ST_REST деактивируется.
Ручной	В режиме "Ручной" ручное восстановление возможно через вход MAN_RESTORE либо по каналам связи. Выход ST_REST активируется, если доступна команда MAN_RESTORE и частота превысила значение настройки *Частота восстановл.* Модуль ручного восстановления включает в себя таймер с независимой выдержкой времени. После того как таймер достигнет значения, определенного уставкой *ВремяВосстановл*, активируется выход RESTORE, если условие восстановления сохраняется. Если частота опустится ниже значения настройки *Частота восстановл.* до активации выхода RESTORE, запускается таймер восстановления. После того как таймер возврата достигнет значения уставки *ВремяВосстановл*, таймер сбрасывается, и выход ST_REST деактивируется.

Может возникнуть ситуация, когда операцию восстановления требуется отменить. Отменить операцию восстановления можно путем активации входа BLK_REST в режиме "Авто" или "Ручной". В режиме восстановления "Ручной" отмена произойдет даже при наличии команды MAN_RESTORE.

После отмены выходной команды RESTORE повторная активация RESTORE возможна только после повторной активации выхода OPERATE , то есть, при следующем обнаружении действия АЧР.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации входного сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выходы OPERATE, OPR_FRQ и OPR_FRG не активируются.

4.6.2.5 Применение

Энергосистема переменного тока работает на определенной номинальной частоте. Для большинства систем мира номинальная частота составляет 50 или 60 Гц. Система работает так, что рабочая частота остается практически на уровне номинальной с небольшим запасом. Безопасное отклонение составляет менее ±0,5 Гц. Стабильность частоты системы является одной из основных проблем при работе передающих и распределительных сетей, а также при управлении их работой. Для защиты чувствительного к колебаниям частоты электрического оборудования сети и его безопасной работы выход частоты за пределы допустимого диапазона недопустим.

Для поддержания частоты системы на необходимом уровне при любом увеличении подключенной нагрузки требуется увеличение генерации активной мощности. Изменения частоты происходят всякий раз, когда в системе существует небаланс между генерацией и нагрузкой. Скорость изменения частоты представляет собой величину разности между нагрузкой и генерацией. Снижение частоты и отрицательная скорость изменения частоты наблюдаются в том случае, когда нагрузка превышает генерацию, а повышение частоты и положительное значение скорости изменения частоты наблюдается, когда генерация больше нагрузки. Величина скорости изменения частоты используется для ускорения принятия решения об отключении нагрузки. При пониженной частоте для стабилизации работы сети функция автоматической частотной разгрузки отключает незначительные нагрузки. Таким образом, нагрузки имеют приоритеты, чтобы сначала отключались менее важные нагрузки, и только затем – более важные нагрузки.

Во время срабатывания некоторых схем защиты или во время каких-либо аварийных ситуаций энергосистема делится на небольшие изолированные части – так называемые "острова". В таких островах всегда существует небаланс между нагрузкой и генерацией, что приводит к отклонению рабочей частоты системы от номинальной величины. Такая работа системы на частоте, отличной от номинальной, может привести к повреждению таких компонентов энергосистемы, как турбины и электродвигатели. Таким образом, развитие подобной ситуации необходимо прекратить. Для восстановления нормальной частоты системы необходимо использовать схему автоматической частотной разгрузки на базе контроля частоты. Этого можно добиться за счет быстрого восстановления баланса между генерацией и нагрузкой за счет отключения нагрузки.

Так как образование островов системы не всегда определено заранее, в различных местах системы вблизи центров нагрузки необходимо разместить несколько устройств автоматической частотной разгрузки. Быстрое отключение большой нагрузки в одном месте может привести к существенному нарушению работы системы. Можно повысить эффективность схем автоматической частотной разгрузки, если отключение питающих линий нагрузки будет распределенным и дискретным, то есть,

нагрузки будут отключаться в различных местах и в определенном четком порядке, пока частота системы не войдет в пределы допустимого диапазона.

Благодаря действию схемы АЧР система восстанавливается после аварийного режима, и значение рабочей частоты восстанавливается до номинальной величины. Нагрузку, которая была отключена при аварийном режиме, можно восстановить. Процедура восстановления нагрузки должна выполняться поэтапно, таким образом, чтобы восстановление нагрузки не привело к аварийной ситуации. Это выполняется путем вмешательства оператора или при помощи функции автоматического восстановления нагрузки дистанционно. Функция восстановления нагрузки также определяет частоту системы и восстанавливает нагрузку, если частота системы остается выше заданного значения частоты восстановления в течение заданного промежутка времени.

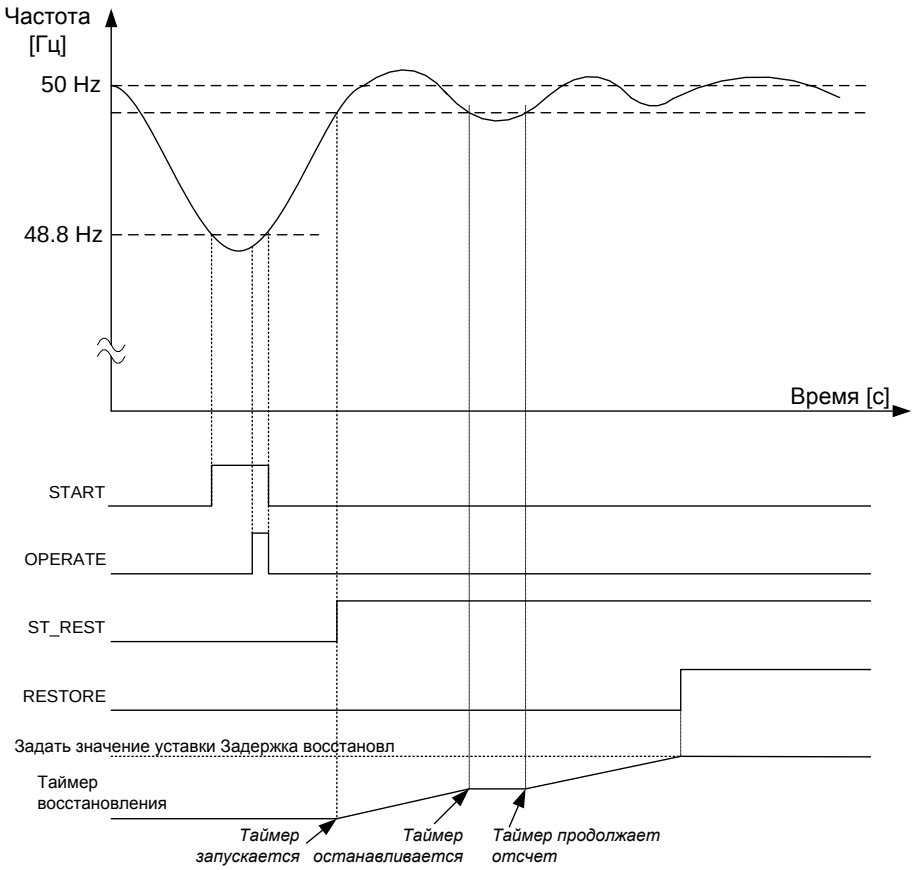


Рис. 348: Действие функции автоматической частотной разгрузки

Защита энергосистемы посредством автоматической частотной разгрузки

Решение о величине нагрузки, которую необходимо отключить, принимается на основании измерения частоты и скорости изменения частоты (df/dt). На основании различных критериев частоты и скорости изменения частоты в одном месте может определяться множество действий по автоматической частотной разгрузке. Обычно автоматическая частотная разгрузка выполняется за четыре или шесть этапов, при каждом отключении часть нагрузки увеличивается на величину от пяти до двадцати пяти процентов полной нагрузки в течение нескольких секунд. После каждого отключения частота системы считывается, и дальнейшие действия по отключению нагрузки будут предприняты только в случае необходимости. При переходном процессе необходима достаточная выдержка времени.

Значение уставки должно быть существенно ниже самой низкой нормальной частоты системы и существенно выше самой низкой допустимой частоты системы. Уровень уставки, количество этапов и интервал между этапами (по времени или по частоте) зависит от характеристик рассматриваемой энергосистемы. Критически важным параметром является величина самой большой потери генерации по сравнению с величиной энергосистемы. В больших энергосистемах автоматическая частотная разгрузка может устанавливаться на высокий уровень частоты, а выдержка времени, как правило, критической не является. В небольших системах уровень пуска по частоте должен устанавливаться на небольшое значение, а выдержка времени должна быть короткой.

В системах средней величины 50 Гц защита от понижения частоты должна устанавливаться для различных этапов от 49,2 Гц до 47,5 Гц с шагом 0,3 – 0,4 Гц. Время срабатывания защиты от понижения частоты может задаваться от нескольких секунд до нескольких долей секунды, ступенчато, от более высокой частоты к более низкому значению частоты.

Таблица 592: Задание уставок пяти ступеней защиты от понижения частоты

Этапы отключения нагрузки	Уставка Пусковое значение f	Уставка Время сраб f<
1	0,984 · Fном (49,2 Гц)	45000 мс
2	0,978 · Fном (49.2 Гц)	30000 мс
3	0,968 · Fном (49,2 Гц)	15000 мс
4	0,958 · Fном (49.2 Гц)	5000мс
5	0,950 · Fном (49.2 Гц)	500 мс

Защита по скорости изменения частоты не является быстродействующей, так как ей требуется время для выдачи стабильного значения. Для распознавания помех сигнала рекомендуется устанавливать достаточно большую выдержку времени.

В небольших промышленных системах скорость изменения частоты может составлять до 5 Гц/с в результате лишь одного события. Даже в крупных

энергосистемах могут образовываться небольшие острова с большим небалансом нагрузки и генерации, где устраняются серьезные повреждения или группы повреждений. При отделении от большой системы небольшого острова скорость изменения частоты может быть до 3 Гц/с. При стандартных серьезных авариях в энергосистеме скорость изменения частоты намного меньше, и часто составляет доли от 1,0 Гц/с.

Подобным образом, величина уставки df/dt может быть от 0,1 Гц/с до 1,2 Гц/с с шагом от 0,1 Гц/с до 0,3 Гц/с для крупных распределенных электрических сетей, при этом время срабатывания может быть от нескольких секунд до нескольких долей секунды. Здесь время срабатывания должно оставаться минимальным при более высоком значении уставки df/dt.

Таблица 593: Задание уставок пяти ступеней защиты по скорости изменения частоты (df/dt<)

Этапы отключения нагрузки	Уставка "ПусковоеЗнач. df/dt"	Уставка "ВремяСраб. df/dt"
1	-0,005 · Fном /с (-0,25 Гц/с)	8000 мс
2	-0,010 · Fном /с (-0,25 Гц/с)	2000 мс
3	-0,015 · Fном /с (-0,25 Гц/с)	1000 мс
4	-0,020 · Fном /с (-0,25 Гц/с)	500 мс
5	-0,025 · Fном /с (-0,25 Гц/с)	250 мс

После того как частота системы стабилизируется, можно включить отключенную нагрузку. Процедура восстановления нагрузки выполняется поэтапно, чтобы она не привела систему снова к аварийному режиму.

Таблица 594: Задание уставок пятиступенчатой защиты по скорости изменения частоты

Этапы отключения нагрузки	Уставка Пусков. знач. восстановления	Уставка ВремяВосстановл
1	0,990 · Fном (49,5 Гц)	200000 мс
2	0,990 · Fном (49,5 Гц)	160000 мс
3	0,990 · Fном (49,5 Гц)	100000 мс
4	0,990 · Fном (49,5 Гц)	50000 мс
5	0,990 · Fном (49,5 Гц)	10000 мс

4.6.2.6 Сигналы

Таблица 595: Входные сигналы функции LSHDPFRQ

Название	Тип	По умолчанию	Описание
F	СИГНАЛ	0	Измеренная частота
df/dt	СИГНАЛ	0	Скорость изменения частоты
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
BLK_REST	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка восстановления
MAN_RESTORE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал на ручное восстановление

Таблица 596: Выходные сигналы функции LSHDPFRQ

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание АЧР
OPR_FRQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания защиты от понижения частоты
OPR_FRG	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания высокой df/dt
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
ST_FRQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал пуска защиты от понижения частоты
ST_FRG	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал пуска высокой df/dt
RESTORE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал на восстановления нагрузки
ST_REST	ЛОГИЧЕСКИЙ	Достигнута частота восстановления и запущен таймер восстановления

4.6.2.7 Уставки

Таблица 597: Групповые уставки функции LSHDPFRQ (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим АЧР	1=Freq< 6=Freq< ИЛИ df/dt 8=f< И df/dt			1=Freq<	Выбор режима функции автоматической частотной разгрузки
Режим восстановл-я	1=Выведено 2=Авто 3=Ручной			1=Выведено	Режим работы функции восстановления
Пусковое значение f	0.800...1.200	xfном	0.001	0.975	Уставка пускового значения по частоте
ПусковоеЗнач. df/dt	-0,200...-0,005	xFном/c	0.005	-0,010	Уставка градиента частоты для определения df/dt
Время сраб f</f>	80...200000	мс	10	200	Выдержка времени на срабатывание ступени по понижению частоты
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время сраб df/dt	120...200000	мс	10	200	Выдержка времени на срабатывание ступени df/dt
Частота восстановл.	0.800...1.200	xfном	0.001	0.998	Уставка частоты восстановления
ВремяВосстановл	80...200000	мс	10	300	Выдержка времени на восстановление

Таблица 598: Общие уставки функции LSHDPFRQ (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 599: Общие уставки функции LSHDPFRQ (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	50	Выдержка времени сброса таймеров независимой выдержки

4.6.2.8 Контролируемые данные

Таблица 600: Контролируемые данные функции LSHDPFRQ

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Длительность пуска
LSHDPFRQ	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.6.2.9 Технические данные

Таблица 601: Технические данные LSHDPFRQ

Характеристика		Значение
Погрешность срабатывания	f<	±5 мГц
	df/dt	±100 мГц/с (в диапазоне |df/dt| < 5 Гц/с) ±2,0 % уставки (в диапазоне 5 Гц/с < |df/dt| < 15 Гц/с)
Время пуска	f<	<80 мс
	df/dt	<120 мс
Время возврата		<150 мс
Погрешность времени срабатывания		±1,0 % уставки или ±30 мс

4.6.2.10 Данные о технических изменениях

Таблица 602: Данные о технических изменениях функции LSHDPFRQ

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Внутреннее улучшение.

4.7 Импедансная защита

4.7.1 Асинхронный ход OOSRPSB

4.7.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от асинхронного хода	OOSRPSB	OOS	78

4.7.1.2 Функциональный блок

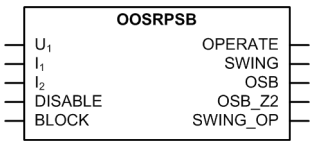


Рис. 349: Функциональный блок

4.7.1.3 Функциональные возможности

Функция защиты от асинхронного хода OOSRPSB обнаруживает это состояния путем контроля значения импеданса.

Защита использует таймер и два элемента измерения импеданса, называемые внутренними и внешними ограничивающими элементами на окружности, проходящей через начало координат. Функция рассчитывает импеданс. Если измеренный импеданс в течение заранее определенного периода остается между ограничивающими элементами и перемещается далее в области внутреннего ограничивающего элемента, будет зарегистрировано событие асинхронного хода. Сигнал срабатывания генерируется при индикации асинхронного хода и перемещении импеданса за пределы характеристик окружности, проходящей через начало координат. Окружность, проходящую через начало координат, можно разделить на две зоны, что позволяет генерировать отдельные сигналы отключения для каждой из них. Кроме того,

можно выбрать, чтобы срабатывание происходило тогда, когда импеданс приближается к входу в зону или находится на выходе из нее.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы, таймеры независимой выдержки времени или функцию полностью.

4.7.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции OOSRPSB можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

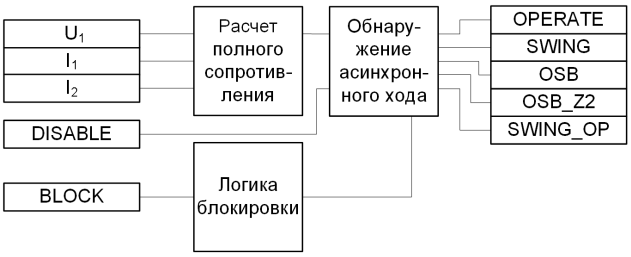


Рис. 350: Функциональная схема

Расчет полного сопротивления

Этот модуль рассчитывает импеданс прямой последовательности (Z1) на основе напряжений и токов прямой последовательности. Для расчета полного сопротивления модулем требуется, чтобы ток прямой последовательности превышал уставку *Мин. ток прямой послед*, а ток обратной последовательности был ниже значения *Макс. ток обратной послед*.

Расчетные значения амплитуды (Z1_AMPL) и угла (Z1_ANGLE) импеданса прямой последовательности отображаются в меню контролируемых данных в омах и градусах соответственно.

Вычисленный импеданс преобразуется в импеданс в омах, так как характеристики срабатывания определяются с помощью установок в этих единицах измерения.

Регистрация асинхронного хода

Характеристика срабатывания представляет собой окружность, не проходящую через начало координат в плоскости импеданса, с двумя парами ограничивающих элементов. Характеристика в виде окружности, проходящей через начало координат, определяется уставками *Прямой охват*, *Обратный охват* и *Угол импеданса*. Уставка *Прямой охват* определяет импеданс от

начала координат до края круга сверху. Уставка *Обратный охват* определяет импеданс от начала координат до края круга снизу. Диаметр характеристики в виде окружности, проходящей через начало координат, представляет собой сумму уставок *Прямой охват* и *Обратный охват*. Два набора ограничивающих элементов определяются уставками *Внутренний ограничивающий элемент R* и *Внешний ограничивающий элемент R*, пересекающимися по координате R. Угол ограничивающих элементов совпадает с уставкой *Угол импеданса*. Для второго ограничивающего элемента внешней и внутренней пары автоматически обеспечивается симметричность с началом плоскости R–X.

Для правильной работы уставка *Внутренний ограничивающий элемент R* должна быть меньше уставки *Внешний ограничивающий элемент R*.

Характеристика в виде окружности, проходящей через начало координат, может быть дополнительно разделена на две зоны путем выбора для уставки *Активировать зону 2* варианта «Да». Граница между зонами регулируется уставкой *Охват зоны 1*. Нижняя часть окружности (зона 1) отделена от верхней части (зона 2) линией, перпендикулярной к ограничивающим элементам, расположенным от начала координат на расстоянии, значение которого в процентах задано уставкой *Прямой охват*.

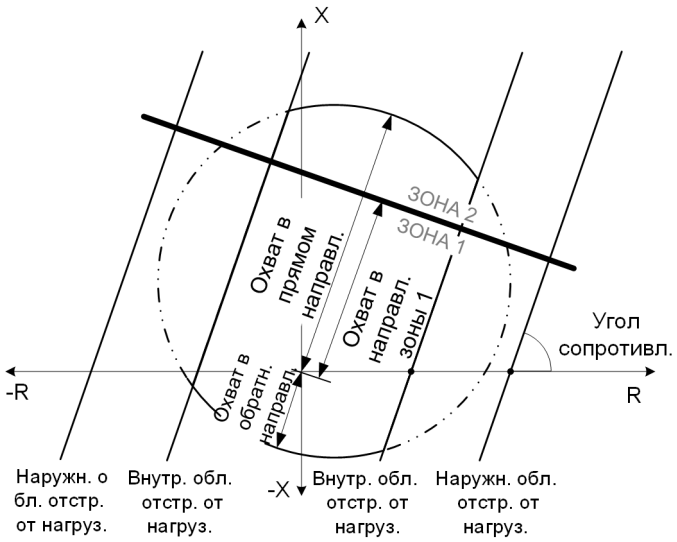


Рис. 351: Рабочая область для асинхронного хода с двойным ограничивающим элементом

Импеданс считается находящимся внутри окружности, проходящей через начало координат, только если он также находится между внутренними ограничивающими элементами.

Чтобы при необходимости активировать зону 3, для уставки *Активировать зону 3* необходимо выбрать значение «Да». Зона 3 по определению включает в себя область за пределами характеристики в виде окружности, проходящей через начало координат, но внутри области, которая ограничена величиной минимального тока прямой последовательности, определенной уставкой *Мин.прям. послед*. Три зоны показаны на рисунке. Уставки, определяющие форму зон, должны согласовываться с уставками каких-либо функций дистанционной защиты. Зоны и их соответствующие счетчики отклонения применимы только для выходных срабатываний, если для уставки *Режим срабатывания для асинхронного хода* выбрано значение «Выходной» или «Адаптивный».

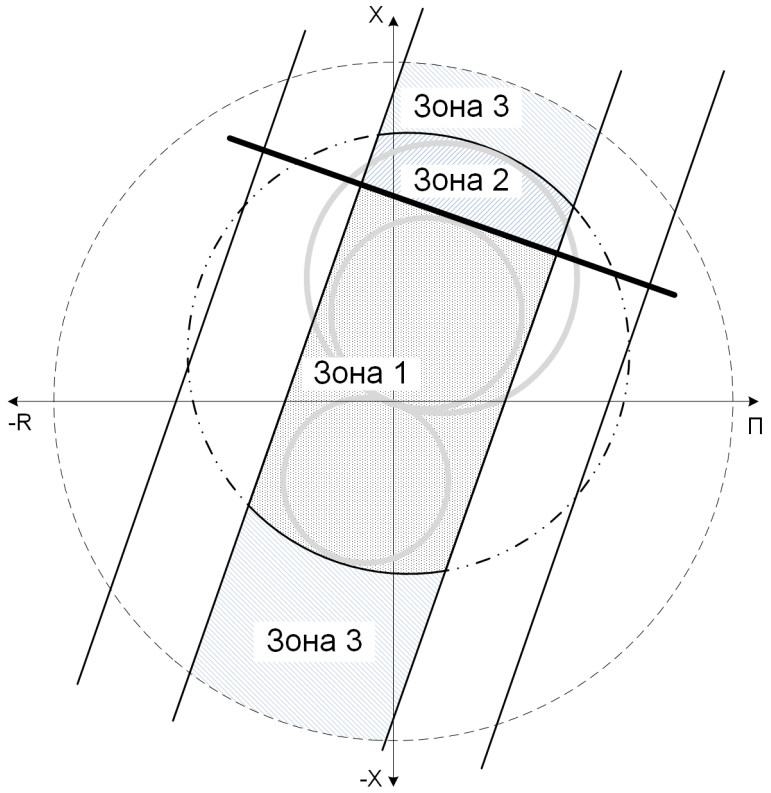


Рис. 352: Определенные зоны

С целью выявления состояния асинхронного хода импеданс постоянно контролируется. Когда импеданс входит внутрь от внешнего ограничивающего элемента, срабатывает таймер регистрации асинхронного хода. Если импеданс находится между внешним и внутренним ограничивающими элементами в течение времени, заданного уставкой *Период колебаний*, активируется выход SWING. Если импеданс в зоне 1 входит в окружность, проходящую через начало координат, будет зарегистрирована блокировка при асинхронном ходе (БАХ) для зоны 1 и активирован выход OSB, или если импеданс в зоне 2 входит в окружность, проходящую через начало координат, будет зарегистрирована БАХ для

зоны 2 и активирован выход OSB_Z2, при условии, что для уставки *Активировать зону 2* выбрано значение «Да». Если импеданс проходит через зону 1 и зону 2, находясь внутри окружности, проходящей через начало координат, могут быть активированы оба выхода OSB и OSB_Z2. Сигнал OSB или OSB_Z2 будет отключен при выходе импеданса за пределы окружности, проходящей через начало координат, и внутреннего ограничивающего элемента в течение пяти циклов подряд.

Активация выхода OPERATE зависит от выбранного значения уставки *Режим срабатывания для асинхронного хода*. Доступны следующие варианты: «Входной», «Выходной» и «Адаптивный». При выборе значения «Входной» функция запустит таймер задержки при выявлении состояния БАХ. По истечении периода, заданного уставкой *Время срабатывания*, активируется выходной сигнал OPERATE. При выборе варианта «Входной» не применяются связанные с зоной уставки и счетчики проскальзывания.

Если выбран вариант «Выходной», после регистрации события БАХ функция дополнительно проверяет, выходит ли импеданс за внешний ограничивающий элемент. При выходе за его пределы срабатывает таймер выхода, параметры которого заданы уставкой *Время срабатывания*, и по истечении периода, определенного этой уставкой, увеличивается содержимое счетчика проскальзывания зоны. Если значение счетчика проскальзывания равно заданному числу отклонений в соответствующей активированной зоне, будет включен сигнал OPERATE. Если импеданс колебания проходит через зону 1 и зону 2, увеличивается только содержимое счетчика проскальзывания зоны 1. Содержимое счетчика проскальзывания зоны 2 будет увеличено только при условии прохождения импеданса через окружность, проходящую через начало координат, но только в части, относящейся к зоне 2. Содержимое счетчика проскальзывания зоны 3 будет увеличено, если импеданс не попадет в окружность, проходящую через начало координат, и для уставки *Активировать зону 3* выбрано значение «Да». При увеличении содержимого счетчика проскальзывания также срабатывает таймер возврата. Все счетчики проскальзывания зоны сбрасываются по истечении периода, заданного уставкой *Время возврата*, и импеданс снова не пересекает внешний ограничивающий элемент или при активации выхода OPERATE.

Если выбрано значение «Выходной» или «Адаптивный», при активации команды выходного отключения для оптимизации времени срабатывания выключателя можно использовать время отключения выключателя, если оно известно. Наилучшим моментом для прерывания тока выключателем является точка приближения угла поворота к нулю. Если при выходе импеданса за пределы внешнего ограничивающего элемента, угол поворота составляет δ_0, динамическую задержку отключения T_{od} можно задать с помощью следующего уравнения 138.

$$T_{od} = \frac{1 - 2 \cdot f_{slip} \cdot (T_{co} + BrkropenTm)}{2 \cdot f_{slip}}$$

(Уравнение 138)

T_{od}	Динамическая задержка отключения
T_{co}	Время прохождения импеданса от центральной линии (в которой угол поворота составляет π радиан) до внешнего ограничивающего элемента на противоположной стороне от его входа.
BrkopenTm	Уставка *Время отключения выключателя*
f_{slip}	Частота проскальзывания

Уставка *Время отключения выключателя* должна учитывать период от момента активации команды на отключение в устройстве релейной защиты до момента ее получения выключателем. Для определения времени задержки до отключения, если им не является значение «0», функция использует уставку *Время отключения выключателя*. Если для параметра *Время отключения выключателя* задано «0», функция не рассчитывает задержку до отключения, а использует фиксированное значение *Время срабатывания*, прежде чем активировать выход OPERATE.

Частота проскальзывания рассчитывается при помощи уравнения 139.

$$f_{slip} = \frac{\delta_i - \delta_0}{2 \cdot \pi \cdot T_{oi}}$$

(Уравнение 139)

f_{slip}	Частота проскальзывания
T_{oi}	Время прохождения импедансом от внешнего к внутреннему ограничивающему элементу.
δ_0	Угол поворота у внешнего ограничивающего элемента
δ_I	Угол поворота у внутреннего ограничивающего элемента

Углы поворота δ_0 и δ_I рассчитываются по импедансу, измеренному при пересечении ограничивающих элементов. Для определения частоты скольжения особое значение имеет разница этих величин.

Если выбран вариант «Адаптивный», при регистрации состояния БАХ функция анализирует частоту проскальзывания f_{slip}, уставку *Время провала напряжения* и угол поворота у внешнего ограничивающего элемента (δ_0), чтобы определить, осуществляется ли срабатывание на входе или на выходе. Если соотношение в уравнении 140 истинно, OPERATE активируется при входе из внутреннего ограничивающего элемента в окружность, проходящую через начало координат.

$$f_{slip} \le \frac{(\pi - \delta_0)}{\pi \cdot VoltagedipTm}$$

(Уравнение 140)

f_{slip}	Частота проскальзывания
δ_0	Угол поворота у внешнего ограничивающего элемента
VoltagedipTm	Уставка *Время провала напряжения*

В ином случае OPERATE активируется на выходе, когда импеданс выходит из внешнего ограничивающего элемента и поворот повторяется в соответствии с уставкой *Макс. количество отклонений* в активированной зоне его прохождения.

Если время, заданное уставкой *Время поворота* истекло, а импеданс выходит за пределы внутреннего ограничивающего элемента с последующим продвижением через противоположные ограничивающие элементы, не затрагивая окружность, проходящую через начало координат, будет активирован выходной сигнал SWING. Этот сигнал будет активным в течение периода, заданного уставкой *Время возврата*, если только до истечения времени сброса не произойдет другой поворот, который станет причиной дальнейшей активации выхода в течение другого интервала, заданного уставкой *Время возврата*. Если этот поворот повторяется количество раз, заданное уставкой *Макс. количество отклонений для зоны 3*, и для уставки *Активировать зону 3* выбрано значение «Да», активируется выход SWING_OP. Выходной сигнал SWING_OP будет активным в течение периода, заданного уставкой *Время отпускания на срабатывание*.

Если выбран вариант «Адаптивный», состояние БАХ не выявлено, но импеданс входит в окружность, проходящую через начало координат, после нахождения между внутренним и внешним ограничивающим элементом в течение более 1,5 циклов, функция допускает сильное колебание и активирует выход OPERATE.

Длительность задержки отпускания для выходного сигнала OPERATE задается параметром *Время отпускания на срабатывание*.

Если полярность сигнала напряжения обратная обычной полярности, коррекцию можно выполнить, задав параметру *Реверс напряжения* значение "Да", для разворота вектора импеданса на 180 градусов.

Вход DISABLE можно использовать для координации правильной работы при запуске. При активации сигнала DISABLE функция блокируется. После дезактивации сигнала DISABLE функция остается заблокированной (выходы заблокированы) в течение дополнительного времени, задаваемого уставкой *Время дезактивации*.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в меню **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, определяющей режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме «Останов таймеров» таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не отключается при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокировка выхода СРАБАТЫВАНИЕ" функция работает в нормальном режиме, но выход OPERATE не активируется.

4.7.1.5 Применение

Функции защиты от асинхронного хода выявляют стабильные скачки напряжения и состояния асинхронного хода, исходя из того, что в первом случае изменение напряжения/тока происходит медленно по сравнению с изменением ступени во время отказа. Как замыкания, так и перепады напряжения могут стать причиной того, что измеренный импеданс будет соответствовать характеристикам срабатывания элемента определения расстояния релейной защиты. В состоянии неисправности величина полного импеданса изменяется от значения до повреждения к значению повреждения всего за несколько миллисекунд. Но в зависимости от частоты проскальзывания при асинхронном ходе скорость изменения импеданса намного меньше во время скачка мощности или состояния асинхронного хода, чем при повреждении. Чтобы отличить состояние повреждения и асинхронного хода от замыкания фаз, нельзя полагаться исключительно на результаты измерения импеданса. Фундаментальный метод, позволяющий отличить сбои от скачков напряжения заключается в отслеживании скорости изменения измеренного значения импеданса.

Функция измеряет скорость изменения импеданса с помощью его двух ограничивающих элементов и устройства синхронизации. Если измеренный импеданс в течение заранее определенного времени остается между ограничивающими элементами, функция регистрирует событие скачка мощности и выдает выходной сигнал для блокировки дистанционной защиты. Но при прохождении импеданса через внутренний ограничивающий элемент и его выходе за пределы окружности, проходящей через начало координат (т. е. знак активной составляющей полного сопротивления будет противоположным зарегистрированному на момент входа), функция выдает сигнал срабатывания для асинхронного хода. Регистрация асинхронного хода показана на рисунке 353.

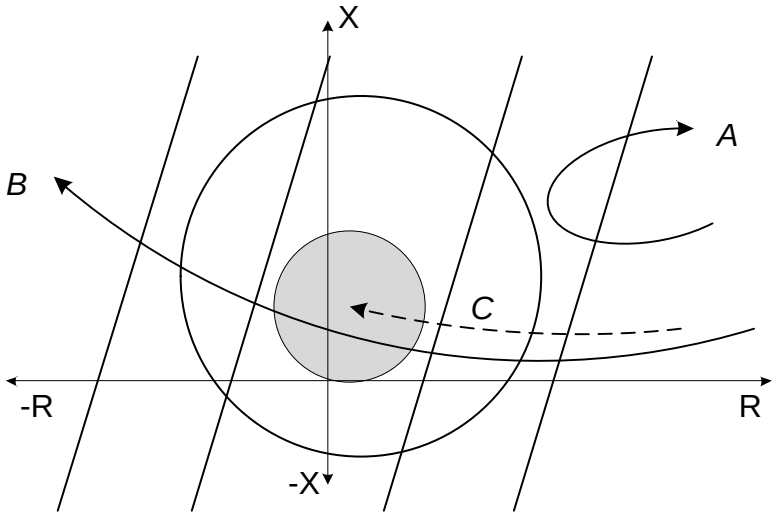


Рис. 353: Пример регистрации асинхронного хода

Затененная область обозначает зону повреждения в функции дистанционной защиты. На кривой A импеданс перемещается в зону асинхронного хода и медленно из нее выходит, что указывает на быстро стабилизированный скачок напряжения. На кривой B импеданс медленно перемещается в зону асинхронного хода и выходит из нее, что указывает на нестабильность сети. На кривой C импеданс стремительно входит в зону повреждения и остается в ее пределах, что указывает на фактической сбой, а не на состояние асинхронного хода.

4.7.1.6 Сигналы

Таблица 603: Входные сигналы функции OOSRPSB

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
DISABLE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Отключение входа

Таблица 604: Выходные сигналы функции OOSRPSB

Наименование	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание по асинхронному ходу в зоне 1 или зоне 2
SWING_OP	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание по асинхронному ходу в зоне 3
SWING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Обнаружено состояние колебания
OSB	ЛОГИЧЕСКИЙ	Блокировка по асинхронному ходу в зоне 1
OSB_Z2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Блокировка по асинхронному ходу в зоне 2

4.7.1.7 Уставки

Таблица 605: Групповые уставки функции OOSRPSB (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим срабатывания Oos	1 = Входной 2 = Выходной 3 = Адаптивный			2 = Выходной	Режим срабатывания при отключении из-за выявления состояния асинхронного хода
Охват в прямом направл.	От 0,00 до 6000,00	Ом	0,01	1000,00	Охват окружности, проходящей через начало координат, в прямом направлении
Охват в обратн. направл.	От 0,00 до 6000,00	Ом	0,01	100,00	Охват окружности, проходящей через начало координат, в обратном направлении
Внутр.обл. отстр. от нагруз.R	От 1,00 до 6000,00	Ом	0,01	150,00	Значение сопротивления внутреннего ограничивающего элемента по оси R
Наружн.обл. отстр. от нагруз.R	От 1,01 до 10000,00	Ом	0,01	400,00	Значение сопротивления внешнего ограничивающего элемента по оси R
Угол полн. сопротивл.	От 10,0 до 90,0	град.	0,1	90,0	Угол окружности, проходящей через начало координат, и ограничивающих элементов по отношению к оси R
Время качания	От 20 до 300000	мс	10	500	Время выявления скачка между двумя ограничивающими элементами

Таблица 606: Групповые уставки функции OOSRPSB (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Обл. охвата Зоны 1	От 1 до 100	%	1	70	Доля охвата окружности, проходящей через начало координат, в прямом направлении, указывающая на конец зоны 1 и начало зоны 2
Макс. количество проскальзываний	От 1 до 10		1	1	Количество проскальзываний полюсов до срабатывания в зоне 1
Макс. колич. проскальз. в зоне 2	1–200		1	1	Количество проскальзываний полюсов до срабатывания в зоне 2
Макс. колич. проскальз. в зоне 3	1–200		1	1	Количество проскальзываний полюсов до срабатывания в зоне 3
Время задержки срабатывания	От 20 до 60000	мс	10	300	Задержка после срабатывания для асинхронного хода
Время отпускания на срабатывание	От 20 до 60000	мс	10	100	Продолжительность активности выхода времени срабатывания
Время провала напряжения	От 500 до 5000	мс	10	2000	Максимально допустимое время падения напряжения
Активировать зону 2	1=Да 0=Нет			0=Нет	Функция активации зоны 2
Активировать зону 3	1=Да 0=Нет			0=Нет	Функция активации зоны 3

Таблица 607: Общие уставки функции OOSRPSB (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 608: Общие уставки функции OOSRPSB (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин ток прямой послед	От 0,01 до 10,00	xIn	0,01	0,10	Минимальный ток прямой последовательности для срабатывания
Макс. ток обр. посл.	От 0,01 до 10,00	xIn	0,01	0,20	Максимальный ток обратной последовательности для срабатывания
Время отключения выключателя	От 0 до 300	мс	1	30	Время размыкания выключателя
Время блокир.	От 20 до 60000	мс	10	5000	Дополнительный период отключения функции после дезактивации входа DISABLE
Время возврата	От 20 до 60000	мс	10	5000	Время до сброса состояния асинхронного хода и счетчиков
Реверс напряжения	0=Нет 1=Да			0=Нет	Повернуть сигналы напряжения на 180 градусов

4.7.1.8 Контролируемые данные

Таблица 609: Контролируемые данные функции OOSRPSB

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Z1_AMPL	FLOAT32	От 0,00 до 99999,00	Ом	Амплитуда импеданса прямой последовательности
Z1_ANGLE	FLOAT32	От -180 до 180	град.	Фазовый угол импеданса прямой последовательности
OOSRPSB	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.7.1.9 Технические данные

Таблица 610: Технические данные функции OOSRPSB

Характеристика	Значение
Охват по полному сопротивлению	В зависимости от частоты измеренного тока и напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц
	±3,0 % от значения охвата или ±0,2 % от $U_{ном}/(\sqrt{3} \times I_{ном})$
Время возврата	±1,0% уставки или ±40 мс
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс
Подавление гармоник	Фурье: –50 дБ при $f = n \times f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5...

4.7.2 Трехфазная защита от недостаточного возбуждения UEXPDIS

4.7.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита от недостаточного возбуждения	UEXPDIS	X<	40

4.7.2.2 Функциональный блок

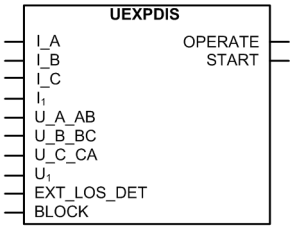


Рис. 354: Функциональный блок

4.7.2.3 Функциональные возможности

Функция трехфазной защиты от недостаточного возбуждения UEXPDIS служит для защиты синхронных машин при недостаточном возбуждении или при потере возбуждения.

Защита основано на круговых характеристиках "смещение-мо" в плоскости импеданса. Эта функция рассчитывает полный импеданс на основе напряжений и токов на клеммах машины. Если вектор импеданса попадает в

круг "смещение-мо", функций выдает сигнал срабатывания после заданной независимой задержки. Характеристика срабатывания функции – независимая выдержка времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.7.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции UEXPDIS можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

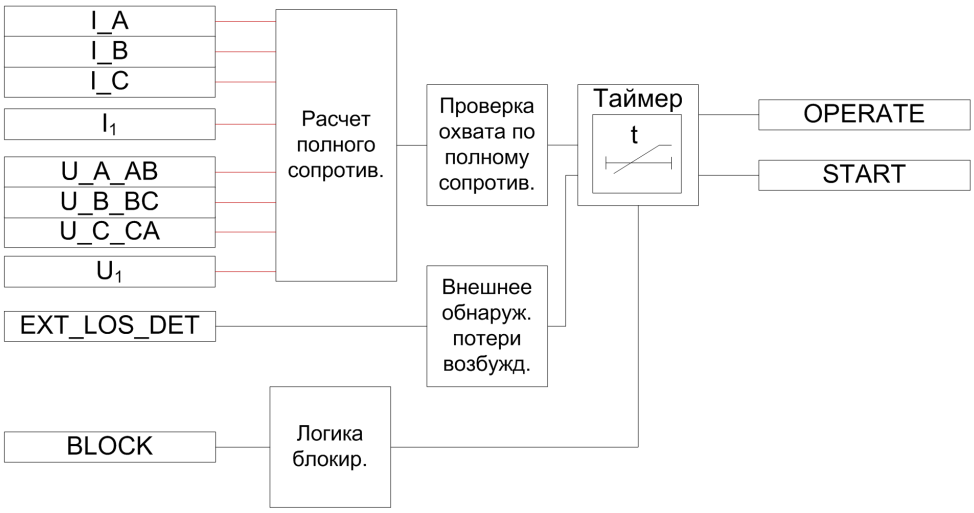


Рис. 355: Функциональная схема

Расчет полного сопротивления

Этот модуль рассчитывает полное сопротивление на основе выбранных напряжений и токов. Параметры *Режим измерения* и *Выбор фаз для расчета Z* определяют, какие напряжения и токи будут использоваться. Если в параметре *Режим измерения* установлено значение "фазное" или "межфазное", то уставка *Выбор фаз для расчета Z* необходима для определения того, какие фазные или межфазные напряжения ("A или AB", "B или BC" и "C или CA") и токи должны использоваться для расчета импеданса.

Таблица 611: Напряжения и токи, используемые при расчете импеданса

Режим измерения	Выбор фаз для расчета Z	Напряжения и токи
1фаза-земля	A или AB	U_A, I_A
1фаза-земля	B или BC	U_B, I_B
1фаза-земля	C или CA	U_C, I_C
1фаза-фаза	A или AB	U_AB, I_A, I_B
1фаза-фаза	B или BC	U_BC, I_B, I_C
1фаза-фаза	C или CA	U_CA, I_C, I_A
3фаза-земля	Нет	U_A, U_B, U_C, I_A, I_B, I_C
3фаза-фаза	Нет	U_AB, U_BC, U_CA, I_A, I_B, I_C
Прямая посл.	Нет	{ U_A,U_B,U_C } или { U_AB,U_BC,U_CA } и I_A, I_B, I_C

Если на ИЭУ подаются все три фазных напряжения и фазных тока, рекомендуется выбирать вариант "Прямая посл.".

Если полярность сигналов напряжения обратная обычной полярности, коррекцию можно выполнить, задав параметру *Реверс напряжения* значение "Да" для разворота вектора импеданса на 180 градусов.

Если величина напряжения меньше 0,05 · U_N, результаты расчета импеданс будут ненадежными и расчет отключается. U_N – это номинальное линейное межфазное напряжение.

Расчетные значения величин и углов импеданса доступны в меню контролируемых данных. Углы импеданса указываются в диапазоне от –180 до 180 градусов.

Вычисленный полный импеданс преобразуется в импеданс в относительных единицах, так как характеристики срабатывания определяются с помощью установок в относительных единицах.

Проверка охвата по полному сопротивлению

Характеристика срабатывания представляет собой круг "смещение-мо" в плоскости импеданса Характеристики срабатывания определяются с помощью уставок *Смещение*, *Диаметр* и *Сдвиг*. Если расчетное значение импеданса попадает в этот круг на плоскости импеданса, модуль передает сигнал включения для запуска таймера.

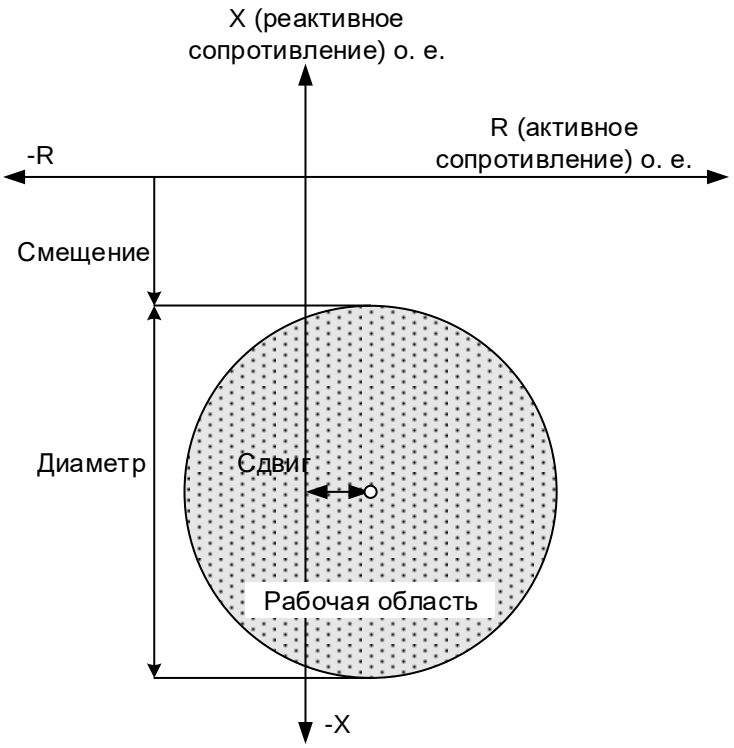


Рис. 356: Область срабатывания круга "импеданс-мо"

Сбой в автоматическом регуляторе напряжения (АРН) или системе возбуждения может привести к полной потере возбуждения. Короткое замыкание в контактных кольцах уменьшает напряжение возбуждения до нуля. Это вызывает постепенное уменьшение тока возбуждения и, со временем, утрате возбуждения. Обрыв во внешней цепи также приводит к потере возбуждения. Это типичные примеры, которые вызывают недостаточное возбуждение в синхронных электрических машинах. Данный модуль обнаруживает недостаточное возбуждение для указанных выше случаев, когда расчетный импеданс попадает внутрь характеристик срабатывания.

Внешнее обнаружение потери возбуждения

Модуль контролирует информацию о состоянии системы возбуждения. Он активируется, когда для параметра *Ввод внеш. обнаруж. потери возб.* задано значение "Вкл." Индикация полного исчезновения тока возбуждения или отказа в системе возбуждения производится путем подключения внешнего дискретного сигнала ко входу EXT_LOS_DET. Таймер включается сразу же после активации входа EXT_LOS_DET.

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда длительность периода недостаточного возбуждения превышает определенное заданное *Время срабатывания*, активируется выход OPERATE. Если вектор импеданса выходит из характеристик срабатывания "смещение-мо" до срабатывания модуля, включается таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход START деактивируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания (DT) в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.7.2.5 Применение

Недостаточное возбуждение синхронной электрической машины имеет свои пределы. Уменьшение тока возбуждения ослабляет связь между ротором внешней системой питания. Машина может выйти из синхронизма и начать работать как асинхронная, что увеличивает потребление реактивной мощности. Если если машина не выйдет из синхронизма, работа в таком состоянии не рекомендуется. Недостаточное возбуждение вызывает избыточный нагрев в торцевой области обмотки статора. В результате возможно повреждение изоляции обмотки статора или даже железного сердечника.

Кроме того, при недостаточном возбуждении генератор начинает работать в асинхронном режиме. В результате увеличивается скорость ротора, что приводит к нагреву сердечника ротора и вызывает затухание в обмотках. Высокое потребление реактивной мощности из сети при недостаточном возбуждении вызывает проблемы в сети, например снижение напряжения, нарушение стабильности и качание мощности. Качание мощности создает

повышенную нагрузку на первичном источнике энергии, вызывая, например, кавитацию на турбинных лопатках и механические нагрузки в редукторах.

Кривая мощности синхронного генератора описывает возможности машины в отношении недостаточного возбуждения. Повышенная емкостная нагрузка на синхронную машину приводит к выпадению из синхронизма. Причина заключается в том, что предел устойчивости установившегося режима определяется углом нагрузки, равным 90 градусов, получить который можно только при недостаточном возбуждении.

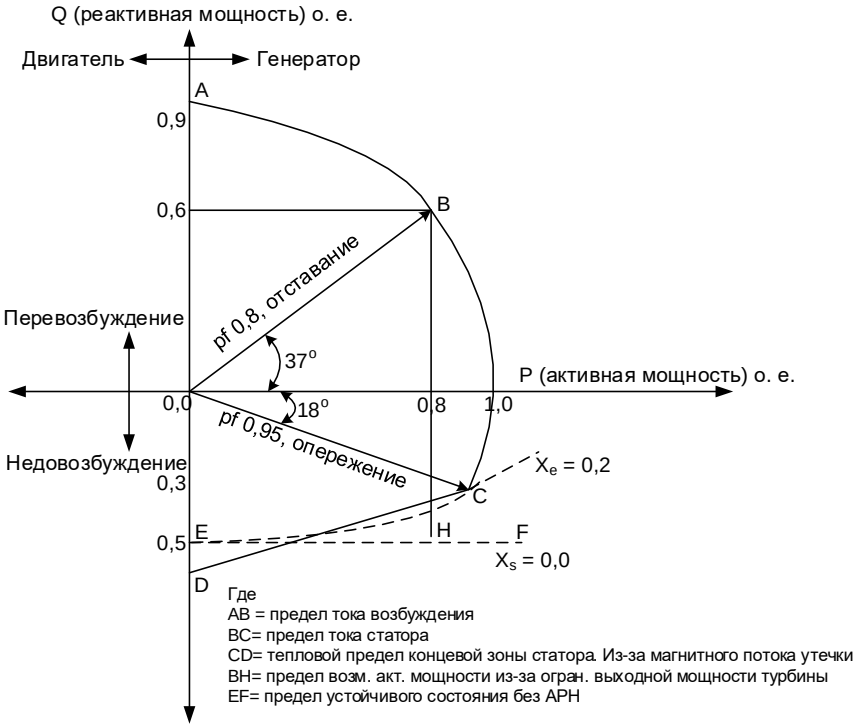


Рис. 357: Кривая мощности синхронного генератора

Функция UEXPDIS защищает синхронные электрические машины от нестабильной работы, вызванной потерей возбуждения. Частичная или полная потеря возбуждения вызывает потребление реактивной мощности из сети машиной, и реактивное сопротивление системы при измерении на клеммах машины становится отрицательным. Падение реактивного сопротивления такого типа можно обнаружить, измеряя импеданс системы.

Характеристика срабатывания представляет собой круг "смещение-мо" на плоскости импеданса, а круг задается значениями параметров *Смещение*, *Диаметр* и *Сдвиг*.

Таблица 612: Параметры круга

Значения параметров	Описание
Смещение	Расстояние верхней точки круга от оси R. Обычно задается равным $-x_d'/2$, где x_d' – это переходное реактивное сопротивление машины. Знак значения параметра определяет расположения верхней точки круга относительно они R. Если знак отрицательный, круг находится ниже оси R.
Диаметр	Обычно задается равным синхронному реактивному сопротивлению машины x_d, которое определяет размер окружности импеданса.
Смещение	Сдвиг центра круга от оси реактивного сопротивления или R-координата центра. Этот параметр может использоваться для настройки чувствительности защиты от недостаточного возбуждения. Если знак параметра положительный, круг сдвинут вправо, то есть ближе к нормальной точке срабатывания. Соответственно, если знак отрицательный, круг сдвинут влево, т. е. дальше от нормальной точки срабатывания.

Параметры настройки круга "смещение-мо" задаются в относительных величинах. Базовый импеданс(Z_N) в омах:

$$Z_N = \left| \frac{U_N^{\,2}}{S_N} \right|$$

(Уравнение 141)

U_N номинальное (межфазное) напряжение в кВ

S_N номинальная мощность защищаемой машины в МВА

Соответствующий расчет для перевода значения в омах в относительные величины:

$$X_{pu} = \frac{X_{ohm}}{Z_N}$$

(Уравнение 142)

X_{pu} значение в относительных единицах

X_{ohm} реактивное сопротивление, Ом

Z_N базовый импеданс

Пример положения вектора импеданса при недостаточном возбуждении

В примере типичного положения вектора импеданса как только вектор импеданса оказывается в зоне характеристик срабатывания реле, реле срабатывает с настраиваемой независимой задержкой.

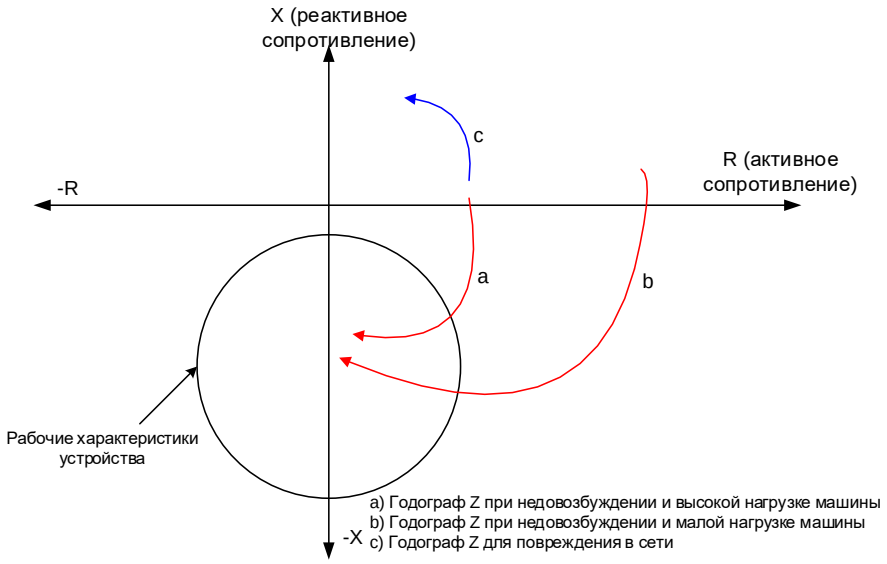


Рис. 358: Типичное положение вектора импеданса при недостаточном возбуждении: a) высокая нагрузка b) низкая нагрузка c) отказ в сети

4.7.2.6 Сигналы

Таблица 613: Входные сигналы функции UEXPDIS

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
EXT_LOS_DET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Внешний сигнал для обнаружения потери возбуждения

Таблица 614: Выходные сигналы функции UEXPDIS

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.7.2.7 Уставки

Таблица 615: Групповые уставки функции UEXPDIS (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Диаметр	1...6000	%Zn	1	200	Диаметр круговой характеристики
Смещение	-1000...1000	%Zn	1	-10	Смещение верхней точки окружности импеданса от оси R
Смещение	-1000...1000	%Zn	1	0	Смещение центра окружности импеданса от оси X
Время срабатывания	60...200000	мс	10	5000	Время срабатывания

Таблица 616: Общие уставки функции UEXPDIS (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Ввод внеш. обнаруж. потери возб.	0=Выведено 1=Введено			1=Введено	Включить внешнее обнаружение потери возбуждения
Реверс напряжения	0=Нет 1=Да			0=Нет	Повернуть сигналы напряжения на 180 градусов
Режим измерения импеданса	1=1Фаза-земля 2=1Фаза-фаза 3=3Фаза-земля 4=3Фаза-фаза 5 = Прямая посл.			5 = Прямая посл.	Выбор напряжения и токов для расчета импеданса
Выбор фаз для расчета Z	1=A или AB 2=B или BC 3=C или CA			1=A или AB	Выбор фазы напряжения

Таблица 617: Общие уставки функции UEXPDIS (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	3000	Время возврата

4.7.2.8 Контролируемые данные

Таблица 618: Контролируемые данные функции UEXPDIS

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания (в %)
Z_AMPL_A	FLOAT32	0,00...200,00	xZn	Амплитуда импеданса, фаза A
Z_ANGLE_A	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол импеданса, фаза A
Z_AMPL_B	FLOAT32	0,00...200,00	xZn	Амплитуда импеданса, фаза B
Z_ANGLE_B	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол импеданса, фаза B
Z_AMPL_C	FLOAT32	0,00...200,00	xZn	Амплитуда импеданса, фаза C
Z_ANGLE_C	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол импеданса, фаза C
Z_AMPL_AB	FLOAT32	0,00...200,00	xZn	Амплитуда импеданса между фазами A-B
Z_ANGLE_AB	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазовый угол импеданса между фазами A-B
Z_AMPL_BC	FLOAT32	0,00...200,00	xZn	Амплитуда импеданса между фазами B-C
Z_ANGLE_BC	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазовый угол импеданса между фазами B-C
Z_AMPL_CA	FLOAT32	0,00...200,00	xZn	Амплитуда импеданса между фазами C-A
Z_ANGLE_CA	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазовый угол импеданса между фазами C-A
Z1_AMPL	FLOAT32	0,00...200,00	xZn	Амплитуда импеданса прямой последовательности
Z1_ANGLE	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Фазовый угол импеданса прямой последовательности
UEXPDIS	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.7.2.9 Технические данные

Таблица 619: Технические данные функции UEXPDIS

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного тока и напряжения: f = $f_{ном}$ ± 2 Гц
	±3,0% уставки или ±0,2% Zb
Время запуска[1)2)]	Типовое 45 мс
Время возврата	Типовое 30 мс
Коэффициент возврата	Типовой 1,04
Время невозврата	Общее время невозврата, когда полное сопротивление возвращается за рабочий цикл <40 мс
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс
Подавление гармоник	-50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5,…

1) $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.7.3 Трехфазная защита минимального сопротивления UZPDIS

4.7.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита минимального сопротивления	UZPDIS	Z < G	21G

4.7.3.2 Функциональный блок

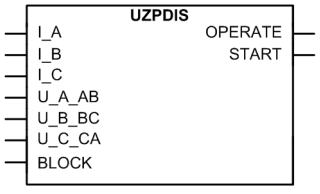


Рис. 359: Функциональный блок

4.7.3.3 Функциональные возможности

Трехфазная защита минимального сопротивления UZPDIS, как правило, используется как резервная защита генераторов и трансформаторов от коротких замыканий.

Защита основана на характеристике срабатывания в виде окружности с центром в начале координат в плоскости импеданса. Функция рассчитывает импеданс по векторам тока и напряжения. Если вектор импеданса попадает в окружность с центром в начале координат, по истечении заданного времени выдержки функция выдает сигнал срабатывания. Характеристика срабатывания функции – независимая выдержка времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы, таймеры выдержки времени или функцию полностью.

4.7.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции UZPDIS можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

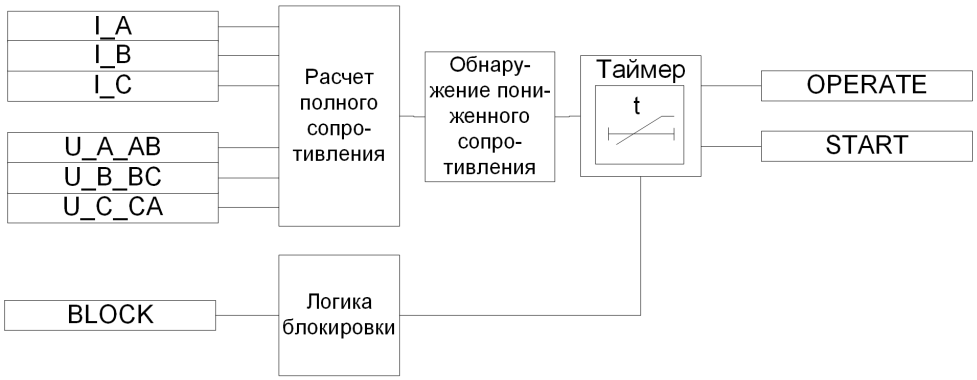


Рис. 360: Функциональная схема

Расчет полного сопротивления

Этот модуль рассчитывает импеданс на основе выбранных напряжений и токов. Уставки *Режим измер. импеданса* и *Выбор фаз для расчета Z* определяют используемые значения напряжения и тока. Если уставка *Режим измер. импеданса* имеет значение "1фаза-фаза", то уставка *Выбор фаз для расчета Z* необходима для определения того, какие межфазные напряжения ("AB", "BC" и "CA") и токи должны использоваться для расчета импеданса.

Таблица 620: Напряжения и токи, используемые при расчете импеданса

Режим измерения импеданса	Выбор фаз для расчета Z	Напряжения и токи, используемые при расчете импеданса[1)]
1фаза-фаза	AB	$\overline{ZAB} = \frac{U_AB}{I_A - I_B}$
1фаза-фаза	BC	$\overline{ZBC} = \frac{U_BC}{I_B - I_C}$
1фаза-фаза	CA	$\overline{ZCA} = \frac{U_CA}{I_C - I_A}$
3фаза-фаза	Нет	$\overline{ZAB} = \frac{U_AB}{I_A - I_B}$ $\overline{ZBC} = \frac{U_BC}{I_B - I_C}$ $\overline{ZCA} = \frac{U_CA}{I_C - I_A}$

1) Значения напряжения и тока в расчетах представлены в вольтах и амперах.

Если на устройство релейной защиты подаются все три фазных или межфазных напряжения и тока, рекомендуется выбирать режим «3фаза-фаза».

Часть функции, отвечающая за измерение тока, имеет два альтернативных режима измерения: «DFT» и «Полный размах». Режим измерения выбирается при помощи уставки *Режим измерения*.

Если величина тока ниже 0,02 · I_N, где I_N – это номинальный фазный ток, значение импеданса не оценивается и в окне контролируемых данных отображается максимальное значение импеданса (99,999 отн. е.)

Вычисленный импеданс преобразуется в импеданс в относительных единицах, так как характеристики срабатывания определяются уставкой *Охват полярности* в %Zb.

Расчетные значения амплитуд межфазного импеданса ZAB_AMPL, ZBC_AMPL и ZCA_AMPL отображаются в меню контролируемых данных в относительных единицах.

Обнаружение минимального сопротивления

Характеристика срабатывания представляет собой окружность с центром в начале координат в плоскости импеданса. Для определения этой

характеристики используется уставка *Охват полярности*. Если расчетное значение импеданса попадает в этот круг на плоскости импеданса, модуль передает сигнал включения для запуска таймера.

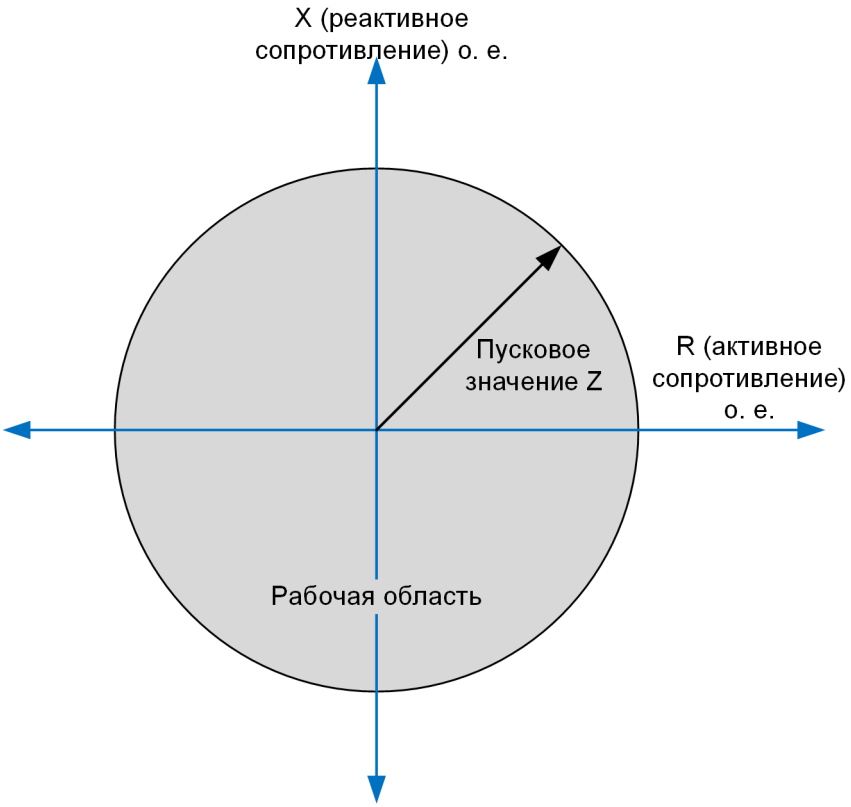


Рис. 361: Характеристика срабатывания в виде окружности с центром в начале координат

Если для уставки *Режим измерения импеданса* выбрано значение «3фаза-фаза» и функция учитывает наименьшее значение импеданса для запуска и срабатывания; в системе доступно более одного значения импеданса.

Таймер

При активации таймера активируется выход `START`. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Если длительность периода минимального сопротивления превышает значение, заданное уставкой *Время срабатывания*, активируется выход `OPERATE`. Если вектор импеданса выходит за пределы окружности характеристик срабатывания до срабатывания модуля, включается таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время*

возврата, таймер срабатывания сбрасывается, и выход START деактивируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания (DT) в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.7.3.5 Применение

Трехфазная защита от понижения полного сопротивления используется как резервная защита от коротких замыканий на зажимах генератора или на стороне высокого напряжения повышающего трансформатора. Эта функция может применяться вместо защиты от перегрузки по току с пуском по напряжению с независимой выдержкой времени либо для ограничения зоны защиты и оптимизации времени срабатывания вместо ненаправленной защиты от перегрузки по току.

Сравнение защиты от перегрузки по току и от понижения полного сопротивления

Рисунок 362 иллюстрирует фазовый ток для трехфазного короткого замыкания. В этом случае для обычного реле защиты от перегрузки по току с уставкой по току 1,2–I_n уставка времени должна быть менее 0,2 секунды, поскольку при более высоком значении происходит затухание тока короткого замыкания ниже заданного значения и реле отключается. Текущее значение тока также можно снизить до 1,1–I_n, хотя это шаг не дает существенного повышения уставки времени. В некоторых ситуациях подходит любая из вышеуказанных уставок тока, но если для обеспечения избирательности по времени требуется более длительный период отключения, защита от понижения полного сопротивления является обязательной.

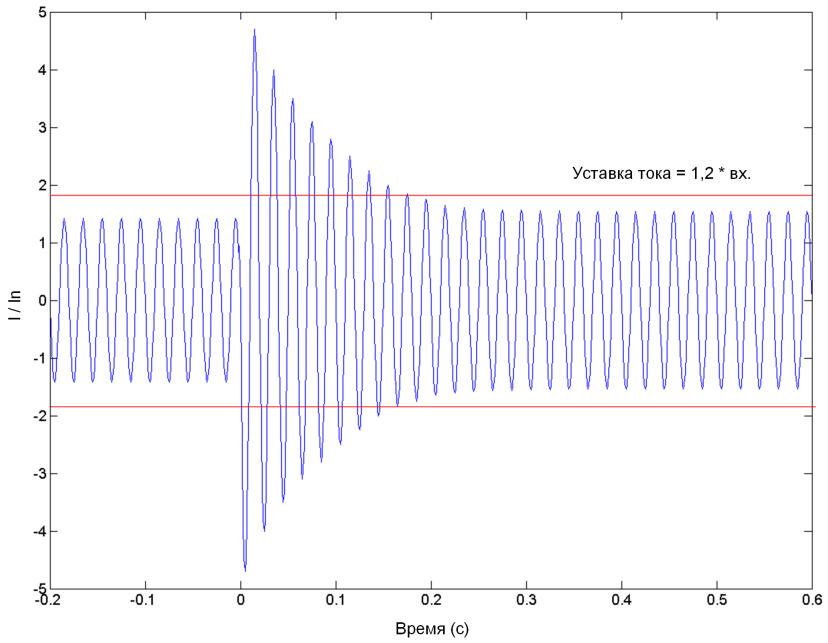


Рис. 362: Форма колебаний тока короткого замыкания, сбой возникает на 0 секунде (предельное значение уставки по току умножается на квадратный корень из 2)

Фазное напряжение в цепи трехфазного короткого замыкания при возникновении повреждения в момент времени = 0 с показано на рисунке 363. Из-за падения напряжения, вызванного трехфазным замыканием, защита от понижения полного сопротивления получает больше времени для выявления повреждения.

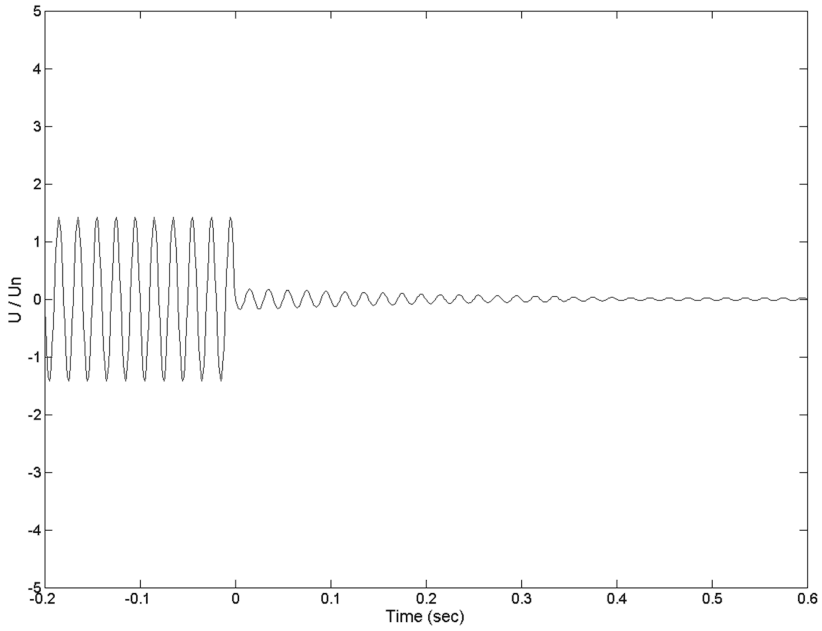


Рис. 363: Форма колебаний напряжения короткого замыкания, сбой возникает на 0 секунде.

В соответствии с типичной траекторией импеданса во время короткого замыкания импеданс повреждения остается внутри окружности импеданса в течение более длительного периода, в этом случае защита от понижения полного сопротивления обеспечивает более длительное время задержки отключения для сохранения избирательности по времени.

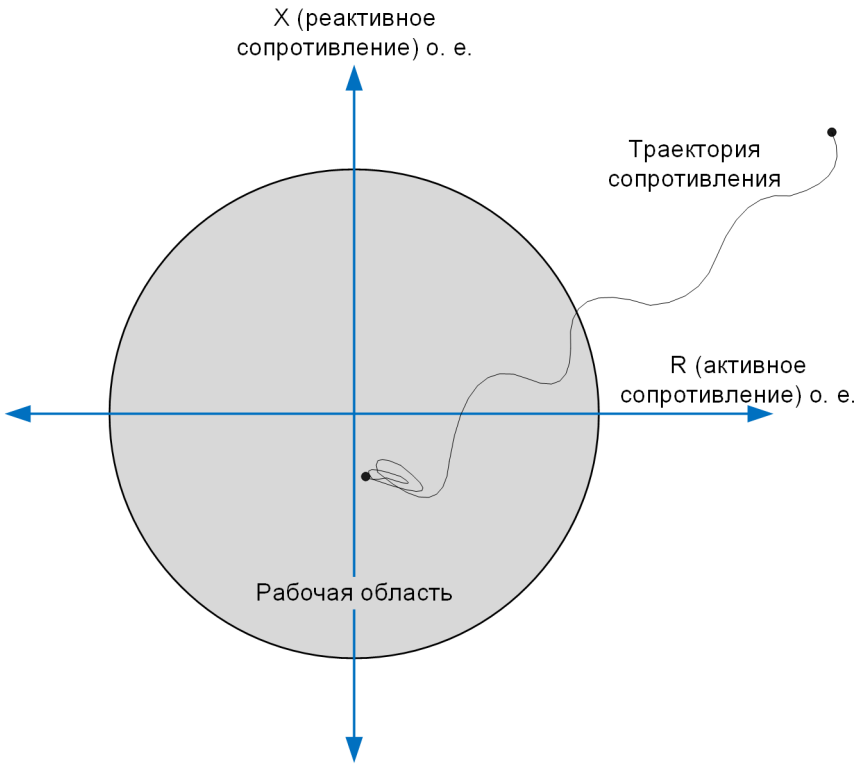


Рис. 364: Типичная траектория импеданса при коротком замыкании

Защита от понижения полного сопротивления для трансформаторов

Функция защиты от понижения полного сопротивления используется как защита от короткого замыкания вместо защиты от перегрузки по току. Она также выполняет функцию резервной для дифференциальной защиты трансформаторов.

Векторы напряжения и тока измеряются с помощью ТН и ТТ, подключенных на стороне ВН трансформатора.

Сдвиги фазы и тока, обусловленные соединением трансформаторов по схеме «треугольник –звезда» и другими факторами, усложняют задание уставок для повреждений во вторичной обмотке (со стороны релейной защиты), для оптимального охвата необходимы подробные расчеты.

Для уставки *Охват полярности* устанавливается значение, равное 150 % от значения импеданса короткого замыкания трансформатора. Эта уставка также обеспечивает резервную защиту от повреждений для шин и фидеров на стороне ВН.

Защита от понижения полного сопротивления для генераторов

Параметры защиты от понижения полного сопротивления задаются для защиты зоны между обмотками генератора и боковыми обмотками генератора повышающего трансформатора. Эта функция защищает от коротких замыканий главным образом шину генератора, низковольтную часть повышающего трансформатора и часть обмотки статора.

Напряжение необходимо измерять на зажимах генератора, а фазные токи – в его нейтральной точке.

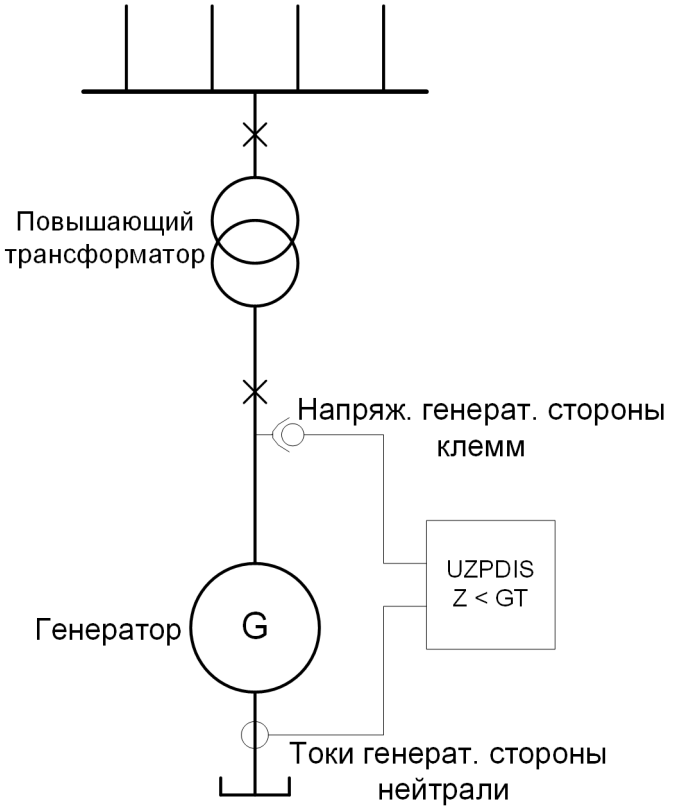


Рис. 365: Сигналы тока и напряжения для защиты от понижения полного сопротивления

Чтобы избежать неправильной работы функции защиты в случае соседних сбоев, для уставки *Охват полярности* устанавливается значение, равное 70 % от значения импеданса короткого замыкания трансформатора.

В установках с прямым подключением, в которых полное сопротивление сети ограничено только линиями или шинами, необходимо принять меры, не позволяющие этой функции отрицательно влиять на избирательность. В этих случаях рекомендовано вместо защиты от понижения полного сопротивления использовать защиту от перегрузки по току с пуском по напряжению.

Рекомендации по блокированию функции

Следует ограничить действие функции защиты от понижения полного сопротивления, если напряжение в одной или нескольких фазах внезапно падает почти до нуля в отсутствие одновременного значительного изменения величины тока. Эта состояние рассматривается как отказ предохранителя или срабатывание автоматического минивыключателя во вторичной цепи трансформатора напряжения. Падение напряжения может стать причиной нежелательного срабатывания функционального блока, поскольку рассчитанное полное сопротивление может упасть ниже установленного предела даже в отсутствие фактического повреждения в первичной системе.

Блокировку осуществляет внешний функциональный блок, являющийся функцией контроля отказа предохранителей SEQSPVC, выход которой подключен к входу BLOCK блока UZPDIS.

4.7.3.6 Сигналы

Таблица 621: Входные сигналы функции UZPDIS

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 622: Выходные сигналы функции UZPDIS

Наименование	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Начало

4.7.3.7 Уставки

Таблица 623: Групповые уставки функции UZPDIS (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Долевой охват	От 1 до 6000	%Zn	1	7	Радиус окружности с центром в начале координат
Время задержки срабатывания	40–200 000	мс	10	200	Время задержки срабатывания

Таблица 624: Общие уставки функции UZPDIS (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим измерения	2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения
Режим измерения импеданса	2=1Фаза-фаза 4=3Фаза-фаза			4=3Фаза-фаза	Выбор сигналов напряжения и тока для расчета импеданса
Выбор фаз для расчета Z	1=AB 2=BC 3=CA			1=AB	Выбор фазы напряжения

Таблица 625: Общие уставки функции UZPDIS (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	От 0 до 60000	мс	10	20	Время возврата

4.7.3.8 Контролируемые данные

Таблица 626: Контролируемые данные функции UZPDIS

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	От 0,00 до 100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания (в %)
Z_AMPL_AB	FLOAT32	От 0,00 до 200,00	xZn	Амплитуда импеданса между фазами A-B
Z_AMPL_BC	FLOAT32	От 0,00 до 200,00	xZn	Амплитуда импеданса между фазами B-C
Z_AMPL_CA	FLOAT32	От 0,00 до 200,00	xZn	Амплитуда импеданса между фазами C-A
UZPDIS	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.7.3.9 Технические данные

Таблица 627: Технические данные функции UZPDIS

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного тока и напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц
	±3,0% уставки или ±0,2% Zb
Время запуска[1)2)]	Типовое: 50 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой 1,04
Время невозврата	<40 мс
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс

1) $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.8 Защита по мощности

4.8.1 Защита от понижения мощности DUPPDPR

4.8.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от понижения мощности	DUPPDPR	P<	Выключатель 32U

4.8.1.2 Функциональный блок

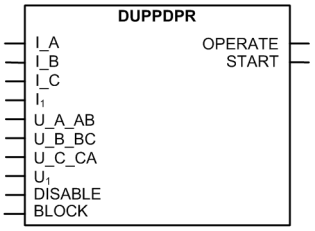


Рис. 366: Функциональный блок

4.8.1.3 Функциональные возможности

Функция защиты от снижения мощности DUPPDPR защищает генераторы и первичные источники энергии от воздействия слишком малой выходной мощности или обратной передачи мощности.

Функция срабатывает, когда измеренная активная мощность падает ниже заданного значения. Характеристика срабатывания функции – независимая выдержка времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.8.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл".

Работу функции DUPPDPR можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

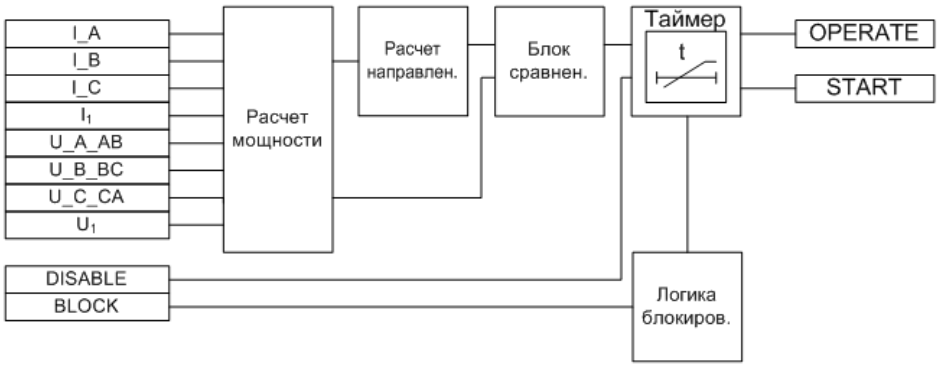


Рис. 367: Функциональная схема

Расчет мощности

Этот модуль рассчитывает полную мощность на основе выбранных измерений напряжения и тока, как описано в таблице 628. Используемые измерения напряжения и тока определяются уставкой *Режим измерения*.

Для расчета полной мощности можно также использовать компоненты прямой последовательности, в результате чего определение мощности будет нечувствительно к возможной асимметрии токов и напряжений и соответствовать фактической нагрузке первичного источника энергии генератора.

Таблица 628: Расчет мощности

Настройка режима измерения	Расчет мощности
ФазА, ФазВ, ФазС	$\bar{S} = \bar{U}_a \cdot \bar{I}_a^* + \bar{U}_b + \bar{I}_b^* + \bar{U}_c \cdot \bar{I}_c^*$ $P = Re(\bar{S})$
Arone	$\bar{S} = \bar{U}_{ab} \cdot \bar{I}_a^* - \bar{U}_{bc} \cdot \bar{I}_c^*$ $P = Re(\bar{S})$
Прям. послед.	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_1 \cdot \bar{I}_1^*$ $P = Re(\bar{S})$
ФазАВ	$\bar{S} = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_{ab} \cdot (\bar{I}_a^* - \bar{I}_b^*)$ $P = Re(\bar{S})$
ФазВС	$\bar{S} = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_{bc} \cdot (\bar{I}_b^* - \bar{I}_c^*)$ $P = Re(\bar{S})$
Продолжение таблицы на следующей странице	

Настройка режима измерения	Расчет мощности
ФазСА	$\bar{S} = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_{ca} \cdot \left(\bar{I}_c^* - \bar{I}_a^*\right)$ $P = Re\left(\bar{S}\right)$
ФазА	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_a \cdot \bar{I}_a^*$ $P = Re\left(\bar{S}\right)$
ФазВ	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_b \cdot \bar{I}_b^*$ $P = Re\left(\bar{S}\right)$
ФазС	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_c \cdot \bar{I}_c^*$ $P = Re\left(\bar{S}\right)$

Если на ИЭУ подаются все три фазных напряжения и фазных тока, рекомендуется выбирать вариант "Прямая посл." (по умолчанию).

В зависимости от заданного значения *Режим измерения*, при расчете мощности значения активной, реактивной и полной мощности вычисляются на основе доступного набора измерений. Вычисленные значения мощности S, P, Q и угол между векторами тока и напряжения, PF_ANGL, доступны в контролируемых данных.

Расчет направленности

Расчет направленности определяет направление измеренной мощности. Направление измеренной мощности считается прямым, если активная мощность положительная, в противном случае направление считается обратным.

Если полярность измеренной мощности противоположна обычной, коррекцию можно выполнить, задав параметру *Реверс поляризации* значение "Да" для разворота вектора полной мощности на 180 градусов.

Блок сравнения

Детектор уровня сравнивает рассчитанное значение активной мощности с заданным значением *Пусковое значение*. Если рассчитанное значение активной мощности опускается ниже, чем *Пусковое значение*, в прямом направлении или если измеренная мощность имеет обратное направление, детектор уровня включает модуль таймера.

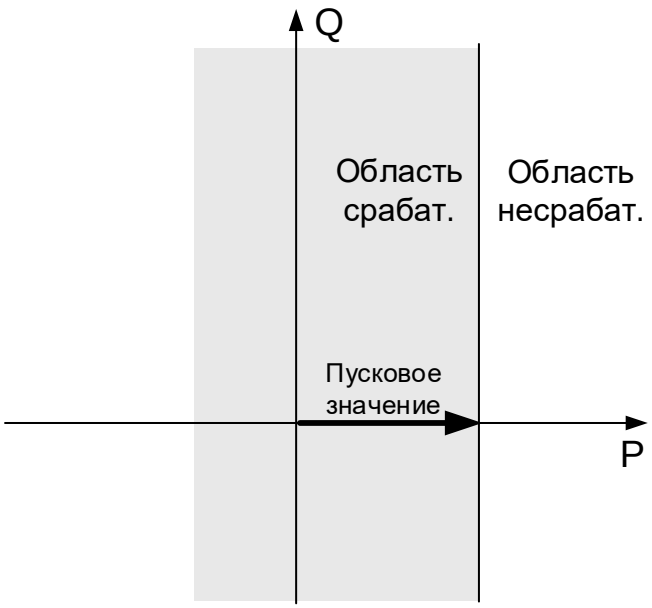


Рис. 368: Характеристики срабатывания DUPPDPR с уставкой «Пусковое значение»

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристики времени имеют независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *Время срабатывания*, становится активным выход OPERATE. В ситуации возврата, т. е. при внезапном исчезновении состояния недостаточной мощности до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход START деактивируется.

Таймер рассчитывает значение START_DUR, которое указывает, какая часть времени прошла с момента активации выхода START в процентах относительно значения *Время срабатывания*. Это значение доступно в контролируемых данных.

Вход DISABLE можно использовать для координации правильной работы при запуске генератора. При активации сигнала DISABLE выходы START и OPERATE блокируются. После отключения сигнала DISABLE таймер остается заблокированным в течение дополнительного времени, задаваемого уставкой *Время блокир.*

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.8.1.5 Применение

Задача генератора на электростанции заключается в преобразовании механической энергии в электрическую. Иногда механическая мощность первичного источника энергии может уменьшиться настолько, что она не будет покрывать внутренние потери. Задача защиты от пониженной мощности заключается в том, чтобы защитить генератор в ситуации очень низкой выходной мощности.

Газовые турбины быстро перегреваются, если расход пара становится слишком низким или если пар вообще перестает проходить через турбину. Поворотно-лопастная гидротурбина может быть повреждена, если лопасти турбины скользят по поверхности воды и создают аксиальное давление на подшипник. Дизельные двигатели могут быть повреждены из-за недостаточной смазки.

Если генератор очень большой, оставлять его работать при низкой вырабатываемой мощности экономически невыгодно. В случае обратного потока мощности большие генераторы забирают из остальной системы значительную мощность для питания собственных внутренних потерь. Поэтому в таких ситуациях генератор желательно отключать.

Например, в случае параллельно подключенных генераторов нагрузка одного генератора может быть настолько низкой, что лучше отключить его, чтобы сеть питали оставшиеся генераторы.

Если требуется задать низкое значение мощности, например менее 2%, необходимо использовать параметры коррекции для компенсации погрешностей измерения. За информацией о погрешностях измерения обращайтесь к производителю измерительных устройств.

Если погрешности измерения не скомпенсированы, настройка недостаточной мощности не должна быть меньше суммарной погрешности измерения тока и напряжения.
Например, если погрешность устройства измерения тока составляет 2%, а погрешность устройства измерения напряжения — 1%, минимальная настройка равна (2 + 1)% = 3%.

4.8.1.6 Сигналы

Таблица 629: Входные сигналы функции DUPPDPR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
I_1	СИГНАЛ	0	Ток прямой последовательности
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
DISABLE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки функции при запуске генератора
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 630: Выходные сигналы функции DUPPDPR

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.8.1.7 Уставки

Таблица 631: Групповые уставки функции DUPPDPR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0,01...2,00	xSn	0,01	0,10	Пусковое значение
Время срабатывания	40...300000	мс	10	40	Время срабатывания

Таблица 632: Общие уставки функции DUPPDPR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 633: Общие уставки функции DUPPDPR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерения	1=ФазA, ФазB, ФазC 2=Arone 3=Прям. послед. 4=ФазAB 5=ФазBC 6=ФазCA 7=ФазA 8=ФазB 9=ФазC			3=Прям. послед.	Выбор метода расчета мощности
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Обратное определение направления мощности
Время блокир.	0...60000	мс	1000	0	Дополнительное время ожидания после включения автоматического выключателя

4.8.1.8 Контролируемые данные

Таблица 634: Контролируемые данные функции DUPPDPR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
P	FLOAT32	-160,000...160,000	xSn	Активная мощность
Q	FLOAT32	-160,000...160,000	xSn	Реактивная мощность
S	FLOAT32	0,000...160,000	xSn	Полная мощность
PF_ANGLE	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между векторами тока и напряжения
DUPPDPR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.8.1.9 Технические данные

Таблица 635: Технические данные функции DUPPDPR

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания [1]	В зависимости от частоты измеренного тока и напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц
	Точность измерения мощности ±3% уставки или ±0,002 × $S_{ном}$ Фазный угол: ±2°
Время пуска[2][3]	Типовое 45 мс
Время возврата	Типовое 30 мс
Коэффициент возврата	Типовой 1,04
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс
Подавление гармоник	-50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5,…

1) *Режим измерения* = “Прям. послед.” (по умолчанию)
2) U = $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
3) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.8.2 Защита от обратного направления мощности/ направленная защита от повышения мощности DOPPDPR

4.8.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/IEE C37.2
Защита от обратного направления мощности/направленная защита от повышения мощности	DOPPDPR	P>/Q>	32R/32O

4.8.2.2 Функциональный блок

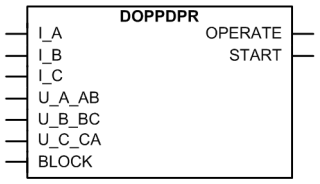


Рис. 369: Функциональный блок

4.8.2.3 Функциональные возможности

Функция защиты от обратного направления мощности/направленной защиты от повышения мощности DOPPDPR может использоваться для защиты генератора от выдачи в сеть избыточной мощности, превышающей возможности генератора, от работы генератора в режиме двигателя, от работы двигателя в режиме генератора и для защиты двигателя, который потребляет избыточную реактивную мощность из-за потери возбуждения. Она также может использоваться в защите фидера для индикации перегрузки распределительной системы, для индикации того, что клиент передает мощность в сеть, и для защиты трансформатора от работы с избыточной нагрузкой..

Функция запускается и срабатывает, когда измеренная мощность превышает заданную предельную величину в заданном направлении. Характеристика срабатывания функции – независимая выдержка времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

4.8.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции DOPPDPR можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

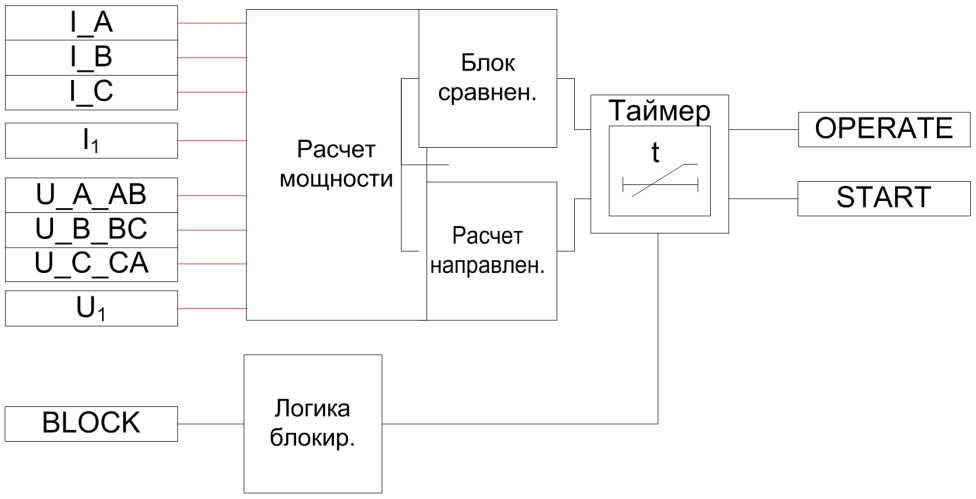


Рис. 370: Функциональная схема

Расчет мощности

Этот модуль рассчитывает полную мощность на основе выбранных напряжений и токов. Используемые напряжения и токи определяются

уставкой *Режим измерения*. Для расчета полной мощности можно также использовать компоненты прямой последовательности, в результате чего определение мощности будет нечувствительно к возможной асимметрии токов и напряжений и соответствовать фактической нагрузке первичного источника энергии генератора.

Таблица 636: ***Расчет мощности***

Настройка режима измерения	Расчет мощности
ФазА, ФазВ, ФазС	$\bar{S} = \bar{U}_a \cdot \bar{I}_a^* + \bar{U}_b + \bar{I}_b^* + \bar{U}_c \cdot \bar{I}_c^*$ $P = Re(\bar{S})$
Arone	$\bar{S} = \bar{U}_{ab} \cdot \bar{I}_a^* - \bar{U}_{bc} \cdot \bar{I}_c^*$ $P = Re(\bar{S})$
Прям. послед.	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_1 \cdot \bar{I}_1^*$ $P = Re(\bar{S})$
ФазАВ	$\bar{S} = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_{ab} \cdot (\bar{I}_a^* - \bar{I}_b^*)$ $P = Re(\bar{S})$
ФазВС	$\bar{S} = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_{bc} \cdot (\bar{I}_b^* - \bar{I}_c^*)$ $P = Re(\bar{S})$
ФазСА	$\bar{S} = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_{ca} \cdot (\bar{I}_c^* - \bar{I}_a^*)$ $P = Re(\bar{S})$
ФазА	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_a \cdot \bar{I}_a^*$ $P = Re(\bar{S})$
ФазВ	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_b \cdot \bar{I}_b^*$ $P = Re(\bar{S})$
ФазС	$\bar{S} = 3 \cdot \bar{U}_c \cdot \bar{I}_c^*$ $P = Re(\bar{S})$

Если на ИЭУ подаются все три фазных напряжения и фазных тока, рекомендуется выбирать вариант "Прямая посл.".

Вычисленные значения мощности S, P, Q и угол между векторами тока и напряжения, PF_ANGL, доступны в окне контролируемых данных.

Блок сравнения

Детектор уровня сравнивает величину измеренной полной мощности с заданным значением *Пусковое значение*. Если измеренное значение превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения передает сигнал включения на модуль таймера.

Расчет направленности

Модуль расчета направленности контролирует направление полной мощности. Когда поток полной мощности направлен в область срабатывания, модуль посылает сигнал включения в модуль таймера. Направленно срабатывание выбирается сочетанием уставок *Направленность* и *Угол мощности*. Уставка *Направленность* может принимать значение "Прямая" и "Обратная". Уставку *Угол мощности* можно использовать для задания направления мощности: реактивная или активная.

Например, обычной ошибкой является неправильное соединение полюсов ТН или ТТ. В результате видимое направление потока мощности противоположно ожидаемому. Исправить ситуацию можно с помощью уставки *Реверс поляризации*. Если установлено значение "Да", измеренная полная мощность поворачивается на 180 градусов.

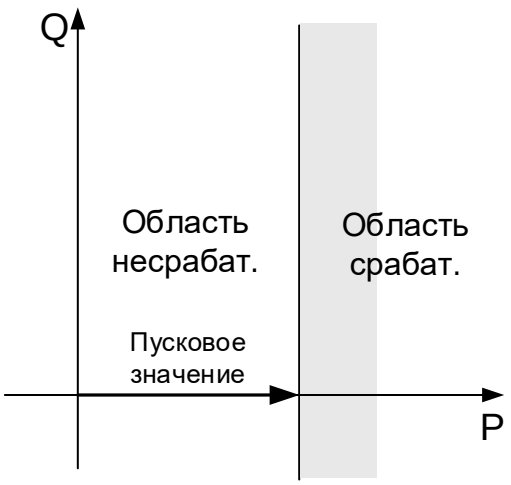


Рис. 371: Характеристики срабатывания с уставкой Пусковое значение, значением уставки Угол мощности "0" и значением уставки Направленность "Прямая"

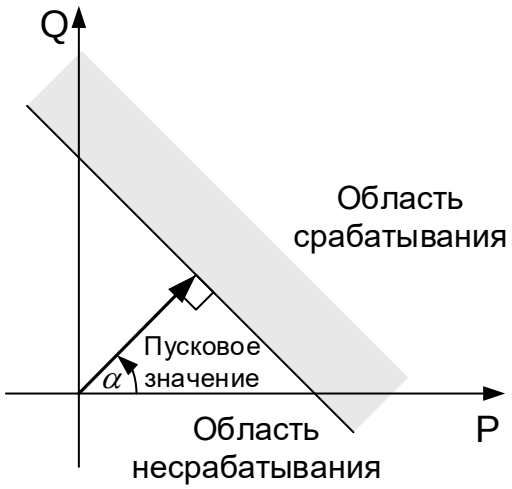


Рис. 372: Характеристики срабатывания с уставкой Пусковое значение, значением Угол мощности (α) "+45" и значением Направленность "Прямая"

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристики времени имеют независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *Время срабатывания*, становится активным выход OPERATE. При возникновении ситуации возврата, т. е. если мощность станет меньше значения *Пусковое значение* до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется состояние таймера возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, и выход START блокируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания (DT) в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход `OPERATE` не может перейти в активное состояние.

4.8.2.5 Применение

Функция DOPPDPR служит для защиты от избыточного потока мощности в заданном направлении срабатывания. Она применяется в основном для защиты генераторов и турбин. Может также использоваться для защиты фидеров, например в кольцевой сети.

Функция DOPPDPR в прямом направлении может использоваться для защиты генераторов или двигателей от выработки или потребления избыточной мощности. Например, защита от повышения мощности генератора может использоваться для отключения некритической нагрузки фидера или запуска параллельных генераторов. Синхронный двигатель может начать потреблять дополнительную реактивную мощность при потере возбуждения — в этом случае прямая защита от повышения мощности позволяет обнаружить такое состояние.

При использовании в качестве защиты от обратного потока мощности функция DOPPDPR имеет много применений. Генератор на электростанции преобразует механическую энергию в электрическую. Иногда механическая мощность первичного источника энергии может уменьшиться до такого уровня, что она не будет покрывать внутренние потери. Синхронный генератор становится синхронным двигателем и начинает потреблять энергию из системы. Для генератора не опасно, если он начинает работать как двигатель, но это может привести к повреждению первичного источника энергии. Степень повреждения зависит от источника энергии.

Газовые турбины легко перегреваются, если расход пара становится слишком низким или если пар вообще перестает проходить через турбину. Разрыв главной паровой трубы, повреждение одной или нескольких лопаток в паровой турбине или непреднамеренное закрытие главных отсечных клапанов — это типичные причины снижения расхода пара. Паровые турбины турбогенераторов можно защитить при низком расходе пара с помощью защиты от снижения мощности, работающей в обратном направлении. Гидротурбины переносят обратный поток мощности значительно лучше, чем паровые турбины. Но имеется опасность, что рабочее колесо турбины сместится в осевом направлении и заденет неподвижные детали. Они не всегда достаточно прочные, чтобы выдержать сопутствующие нагрузки.

Гидротурбина, которая вращается в воде с закрытыми поворотными затворами, потребляет примерно 10% от номинальной мощности из остальной энергосистемы, если подача воды заблокирована из-за льда, снега,

веток или листьев. При полном перекрытии подачи воды может возникнуть кавитация. Если в гидротурбине остался только воздух, расход мощности снижается до прибл. 3%. Опасность повреждения гидротурбин может оправдывать использование защиты от обратного повышения мощности на электростанциях, работающих без обслуживающего персонала.



Если требуется задать низкое значение обратной мощности, вместе с функцией DOPPDPR должна также использоваться защита от понижения мощности. Предельное значение зависит от точности ТТ и ТН.

Дизельные двигатели должны иметь защиту от повышенной мощности в обратном направлении. Генератор потребляет из системы прибл. 15% и более от своей номинальной мощности. Для вращения тугого двигателя может требоваться до 25% от его номинальной мощности. Хорошо работающий двигатель может требовать не более 5%. Необходимо получить информацию у производителя двигателя и измерить обратную мощность при вводе в эксплуатацию.

Для небольших генераторов защита от повышения обратной мощности может также использоваться как альтернатива защите от недостаточного возбуждения. При уменьшении возбуждения генератор может начать потреблять реактивную мощность, в результате чего он работает как асинхронный генератор. Синхронный генератор не рассчитан на работу в асинхронном режиме и может быть поврежден из-за перегрева демпфирующих обмоток или нагрева ротора током с частотой проскальзывания.

При работе в обратном направлении функция DOPPDPR может использоваться как аварийная сигнализация о передаче в сеть вырабатываемой установкой мощности, что может быть нежелательно в соответствии с правилами и нормативами владельца сети.

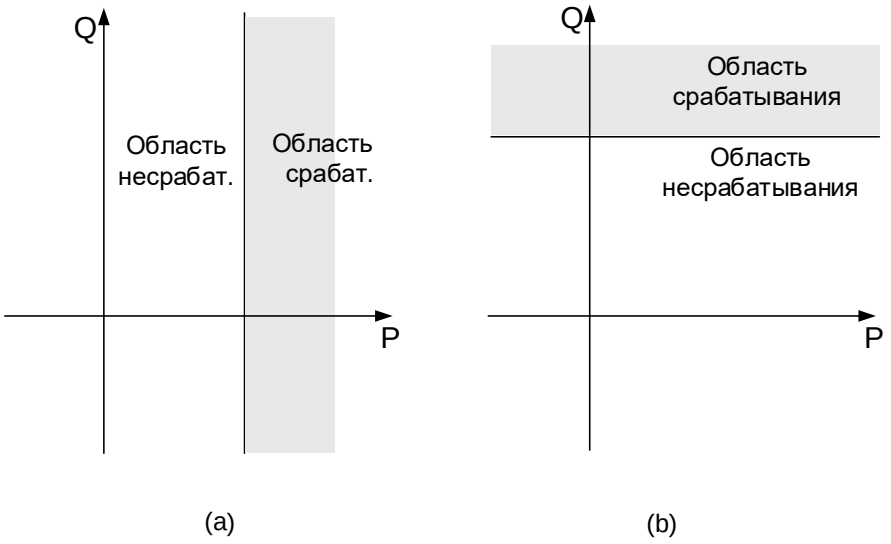


Рис. 373: Характеристика защиты от повышения активной (a) и реактивной (b) мощности в прямом направлении

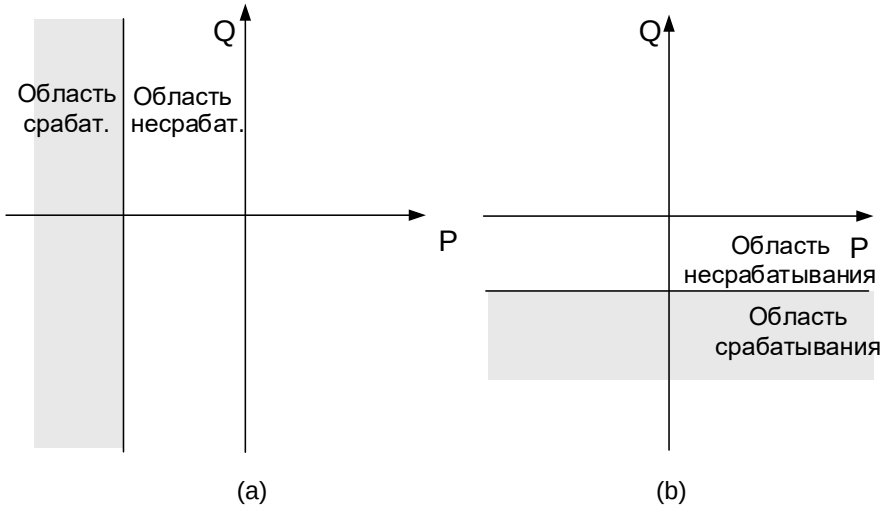


Рис. 374: Характеристика защиты от повышения активной (a) и реактивной (b) мощности в обратном направлении

4.8.2.6 Сигналы

Таблица 637: Входные сигналы функции DOPPDPR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_A_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_A_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 638: Выходные сигналы функции DOPPDPR

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.8.2.7 Уставки

Таблица 639: Групповые уставки функции DOPPDPR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	0,01...2,00	xSn	0,01	1,00	Пусковое значение
Время срабатывания	40...300000	мс	10	40	Время срабатывания
Направленность	2=Прямая 3=Обратная			2=Прямая	Направленность
Угол мощности	-90...90	град.	1	0	Регулируемый угол мощности

Таблица 640: Общие уставки функции DOPPDPR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим измерения	1=ФазA, ФазB, ФазC 2=Arone 3=Прям. послед. 4=ФазAB 5=ФазBC 6=ФазCA 7=ФазA 8=ФазB 9=ФазC			3=Прям. послед.	Выбор метода расчета мощности

Таблица 641: Общие уставки функции DOPPDPR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Обратное определение направления мощности

4.8.2.8 Контролируемые данные

Таблица 642: Контролируемые данные функции DOPPDPR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
P	FLOAT32	-160,000...160,000	xSn	Активная мощность
Q	FLOAT32	-160,000...160,000	xSn	Реактивная мощность
S	FLOAT32	0,000...160,000	xSn	Полная мощность
PF_ANGLE	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол между векторами тока и напряжения
DOPPDPR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.8.2.9 Технические данные

Таблица 643: Технические данные функции DOPPDPR

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания [1]	В зависимости от частоты измеренного тока и напряжения: f = $f_{ном}$ ±2 Гц
	Погрешность измерения мощности ± 3 % от уставки или ±0,002 × $S_{ном}$ Фазный угол: ±2°
Время пуска[2][3]	Типовое 45 мс
Время возврата	Типовое 30 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,94
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс
Подавление гармоник	-50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5,…

1) *Режим измерения* = “Прям. послед.” (по умолчанию)
2) U = $U_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
3) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.8.3 Направленная защита от понижения напряжения реактивной мощности DQPTUV

4.8.3.1 Обозначение

Описание	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита по направлению реактивной мощности с пуском по напряжению	DQPTUV	Q> ->,3U<	32Q,27

4.8.3.2 Функциональный блок

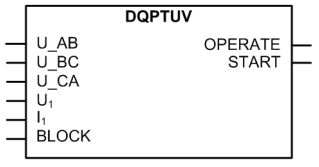


Рис. 375: Функциональный блок

4.8.3.3 Функциональные возможности

В соответствии с требованиями различных сетевых кодексов функция направленной защиты по реактивной мощности с пуском по напряжению

DQPTUV используется в точке подключения блока распределенной генерации к сети для исключения падения напряжения сети в случае отказов. Функция DQPTUV измеряет фазные напряжения и ток в точке подключения к сети. Генератор отключается от сети с определенной задержкой по времени, если все фазные напряжения уменьшаются и остаются на указанном предельном значении или падают ниже него, и одновременно с этим потребляется реактивная мощность (т. е. генератор работает с недостаточным возбуждением).

Эта функция может блокировать выходы и таймеры функции, а также саму функцию.

4.8.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции DQPTUV можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.



Рис. 376: Функциональная схема

Обнаружение пониженного напряжения

Модуль обнаружения пониженного напряжения сравнивает основную гармонику всех трех напряжений между фазами с заданным значением параметра *Пусковое знач. напряжения*. Если все три напряжения между фазами ниже заданного значения параметра *Пусковое знач. напряжения*, модуль обнаружения пониженного напряжения отправляет сигнал включения таймера, указывая на недостаточное напряжение в точке подключения к сети.

Контроль реактивной мощности

Этот модуль вычисляет и контролирует реактивную мощность на основе тока и напряжения прямой последовательности. Использование компонента прямой последовательности обеспечивает нечувствительность определения мощности к возможной асимметрии тока и напряжений. Если реактивная

мощность больше значения параметра *Мин реакт мощность* и течет в область срабатывания, модуль отправляет сигнал включения на таймер, указывающий, что в точке подключения к сети потребляется реактивная мощность. С помощью уставки *Уменьшение сект. мощности* можно получить небольшой наклон кривой.

Чтобы исключить ложные срабатывания, вычисление реактивной мощности блокируется, если величина тока прямой последовательности меньше заданного значения параметра *Мин ток прямой послед*.

Величина вычисленной реактивной мощности доступна в окне контролируемых данных.

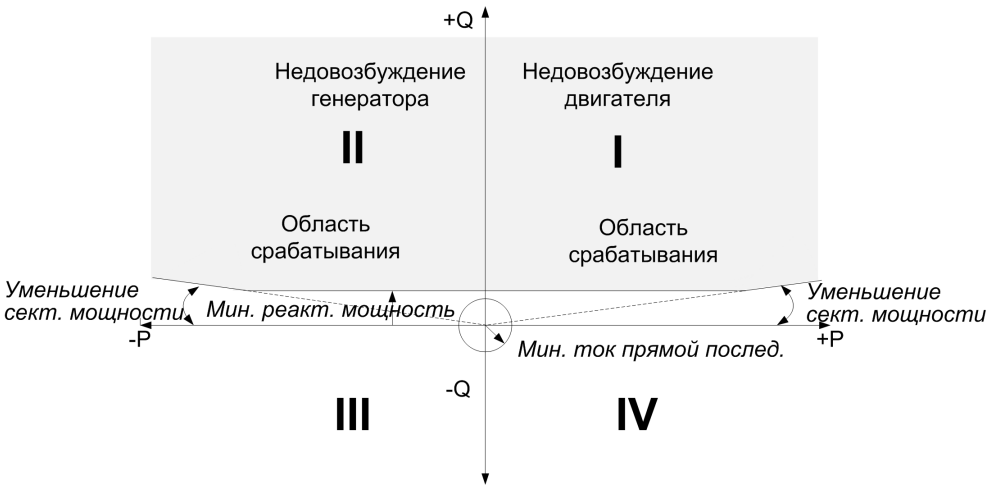


Рис. 377: Область срабатывания функции DQPTUV

Квадрант II	Генератор вырабатывает активную мощность, но потребляет реактивную (недостаточное возбуждение)
Квадрант III	Генератор вырабатывает как активную, так и реактивную мощность

Направление мощности можно инвертировать, задав для параметра *Реверс поляризации* значение "Да".

Таймер

После активации обоими модулями (модулем обнаружения недостаточного напряжения и модулем контроля реактивной мощности) таймер активирует выход START. Характеристика таймера имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *Время срабатывания*, становится активным выход OPERATE. При исчезновении повреждения до срабатывания модуля таймер сразу же сбрасывается.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.8.3.5 Применение

Применение генераторных установок (PGU) стремительно увеличивается благодаря либерализации рынков (отмене регулирования) и мировой тенденции, направленной на увеличение использования возобновляемых источников энергии. По мере роста мощности этих генерирующих блоков они подключаются напрямую к сетям среднего напряжения. До недавнего времени операторы электросетей отключали распределенный генератор от сети в случае аварии в сети.

В случае значительного снижения вырабатываемой мощности это могло влиять на способность системы к восстановлению. Чтобы обеспечить устойчивость энергосистемы, требования различных сетевых кодексов были пересмотрены, и теперь распределенные генераторы должны вносить свой вклад в поддержку сети. В случае отказа в сети распределенный генератор не должен немедленно отключаться от сети. Вместо этого генерирующие мощности, подключенные к сети среднего напряжения, должны быть способны участвовать в контроле напряжения в установившемся режиме и в динамической поддержке сети. Однако если генераторы остаются подключенными к сети, необходимо обеспечить, чтобы они не потребляли из сети реактивную мощность, так как иначе это может привести к выходу сети из строя. Функция DQPTUV служит для обнаружения таких ситуаций, т. е. понижение напряжения с одновременным потреблением реактивной мощности (генераторы с недостаточным возбуждением), и отключения таких генераторов.

Функция защиты DQPTUV разработана с учетом различных стандартов эксплуатации электроустановок. Например, в техническом руководстве

BDEW "Генераторные установки, подключенные к сети среднего напряжения" (редакция от июня 2008 г., Германия) требуется, что если все три напряжения между фазами снизились и остаются на уровне 85% от номинального или ниже этого уровня, и если одновременно в точке подключения к сети потребляется реактивная мощность (работа с недостаточным возбуждением), генераторная установка должна быть отключена от сети с задержкой 0,5 с.

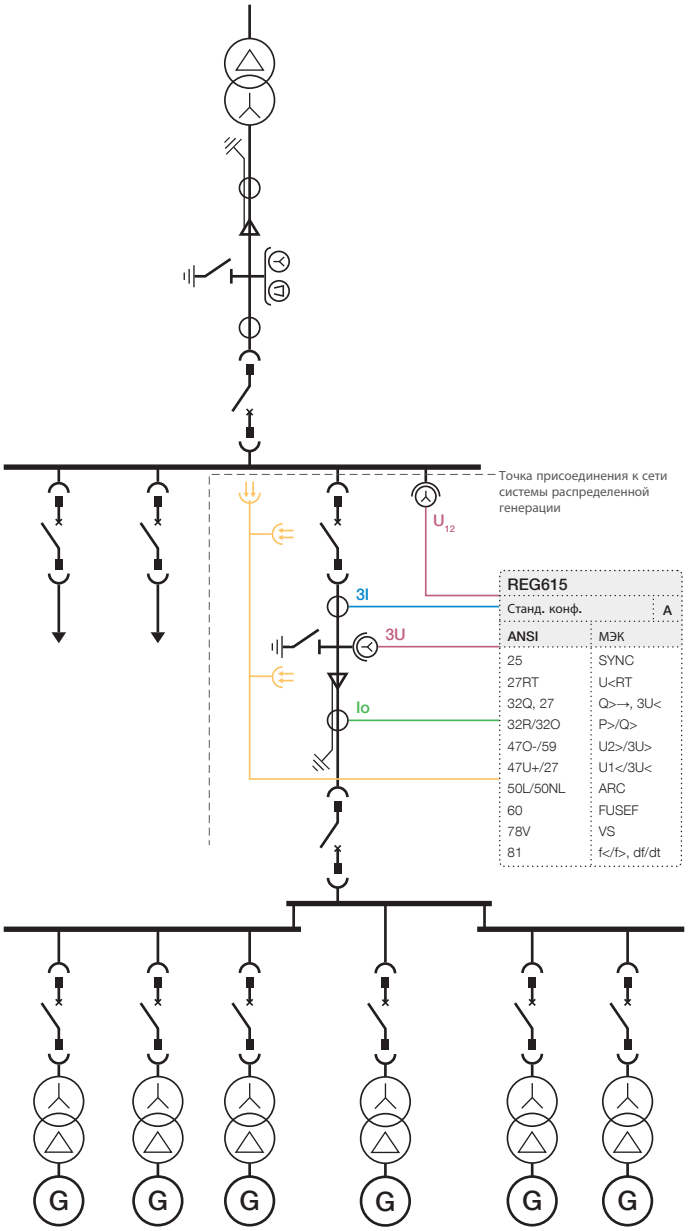


Рис. 378: Пример применения ветряной электростанции в качестве источника распределенной генерации, присоединенной к сети общего пользования

4.8.3.6 Сигналы

Таблица 644: Входные сигналы функции DQPTUV

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_AB	СИГНАЛ	0	Междуфазное напряжение AB
U_BC	СИГНАЛ	0	Междуфазное напряжение BC
U_CA	СИГНАЛ	0	Междуфазное напряжение CA
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
I_1	СИГНАЛ	0	Ток прямой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 645: Выходные сигналы функции DQPTUV

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.8.3.7 Уставки

Таблица 646: Групповые уставки функции DQPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Напряжение пуска	0,20...1,20	xUn	0,01	0,85	Пусковое значение для обнаружения недостаточного напряжения
Время срабатывания	100...300000	мс	10	500	Время срабатывания

Таблица 647: Общие уставки функции DQPTUV (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 648: Общие уставки функции DQPTUV (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Мин реакт мощность	0,01...0,50	xSn	0,01	0,05	Минимальная реактивная мощность, необходимая для срабатывания функции
Мин ток прямой послед	0,02...0,20	xIn	0,01	0,05	Минимальный ток прямой последовательности
Уменьшение сект. мощности	0...10	град.	1	3	Уменьшение сект. мощности
Реверс поляризации	0=Нет 1=Да			0=Нет	Обратное определение направления положительной реактивной мощности

4.8.3.8 Контролируемые данные

Таблица 649: Контролируемые данные функции DQPTUV

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
Q	FLOAT32	-160,000...160,000	xSn	Реактивная мощность
DQPTUV	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.8.3.9 Технические данные

Таблица 650: Технические данные функции DQPTUV

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеренного тока и напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц Диапазон реактивной мощности |PF| < 0,71
	Мощность: ±3,0% или ±0,002 × $Q_{ном}$ Напряжение: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $U_{ном}$
Время запуска[1)2)]	Типовое 46 мс
Время возврата	<50 мс
Продолжение таблицы на следующей странице	

Характеристика	Значение
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) *Пусковое значение* = 0,05 × $S_{ном}$, реактивная мощность до повреждения = 0,8 × *Пусковое значение*, перерегулирования реактивной мощности = 2 раза, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.9 Дуговая защита ARCSARC

4.9.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Дуговая защита	ARCSARC	ARC	50L/50NL

4.9.2 Функциональный блок

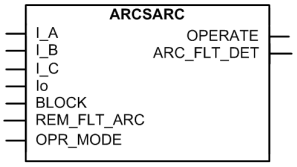


Рис. 379: Функциональный блок

4.9.3 Функциональные возможности

Функция дуговой защиты ARCSARC обнаруживает образование дуги в ячейках и распределительных устройствах с воздушной изоляцией в результате, например, ошибки оператора при техническом обслуживании или в результате пробоя изоляции при эксплуатации.

Функция обнаруживает наличие света от дуги посредством светового датчика, локально либо дистанционно. Функция также контролирует фазные токи и ток нулевой последовательности, чтобы можно было принять точные решения в отношении ситуаций, связанных с возникновением дуги.

Функция содержит блокировку. Блокировка отключает все выходы и сбрасывает в исходное состояние таймеры.

4.9.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции ARCSARC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

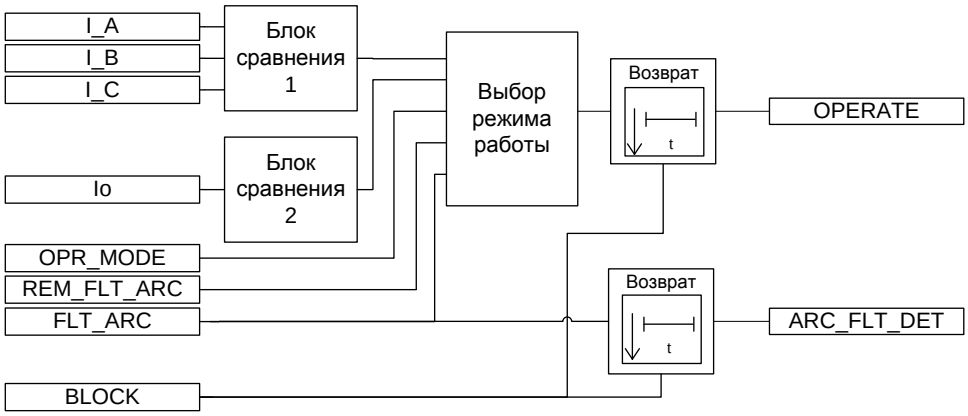


Рис. 380: Функциональная схема

Блок сравнения 1

Измеренные фазные токи пофазно сравниваются с заданным значением уставки *Пуск.значение,фазное*. Если измеренное значение превышает заданное значение уставки *Пуск.значение,фазное*, блок сравнения сообщает об этом селектору рабочих режимов.

Блок сравнения 2

Измеренные токи нулевой последовательности сравниваются с уставкой *Пуск.значение,Io*. Если измеренное значение превышает заданное значение уставки *Пуск.значение,Io*, блок сравнения сообщает об этом селектору рабочих режимов.

Выбор режима работы

В зависимости от значения параметра *Режим работы* селектор рабочих режимов контролирует выполнение всех необходимых критериев для надежного срабатывания при дуговом замыкании. Пользователь может выбрать рабочий режим "Дуга+ток", "Только дуга" или "Пуск от ДискрВхода". В режиме "Дуга+ток" работа функции основана на информации о токе и свете, в режиме "Только дуга" – на информации только о свете, а в режиме "Пуск от ДискрВхода" - на удаленно контролируемой информации. Если используется рабочий режим "Пуск от ДискрВхода" и активируется вход `OPR_MODE` , срабатывание защиты основано только на информации о свете. Когда вход `OPR_MODE` становится неактивным,

срабатывание функции основано на информации о свете и токе. Когда требуемые критерии выполняются, включается таймер возврата.

Таймер возврата

После активирования таймер возврата функции остается активным до тех пор, пока вход остается активным, или, как минимум, в течение времени возврата функции. Сигнал BLOCK может использоваться для блокировки выхода OPERATE или выхода светового сигнала ARC_FLT_DET.

4.9.5 Применение

Дуговая защита может быть реализована в виде отдельной функции в отдельном устройстве либо в качестве дуговой защиты на уровне станции, включающей несколько устройств защиты. Если внедрять дуговую защиту на уровне станции, для срабатывания выключателей входящих и отходящих линий можно выбирать различные схемы. Следовательно, устройство на станции может, например, устанавливаться на отключение выключателя входящего либо отходящего фидера, в зависимости от места повреждения в распределительном устройстве. Для максимальной безопасности устройство всегда настраивается так, чтобы всегда отключать выключатель входящего фидера и выключатель отходящего фидера.

Дуговая защита состоит из следующего:

- Аппаратура для обнаружения света от дуги с автоматической компенсацией подсветки для датчиков линзового типа
- Выход светового сигнала ARC_FLT_DET, предназначенный для направления индикации светового сигнала, обнаруженного локально, на другое устройство
- Ступень защиты с измерением фазного тока и тока нулевой последовательности.

Функция обнаруживает свет от дуги локально либо как удаленный световой сигнал. Локально свет обнаруживается линзовыми датчиками, подключенными к входам Light sensor 1 (Датчик дуги 1), Light sensor 2 (Датчик дуги 2) или Light sensor 3 (Light sensor 3) на модуле последовательной связи устройства. Линзовые датчики можно поместить, например, в шинный отсек, отсек выключателя или в кабельный отсек металлического шкафа.

Свет, обнаруженный линзовыми датчиками, сравнивается с автоматически регулируемым опорным уровнем. Каждый из входов Light sensor 1, Light sensor 2 и Light sensor 3 имеет свой опорный уровень. Когда уровень света превысит значение опорного, свет обнаруживается локально. Если свет был обнаружен (локально или дистанционно), и, в зависимости от режима срабатывания, если один или несколько фазных токов превысили предельное значение уставки *Пуск.значение,фазное* , или предельное значение уставки *Пуск.значение,Io* , ступень дуговой защиты генерирует сигнал срабатывания.

Возврат ступени защиты происходит через 30 мс после того как все три фазных тока и ток повреждения на землю станет ниже заданных предельных величин.

Световой сигнал от ступени дуговой защиты ARC_FLT_DET активируется сразу же при любом обнаружении света. Дуговая защита на уровне станции реализуется путем направления выхода светового сигнала на выходной контакт, подключенный к цифровому входу другого устройства, или путем направления выхода светового сигнала по линии связи на вход другого устройства.

Выход отключения и выход светового сигнала ступени дуговой защиты можно блокировать при помощи дискретного входа или сигнала от другого функционального блока.



Неиспользуемые входы закрыть пылезащитными колпачками.

Дуговая защита с одним ИЭУ

В системах с ограниченными возможностями по реализации передачи сигналов между устройствами релейной защиты, защищающими входящие и отходящие фидеры, или в том случае, если необходим обмен данными только с одним устройством входящего фидера, дуговую защиту более низкого уровня можно реализовать при помощи одного ИЭУ. Дуговая защита с использованием одного ИЭУ реализуется путем установки двух линзовых датчиков дуги, подключенных к защитному реле, защищающему входящий фидер, для обнаружения дуги на шине. При обнаружении дуги ступень дуговой защиты отключает выключатель входящего фидера. Максимальное рекомендуемое расстояние между двумя линзовыми датчиками в зоне шин – шесть метров, а максимальное расстояние от линзового датчика до конца шины – три метра.

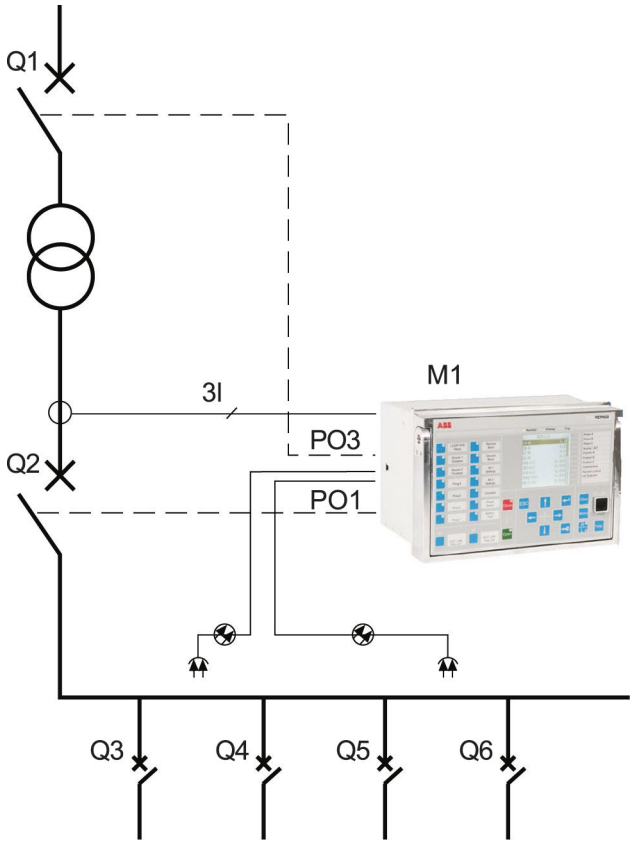


Рис. 381: Дуговая защита с одним ИЭУ

Дуговая защита с несколькими устройствами релейной защиты

При использовании нескольких ИЭУ одно из них, защищающее отходящий фидер, при обнаружении дуги на кабельных вводах отключает выключатель отходящего фидера. Если ИЭУ, защищающее отходящую линию, обнаруживает дугу на шине или в отсеке выключателя при помощи одного из линзовых датчиков, оно генерирует сигнал, посылаемый на реле, защищающее входящий фидер. При обнаружении сигнала ИЭУ, защищающее входящий фидер, отключает выключатель входящего фидера и генерирует сигнал внешнего отключения на все ИЭУ, защищающие отходящие фидеры, что, в свою очередь, приведет к отключению всех выключателей всех отходящий фидеров. Для максимальной безопасности ИЭУ могут конфигурироваться на отключение всех выключателей независимо от того, в каком месте обнаружена дуга.

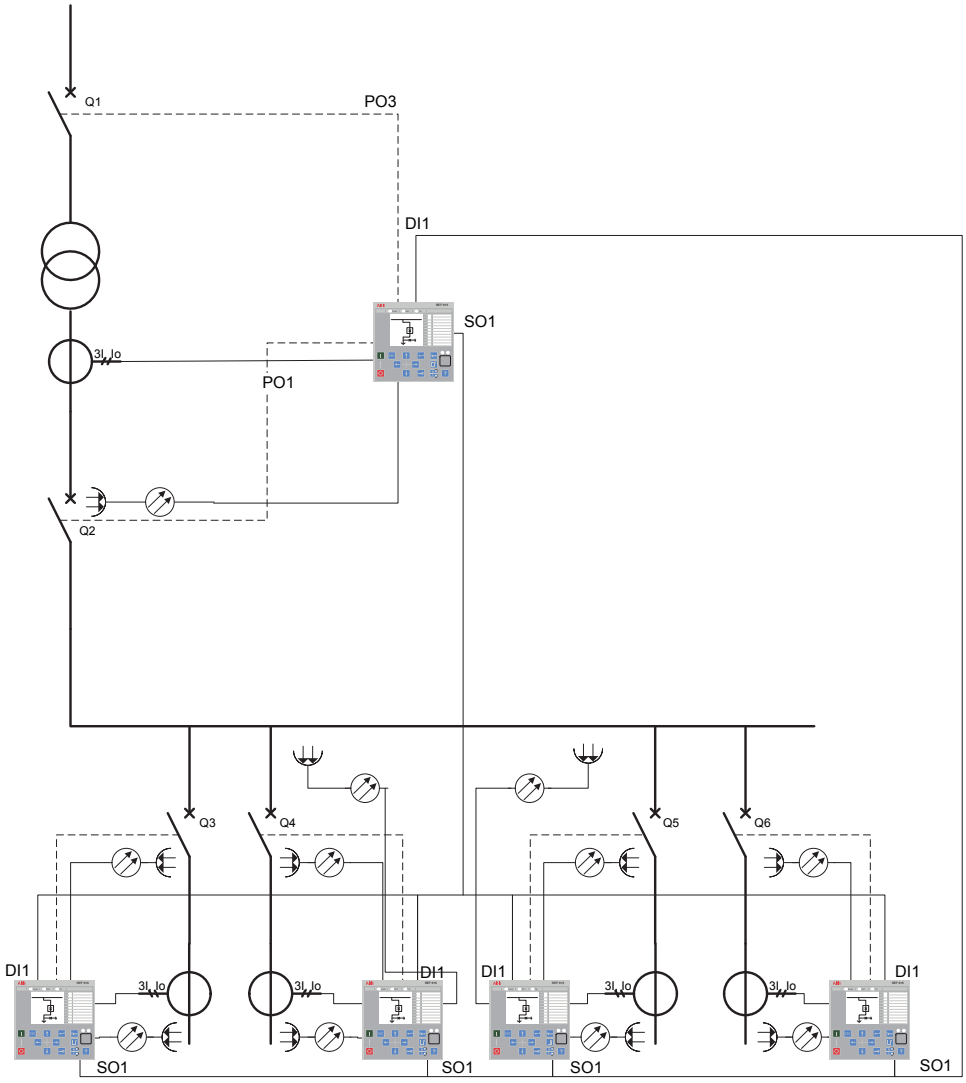


Рис. 382: Дуговая защита с несколькими устройствами релейной защиты и обычными выходами

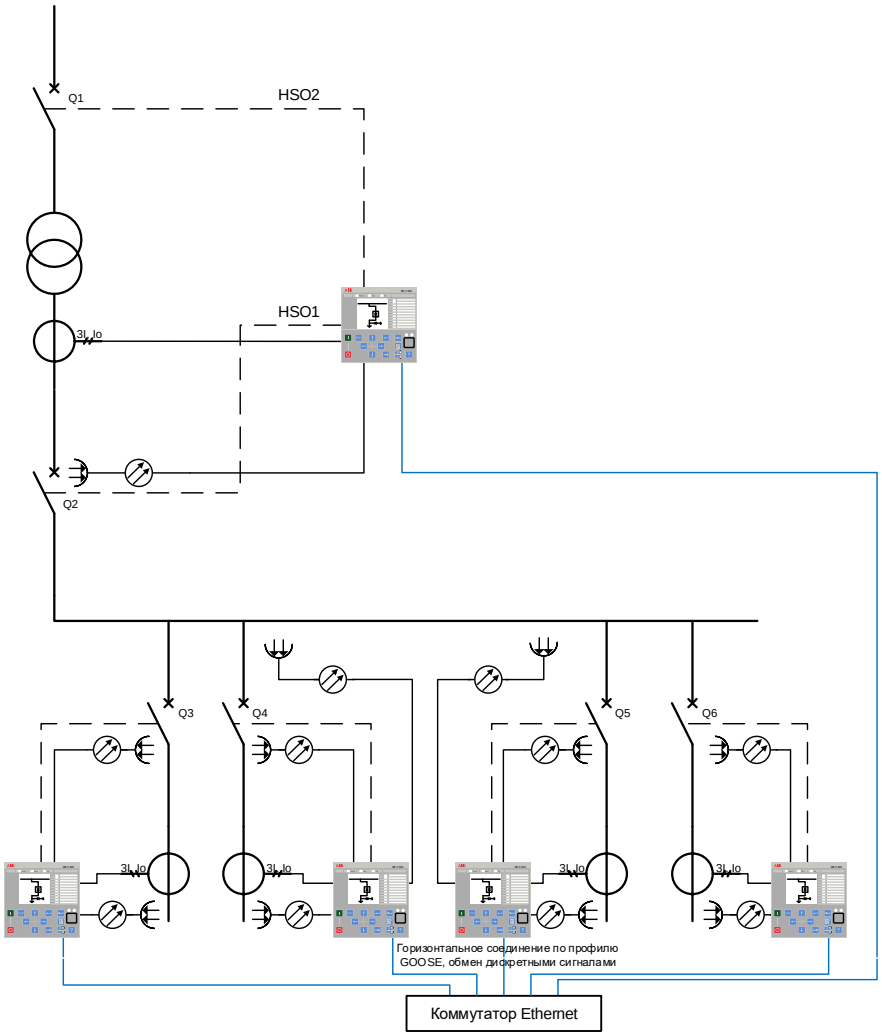


Рис. 383: Дуговая защита с несколькими ИЭУ, быстродействующими выходами и соединениями GOOSE

Дуговая защита с использованием нескольких ИЭУ и отдельной системы дуговой защиты

При реализации дуговой защиты с использованием ИЭУ и отдельной системы дуговой защиты кабельные вводы отходящих фидеров защищаются устройствами, использующими по одному линзовому датчику. Шина и входящий фидер защищены контуром датчика каждой отдельной дуговой защиты. Если ИЭУ обнаруживает дугу на кабельных выводах, оно отключает выключатель отходящего фидера. Но при обнаружении дуги на шине функция дуговой защиты отключает выключатель входящего фидера и генерирует внешний сигнал отключения на все ИЭУ, защищающие

отходящие фидеры, что, в свою очередь, приведет к отключению всех выключателей отходящих фидеров.

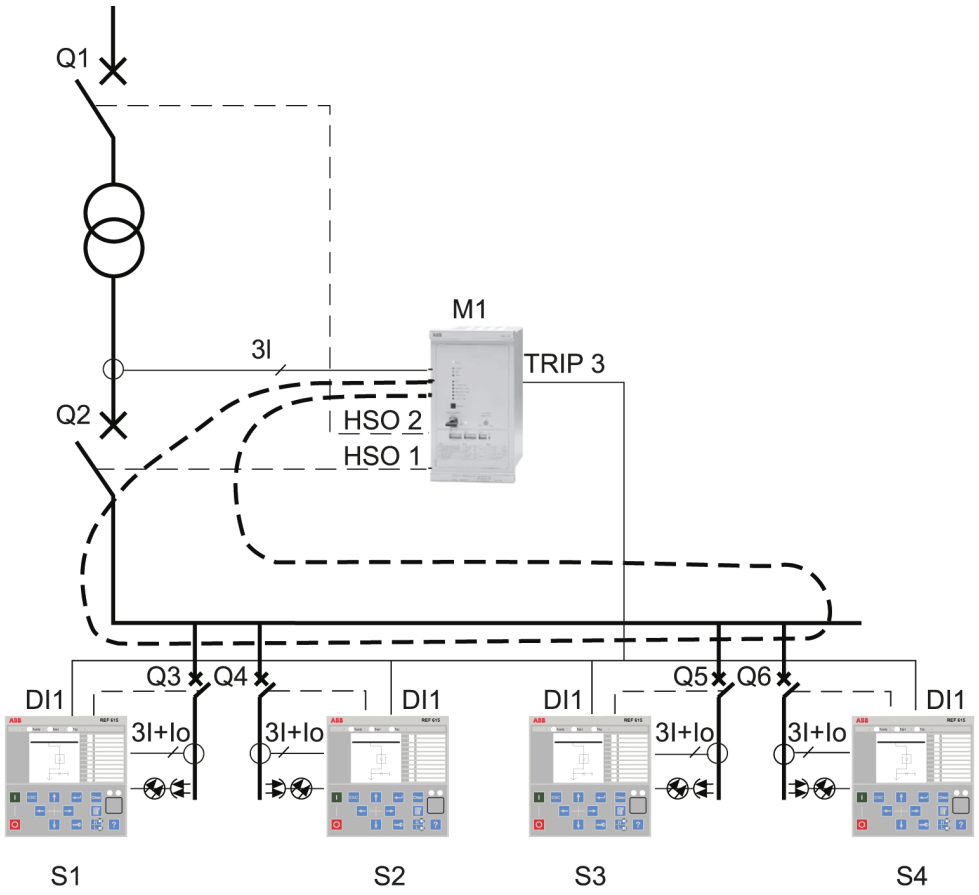


Рис. 384: Дуговая защита с использованием нескольких ИЭУ и отдельной системы дуговой защиты

4.9.6 Сигналы

Таблица 651: Входные сигналы функции ARCSARC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов
REM_FLT_ARC	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Обнаружена дуга на удаленном конце
OPR_MODE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход режима работы

Таблица 652: Выходные сигналы функции ARCSARC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
ARC_FLT_DET	ЛОГИЧЕСКИЙ	Обнаружение дуги=выход светового сигнала

4.9.7 Уставки

Таблица 653: Групповые уставки функции ARCSARC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пуск.значение,фазное	0.50...40.00	xIn	0.01	2.50	Ток срабатывания, фазный
Пуск.значение,Io	0.05...8.00	xIn	0.01	0.20	Ток срабатывания, нулевой последовательности
Режим работы	1 = Дуга+ток 2=Только дуга 3 = Пуск от ДискрВхода			1 = Дуга+ток	Режим работы

Таблица 654: Общие уставки функции ARCSARC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

4.9.8 Контролируемые данные

Таблица 655: Контролируемые данные функции ARCSARC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ARCSARC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.9.9 Технические данные

Таблица 656: Технические данные функции ARCSARC

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		±3% уставки или ±0,01 × $I_{ном}$		
Время срабатывания		Мин.	Типов.	Макс.
	Режим работы = "Дуга+ток"[1)2)]	9 мс[3)] 4 мс[4)]	12 мс [3)] 6 мс[4)]	15 мс [3)] 9 мс[4)]
	Режим работы = «Только свет»[2)]	9 мс[3)] 4 мс[4)]	10 мс[3)] 6 мс[4)]	12 мс[3)] 7 мс[4)]
Время возврата		Типовое: 40 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,96		

1) *Пуск.значение,фазное* = 1,0 × $I_{ном}$, ток до поврежд. = 2,0 × set *Пуск.значение,фазное*, $f_{ном}$ = 50 Гц, повреждение с номинальной частотой, результаты основаны на статистическом распределении 200 измерений
2) Включает время срабатывания сильноточного выходного контакта
3) Обычный силовой выход
4) Быстродействующий выход

4.9.10 Данные о технических изменениях

Таблица 657: Данные о технических изменениях функции ARCSARC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.

4.10 Контроль пускового режима двигателя STTPMSU

4.10.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Контроль режима пуска двигателя	STTPMSU	Is2t n<	49,66,48,51LR

4.10.2 Функциональный блок

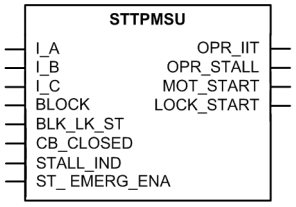


Рис. 385: Функциональный блок

4.10.3 Функциональные возможности

Функция контроля пускового режима двигателя STTPMSU предназначена для защиты от длительного пуска двигателя и заклинивания ротора при пуске двигателя. Для эффективной и надежной работы двигателя тепловой режим при его пуске должен находиться в допустимых пределах.

Пуск двигателя контролируется путем мониторинга величины истинного среднеквадратического значения (TRMS) всех фазных токов или путем мониторинга состояния выключателя, подключенного к двигателю.

В период запуска двигателя функция STTPMSU рассчитывает интегральное значение I^2t. Если расчетное значение превышает заданное значение уставки, активируется сигнал срабатывания.

Функция STTPMSU обеспечивает контроль заклинивания ротора двигателя при помощи переключателя частоты вращения, что позволяет контролировать факт вращения ротора. Эта функция срабатывает по истечении заданной выдержки времени.

Функция STTPMSU также защищает двигатель от излишнего количества пусков. При превышении заданного количества пусков определенной продолжительности функция STTPMSU блокирует дальнейшие пуски. Перезапуск двигателя также запрещен после каждого пуска в течение определенного периода времени. Когда включена блокировка пуска двигателя, функция STTPMSU показывает время, остающееся до перезапуска двигателя.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы, таймеры функции или функцию полностью.

4.10.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции STTPMSU можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

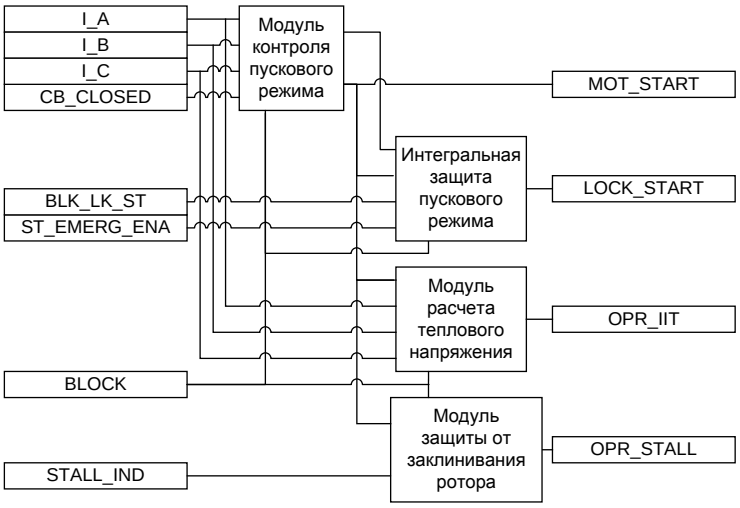


Рис. 386: Функциональная схема

Модуль контроля пускового режима

Этот модуль контролирует пуск двигателя. Условия пуска и остановки двигателя определяются в четырех различных режимах. Режимы задаются при помощи параметра *Режим работы* .

Если параметр *Режим работы* установлен в значение "IIt", функция рассчитывает значение тепловой перегрузки двигателя в условиях пуска. В таком режиме условие пуска обнаруживается путем мониторинга значений TRMS токов.

Если параметр *Режим работы* имеет значение "IIt, Сост.выключ.", включается функция расчета значения тепловой перегрузки, тогда контроль пуска проводится в дополнение к контролю входа `CB_CLOSED`.

В режиме "IIt + Заклин." функция рассчитывает тепловую перегрузку двигателя в условиях пуска. Условие пуска обнаруживается путем мониторинга значений TRMS токов.

В режиме "IIt+Заклин, Сост.выкл." функция рассчитывает тепловые перегрузки двигателя в условиях пуска, а условие пуска обнаруживается путем мониторинга TRMS-значений тока, а также путем контроля состояния выключателя.

При использовании режимов "IIt + Заклин." и "IIt+Заклин, Сост.выкл." функция также контролирует остановку двигателя путем мониторинга переключателя частоты вращения.

Если для контроля пуска используется измеренное значение тока в режимах "IIt" и "IIt + Заклин.", модуль сначала распознает условие отключения двигателя, когда значения всех трех фазных токов меньше значения уставки *Останов двигателя A* в течение более 100 мс. Если любой из фазных токов условия отключения возрастает до величины, равной значению параметра *Останов двигателя A* или большей его, активируется выходной сигнал MOT_START, указывающий на выполнение пуска двигателя. Выход MOT_START остается активным, пока значения всех трех фазных токов не упадут ниже 90 процентов от уставки *Выявление пуска A* и не будут оставаться ниже этого уровня в течение времени *ВремяПровПускРеж*, т. е., до завершения пуска.

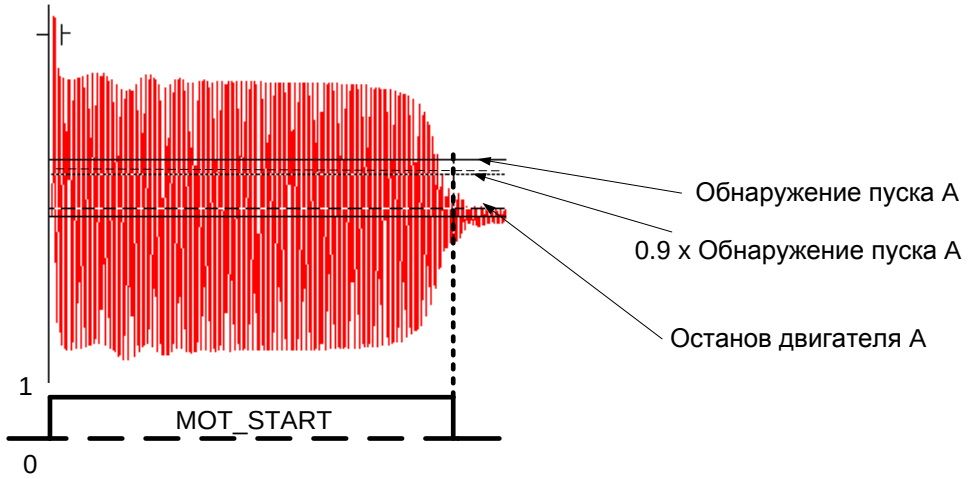


Рис. 387: Функция контроля пускового режима двигателя в режиме "IIt и IIt + Заклин."

В режиме "IIt, Сост.выключ." или "IIt+Заклин, Сост.выкл." функция первоначально распознает отключенное состояние двигателя, когда значение всех трех фазных токов ниже значения уставки *Останов двигателя A* в течение 100 мс. Начало пуска двигателя распознается при включении выключателя, т. е. когда становится активным вход CB_CLOSED, и как минимум один из фазных токов превышает значение уставки *Останов двигателя A*.

Но на практике эти два события не происходят в один момент времени, т. е., сначала включается главный контакт выключателя, и в этом случае значение фазного тока поднимается выше 0,1 номинала, и после определенной выдержки времени блок-контакт выключателя передает информацию о состоянии входа CB_CLOSED. В некоторых случаях вход CB_CLOSED может быть активным, но значение тока может не превышать значения уставки *Останов двигателя A*. Чтобы разрешить использование обеих возможностей, дается временной интервал 200 миллисекунд для токового входа и входа CB_CLOSED. Если оба события произойдут в течение этого периода времени, пуск двигателя будет распознан.

Пуск двигателя завершается либо в течение времени *ВремяПровПускРеж* с момента начала пуска, либо при размыкании автоматического выключателя, либо когда деактивируется вход CB_CLOSED. Работа выходного сигнала MOT_START в этом режиме работы показана на Рисунке 388.

Этот режим выключателя может использоваться в двигателях с плавным пуском или в асинхронных двигателях с контактными кольцами для защиты от слишком высокого пускового тока, т.е., проблем при пуске, и т.п.

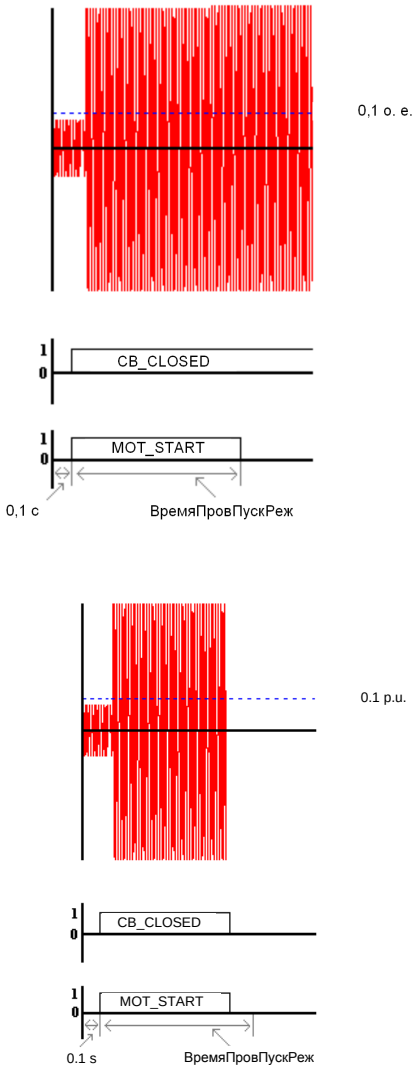


Рис. 388: Функция контроля пускового режима двигателя в режимах "Ilt, Сост.выключ." и "Ilt+Заклин, Сост.выкл."

В разных режимах работы параметр *ВремяПровПускРеж* используется по разному.

- В режиме "IIt" или "IIt + Заклин." назначение этой уставки — проверка завершения периода пуска двигателя. Назначение уставки выдержки времени — учесть кратковременные прерывания тока без изменения состояния выхода MOT_START. В таком режиме значение уставки составляет около 100 миллисекунд.
- В режиме "IIt, Сост.выключ." или "IIt+Заклин, Сост.выкл." назначение этой уставки – проверка действия схемы защиты после активации входа CB_CLOSED. На базе значений фазных токов невозможно судить о завершении пускового периода. Поэтому в таком режиме значение выдержки времени может достигать нескольких секунд, например, около 30 секунд.

При активации входного сигнала BLOCK выход MOT_START блокируется.

Блок расчета тепловой перегрузки

Из-за бросков тока в период пуска ротор подвергается воздействию тепловой перегрузки. Но если циркуляция воздуха в системе вентиляции будет ограничена, прежде чем ротор достигает максимальной частоты вращения, ситуация может еще ухудшиться. Следовательно, продолжительный пуск вызывает быстрое нагревание ротора.

Этот модуль рассчитывает тепловую перегрузку, возникающую в двигателе при пуске. Тепло, вырабатываемое при пуске двигателя, можно рассчитать с помощью уравнения.

$$W = R_s \int_0^t i_s^2(t)\,dt$$

(Уравнение 143)

R_s Общее сопротивление обмоток ротора и статора

i_s Пусковой ток двигателя

t Время пуска двигателя

Это уравнение обычно представлено в виде интеграла I^2t. Это метод часто используется в устройствах релейной защиты для защиты двигателя от тепловой перегрузки при пуске. Преимущество этого метода по сравнению с максимальной токовой защитой с независимой выдержкой времени заключается в том, что при пуске двигателя при пониженном напряжении, как по методу пуска с переключением со звезды на треугольник, пусковой ток ниже. Это позволяет увеличить время пуска двигателя, так как модуль контролирует интеграл I^2t.

Модуль непрерывно рассчитывает аккумулированное тепло и сравнивает его с предельным значением, полученным из произведения квадратов значений уставок *Пусковой ток A* и *Время пуска* . Когда расчетное значение тепловой перегрузки превысит этот предел, становится активным выход OPR_IIT .

Этот модуль также измеряет время START_TIME, требуемое двигателю для набора номинальной частоты вращения, и относительную тепловую перегрузку IIT_RL. Эти значения доступны в окне контролируемых данных.

При активации входного сигнала BLOCK блок расчета тепловой перегрузки сбрасывается в исходное состояние и выход OPR_IIT блокируется.

Модуль защиты от заклинивания ротора

Этот модуль активируется только в том случае, когда параметр *Рабочий режим* установлен в значение "IIt + Заклин." или "IIt+Заклин, Сост.выкл.".

Пусковой ток индивидуален для каждого двигателя и зависит от используемого метода пуска, например прямой пуск от сети, через автотрансформатор и вставку сопротивления ротора. Время пуска зависит от нагрузки, подключенной к двигателю.

На основании характеристик двигателя, предоставленных производителем, этот модуль требуется в том случае, когда время остановки меньше или почти равно времени пуска. В таких случаях для индикации ускорения двигателя при пуске должен использоваться переключатель оборотов.

При остановке двигателя вход STALL_IND активен. Он указывает, что двигатель не работает. При пуске двигателя на определенных оборотах сигнал с входа STALL_IND снимается переключателем оборотов, что указывает на то, что ротор вращается. Если вход активируется в пределах значения уставки *Время остановки*, активируется выход OPR_STALL .

Модуль рассчитывает продолжительность периода нахождения двигателя в остановленном состоянии, выход STALL_RL указывает процентное отношение процесса пуска и заданного значения уставки *Время блокировки ротора*. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

При активации входного сигнала BLOCK время срабатывания сбрасывается, а выход OPR_STALL блокируется.

Интегральная защита пускового режима

Этот модуль также защищает двигатель от излишнего количества пусков.

При каждом запуске двигателя последнее значение START_TIME прибавляется к имеющемуся значению T_ST_CNT, и обновленное суммарное время пуска будет доступно в T_ST_CNT. Если значение счетчика T_ST_CNT превышает значение уставки *ПределЗапрПерезап.*, активируется выход LOCK_START, и перезапуск двигателя запрещается в течение всего времени, пока этот выход активен. Выход LOCK_START остается активным до тех пор, пока значение T_ST_CNT не станет меньше значения уставки *ПределЗапрПерезап.* Счетчик времени пуска уменьшается со скоростью, равной значению уставки *СкорУменьшСчетчика*.

Выход LOCK_START становится активным при пуске MOT_START. Выход остается активным в течение периода времени, определенного уставкой *Время запр.перезап.*.

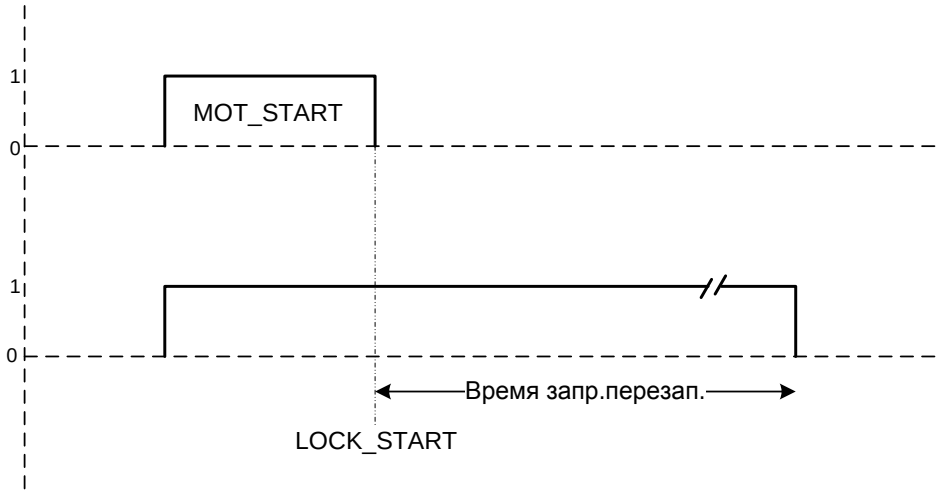


Рис. 389: Выдержка времени пуска по суммарному времени

Этот модуль также защищает двигатель от последующих пусков. Когда активен выход LOCK_START, T_RST_ENA показывает возможное время следующего пуска. Значение T_RST_ENA вычисляется как разница между значением *Время запр.перезап.* и временем, прошедшим с момента выключения LOCK_START.

Когда сигнал ST_EMERG_ENA аварийного пуска устанавливается в высокое значение, для накопительного счетчика времени пуска устанавливается значение *ПределЗапрПерезап.* - 60 с · *СкорУменьшАварПуск*. При этом отключается сигнал LOCK_START, в результате чего становится возможным пуск двигателя.

Этот модуль также рассчитывает общее количество имевших место пусков, START_CNT. Это значение можно сбросить при помощи меню "Очистить".

Старое значение счетчика *Число запусков двигателя* (START_CNT) можно использовать, записав его в параметр *Инициализация счетчика пусков* и сбросив значение с помощью меню "Очистить" из Веб-ИЧМ или ЛИЧМ.

Расчетные значения T_RST_ENA, T_ST_CNT и START_CNT доступны в окне контролируемых данных.

При активации входного сигнала BLK_LK_ST выход LOCK_START блокируется. При активации входного сигнала BLOCK сбрасывается полностью работа всего модуля защиты пускового режима на базе суммарного времени.

4.10.5 Применение

При запуске двигатель потребляет ток, значительно превышающий номинальный предел нагрузки за период времени, когда он разгоняется до номинальной частоты вращения. Пусковой ток двигателя снижается по мере того как двигатель набирает обороты, и значение тока остается близким к значению блокировки ротора в течение большей части периода ускорения.

Пуск при полном напряжении сети или прямой пуск используется чаще многих других методов запуска индукционных двигателей. При наличии механических или электрических ограничений это метод пуска не подходит. Пуск при полном напряжении сети обеспечивает самый высокий пусковой момент. Высокий пусковой момент обычно требуется для запуска высокоинерционной нагрузки для ограничения времени разгона. При таком методе, когда выключатель находится в положении "Вкл.", на двигатель подается полное напряжение. При таком методе пуска имеет место бросок тока, который обычно в 4-8 раз больше полного тока нагрузки, потребляемого двигателем. При использовании пускового переключателя со звезды на треугольник значение тока линии будет около 1/3 от тока прямого пуска от сети.

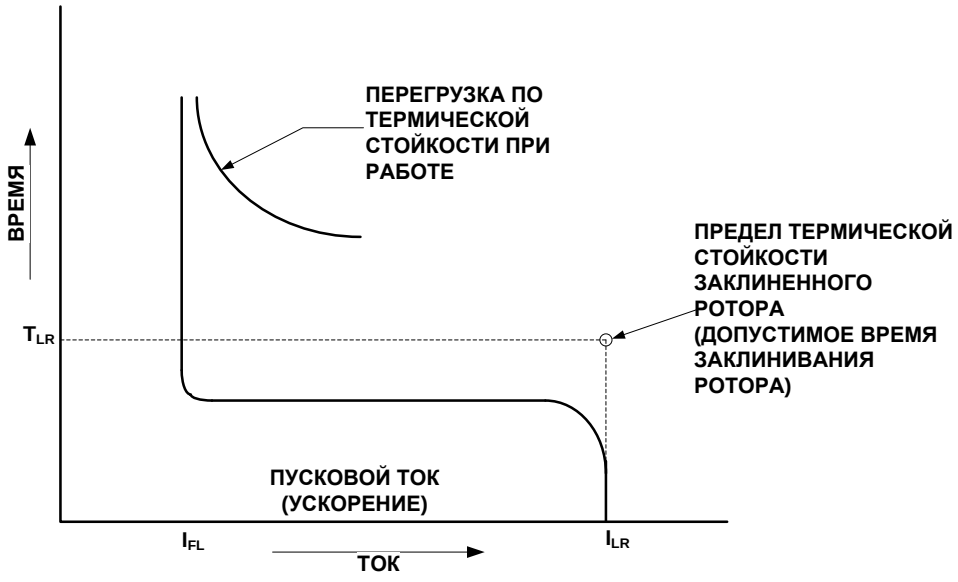


Рис. 390: Типовой пуск двигателя и характеристики

Контроль пуска двигателя — важная функция из-за высокой тепловой перегрузки при пуске двигателя. При пуске бросок тока приводит к тепловой перегрузке ротора. Это, в некоторой степени, преувеличение, так как поток воздуха для охлаждения несколько меньше, так как частота вращения лопаток не достигает полной величины. Более того, разность частоты вращения вращающегося магнитного поля и ротора во время пуска индуцирует ток скольжения большой величины в роторе на частотах,

превышающих частоту, на которой работает двигатель при полной скорости вращения. Поверхностный эффект сильнее при более высоких частотах, и все эти факторы увеличивают потери и вырабатываемое тепло. При блокировке ротора ситуация ухудшается.

Пусковой ток двигателей с контактными кольцами меньше полного тока нагрузки, и, следовательно, для индикации пуска двигателей такого типа необходимо, чтобы выключатель был во включенном состоянии.

Значения времени пуска в большой степени зависят от конструкции двигателя и характеристик вращающего момента. Время пуска может меняться от двух секунд и меньше до 60 секунд и более. Время пуска определяется для каждого применения.

Когда допустимое время остановки меньше пускового времени двигателя, используется защита при торможении ротора, и значение выдержки времени должно быть немного меньше допустимого времени торможения. Переключатель оборотов на валу двигателя должен использоваться для определения разгона (или отсутствия разгона) двигателя. Однако если безопасное время торможения больше времени пуска двигателя, переключатель оборотов не требуется.

Неспособность двигателя разогнаться или достичь полной номинальной частоты вращения за допустимый период времени, когда на статор подано напряжение, вызвано несколькими типами аварийных условий, таких как механическое повреждение подшипников двигателя или нагрузки, низким напряжением питания, обрывом цепи в одной фазе трехфазного источника питания или слишком высоким пусковым напряжением. Все эти аварийные условия приводят к перегреву.

Повторные пуски приводят к сильному повышению температуры обмоток ротора или статора, или обоих, если будет недостаточно времени для рассеяния тепла. Для обеспечения безопасной работы необходимо обеспечить фиксированный интервал времени между пусками или ограничить количество пусков за период времени. Поэтому производители двигателей указывают ограничение по количеству пусков за определенный интервал времени. Эта функция не разрешает запуск двигателя, если количество пусков превышает уровень, заданный в регистре, который это количество рассчитывает. При этом тепловое воздействие на двигатель при последующих пусках будет оставаться в допустимых пределах.

Например, производитель двигателя может утверждать, что в течение 4 часов разрешено максимум три пуска, процесс пуска составляет 60 секунд. Инициируя три последовательных пуска, мы приходим к описанной ситуации. В результате значение регистра складывается и в сумме дает 180 секунд. Сразу же после начала третьего пуска активируется выход блокировки пуска двигателя, и четвертый пуск не будет разрешен, при условии, что предел времени был установлен на 121 секунду.

Кроме того, максимум три пуска за 4 часа означает, что для того, чтобы новый пуск был разрешен, значение регистра должно достичь заданного предельного значения счетчика времени пуска в течение четырех часов. Соответственно, уменьшение значения счетчика времени пуска должно составить 60 секунд за 4 часа, и, таким образом, должно быть установлено на 60 с / 4 часа = 15 с / час.

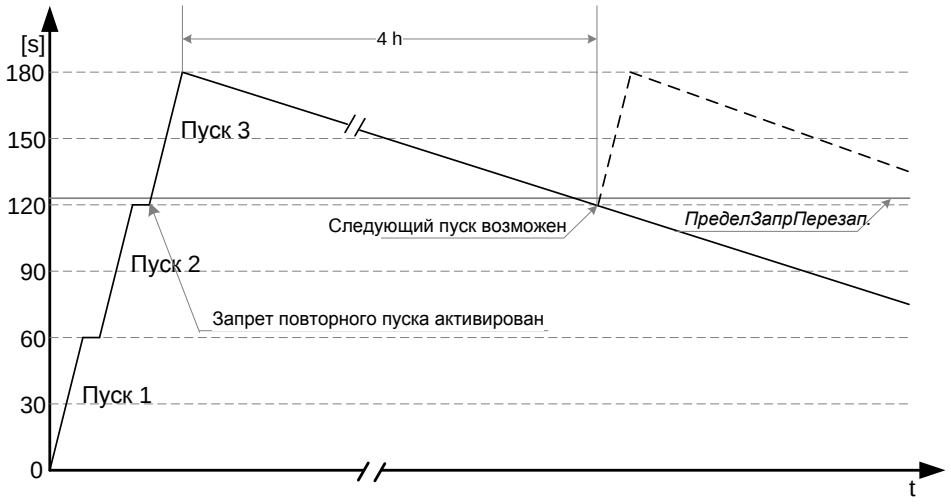


Рис. 391: Типовой пуск двигателя и характеристики

Уставка *ПределЗапрПерезап.*

ПределЗапрПерезап. рассчитывается по формуле

$$\sum t_{si} = (n-1) \times t + margin$$

(Уравнение 144)

n	указанное максимальное разрешенное количество пусков двигателя
t	время пуска двигателя (в секундах)
запас	коэффициент безопасности (~10…20 процентов)

Уставка *СкорУменьшСчетчика*

СкорУменьшСчетчика рассчитывается по формуле

$$\Delta\sum t_s = \frac{t}{t_{reset}}$$

(Уравнение 145)

t указанное время пуска двигателя в секундах

$t_{возвр.}$ период, в течение которого может выполняться определенное производителем количество пусков двигателя; время в часах

4.10.6 Сигналы

Таблица 658: Входные сигналы функции STTPMSU

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка функции
BLK_LK_ST	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка условия блокировки для повторного запуска двигателя
CB_CLOSED	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход индикации положения выключателя двигателя
STALL_IND	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Входной сигнал, указывающий, что двигатель не заблокирован
ST_EMERG_ENA	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Разрешение аварийного пуска (деблокировка пуска двигателя)

Таблица 659: Выходные сигналы функции STTPMSU

Название	Тип	Описание
OPR_IIT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания/отключения по тепловой перегрузке.
OPR_STALL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания/отключения по защите от заклинивания.
MOT_START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал, указывающий на режим запуска двигателя
LOCK_START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Блокировка повторного запуска двигателя.

4.10.7 Уставки

Таблица 660: Групповые уставки функции STTPMSU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковой ток A	1.0...10.0	xIn	0.1	2.0	Пусковой ток двигателя
Время пуска	1...80	c	1	5	Пусковой ток двигателя
Время остановки	2...120	c	1	10	Допустимое время остановки
ВремяПровПускРеж	0...60000	мс	1	100	Выдержка времени проверки завершения пускового режима двигателя

Таблица 661: Групповые уставки функции STTPMSU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выявление пуска A	0.1...10.0	xIn	0.1	1.5	Уровень тока для выявления режима пуска двигателя.

Таблица 662: Общие уставки функции STTPMSU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим работы	1=IIt 2=IIt, Сост.выключ. 3=IIt + Заклин. 4=IIt+Заклин, Сост.выкл.			1=IIt	Режим работы функции контроля запуска двигателя
СкорУменьшСчетчика	2.0...250.0	c/ч	0.1	60.0	Скорость уменьшения счетчика времени пуска
ПределЗапрПерезап.	1...500	c	1	10	Уровень запрета перезапуска на базе интегрального времени
СкорУменьАварПуск	0.00...100.00	%	0.01	20.00	Коэффициент уменьшения времени пуска при активизации аварийного пуска
Время запр.перезап.	0...250	мин	1	30	Выдержка времени между последовательными запусками
Инициализация счетчика пусков	0...999999		1	0	Начальное значение для START_CNT

Таблица 663: Общие уставки функции STTPMSU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Останов двигателя A	0.05...0.20	xIn	0.01	0.12	Предел тока для контроля остановки двигателя

4.10.8 Контролируемые данные

Таблица 664: Контролируемые данные функции STTPMSU

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_CNT	INT32	0...999999		Число запусков двигателя
START_TIME	FLOAT32	0.0...999.9	с	Измеренное время последнего запуска двигателя в секундах
T_ST_CNT	FLOAT32	0.0...99999.9	с	Суммарное время запусков в секундах
T_RST_ENA	INT32	0...999	мин	Время в минутах, оставшееся до повторного пуска, когда введена блокировка пуска
IIT_RL	FLOAT32	0.00...100.00	%	Тепловая перегрузка относительно заданной максимальной перегрузки
STALL_RL	FLOAT32	0.00...100.00	%	Время запуска относительно времени срабатывания по условию заклинивания
STTPMSU	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.10.9 Технические данные

Таблица 665: Технические данные функции STTPMSU

Характеристика		Значение		
Погрешность срабатывания		В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц		
		± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$		
Время запуска[1)2)]		Мин.	Типов.	Макс.
	$_{повреждения}$ = 1,1 × уставка *Выявление запуска A*	27 мс	30 мс	34 мс
Погрешность времени срабатывания		±1,0% уставки или ±20 мс		
Коэффициент возврата		Типовой: 0,90		

1) Ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, $f_{ном}$ = 50 Гц, перегрузка по току в одной фазе, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает задержку на контакте сигнального выхода

4.10.10 Данные о технических изменениях

Таблица 666: Данные о технических изменениях функции STTPMSUДанные о технических изменениях функции 66/51LRS

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Добавлена уставка *Инициализация счетчика пусков*.

4.11 Защита широкого назначения MAPGAPC

4.11.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита широкого назначения	MAPGAPC	MAP	MAP

4.11.2 Функциональный блок

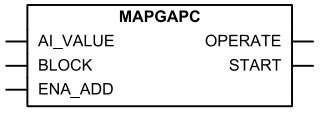


Рис. 392: Функциональный блок

4.11.3 Функциональные возможности

Функция защиты широкого назначения MAPGAPC применяется в качестве защиты общего назначения во многих областях, так как имеет гибкие средства измерения и задания уставок. Функция может использоваться как защита от повышения или понижения величин с задаваемым пределом абсолютного гистерезиса. Функция имеет независимую выдержку времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер независимой выдержки времени или всю функцию полностью.

4.11.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции MAPGAPC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

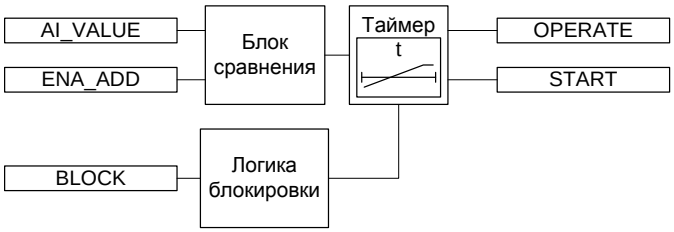


Рис. 393: Функциональная схема

Блок сравнения

Блок сравнения сравнивает значение AI_VALUE с уставкой *Пусковое значение*. Уставка *Режим работы* определяет направление блока сравнения.

Таблица 667: Типы режимов работы

Режим работы	Описание
"По понижению"	Если входной сигнал AI_VALUE меньше значения уставки Пусковое значение, блок сравнения активирует модуль таймера.
"По повышению"	Если входной сигнал AI_VALUE превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения включает модуль таймера.

Уставка *Абс гистерезис* может использоваться для предотвращения ненужных колебаний в том случае, когда входной сигнал немного выше или ниже значения уставки *Пусковое значение* . После выхода из области гистерезиса необходимо, чтобы пусковое условие выполнялось снова, простого возвращения сигнала в область гистерезиса недостаточно. При активации входа ENA_ADD пороговое значение внутреннего блока сравнения представляет собой сумму уставок *Добавочное значение* и *Пусковое значение* . Полученное пороговое значение для блока сравнения можно увеличить или уменьшить, в зависимости от знака и значения уставки *Добавочное значение* .

Таймер

При активации таймера активируется выход START. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания*, активируется выход OPERATE. Если условие пуска исчезнет до срабатывания

модуля, становится активным таймер возврата. Когда таймер возврата достигнет значения, которое определяется уставкой *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается, а выход START блокируется.

Таймер рассчитывает значение длительности пуска (START_DUR), которое указывает отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки в **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу ИЭУ. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении, но выход OPERATE не деактивируется при включении блокировки. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.11.5 Применение

Этот функциональный блок может использоваться для любого типа защиты по повышению или понижению величин аналоговых сигналов общего назначения. Функция имеет большой диапазон уставок, что позволяет создавать большое количество схем защиты. Таким образом, абсолютный гистерезис может устанавливаться на значение, соответствующее конкретному применению.

При помощи этого функционального блока можно реализовать тепловую защиту с использованием температурных датчиков RTD. Измеренная температура может передаваться от датчиков RTD на вход функционального блока, который обнаруживает слишком высокую температуру, например, в подшипниках или обмотках двигателя. При активации входа ENA_ADD пороговое значение внутреннего блока сравнения представляет собой сумму уставок *Добавочное значение* и *Пусковое значение* . Это позволяет временно увеличить или уменьшить значение блока сравнения, в зависимости знака и значения уставки *Добавочное значение* , например, при активации аварийного пуска. Если, например, *Пусковое значение* равно 100, *Добавочное значение* равно 20, а вход ENA_ADD активен, входной сигнал необходимо поднять выше 120, прежде чем функциональный блок MAPGAPC сработает.

4.11.6 Сигналы

Таблица 668: Входные сигналы функции MAPGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
AI_VALUE	FLOAT32	0.0	Значение на аналоговом входе
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ENA_ADD	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Ввод дополнительной пусковой величины

Таблица 669: Выходные сигналы функции MAPGAPC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск

4.11.7 Уставки

Таблица 670: Групповые уставки функции MAPGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	-10000,0...10000,0		0.1	0.0	Пусковое значение
Добавочное значение	-100,0...100,0		0.1	0.0	Добавочное значение
Время срабатывания	0...200000	мс	100	0	Время срабатывания

Таблица 671: Общие уставки функции MAPGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим работы	1=По повышению 2=По понижению			1=По повышению	Режим работы

Таблица 672: Общие уставки функции MAPGAPC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	100	0	Время возврата
Абс гистерезис	0.01...100.00		0.01	0.10	Абсолютный гистерезис для срабатывания

Таблица 673: Групповые уставки функции MAPGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	От –10000,0 до 10000,0		0,1	0,0	Пусковое значение
Добавочное значение	От -100,0 до 100,0		0,1	0,0	Добавочное значение
Время задержки срабатывания	0–200 000	мс	100	0	Время задержки срабатывания

Таблица 674: Общие уставки функции MAPGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим работы	1=По повышению 2=По понижению			1=По повышению	Режим работы

Таблица 675: Общие уставки функции MAPGAPC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	От 0 до 60000	мс	100	0	Время возврата
Абс гистерезис	От 0,01 до 100,00		0,01	0,10	Абсолютный гистерезис для срабатывания

4.11.8 Контролируемые данные

Таблица 676: Контролируемые данные функции MAPGAPC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0.00...100.00	%	Отношение время пуска/время срабатывания
MAPGAPC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.11.9 Технические данные

Таблица 677: Технические данные функции MAPGAPC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс

4.11.10 Данные о технических изменениях

Таблица 678: Данные о технических изменениях функции MAPGAPC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Внутреннее улучшение.

4.12 Защита батареи конденсаторов

4.12.1 Трехфазная защита от перегрузки батареи статических конденсаторов COLPTOC

4.12.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита от перегрузки батарей статических конденсаторов	COLPTOC	3I> 3I<	51C/37

4.12.1.2 Функциональный блок

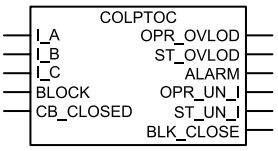


Рис. 394: Обозначение функционального блока

4.12.1.3 Функциональные возможности

Функция трехфазной защиты от перегрузки для батарей статических конденсаторов COLPTOC обеспечивает однофазную, двухфазную и трехфазную защиту от перегрузок, вызванных гармоническими токами и превышением напряжения в батареях статических конденсаторов. Работа защиты от перегрузки и аварийной сигнализации основана на пиковом значении интегрированного тока, которое пропорционально напряжению на конденсаторе.

Функция перегрузки работает с характеристикой IDMT, а функция аварийной сигнализации работает с характеристикой DT.

Функция COLPTOC поддерживает защиту от понижения тока для обнаружения отключения конденсатора. COLPTOC имеет функцию предотвращения повторного включения выключателя, чтобы обеспечить полную разрядку конденсатора перед повторным включением выключателя после срабатывания защиты.

Функция COLPTOC содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.12.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки "Активизация". Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл".

Действие функции COLPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

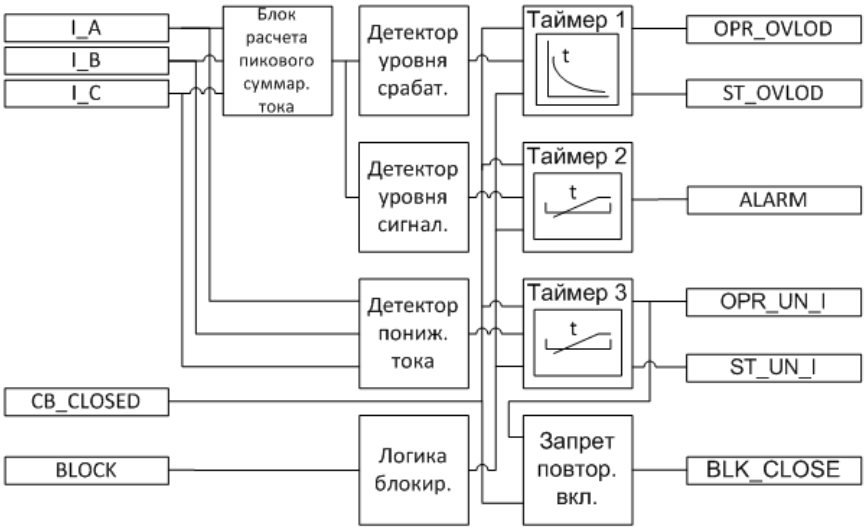


Рис. 395: Функциональная схема

Блок расчета пикового суммарного тока

Блок расчета пикового суммарного тока рассчитывает пиковое значение суммарного тока (`I_PEAK_INT_A`, `I_PEAK_INT_B` и `I_PEAK_INT_C`), которое пропорционально напряжению на конденсаторе. Значения `I_PEAK_INT_A`, `I_PEAK_INT_B` и `I_PEAK_INT_C` доступны в окне контролируемых данных. Частотная характеристика калькулятора пикового значения суммарного тока приведена на рисунке 396.

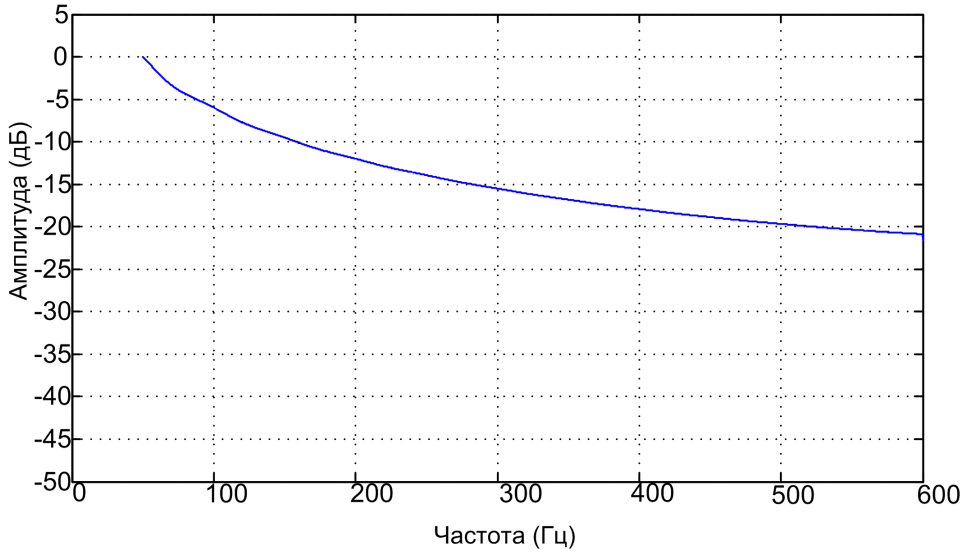


Рис. 396: Частотная характеристика калькулятора пикового значения суммарного тока

Детектор уровня срабатывания

Детектор уровня срабатывания сравнивает значение I_PEAK_INT_x со значением *Пусковое значение при перегрузке*. Если фаза или фазы, в которых значение I_PEAK_INT_x превышено, соответствует значению уставки *Количество фаз*, модуль детектора уровня срабатывания активирует модуль "Таймер 1".

Таймер 1

При активации модуля "Таймер 1" активируется выход ST_OVLOD. Время срабатывания зависит от уровня перегрузки и значения *Множитель времени*. Время срабатывания при стандартной характеристике основано на рекомендациях ANSI/IEEE 37.99 и IEC 60871-1.

Таблица 679: Характеристики стандартной кривой для кривой IDMT

Значение при перегрузке	Время срабатывания ИЭУ с k = 1	Стандарт
1,10	43200	IEC60871-1
1,15	1800	IEC60871-1
1,20	300	IEC60871-1
1,30	60	ANSI/IEEE37.99, IEC60871-1
1,40	15	ANSI/IEEE37.99
1,70	1	ANSI/IEEE37.99
2,20	0,120	ANSI/IEEE37.99

Время срабатывания определяется на основе максимального значения I_PEAK_INT_A, I_PEAK_INT_B и I_PEAK_INT_C. Начиная с максимального рассчитанного значения, время срабатывания между любыми двумя последовательными точками в стандартной таблице определяется на основе логарифмической интерполяции.

Время срабатывания можно масштабировать с помощью уставки *Множитель времени*. Выход `OPR_OVLOD` активируется, если ситуация перегрузки продолжается достаточно долго и превышает время срабатывания.



Если используется *Множитель времени*, время срабатывания операционной ступени перегрузки ограничено значениями от 0,1 до 43200 с (12 ч).

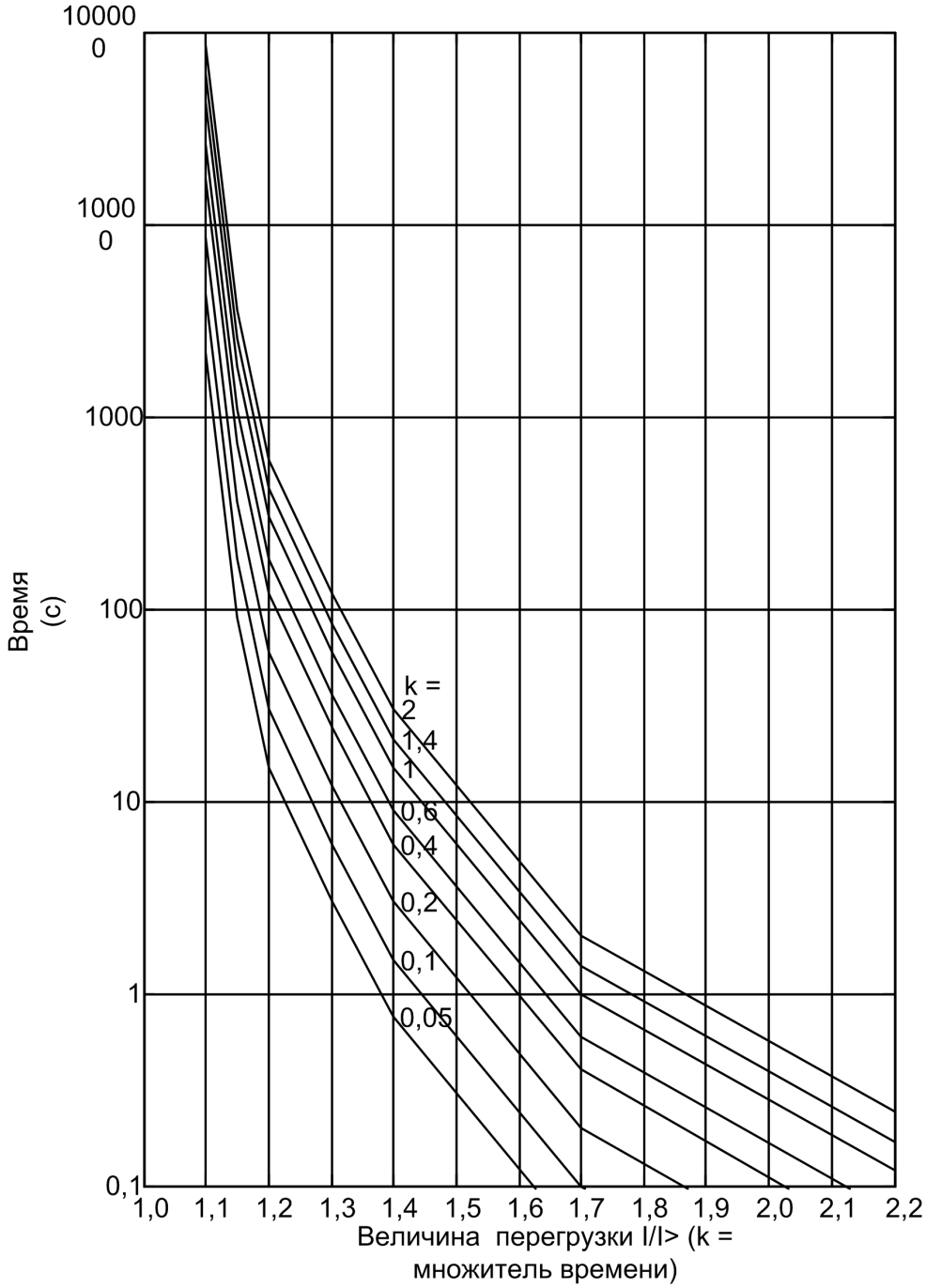


Рис. 397: Обратнозависимые характеристики выдержки времени для ступени перегрузки

Если интегральный ток на короткое время в 1,1 раза превышает значение уставки *Пусковое значение при перегрузке*, но защита не срабатывает, так как ток уменьшается до значения в пределах *Пусковое значение при перегрузке*, выход `ST_OVLOD` остается активным, но таймер срабатывания останавливается на текущем значении. Однако если интегральный ток снова

в 1,1 раза превысит значение *Пусковое значение при перегрузке*, таймер срабатывания возобновляет работу со значением, на котором он был остановлен. Таким образом, таймер срабатывания является накопительным. Если интегральный ток только однажды превысил в 1,1 раза значение *Пусковое значение при перегрузке* и остается в пределах области *Пусковое значение при перегрузке* в течение 24 ч, таймер срабатывания и выход ST_OVLOD сбрасываются.

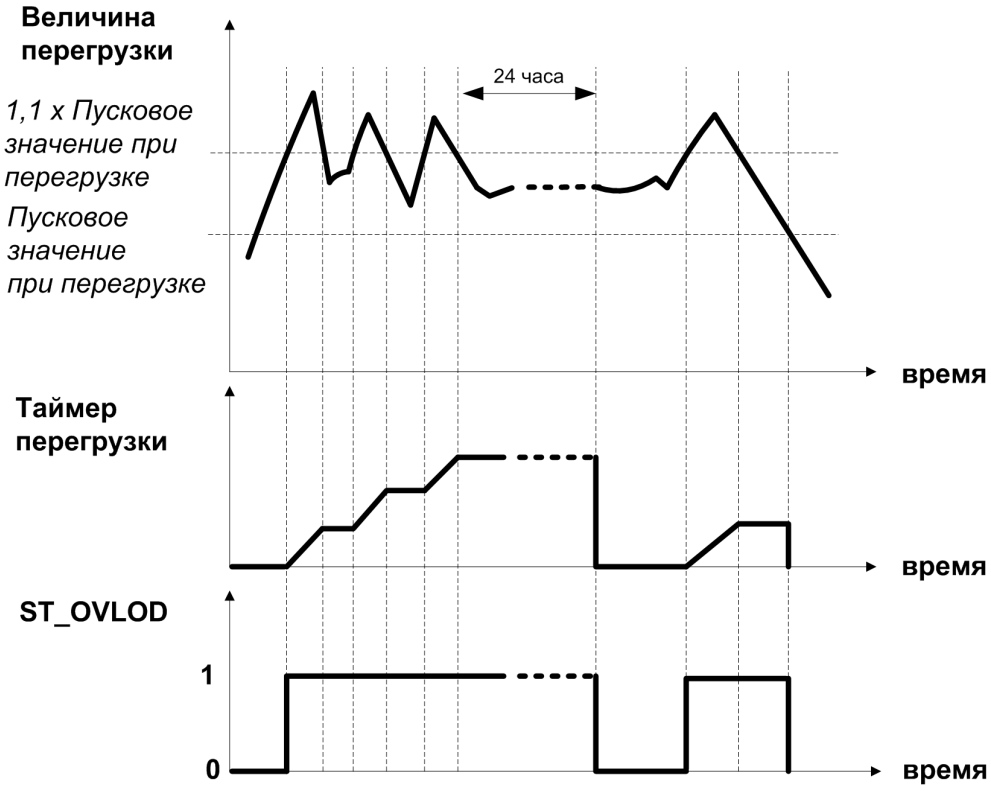


Рис. 398: Поведение таймера IDMT и выхода ST_OVLOD

Выход ST_DUR_OVLOD показывает процентное соотношение ситуации пуска и времени срабатывания в модуле "Таймер 1" и доступен в окне контролируемых данных.

Модуль "Таймер 1" имеет внутреннюю блокировку в течение одной секунды после подключения батареи конденсаторов путем обнаружения восходящего фронта сигнала CB_CLOSED. Сигнал CB_CLOSED имеет значение "Да", когда главный автоматический выключатель замкнут.

Детектор уровня сигнализации

Детектор уровня сигнализации сравнивает значение I_PEAK_INT_x со значением *Пуск. знач. авар. сигнализ.* Если фаза или фазы, в которых

значение I_PEAK_INT_x превышено, соответствует значению уставки *Количество фаз*, модуль детектора уровня сигнализации активирует модуль "Таймер 2".

Уставка *Количество фаз* является общим для детектора уровня срабатывания и детектора уровня аварийной сигнализации.

Таймер 2

Характеристика срабатывания таймера 2 — независимая выдержка времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *Выдержка сигнализации*, активируется выход ALARM.

При возникновении ситуации возврата таймер сбрасывается.

Модуль "Таймер 2" имеет внутреннюю блокировку в течение одной секунды после подключения батареи конденсаторов путем обнаружения восходящего фронта сигнала CB_CLOSED. Сигнал CB_CLOSED имеет значение "Да", когда главный автоматический выключатель замкнут.

Детектор пониженного тока

Модуль детектора пониженного тока можно включить, задав для уставки *Включить пониженный ток* значение "Вкл.", и отключить, задав значение "Выкл." Модуль детектора пониженного тока также отключается, когда сигнал CB_CLOSED находится в состоянии НЕТ, то есть, когда автоматический выключатель размокнут.

Основная гармоника фазных токов сравнивается с уставкой *Пусковое значение мин. ток. защ.* Если все три фазных тока меньше значения *Пусковое значение мин. ток. защ.*, модуль детектора обнаружения пониженного тока запускает модуль "Таймер 3".

Таймер 3

При активации модуля "Таймер 3" активируется выход ST_UN_I. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *Выдержка мин. ток. защ.*, становится активным выход OPR_UN_I.

Если состояние пониженного тока исчезает, таймер срабатывания сбрасывается. Выход ST_DUR_UN_I показывает процентное соотношение начала ситуации пониженного тока и времени срабатывания в модуле "Таймер 3" и доступен в окне контролируемых данных.

Выход OPR_UN_I имеет импульсный тип и остается в состоянии ДА в течение 150 мс. Затем выходы ST_DUR_UN_I и OPR_UN_I деактивируются, и ST_DUR_UN_I сбрасывается.

Если сигнал замкнутого состояния автоматического выключателя не обнаружен, на вход CB_CLOSED должно подаваться постоянное значение ДА , чтобы включить детектор пониженного тока.

Если сигнал состояния автоматического выключателя не подключен ко входу CB_CLOSED, выход OPR_UN_I активируется, даже если автоматический выключатель разомкнут и обнаружено понижение тока.

Запрет повторного включения

Когда выход OPR_UN_I становится активным или когда состояние CB_CLOSED изменяется с ДА на НЕТ, т. е., при размыкании автоматического выключателя, модуль запрета повторного включения активирует выход BLK_CLOSE.

Если для уставки *Включить пониженный ток* задано значение "Откл.", операция запрета повторного включения основана исключительно на состоянии входа CB_CLOSED.

Поведение выхода BLK_CLOSE зависит от уставки *Режим запрета АПВ*. Если для уставки *Режим запрета АПВ* задано значение "Блокировать", выход BLK_CLOSE необходимо сбрасывать вручную с помощью уставки *Запрет повторного включения COLPTOC* меню очистки. Если для уставки *Режим запрета АПВ* задано значение "Без фиксации", выход BLK_CLOSE сбрасывается по прошествии времени *Время запрета АПВ*.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу устройства. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир.

выхода сраб." функция COLPTOC работает в нормальном режиме, однако выходы OPR_OVLOD и OPR_UN_I не активируются.



Вход BLOCK не блокирует сигнал BLK_CLOSE.

4.12.1.5 Применение

Область применения функции трехфазной защиты от перегрузки батареи статических конденсаторов — защита батарей силовых конденсаторов, предназначенных для компенсации реактивной мощности и фильтрации гармоник. Батареи статических конденсаторов снижают импеданс цепи и, следовательно, отводят на себя высшие гармоники токов, протекающих в системе. Повышение токов высших гармоник приводит к избыточному напряжению на батарее конденсаторов. В соответствии со стандартами, высоковольтный конденсатор должен выдерживать 10%-ную перегрузку. Более высокая нагрузка может привести к повреждению батареи конденсаторов и, в свою очередь, системы. Поэтому функция COLPTOC специально предназначена для защиты от перегрузки, вызванной гармоническими составляющими токов и напряжений.

Минимальная токовая защита служит для отсоединения батареи конденсаторов от остальной энергосистемы, когда напряжение на клеммах батареи конденсаторов слишком мало в течение слишком длительного времени. Чтобы минимальная токовая защита не срабатывала, когда батарея конденсаторов отключена от энергосистемы, функция минимальной токовой защиты блокируется с помощью сигнала о состоянии автоматического выключателя батареи конденсаторов.

Кроме того, предусмотрена функция запрета повторного включения во избежание подключения заряженных конденсаторов к работающей сети. После размыкания автоматического выключателя батареи конденсаторов повторное включение блокируется на время разряда конденсаторов. Функция запрета повторного включения может отключаться вручную или автоматически. В ручном режиме запрет повторного включения необходимо сбрасывать вручную; в автоматическом режиме запрет повторного включения автоматически сбрасывается через заданное время.

4.12.1.6 Сигналы

Таблица 680: Входные сигналы функции COLPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
CB_CLOSED	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход индикации положения выключателя конденсаторов

Таблица 681: Выходные сигналы функции COLPTOC

Название	Тип	Описание
OPR_OVLOD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Работа при перегрузке
OPR_UN_I	ЛОГИЧЕСКИЙ	Работа при пониженном токе
ST_OVLOD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Запуск при перегрузке
ST_UN_I	ЛОГИЧЕСКИЙ	Запуск при пониженном токе
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал
BLK_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Блокировка повторного замыкания батареи конденсаторов

4.12.1.7 Уставки

Таблица 682: Групповые уставки функции COLPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение при перегрузке	0,30...1,50	xIn	0,01	1,00	Пусковое значение для ступени защиты от перегрузки
Пуск. знач. авар. сигнализ.	80...120	%	1	105	Пуск. знач. авар. сигнализ. (% от пускового значения при перегрузке)
Пусковое значение мин. ток. защ.	0,10...0,70	xIn	0,01	0,50	Пусковое значение для работы при пониженном токе
Множитель времени	0,05...2,00		0,01	1,00	Множитель времени для кривых защиты батарей конденсаторов
Выдержка сигнализации	500...6000000	мс	100	300000	Выдержка сигнализации
Выдержка мин. ток. защ.	100...120000	мс	100	1000	Выдержка для работы при пониженном токе

Таблица 683: Групповые уставки функции COLPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время запрета АПВ	1...6000	с	1	1	Время запрета АПВ

Таблица 684: Общие уставки функции COLPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим запрета АПВ	1=Без фиксации 3=Блокировка			1=Без фиксации	Режим запрета АПВ
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Количество фаз для активизации срабатывания

Таблица 685: Общие уставки функции COLPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Разрешить пониженный ток	0=Выведено 1=Введено			1=Введено	Функция "Разрешить пониженный ток"

4.12.1.8 Контролируемые данные

Таблица 686: Контролируемые данные функции COLPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ST_DUR_OVLOD	FLOAT32	0,00...100,00	%	Длительность пуска ступени защиты от перегрузки
ST_DUR_UN_I	FLOAT32	0,00...100,00	%	Длительность пуска для работы при пониженном токе
I_PEAK_INT_A	FLOAT32	0,00...40,00		Фаза A, пиковое значение суммарного тока конденсатора
I_PEAK_INT_B	FLOAT32	0,00...40,00		Фаза B, пиковое значение суммарного тока конденсатора
I_PEAK_INT_C	FLOAT32	0,00...40,00		Фаза C, пиковое значение суммарного тока конденсатора
COLPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.12.1.9 Технические данные

Таблица 687: Технические данные функции COLPTOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц, без гармоник
	5% уставки или 0,002 × $I_{ном}$
Время пуска ступени защиты от перегрузки[1)2)]	Типовое: 75 мс
Время пуска ступени минимальной токовой защиты[2)3)]	Типовое: 26 мс
Время возврата ступени защиты от перегрузки и аварийной сигнализации	Типовое: 60 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	1,0% уставки или ±20 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени	10% теоретического значения или ±20 мс
Подавление гармоник для ступени минимальной токовой защиты	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) Высшие гармоники в токе до повреждения = 0,5 × $I_{ном}$, высшие гармоники в токе повреждения 1,5 × *Пусковое значение*, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта
3) Высшие гармоники в токе до повреждения = 1,2 × $I_{ном}$, высшие гармоники в токе повреждения 0,8 × *Пусковое значение*, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений

4.12.1.10 Данные о технических изменениях

Таблица 688: Данные о технических изменениях функции COLPTOC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.

4.12.2 Защита от несимметрии токов конденсаторных батарей CUBPTOC

4.12.2.1 Обозначение

Таблица 689: Обозначение функции

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/IEEE C37.2
Защита от несимметрии токов батареи статических конденсаторов	CUBPTOC	dI>C	51NC-1

4.12.2.2 Функциональный блок

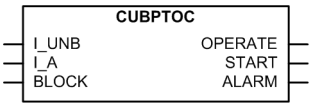


Рис. 399: Обозначение функционального блока

4.12.2.3 Функциональные возможности

Функция защиты от несимметрии токов батарей статических конденсаторов CUBPTOC служит для защиты подключенных по схеме двойной звезды батарей конденсаторов в случае внутренних повреждений. Функция CUBPTOC подходит для защиты батарей конденсаторов с внутренними предохранителями, внешними предохранителями и без предохранителей.

Функция CUBPTOC имеет две ступени, ступень срабатывания и ступень аварийной сигнализации. В ступени срабатывания функция CUBPTOC запускается, когда измеренная несимметрия токов превышает заданную величину. Характеристика срабатывания может иметь независимую выдержку времени (DT) либо представлять собой обратнозависимую времятоковую характеристику (IDMT). Работа ступени аварийной сигнализации основана либо на независимой выдержке времени (DT), либо на счетчике неисправных элементов в батарее конденсаторов.

Функция CUBPTOC содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.12.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл". Функция защиты от несимметрии токов батарей статических конденсаторов работает в режиме измерения с использованием цифрового преобразования Фурье (DFT).

Действие функции CUBPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

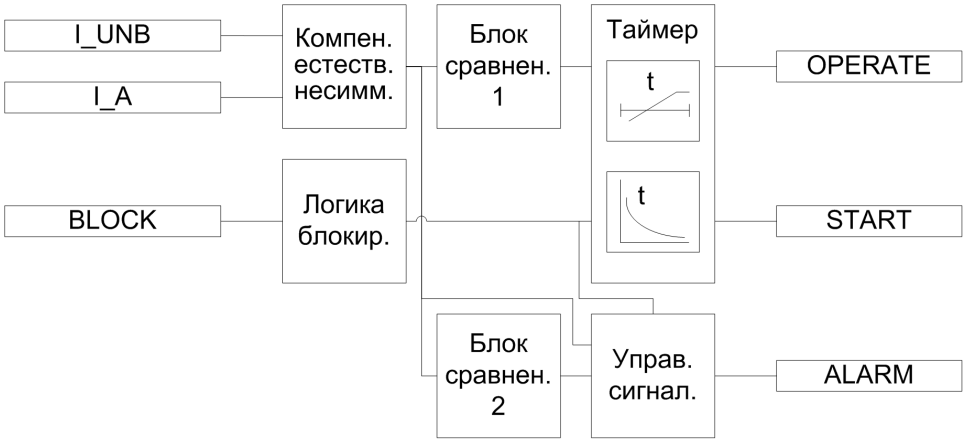


Рис. 400: Функциональная схема

Компенсация естественной несимметрии

Стандартная конфигурация конденсаторных батарей, включенных по схеме двойной звезды, показана на рисунке 401. Основная гармоника несимметрии тока измеряется на общей нейтрали, соединяющей две сбалансированные части батареи статических конденсаторов, т. е. между точкой звезды 1 и точкой звезды 2.

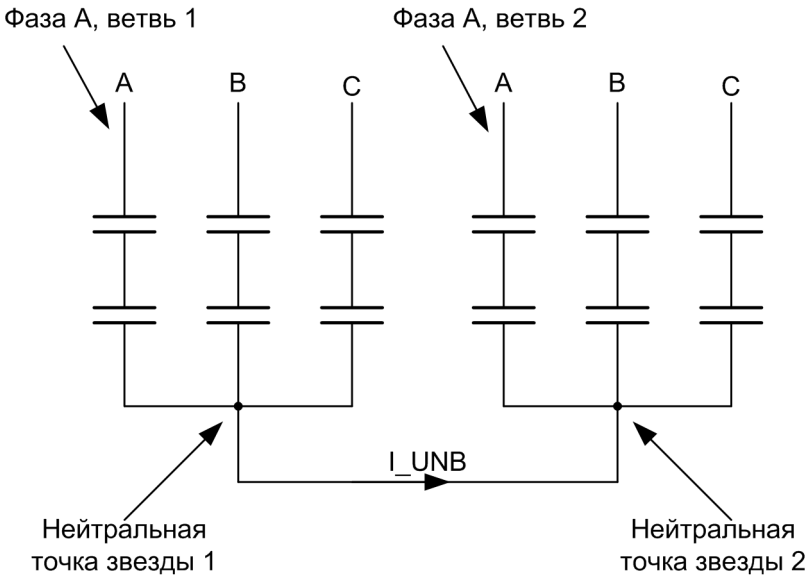


Рис. 401: Батарея конденсаторов, подключенная по схеме двойной звезды

Фазный угол измеренной основной гармоники тока несимметрии I_UNB синхронизируется путем использования фазного тока I_A в качестве опорного сигнала.

$$\angle\overline{I_{unb}} = \angle\overline{I_UNB} - \angle\overline{I_A}$$

(Уравнение 146)

В трехфазной цепи батареи конденсаторов, соединенных по схеме звезды, может присутствовать определенный ток естественной несимметрии, текущий по нейтрали, который в основном связан с допусками при изготовлении конденсаторов. Ток естественной несимметрии необходимо компенсировать, чтобы можно было использовать измеренный ток несимметрии для срабатывания функции. Ток естественной несимметрии должен быть зафиксирован при отсутствии неисправностей в батареях конденсаторов; запись запускается командой *Записать несимметрию*, которую можно вызвать в меню по пути **Управление/CUBPTOC**. При выборе команды *Записать несимметрию* со значением "Запись" измеренный ток несимметрии $\bar{I}_{Unb}$ считается током естественной несимметрии $\bar{I}_{NatUnb}$ и фиксируется как опорное значение. Значения амплитуды и угла записанного тока естественной несимметрии I_AMPL_NAT и I_ANGL_NAT отображаются в окне контролируемых данных.

После регистрации тока естественной несимметрии при дальнейшем срабатывании функции этот ток вычитается из измеренного $\bar{I}_{Unb}$ для получения скомпенсированного тока несимметрии $\bar{I}_{CompUnb}$, как показано рисунке 402.

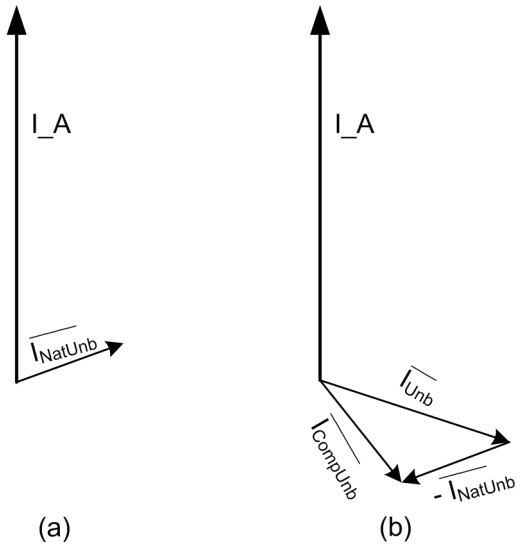


Рис. 402: Компенсация естественной несимметрии. (a) Исправное состояние, в котором записана естественная несимметрия (b) Компенсация несимметрии при неисправности

Компенсация тока естественной несимметрии включается с помощью параметра *Вкл. естеств. компенсации*. Если для параметра *Вкл. естеств. компенсацию* задано значение "НЕТ", компенсация тока несимметрии не

выполняется. Если для параметра *Вкл. естеств. компенсацию* задано значение "ДА", выполняется компенсация тока несимметрии.

$$\bar{I}_{CompUnb} = \bar{I}_{Unb} - \bar{I}_{NatUnb}$$

(Уравнение 147)

Значения амплитуды I_AMPL_COMP и угла I_ANGL_COMP компенсированного тока несимметрии $\bar{I}_{CompUnb}$ отображаются в окне контролируемых данных.

Блок сравнения 1

Рассчитанный компенсированный ток несимметрии I_AMPL_COMP сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если значение I_AMPL_COMP превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения 1 передает сигнал включения на модуль таймера 1.

Таймер 1

При активации модуля "Таймер 1" активируется выход `START`. В зависимости от значения уставки *Тип кривой срабатывания*, характеристика срабатывания имеет тип DT или IDMT. По достижении таймером заданного значения уставки *Время отключения* в режиме DT или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, активируется выход `OPERATE`. При выборе программируемой IDMT характеристики времени срабатывания определяются следующими параметрами: *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C* и *Параметр кривой E*.

В ситуации возврата, т. е. при внезапном исчезновении повреждения до того как истечет выдержка на срабатывание, активируется состояние возврата таймера 1. Действие таймера при возврате зависит от сочетания параметров "Характеристика срабатывания" и *Время возврата*. Если выбрана независимая выдержка времени (DT), таймер возврата работает до тех пор, пока не превысит значения уставки *Время возврата*. При выборе характеристик IDMT возврат выполняется немедленно. Выход `START` блокируется по истечении времени, определяемого таймером возврата.

Уставка *Множитель времени* используется для масштабирования значений времени срабатывания характеристик IDMT и времени возврата.

Параметр *Мин время срабат* определяет минимальное необходимое время срабатывания для характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.



Уставку *Мин время срабат* следует использовать с большой осторожностью, так как время срабатывания определяется характеристикой IDMT, но ее значение всегда должно быть не меньше значения уставки *Мин время срабат*.

Модуль "Таймер 1" рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое указывает процентное отношение времени пуска к заданному времени срабатывания. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

В типовой конфигурации с подключением по схеме двойной звезды (Рисунок 401) в каждой фазе имеются две ветви и, таким образом, поддерживаются шесть отдельных счетчиков COUNT_BR1_A, COUNT_BR2_A, COUNT_BR1_B, COUNT_BR2_B, COUNT_BR1_C и COUNT_BR2_C. На основе фазного угла компенсированного тока несимметрии I_ANGL_COMP выполняется определение фазы и ветви, в которой произошел отказ элемента. Однако место отказа элемента может также зависеть от типа батарей конденсаторов, а именно от того, какие используются плавкие предохранители — внутренние или внешние. Параметр *Расположение предохранителей* служит для задания типа батареи конденсаторов: "Внешнее" или "Внутреннее".

Для батареи конденсаторов с внешними предохранителями место отказа элемента и соответствующие увеличиваемые счетчики определяются на основе фазного угла компенсированного тока несимметрии.

Таблица 690: ***Место отказа элемента и увеличиваемые счетчики для случая внешних предохранителей***

Фазный угол компенсированного тока несимметрии (в градусах)	Фаза и ветвь отказа элемента	Увеличиваемые счетчики
-15...+15	Фаза A, ветвь 1	COUNT_BR1_A
-15...-45	Фаза A, ветвь 1 Фаза C, ветвь 2	COUNT_BR1_A COUNT_BR2_C
-45...-75	Фаза C, ветвь 2	COUNT_BR2_C
-75...-105	Фаза B, ветвь 1 Фаза C, ветвь 2	COUNT_BR1_B COUNT_BR2_C
-105...-135	Фаза B, ветвь 1	COUNT_BR1_B
-135...-165	Фаза B, ветвь 1 Фаза A, ветвь 2	COUNT_BR1_B COUNT_BR2_A
-165...-180	Фаза A, ветвь 2	COUNT_BR2_A
+165...+180	Фаза A, ветвь 2	COUNT_BR2_A
+135...+165	Фаза C, ветвь 1 Фаза A, ветвь 2	COUNT_BR1_C COUNT_BR2_A
+105...+135	Фаза C, ветвь 1	COUNT_BR1_C
+75...+105	Фаза C, ветвь 1 Фаза B, ветвь 2	COUNT_BR1_C COUNT_BR2_B
+45...+75	Фаза B, ветвь 2	COUNT_BR2_B
+15...+45	Фаза A, ветвь 1 Фаза B, ветвь 2	COUNT_BR1_A COUNT_BR2_B

Если батарея конденсаторов не имеет предохранителей, для параметра *Расположение предохранителей* следует задать

значение "Внешнее" и использовать таблицу 690 для определения расположения отказа элемента.

Если компенсированный ток несимметрии I_AMPL_COMP более чем в три раза превышает заданный *Уровень сигнализ.*, это рассматривается как перегоревший внешний предохранитель. Для батареи конденсаторов с внутренними предохранителями в случае перегорания предохранителей место отказа элемента и соответствующие увеличиваемые счетчики определяются на основе фазного угла компенсированного тока несимметрии.

Таблица 691: ***Место отказа элемента и увеличиваемые счетчики для случая перегорания внутреннего предохранителя***

Фазный угол компенсированного тока несимметрии (в градусах)	Фаза и ветвь отказа элемента	Увеличиваемые счетчики
-15...+15	Фаза A, ветвь 2	COUNT_BR2_A
-15... -45	Фаза A, ветвь 2 Фаза C, ветвь 1	COUNT_BR2_A COUNT_BR1_C
-45...-75	Фаза C, ветвь 1	COUNT_BR1_C
-75...-105	Фаза B, ветвь 2 Фаза C, ветвь 1	COUNT_BR2_B COUNT_BR1_C
-105...-135	Фаза B, ветвь 2	COUNT_BR2_B
-135...-165	Фаза B, ветвь 2 Фаза A, ветвь 1	COUNT_BR2_B COUNT_BR1_A
-165...-180	Фаза A, ветвь 1	COUNT_BR1_A
+165...+180	Фаза A, ветвь 1	COUNT_BR1_A
+135...+165	Фаза C, ветвь 2 Фаза A, ветвь 1	COUNT_BR2_C COUNT_BR1_A
+105...+135	Фаза C, ветвь 2	COUNT_BR2_C
+75...+105	Фаза C, ветвь 2 Фаза B, ветвь 1	COUNT_BR2_C COUNT_BR1_B
+45...+75	Фаза B, ветвь 1	COUNT_BR1_B
+15...+45	Фаза A, ветвь 2 Фаза B, ветвь 1	COUNT_BR2_A COUNT_BR1_B

По прошествии времени, определяемого уставкой *Выдержка сигнализации*, значение соответствующего счетчика увеличивается на основе величины тока несимметрии. Если ток I_AMPL_COMP превышает значение *Уровень сигнализ.* менее чем в 1,5 раза, счетчик увеличивается на единицу. Если же ток I_AMPL_COMP превышает значение *Уровень сигнализ.* в 1,5–2,5 раза, счетчик увеличивается на два, и т. д.

Обычно значение *Уровень сигнализ.* приблизительно на 0,1 процента меньше значения тока несимметрии, вызываемого одним неисправным элементом. Значение этого параметра должно выбираться очень тщательно, поскольку при немного меньшем значении счетчики могут показывать больше отказов,

чем имеется на самом деле. При слишком большом значении отказы могут быть не обнаружены.

Значения счетчиков COUNT_BR1_A, COUNT_BR2_A, COUNT_BR1_B, COUNT_BR2_B, COUNT_BR1_C и COUNT_BR2_C отображаются в окне контролируемых данных. Общее количество отказов элементов в батареях конденсаторов, включенных по схеме двойной звезды, FAIL_COUNT, отображается в окне контролируемых данных.

Выход ALARM активируется, когда значение счетчика FAIL_COUNT превышает значение параметра *Предельное число отказов элементов*.

Значения счетчиков можно сбросить с помощью пункта *Счетчики CUBPTOC* в меню "Очистить".

Блок сравнения 2

Рассчитанный компенсированный ток несимметрии I_AMPL_COMP сравнивается с заданным значением уставки *Пуск. знач. авар. сигнализ*. Если значение I_AMPL_COMP превышает значение уставки *Пуск. знач. авар. сигнализ*, блок сравнения 2 передает сигнал включения на модуль управления аварийной сигнализацией.

Управление сигнализацией

В зависимости от настройки параметра *Режим аварийной сигнализации* ступень аварийной сигнализации работает в режиме "Обычный режим" или "Режим счетчика элементов".

В режиме "Обычный режим" характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер аварийной сигнализации достигает значения, определяемого уставкой *Выдержка сигнализации*, становится активным выход ALARM. При исчезновении повреждения до срабатывания аварийной сигнализации таймер аварийной сигнализации сразу же сбрасывается.

"Режим счетчика элементов" используется для обнаружения неисправных элементов батареи конденсаторов и подсчета количества отказов элементов в каждой ветви и каждой линии. При активации этот модуль увеличивает соответствующие счетчика отказов элементов по прошествии времени, заданного уставкой *Выдержка сигнализации*.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу устройства. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция CUBPTOC работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.12.2.5 Применение

Функция CUBPTOC предназначена для защиты от внутренних повреждений в батареях конденсаторов, подключенных по схеме двойной звезды. Эта функция выявляет асимметрию в батареях конденсаторов, вызванную перегоревшими предохранителями или короткими замыканиями между изоляционными втулками или между блоками конденсаторов и стойками, в которых они установлены.

Обычно блоки конденсаторов должны постоянно выдерживать напряжение величиной 110 процентов от номинального. В случае повреждения элемента в батарее конденсаторов напряжение на оставшихся исправных элементах увеличивается. Если напряжение превышает 110 процентов от номинального, это может привести к повреждению исправных элементов в батарее и отказу всей батареи. Так как ток несимметрии конденсаторов прямо пропорционален количеству поврежденных элементов, защита от несимметрии является эффективным способом выявления повреждений элементов конденсаторов. Функция защиты от несимметрии токов обычно используется с функцией трехфазной защиты от перегрузки батарей конденсаторов в целях повышения чувствительности защиты батарей конденсаторов.

Благодаря двухступенчатой защите от несимметрии (ступени срабатывания и аварийной сигнализации) и функции компенсации естественной несимметрии, защита батарей конденсаторов с внутренними предохранителями может быть реализована с очень высокой чувствительностью. Более того, функция CUBPTOC использует сложные алгоритмы обнаружения количества поврежденных элементов в каждой фазе путем вычисления дифференциального тока несимметрии.

Функция защиты от несимметрии может использоваться для батарей статических конденсаторов с внутренними предохранителями, внешними предохранителями и без предохранителей. Так как в батарее конденсаторов без предохранителей отсутствуют предохранители для отдельных конденсаторов, важность защиты от несимметрии токов возрастает.

При повреждении каждого отдельного элемента возникает ток несимметрии. По мере увеличения числа поврежденных элементов ток несимметрии возрастает, и функция CUBPTOC подает аварийный сигнал. Уставка порога выдачи аварийного сигнала обычно составляет 50 процентов от максимально допустимого уровня. Батарею конденсаторов необходимо отключить для замены неисправных элементов. Если этого не сделать, батарея

конденсаторов отключается, когда будет превышен максимально допустимый ток несимметрии.

Если в разных ветвях одной фазы одновременно происходят два повреждения, ток несимметрии не изменяется и функция CUBPTOC не выявляет повреждения такого типа.

Если два повреждения происходят одновременно в одной ветви, но в разных фазах, фазный угол может оказаться таким же, как и в ситуации, когда имеется только одно повреждение в этой ветви. Поэтому счетчики количества неисправных элементов показывают только одно повреждение, а не два.

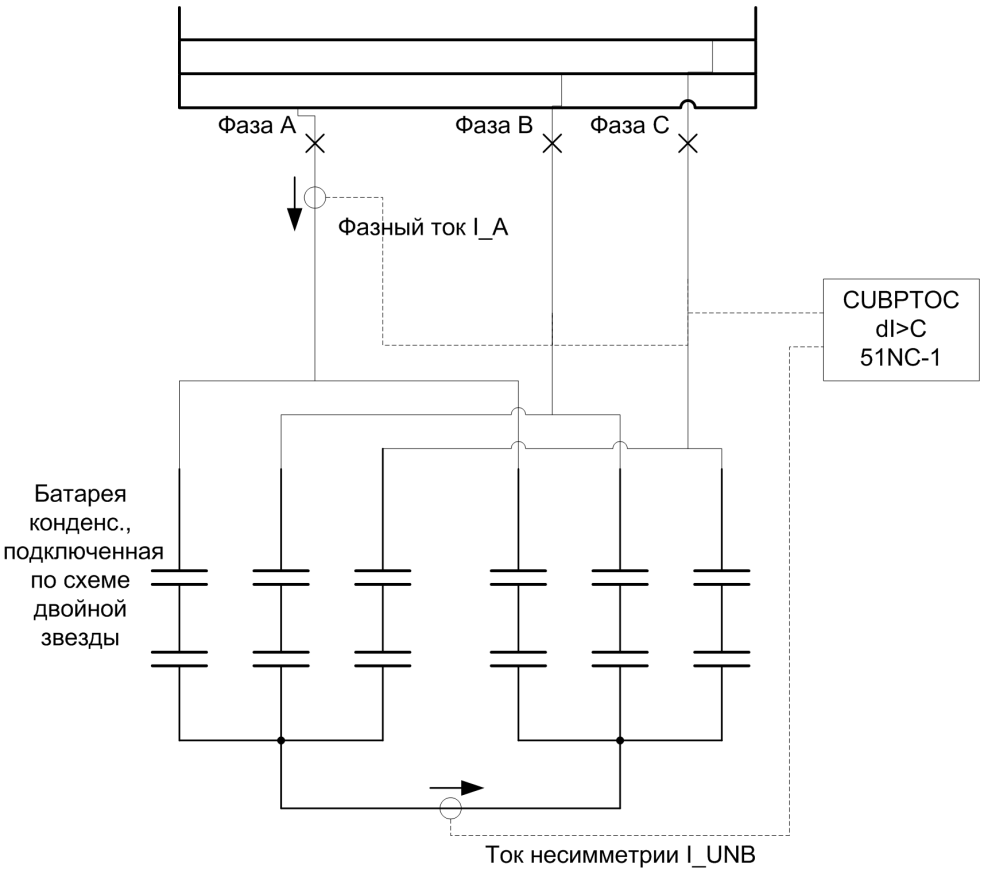


Рис. 403: Пример защиты от несимметрии батареи статических конденсаторов, подключенных по схеме двойной звезды

Чтобы функция CUBPTOC начала работать, подключите аналоговый вход фазного тока I_A и ток несимметрии I_UNB к ИЭУ.

Действия для измерения тока естественной несимметрии

1. Для уставки *Вкл. естеств. компенсации* должно быть установлено значение "ДА".
2. На батарею конденсаторов должно быть подано напряжение.
3. Компенсированный ток несимметрии батареи конденсаторов I_COM_AMPL отображается в окне контролируемых данных.
4. Необходимо активировать команду *Записать несимметрию*, выбрав значение "Записать"; в результате опорная величина несимметрия запоминается для будущих вычислений несимметрии.
5. Выполняется повторная проверка того, что компенсированный ток несимметрии (I_COM_AMPL) приблизительно равен нулю.

Регистрация естественной несимметрии должна производиться только в установившемся состоянии, когда все элементы батареи конденсаторов исправны.

4.12.2.6 Сигналы

Таблица 692: Входные сигналы функции CUBPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_UNB	REAL	0,0	Ток несимметрии батареи конденсаторов
I_A	REAL	0,0	Ток в фазе A
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 693: Выходные сигналы функции CUBPTOC

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Пуск
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал

4.12.2.7 Уставки

Таблица 694: Групповые уставки функции CUBPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим аварийной сигнализации	1 = Обычный 2 = Счетчик элементов			1 = Обычный	Режим работы ступени аварийной сигнализации
Пусковое значение	0,01...1,00	xIn	0,01	0,10	Пусковое значение
Пуск. знач. авар. сигнализ.	0,01...1,00	xIn	0,01	0,05	Пуск. знач. авар. сигнализ.
Множитель времени	0,05...15,00		0,01	1,00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Тип характеристики срабатывания	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5=ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15=МЭК Независимая Время 17=Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15=МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Время срабатывания	50...200000	мс	10	5000	Время срабатывания
Выдержка сигнализации	50...200000	мс	10	200000	Выдержка сигнализации

Таблица 695: Групповые уставки функции CUBPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Расположение предохранителя	1=Внутри 2=Снаружи			1=Внутри	Расположение предохранителя конденсатора
Предельное число отказов элементов	1...100		1	3	Предельное число отказов элементов, свыше которого активируется аварийная сигнализация
Вкл. естеств. компенсацию	0=Нет 1=Да			0=Нет	Включить компенсацию естественной несимметрии.

Таблица 696: Общие уставки функции CUBPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	0,00860...120,00000		1	28,20000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	0,00000...0,71200		1	0,12170	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	0,02...2,00		1	2,00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой E	0,0...1,0		1	1,0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 697: Общие уставки функции CUBPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата
Мин время срабат	20...60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT

4.12.2.8 Контролируемые данные

Таблица 698: Контролируемые данные функции CUBPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	0,00...100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
I_NAT_AMPL	FLOAT32	0,00...5,00	xIn	Амплитуда зарегистрированного тока естественной несимметрии
I_NAT_ANGL	FLOAT32	-179,00...179,00	град.	Угол зарегистрированного тока естественной несимметрии

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I_COM_AMPL	FLOAT32	0,00...5,00	xIn	Амплитуда компенсированного тока несимметрии
I_COM_ANGL	FLOAT32	-179,00...179,00	град.	Угол компенсированного тока несимметрии
COUNT_BR1_A	INT32	0...2147483647		Количество поврежденных элементов в ветви 1, фаза A
COUNT_BR2_A	INT32	0...2147483647		Количество поврежденных элементов в ветви 2, фаза A
COUNT_BR1_B	INT32	0...2147483647		Количество поврежденных элементов в ветви 1, фаза B
COUNT_BR2_B	INT32	0...2147483647		Количество поврежденных элементов в ветви 2, фаза B
COUNT_BR1_C	INT32	0...2147483647		Количество поврежденных элементов в ветви 1, фаза C
COUNT_BR2_C	INT32	0...2147483647		Количество поврежденных элементов в ветви 2, фаза C
FAIL_COUNT	INT32	0...2147483647		Общее количество поврежденных элементов
CUBPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
I-unb	FLOAT32	0,00...5,00	xIn	Измеренная амплитуда тока естественной несимметрии

4.12.2.9 Технические данные

Таблица 699: Технические данные функции CUBPTOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	1,5 % уставки или 0,002 × $I_{ном}$
Время пуска[1)2)]	Типовое: 26 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	1% теоретического значения или ±20 мс
Погрешность срабатывания в режиме с обратнозависимой времятоковой характеристикой	5% теоретического значения или ±20 мс
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2,3,4,5,..

1) Ток основной частоты = 1,0 × $I_{ном}$, ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, ток повреждения 2,0 × *Пусковое значение*, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.12.2.10 Данные о технических изменениях

Таблица 700: Данные о технических изменениях функции CUBPTOC

Версия	Изменение
B	Изменено название пункта "Записанная несимметрия".

4.12.3 Трехфазная защита от несимметрии токов шунтирующих конденсаторных батарей HCUBPTOC

4.12.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазная защита от несимметрии токов батарей статических конденсаторов	HCUBPTOC	3dI>C	51NC-2

4.12.3.2 Функциональный блок

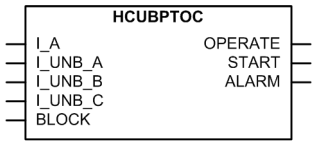


Рис. 404: Обозначение функционального блока

4.12.3.3 Функциональные возможности

Функция защиты от несимметрии трехфазного тока шунтирующих конденсаторных батарей HCUBPTOC обеспечивает защиту подключенных по схеме двойной звезды батарей от внутренних повреждений. HCUBPTOC подходит для защиты конденсаторных батарей с внутренними, внешними предохранителями и без предохранителей.

HCUBPTOC иметь две рабочие ступени: срабатывания и аварийной сигнализации. Ступень срабатывания функции HCUBPTOC запускается, если измеренная несимметрия токов превышает заданную предельную величину. Характеристика срабатывания может иметь независимую (DT) либо обратнозависимую (IDMT) выдержку времени. Ступень аварийной сигнализации запускается, если измеренная несимметрия токов превышает заданную предельную величину сигнализации. Характеристика срабатывания сигнализации имеет независимую выдержку времени.

Функция HCUBPTOC содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.12.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки "Активизация". Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл".

Функция защиты от несимметрии трехфазного тока шунтирующих конденсаторных батарей работает в режиме измерения с использованием дискретного преобразования Фурье (DFT). Действие функции HCUBPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

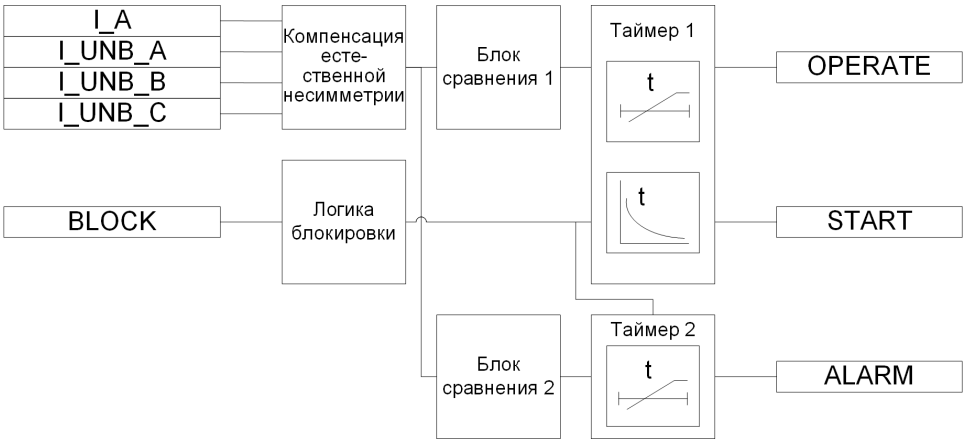


Рис. 405: Функциональная схема

Компенсация естественной несимметрии

В трехфазной цепи токи несимметрии I_UNB_A, I_UNB_B и I_UNB_C в шунтирующих конденсаторных батареях, подключенных в конфигурации моста, измеряются в его общих точках.

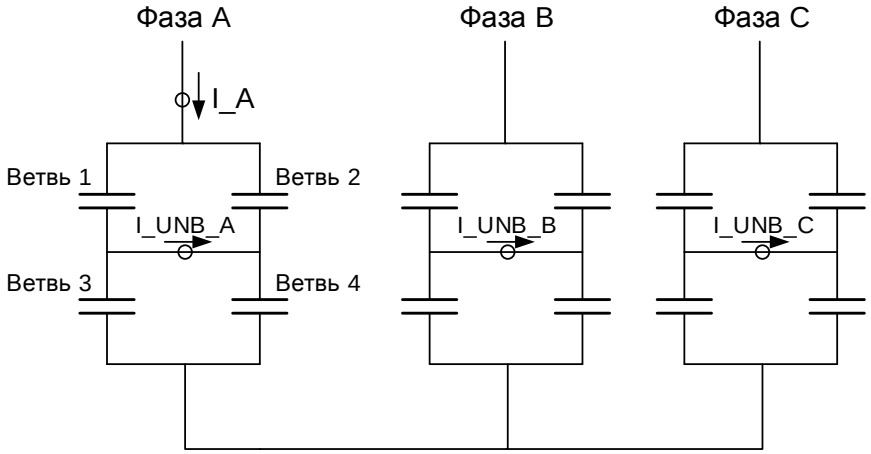


Рис. 406: Конденсаторная батарея, подключенная по схеме моста

Фазные углы измеренных трехфазных токов несимметрии синхронизируются по опорному фазному току I_A. Фазный угол тока несимметрии для фазы A вычисляется с помощью следующего уравнения.

$$\angle\overline{I_{Unb_A}} = \angle\overline{I_UNB_A} - \angle\overline{I_A}$$

(Уравнение 148)

В трехфазной цепи конденсаторных батарей, подключенных по схеме моста может присутствовать определенный ток естественной несимметрии, текущий по общим точкам моста и обусловленный в основном допусками при изготовлении конденсаторов. Таким образом, ток естественной несимметрии необходимо компенсировать, чтобы его можно было использовать для срабатывания функции.

Ток естественной несимметрии должен регистрироваться при отсутствии неисправностей в конденсаторных батареях; это можно сделать с помощью команды *Записать несимметрию*, вызываемой в меню **Управление/ НСUBPTOC**. Токи естественной несимметрии можно зарегистрировать одновременно для всех фаз или для каждой фазы отдельно путем выбора для уставки *Записать несимметрию* значения «Записать все фазы» или «Записать фазу А» или «Записать фазу В »или «Записать фазу С» соответственно. При выборе команды *Записать несимметрию* со значением "Запись" измеренный трехфазный ток несимметрии ($\overline{I_{Unb_A}}, \overline{I_{Unb_B}}, \overline{I_{Unb_C}}$) считается током естественной несимметрии для каждой фазы соответственно и фиксируется как опорное значение. Значения амплитуды и угла записанного тока естественной несимметрии каждой фазы `I_NAT_AMPL_A`, `I_NAT_ANGL_A`, `I_NAT_AMPL_B`, `I_NAT_ANGL_B`, `I_NAT_AMPL_C` и `I_NAT_ANGL_C` отображаются в окне контролируемых данных.

После регистрации тока естественной несимметрии при дальнейшем срабатывании функции значение тока этой фазы вычитается из соответствующего измеренного значения тока несимметрии фазы ($\overline{I_{Unb}}$) для получения скомпенсированного тока несимметрии ($\overline{I_{CompUnb}}$).

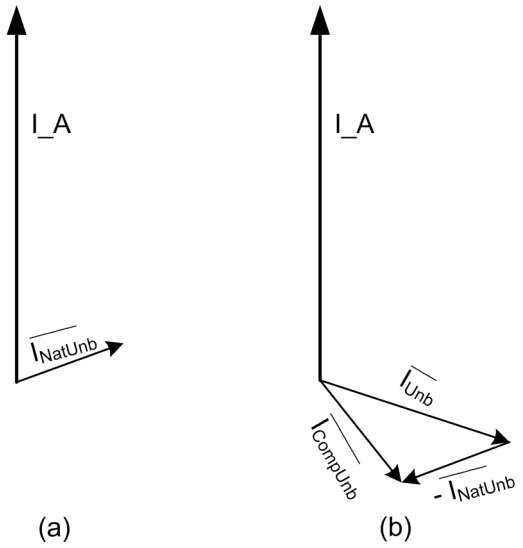


Рис. 407: Компенсация естественной несимметрии. (a) Исправное состояние, в котором записана естественная несимметрия (b) Компенсация несимметрии при неисправности

Компенсация естественной несимметрии для каждой фазы активируется с помощью уставки *Вкл. естеств. компенсацию фазы A*, *Вкл. естеств. компенсацию фазы B* и *Вкл. естеств. компенсацию фазы C* соответственно. Например, если для уставки *Вкл. естеств. компенсацию* задано значение "НЕТ", компенсация тока несимметрии не выполняется. Если для параметра *Вкл. естеств. компенсацию фазы A* выбрано "ДА", компенсированный ток несимметрии для фазы A рассчитывается по следующему уравнению.

$$\overline{I_{CompUnb_A}} = \overline{I_{Unb_A}} - \overline{I_{NatUnb_A}}$$

(Уравнение 149)

$I_{CompUnb_A}$	Компенсированный ток несимметрии для фазы A
I_{Urb_A}	Измеренный ток несимметрии для фазы A
I_{NatUnb_A}	Зарегистрированный ток несимметрии для фазы A

Значения амплитуды и угла компенсированного тока несимметрии каждой фазы `I_COM_AMPL_A`, `I_COM_ANGL_A`, `I_COM_AMPL_B`, `I_COM_ANGL_B`, `I_COM_AMPL_C` и `I_COM_ANGL_C` отображаются в окне контролируемых данных.

Фазные углы токов несимметрии определяют обмотку неисправного элемента в конденсаторной батарее. Для конденсаторной батареи с внутренними предохранителями место отказа элемента определяется на основе фазного угла компенсированного тока несимметрии.

Таблица 701: Обнаружение расположения отказа элемента в конденсаторной батарее с внутренними предохранителями

Название фазного угла	Фазный угол тока несимметрии	Местоположение обмотки отказа элемента (рисунок 406)
I_COM_ANGL_A	~+180^0	Фаза A, обмотка 1 или фаза A, обмотка 4
I_COM_ANGL_A	~0^0	Фаза A, обмотка 2 или фаза A, обмотка 3
I_COM_ANGL_B	~+60^0	Фаза B, обмотка 1 или фаза B, обмотка 4
I_COM_ANGL_B	~-120^0	Фаза B, обмотка 2 или фаза B, обмотка 3
I_COM_ANGL_C	~-60^0	Фаза C, обмотка 1 или фаза C, обмотка 4
I_COM_ANGL_C	~+120^0	Фаза C, обмотка 2 или фаза C, обмотка 3

При использовании внешних предохранителей направление тока несимметрии противоположно направлению тока в батарее с внутренними предохранителями.

Таблица 702: Обнаружение расположения отказа элемента в конденсаторной батарее с внешними предохранителями

Название фазного угла	Фазный угол тока несимметрии	Местоположение обмотки отказа элемента (рисунок 406)
I_COM_ANGL_A	~0^0	Фаза A, обмотка 1 или фаза A, обмотка 4
I_COM_ANGL_A	~+180^0	Фаза A, обмотка 2 или фаза A, обмотка 3
I_COM_ANGL_B	~-120^0	Фаза B, обмотка 1 или фаза B, обмотка 4
I_COM_ANGL_B	~+60^0	Фаза B, обмотка 2 или фаза B, обмотка 3
I_COM_ANGL_C	~+120^0	Фаза C, обмотка 1 или фаза C, обмотка 4
I_COM_ANGL_C	~-60^0	Фаза C, обмотка 2 или фаза C, обмотка 3

Блок сравнения 1

Рассчитанный для каждой фазы компенсированный ток несимметрии I_COM_AMPL_A, I_COM_AMPL_B и I_COM_AMPL_C сравнивается с уставкой *Пусковое значение*. Если это значение для одной или более фаз превышает значение уставки *Пусковое значение*, блок сравнения 1 передает сигнал включения на модуль таймера 1.

Таймер 1

При активации модуля таймера 1 активируется выход START. В зависимости от значения уставки *Тип кривой срабатывания*, характеристика срабатывания имеет тип DT или IDMT. После того как таймер достигнет значения уставки *Время срабатывания* в режиме с независимой выдержкой времени или максимального значения, определенного обратнозависимой характеристикой, становится активным выход OPERATE.

При выборе программируемой IDMT характеристики времени срабатывания определяются следующими параметрами: *Параметр кривой A*, *Параметр кривой B*, *Параметр кривой C* и *Параметр кривой E*.

При возникновении ситуации возврата, т. е. при исчезновении повреждения до того, как истечет выдержка на отключение, активируется состояние возврата таймера 1. Функции таймера 1 при возврате определяются сочетанием уставок *Тип кривой срабатывания* и *Время возврата*. Если выбрана независимая выдержка времени (DT), таймер возврата работает до тех пор, пока не превысит значения уставки *Время возврата*. При выборе характеристик IDMT возврат выполняется немедленно. Выход START блокируется по истечении времени, определяемого таймером возврата.

Уставка *Множитель времени* используется для пересчета значений времени срабатывания IDMT.

Параметр *Мин время срабат* определяет минимальное необходимое время срабатывания для характеристики IDMT. Эта уставка применяется только при использовании характеристик типа IDMT.



Уставку *Мин время срабат* следует использовать с большой осторожностью, так как время срабатывания определяется характеристикой IDMT, но ее значение всегда должно быть не меньше значения уставки *Мин время срабат*.

Таймер 1 рассчитывает значение длительности пуска START_DUR, которое определяет отношение времени пуска к заданному времени срабатывания в процентах. Это значение доступно в окне контролируемых данных.

Блок сравнения 2

Рассчитанный для каждой фазы компенсированный ток несимметрии I_COM_AMPL_A, I_COM_AMPL_B и I_COM_AMPL_C сравнивается с уставкой *Пуск. знач. авар. сигнализ.*. Если это значение для одной или более фаз превышает значение уставки *Пуск. знач. авар. сигнализ.*, блок сравнения 2 передает сигнал включения на модуль таймера 2.

Таймер 2

При активации этого таймера активируется таймер аварийной сигнализации. Характеристика таймера имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер аварийной сигнализации достигает значения, определяемого уставкой *Выдержка сигнализации*, становится активным выход ALARM.

При исчезновении повреждения до срабатывания аварийной сигнализации таймер аварийной сигнализации сразу же сбрасывается.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу устройства. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода OPERATE" функция HCUBPTOC работает в нормальном режиме, но выход OPERATE не активируется.

4.12.3.5 Применение

Шунтирующие конденсаторные батареи (ШКБ) широко используются в передающих и распределительных сетях для подачи реактивной мощности. ШКБ, устанавливаемые в соответствующих местах, например, вблизи центров нагрузки, позволяют поддерживать производительность энергосистемы путем повышения коэффициента мощности и пропускной способности, уменьшения потерь и оптимизации уровня напряжения в точках нагрузки.

Рисунок 408 иллюстрирует термины «батарея», «блок» и «элемент», относящиеся к конденсаторной батарее.

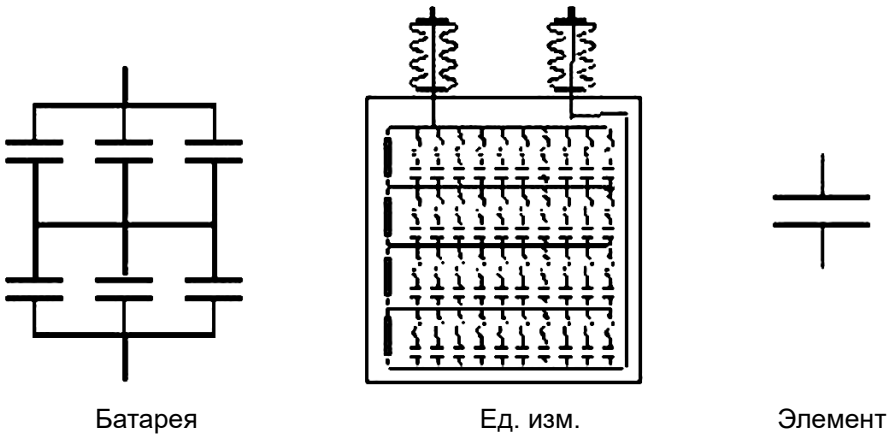


Рис. 408: Батарея, блок и элемент конденсаторной батареи

Функция HCUBPTOC предназначена для защиты от внутренних повреждений в конденсаторных батареях, подключенных по схеме моста. Она выявляет асимметрию в конденсаторных батареях, вызванную перегоревшими предохранителями или короткими замыканиями между изоляционными втулками или между блоками конденсаторов и стойками, в которых они установлены.

Блоки конденсаторов могут постоянно выдерживать напряжение величиной 110 % от номинального. В случае повреждения элемента в конденсаторной батарее напряжение на оставшихся исправных элементах увеличивается. Если напряжение превышает 110 % от номинального, это может привести к повреждению исправных элементов и полному отказу батареи. поскольку ток несимметрии конденсаторов прямо пропорционален количеству поврежденных элементов, защита от несимметрии является эффективным способом выявления повреждений элементов конденсаторов. Функция защиты от несимметрии токов обычно используется с функцией трехфазной защиты от перегрузки в целях повышения чувствительности защиты конденсаторных батарей.

Благодаря двухступенчатой защите от несимметрии (ступени срабатывания и аварийной сигнализации) и функции компенсации естественной несимметрии, защита батарей конденсаторов с внутренними предохранителями может быть реализована с очень высокой чувствительностью.

Функция защиты от несимметрии может использоваться для батарей статических конденсаторов с внутренними предохранителями, внешними предохранителями и без предохранителей. Так как в батарее конденсаторов без предохранителей отсутствуют предохранители для отдельных конденсаторов, важность защиты от несимметрии токов возрастает.

Ток несимметрии возникает при повреждении каждого отдельного элемента. По мере увеличения числа поврежденных элементов ток несимметрии возрастает и функция HCUBPTOC подает аварийный сигнал. Уставка порога выдачи аварийного сигнала обычно составляет 50 % от максимально допустимого уровня. Для замены неисправных элементов конденсаторную батарею необходимо отключить. В противном случае батарея конденсаторов отключается, когда будет превышен максимально допустимый ток несимметрии.

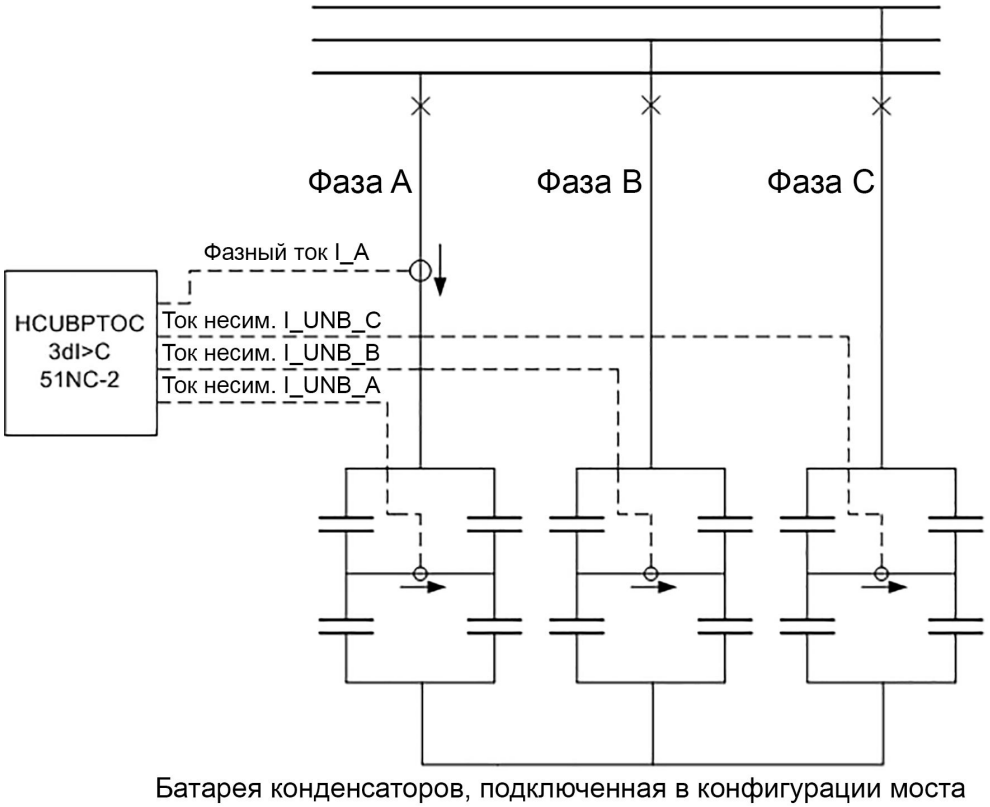


Рис. 409: Пример применения защиты от несимметрии с помощью конденсаторной батареи

Чтобы активировать работу функции HCUBPTOC, к устройству релейной защиты должен быть подключен аналоговый вход фазного тока I_A и хотя бы один ток несимметрии.

Действия для измерения тока естественной несимметрии

1. Для уставки *Вкл. естеств. компенсации* должно быть установлено значение "ДА".
2. На батарею конденсаторов должно быть подано напряжение.
3. Компенсированный ток несимметрии батареи конденсаторов `I_COM_AMPL` отображается в окне контролируемых данных.
4. Необходимо активировать команду *Записать несимметрию*, выбрав значение "Записать"; в результате опорная величина несимметрия запоминается для будущих вычислений несимметрии.
5. Выпоняется повторная проверка того, что компенсированный ток несимметрии (`I_COM_AMPL`) приблизительно равен нулю.

Регистрация естественной несимметрии должна производиться только в установившемся состоянии, когда все элементы батареи конденсаторов исправны.

4.12.3.6 Сигналы

Таблица 703: Входные сигналы функции HCUBPTOC

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
I_UNB_A	REAL	0,0	Ток несимметрии фазы A конденсаторной батареи
I_UNB_B	REAL	0,0	Ток несимметрии фазы B конденсаторной батареи
I_UNB_C	REAL	0,0	Ток несимметрии фазы C конденсаторной батареи
I_A	REAL	0,0	Ток в фазе A
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 704: Выходные сигналы функции HCUBPTOC

Наименование	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Начало
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал

4.12.3.7 Уставки

Таблица 705: Групповые уставки функции HCUBPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	От 0,01 до 1,00	xIn	0,01	0,10	Пусковое значение
Пуск. знач. авар. сигнализ.	От 0,01 до 1,00	xIn	0,01	0,05	Пуск. знач. авар. сигнализ.
Множитель времени	От 0,05 до 15,00		0,01	1,00	Временной коэффициент для IDMT кривых МЭК/ANSI
Тип кривой срабатывания	1 = ANSI ЧрезвИнв 2 = ANSI СильнИнв 3 = ANSI НормИнв 4 = ANSI УмеренИнв 5=ANSI Независимая Время 6 = ДлитЧрезвИнв 7 = ДлитСильнИнв 8 = ДлитИнв 9 = МЭК НормИнв 10 = МЭК СильнИнв 11 = МЭК Инверсная 12 = МЭК ЧрезвИнв 13 = МЭК КраткИнв 14 = МЭК ДлитИнв 15=МЭК Независимая Время 17=Программируемая 18 = RI-типа 19 = RD-типа			15=МЭК Независимая Время	Выбор типа кривой выдержки времени
Время задержки срабатывания	40–200 000	мс	10	5000	Время задержки срабатывания
Выдержка сигнализации	40–200 000	мс	10	200000	Выдержка сигнализации

Таблица 706: Групповые уставки функции HCUBPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Компенс. естеств. несим. PhA	0=Нет 1=Да			0=Нет	Включить компенсацию естественной несимметрии PhA
Компенс. естеств. несим. PhB	0=Нет 1=Да			0=Нет	Включить компенсацию естественной несимметрии PhB
Компенс. естеств. несим. PhC	0=Нет 1=Да			0=Нет	Включить компенсацию естественной несимметрии PhC

Таблица 707: Общие уставки функции HCUBPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Параметр кривой A	От 0,00860 до 120,00000		1	28,20000	Параметр A для программируемой кривой
Параметр кривой B	От 0,00000 до 0,71200		1	0,12170	Параметр B для программируемой кривой
Параметр кривой C	От 0,02 до 2,00		1	2,00	Параметр C для программируемой кривой
Параметр кривой E	От 0,0 до 1,0		1	1,0	Параметр E для программируемой кривой

Таблица 708: Общие уставки функции HCUBPTOC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	От 0 до 60000	мс	1	20	Время возврата
Мин. время срабат.	От 20 до 60000	мс	1	20	Минимальное время срабатывания для кривых IDMT

4.12.3.8 Контролируемые данные

Таблица 709: Контролируемые данные функции HCUBPTOC

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
START_DUR	FLOAT32	От 0,00 до 100,00	%	Отношение Время пуска/Время срабатывания
I_NAT_AMPL_A	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда зарегистрированного тока естественной несимметрии фазы A
I_NAT_ANGL_A	FLOAT32	От -179,00 до 179,00	град.	Угол зарегистрированного тока естественной несимметрии фазы A
I_NAT_AMPL_B	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда зарегистрированного тока естественной несимметрии фазы B
I_NAT_ANGL_B	FLOAT32	От -179,00 до 179,00	град.	Угол зарегистрированного тока естественной несимметрии фазы B
I_NAT_AMPL_C	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда зарегистрированного тока естественной несимметрии фазы C
Продолжение таблицы на следующей странице				

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I_NAT_ANGL_C	FLOAT32	От -179,00 до 179,00	град.	Угол зарегистрированного тока естественной несимметрии фазы C
I_COM_AMPL_A	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда компенсированного тока несимметрии фазы A
I_COM_ANGL_A	FLOAT32	От -179,00 до 179,00	град.	Угол компенсированного тока несимметрии фазы A
I_COM_AMPL_B	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда компенсированного тока несимметрии фазы B
I_COM_ANGL_B	FLOAT32	От -179,00 до 179,00	град.	Угол компенсированного тока несимметрии фазы B
I_COM_AMPL_C	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда компенсированного тока несимметрии фазы C
I_COM_ANGL_C	FLOAT32	От -179,00 до 179,00	град.	Угол компенсированного тока несимметрии фазы C
HCUBPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
IL1-разблок.	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда измеренного тока несимметрии фазы A
IL2-разблок.	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда измеренного тока несимметрии фазы B
IL3-разблок.	FLOAT32	От 0,00 до 5,00	xIn	Амплитуда измеренного тока несимметрии фазы C

4.12.3.9 Технические данные

Таблица 710: Технические данные функции HCUBPTOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном.}$ ±2 Гц
	1,5% уставки или ± 0,002 x $I_{ном}$
Время пуска[1)2)]	Типовое: 26 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	1% теоретического значения или ±20 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени	5% теоретического значения или ±20 мс
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) Ток основной частоты = 1,0 × $I_{ном}$, ток до повреждения = 0,0 × $I_{ном}$, ток повреждения = 2,0 × *Пусковое значение*, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений
2) Включает время срабатывания выходного сигнального контакта

4.12.3.10 Данные о технических изменениях

Таблица 711: Данные о технических изменениях функции HCUBPTOC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.

4.12.4 Защита шунтирующих конденсаторных батарей от резонанса при переключении, с контролем по току SRCPTOC

4.12.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита батареи статических конденсаторов от резонанса при переключении на основе контроля тока	SRCPTOC	TD>	55TD

4.12.4.2 Функциональный блок

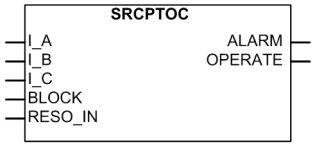


Рис. 410: Обозначение функционального блока

4.12.4.3 Функциональные возможности

Функция защиты от резонансного переключения батареи статических конденсаторов на основе контроля тока SRCPTOC служит для обнаружения трехфазного резонанса, вызванного переключением конденсаторов или изменением топологии сети. Эта защита по характеристике срабатывания является защитой с независимой выдержкой времени (DT).

Функция SRCPTOC предусматривает возможность блокировки. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймеры или всю функцию полностью.

4.12.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра — "Вкл" и "Выкл".

Действие функции SRCPTOC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

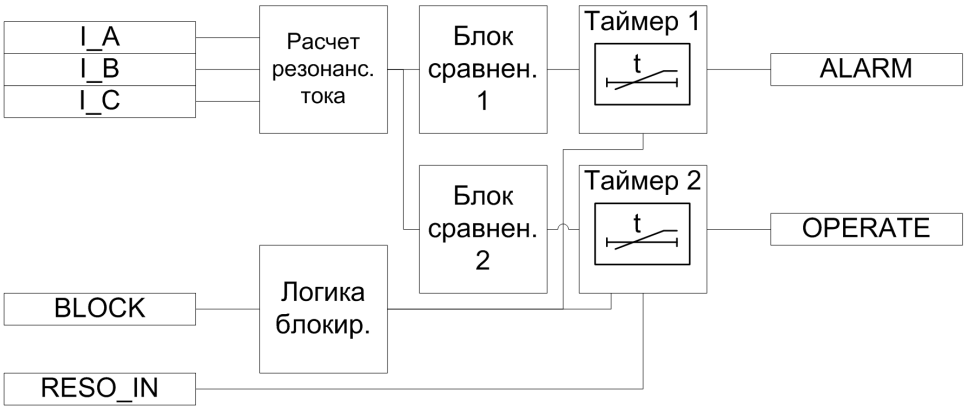


Рис. 411: Функциональная схема

Расчет резонансного тока

Этот модуль рассчитывает резонансный ток по фазам в соответствии с уставкой *Настроечный номер гармоники*. Резонансный ток для фазы A вычисляется с помощью следующего уравнения.

$$I_RESO_A = \sqrt{I^2_{RMS_A} - I^2_{1_A} - I^2_{DC_A} - I^2_{K_A}}$$

(Уравнение 150)

I_{RMS_A}	Эффективное значение тока в фазе A (содержит до 11-й гармоники)
I_{DC_A}	Постоянная компонента в токе фазы A
I_{1_A}	Ток основной гармоники в фазе A
I_{K_A}	K-я гармоника тока в фазе A, K определяется уставкой *Настроечный номер гармоники*
I_RESO_A	Вычисленный резонансный ток для фазы A

Резонансный ток вычисляется путем реализации фильтра. Постоянная составляющая и основная гармоника устраняются путем пропускания общего эффективного тока через фильтр верхних частот. K-я гармоника убирается путем пропускания выхода с фильтра верхних частот через заграждающий фильтр K-й гармоники. Амплитудные характеристики фильтра верхних частот и всех заграждающих фильтров гармоник показаны на рисунке 412.

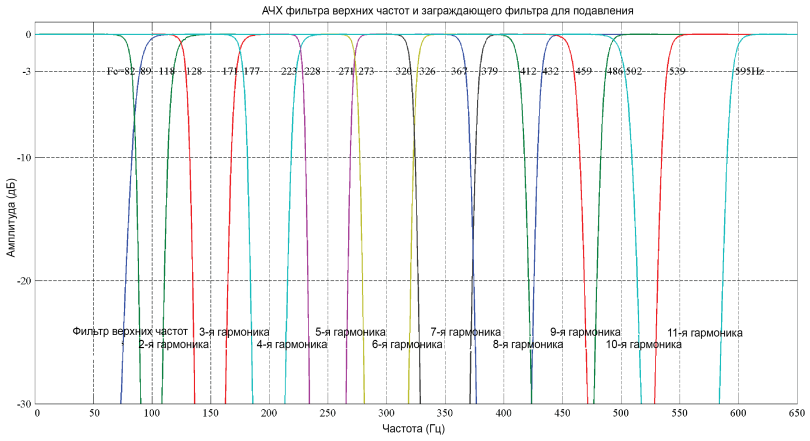


Рис. 412: Амплитудная характеристика фильтра верхних частот и всех заграждающих фильтров гармоник

Аналогичным образом резонансный ток вычисляется для фаз B и C. Значения резонансных токов I_RESO_A, I_RESO_B и I_RESO_C отображаются в окне контролируемых данных.

Для дальнейших вычислений берется максимальный из трех рассчитанных резонансных токов.

$$I_RESONANCE = Max(I_RESO_A, I_RESO_B, I_RESO_C)$$

(Уравнение 151)

Если батарея конденсаторов используется только для компенсации реактивной мощности и в ветви фильтра отсутствует токоограничивающий реактор, защита от резонанса очень важна. В этом случае для уставки *Настроечный номер гармоники* следует задать значение 1, поскольку ветвь конденсаторов не настроена на особую частоту, как в случае с настроенным фильтром. Хотя для уставки *Настроечный номер гармоники* задано значение 1, основная гармоника вычитается из тока I_{RMS} только один раз.

Блок сравнения 1

Максимальный расчетный резонансный ток сравнивается с заданным значением уставки *Пуск. знач. авар. сигнализ*. Если рассчитанное значение `I_RESONANCE` превышает значение уставки *Пуск. знач. авар. сигнализ*, этот модуль передает сигнал включения на модуль таймера 1.

Блок сравнения 2

Максимальный рассчитанный резонансный ток сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое значение*. Если рассчитанное значение превышает значение уставки *Пусковое значение*, этот модуль передает сигнал включения на модуль таймера 2.

Таймер 1

При активации этого таймера активируется таймер аварийной сигнализации. Характеристика таймера имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер аварийной сигнализации достигает значения, определяемого уставкой *Выдержка сигнализации*, становится активным выход `ALARM`.

При исчезновении повреждения до срабатывания аварийной сигнализации таймер аварийной сигнализации сразу же сбрасывается.

Таймер 2

При активации этого таймера активируется таймер срабатывания. Характеристика таймера имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *Время срабатывания*, становится активным выход `OPERATE`.

При исчезновении повреждения до активации срабатывания таймер срабатывания сразу же сбрасывается.

Если вход RESO_IN становится активным, сразу же становится активным выход OPERATE. Если уже сработала защита от резонанса в ветви фильтра более высокого порядка, эта возможность позволяет обеспечить немедленное срабатывание функции в ветвях фильтра более низкого порядка.

Логика блокировки

Функция блокировки имеет три режима работы. Управление режимами работы функции производится через вход BLOCK и при помощи глобальной уставки **Конфигурация/Система/Режим блокировки**, которая определяет режим блокировки. Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу устройства. Действие при активации сигнала BLOCK выбирается заранее при помощи глобальной уставки *Режим блокировки*.

Уставка *Режим блокировки* позволяет задать три различных метода блокировки. В режиме "Останов таймера" таймер срабатывания останавливается на текущем значении. В режиме "Блокировать все" блокируется вся функция, а таймеры сбрасываются. В режиме "Блокир. выхода сраб." функция SRCPTOC работает в нормальном режиме, однако выход OPERATE не может перейти в активное состояние.

4.12.4.5 Применение

Переключаемые батареи статических конденсаторов широко используются электроэнергетическими предприятиями и их клиентами в промышленных распределительных системах для обеспечения поддержки напряжения и повышения коэффициента мощности нагрузки. Ступени конденсаторов могут подключаться к цепям и отключаться от цепей по мере необходимости для компенсации емкостной реактивной мощности при флуктуациях нагрузки. Обычно используются автоматические регуляторы коэффициента мощности, которые автоматически подключают и отключают конденсаторы батареи конденсаторов в зависимости от требования к преобладающей реактивной мощности в системе.

Одна из потенциальных проблем применения автоматических регуляторов коэффициента мощности заключается в том, что при определенных условиях они могут вызывать резонанс гармоник. При переключении конденсаторов изменяются параметры системы, в результате чего резонансная частота цепи может совпасть с одной из частот источников гармоник, преобладающих в системе. Возникший резонанс гармоник может приводить к сильным искажениям напряжения и тока, что увеличивает потери и вызывает перегрев другого оборудования в цепи.

Традиционный способ решения этой проблемы — провести детальное системное исследование каждой конкретной установки и на основании его результатов правильно подобрать размер конденсаторов и определить рабочий диапазон конденсаторов во избежание возникновения резонанса

гармоник с другими компонентами системы. Однако этот метод не является экономичным и требует больших затрат времени.

Для решения указанной выше проблемы может использоваться функция защиты от резонанса при переключении конденсаторов. Защита от резонанса гармоник основана на обнаружении резонансного состояния токовых гармоник, вызванного переключением конденсаторов. Однозначным признаком такого состояния является длительное повышение уровня гармонических искажений после переключения. Когда в цепи возникает состояние резонанса, вызванного переключением конденсаторов, функция SRCPTOC изменяет резонансную настройку системы, предпринимая обратное действие, т. е. отключая батарею конденсаторов, если ее подключение привело к возникновению резонанса. Если был обнаружен резонанс и функция SRCPTOC отключила батарею конденсаторов, регулятор коэффициента мощности не должен пытаться включить батарею конденсаторов, пока функция защиты от резонанса при переключении не будет сброшена.

Функция защиты от резонанса при переключении конденсаторов может также использоваться для защиты фильтров гармоник. При применении батареи конденсаторов с фильтрацией гармоник функция SRCPTOC может быть настроена на частоту гармоники, на которую рассчитан фильтр гармоники, для того чтобы функция не включала ток гармоники настроенной частоты в расчет резонансного тока. Если используются несколько батарей конденсаторов с фильтрами гармоник, каждая функция SRCPTOC настраивается на частоту гармоники соответствующей батареи фильтров. Взаимодействие между функциями можно организовать таким образом, чтобы при возникновении резонанса в батарее фильтров более высокой гармоники все батареи фильтров более низких гармоник могли сразу же отключаться при активации входа функции `RESO_IN`.

Параметры *Пуск. знач. авар. сигнализ* и *Пусковое значение* определяют долю полного тока гармоник (исключая гармонику, определенную параметром *Настроечный номер гармоники*) относительно номинального значения CT, при которой функция SRCPTOC будет подавать аварийный сигнал или срабатывать.

В случае коррекции коэффициента мощности

- Для параметра *Настроечный номер гармоники* должно быть задано значение 1.
- *Пуск. знач. авар. сигнализ* и *Пусковое значение* должны задаваться в соответствии со стандартом IEEE519 -1992.

В случае фильтра гармоники

- Для параметра *Настроечный номер гармоники* должна быть задана частота, на которую рассчитан фильтр.
- *Пуск. знач. авар. сигнализ* и *Пусковое значение* должны задаваться в соответствии со стандартом IEEE519 -1992.

Параметры *Пуск. знач. авар. сигнализ* и *Пусковое значение* должны выбираться таким образом, чтобы при штатной эксплуатации функция SRCPTOC не срабатывала.

4.12.4.6 Сигналы

Таблица 712: Входные сигналы функции SRCPTOC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
RESO_IN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Входной сигнал от ветви с резонансом на более высокой частоте

Таблица 713: Выходные сигналы функции SRCPTOC

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал срабатывания

4.12.4.7 Уставки

Таблица 714: Групповые уставки функции SRCPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пуск. знач. авар. сигнализ.	0,03...0,50	xIn	0,01	0,03	Сигнальный уровень по фильтрованным гармоническим токам
Пусковое значение	0,03...0,50	xIn	0,01	0,03	Предел отключения по фильтрованным гармоническим токам, указывающий на резонансное состояние
Настроечный номер гармоники	1...11		1	11	Порядок гармоники частоты настройки ветви фильтра
Время срабатывания	120...360000	мс	1	200	Время срабатывания защиты по резонансу
Выдержка сигнализации	120...360000	мс	1	200	Выдержка аварийной сигнализации по резонансу

Таблица 715: Общие уставки функции SRCPTOC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

4.12.4.8 Контролируемые данные

Таблица 716: Контролируемые данные функции SRCPTOC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I_RESO_A	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Резонансный ток для фазы A
I_RESO_B	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Резонансный ток для фазы B
I_RESO_C	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Резонансный ток для фазы C
SRCPTOC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

4.12.4.9 Технические данные

Таблица 717: Технические данные функции SRCPTOC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: fном. ±2 Гц
	Погрешность значения срабатывания: ±3% уставки или ±0,002 × $I_{ном}$ (для гармоник 2-го порядка) ±1,5% уставки или ±0,002 × $I_{ном}$ (для гармоник > 3-его порядка и < 10-го порядка) ±6% уставки или ±0,004 × $I_{ном}$ (для гармоник >= 10-го порядка)
Время возврата	Типовое 45 мс или макс. 50 мс
Время невозврата	Типовой: 0,96
Время невозврата	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% от уставки или ±20 мс
Подавление гармоник	-50 дБ при f = $f_{ном}$

4.12.4.10 Данные о технических изменениях

Таблица 718: Данные о технических изменениях функции SRCPTOC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.

Раздел 5 Защиты

5.1 Трехфазная защита от броска тока намагничивания INRPHAR

5.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Трехфазное обнаружение броска тока намагничивания	INRPHAR	3I2f>	68

5.1.2 Функциональный блок

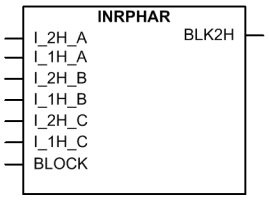


Рис. 413: Функциональный блок

5.1.3 Функциональные возможности

Трехфазная функция обнаружения броска тока намагничивания трансформатора INRPHAR используется для обнаружения броска тока намагничивания трансформатора в распределительных сетях.

Обнаружение броска тока намагничивания трансформатора основано на следующем принципе: выходной сигнал BLK2H активируется сразу же, как только расчетное отношение тока второй гармоники I_2H к току основной частоты I_1H превысит заданное значение.

Функция имеет независимую выдержку времени (DT).

Функция содержит блокировку. Блокировка отключает все выходы и сбрасывает в исходное состояние таймеры.

5.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции INRPHAR можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

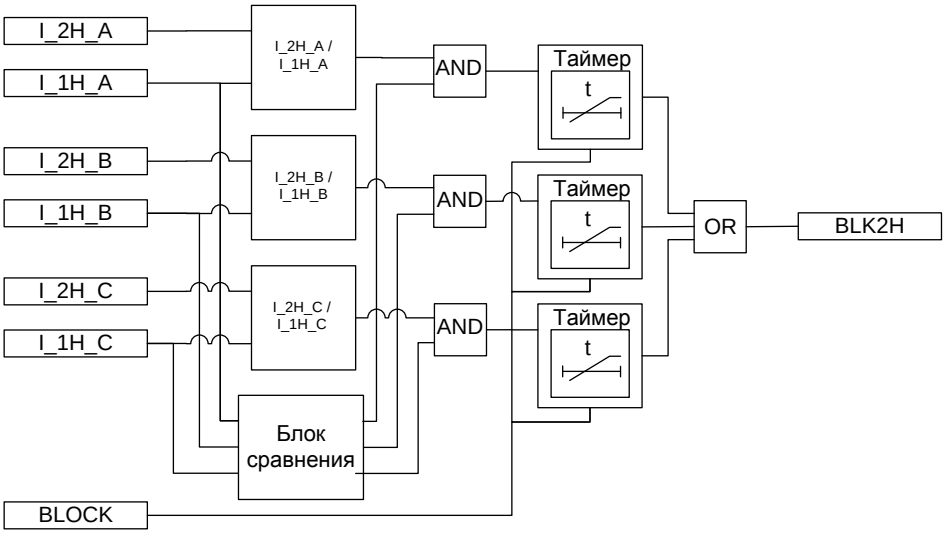


Рис. 414: Функциональная схема

I_2H/I_1H

Этот блок рассчитывает отношение фазных токов второй гармоники (I_2H) и основной гармоники (I_1H). Расчетное значение сравнивается с уставкой *Пусковое значение*. Если расчетное значение превышает заданное значение уставки *Пусковое значение*, активируется выход модуля.

Блок сравнения

Выход блока сравнения конкретной фазы становится активным, когда ток основной гармоники I_1H превышает 5% номинального тока.

Таймер

После активизации, таймер начинает работать в течение времени, определяемого уставкой *Время срабатывания* . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет значения уставки *Время срабатывания* , активируется выход `BLK2H` . Если по истечении выдержки времени сохраняется превышение воздействующей величины над уставкой, сигнал `BLK2H` остается активным до тех пор, пока отношение I_2H/I_1H не опустится ниже заданного значения отношения во всех фазах, то есть, до исчезновения броска тока намагничивания. Если же возврат происходит в

момент, когда еще не закончился отсчет времени, активируется таймер возврата. Если время возврата превышает заданное значение уставки *Время возврата*, таймер срабатывания сбрасывается.

Управление входом BLOCK может осуществляться через дискретный вход, вход горизонтальной связи или по внутреннему сигналу устройства. При активации входа BLOCK происходит запрет активации выхода BLK2H .



Рекомендуется использовать блокировку функции TR2PTDF (если есть) по второй гармонике и форме сигнала броска тока намагничивания.

5.1.5 Применение

Чтобы избежать отключения в условиях броска тока намагничивания, защита трансформатора должны быть очень устойчивой. Типовым примером применения функции обнаружения броска тока намагничивания трансформатора является удвоение значения пускового значения максимальной токовой защиты при броске тока намагничивания.

Функция обнаружения броска тока намагничивания может использоваться для селективной блокировки ступеней максимальной токовой защиты и защиты от замыканий на землю, когда составляющая второй гармоники превысит определенное заданное значение.

Другое назначение этой функции – обнаружение броска тока намагничивания на линиях, подключенных к трансформатору.

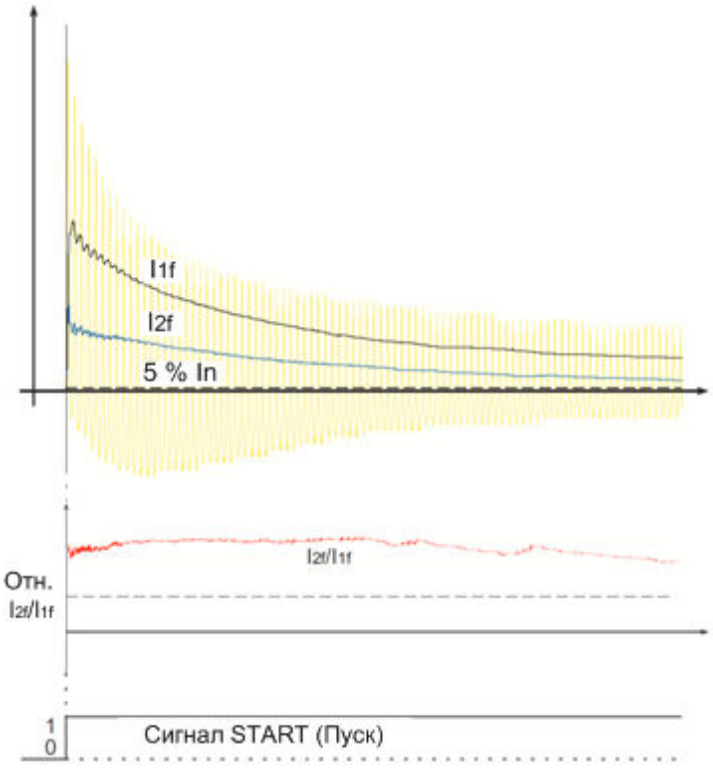


Рис. 415: Бросок тока в трансформаторе

Рекомендуется использовать блокировку функции дифференциальной защиты трансформатора TR2PTDF (если есть) по второй гармонике и форме сигнала броска тока намагничивания.

5.1.6 Сигналы

Таблица 719: Входные сигналы функции INRPHAR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_2H_A	СИГНАЛ	0	Ток второй гармоники, фаза A
I_1H_A	СИГНАЛ	0	Ток основной частоты, фаза A
I_2H_B	СИГНАЛ	0	Ток второй гармоники, фаза B
I_1H_B	СИГНАЛ	0	Ток основной частоты, фаза B
I_2H_C	СИГНАЛ	0	Ток второй гармоники, фаза C
I_1H_C	СИГНАЛ	0	Ток основной частоты, фаза C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа блокировки

Таблица 720: Выходные сигналы функции INRPHAR

Название	Тип	Описание
BLK2H	ЛОГИЧЕСКИЙ	Блокировка по 2-й гармонике

5.1.7 Уставки

Таблица 721: Групповые уставки функции INRPHAR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пусковое значение	5...100	%	1	20	Отношение I2/I1 для торможения
Время срабатывания	20...60000	мс	1	20	Время срабатывания

Таблица 722: Общие уставки функции INRPHAR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 723: Общие уставки функции INRPHAR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	1	20	Время возврата

5.1.8 Контролируемые данные

Таблица 724: Контролируемые данные функции INRPHAR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
INRPHAR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

5.1.9 Технические данные

Таблица 725: Технические характеристики функции INRPHAR

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	При частоте f = $f_{ном}$
	Измерение тока: ± 1,5% уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$ Измерение отношения I2f/I1f: ±5,0% уставки
Время возврата	+35 мс/ -0 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания	+35 мс / –0 мс

5.1.10 Данные о технических изменениях

Таблица 726: Данные о технических изменениях функции INRPHAR

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение

5.2 Функция резервирования при отказе выключателя (УРОВ) CCBRBRF

5.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция резервирования при отказе выключателя (УРОВ)	CCBRBRF	3I>/Io>BF	51BF/51NBF

5.2.2 Функциональный блок

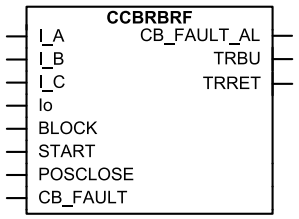


Рис. 416: Функциональный блок

5.2.3 Функциональные возможности

Функция резервирования при отказе автоматического выключателя CCBRBRF активируется командой отключения выключателя от функций защиты. Это могут быть либо внутренние команды устройства, либо внешние команды, поступающие через дискретные входы. По умолчанию пуск всегда трехфазный. CCBRBRF включает функцию трехфазного условного или безусловного повторного отключения, а также функцию трехфазного резервного условного отключения.

Для повторного и резервного отключения CCBRBRF использует одинаковые уровни тока. Значения срабатывания элементов измерения тока могут быть заданны в пределах определенного диапазона. Для отключения в функции предусмотрено два независимых таймера: для повторного отключения внутреннего автоматического выключателя и резервный таймер для логики отключения автоматических выключателей, расположенных в направлении входящего потока. Для входа отключения можно отдельно задать минимальную длительность импульса отключения.

Функция содержит блокировку. При необходимости можно блокировать выходы функции.

5.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции CCBRBRF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах. Кроме того, дополнительная информация о логике повторного отключения и резервного отключения указана на приведенных ниже схемах.

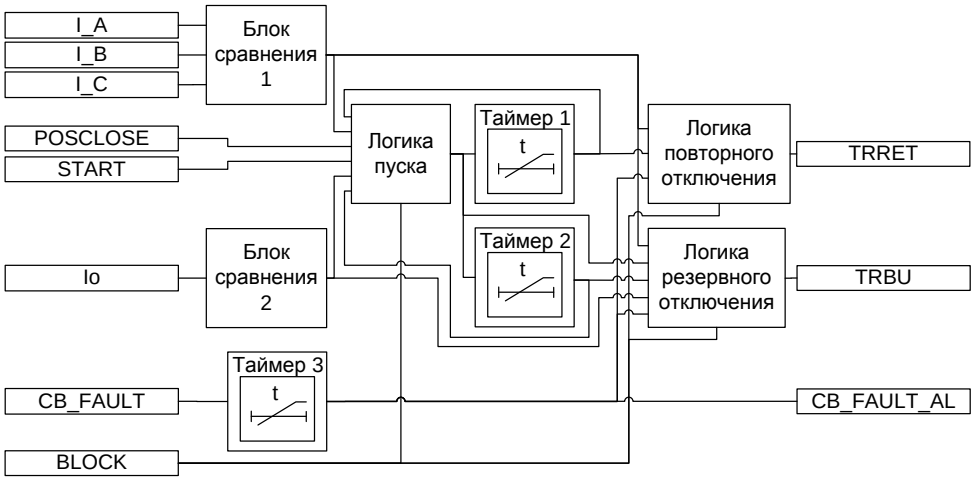


Рис. 417: Функциональная схема

Блок сравнения 1

Измеренные фазные токи пофазно сравниваются с заданным значением уставки *Ток срабатывания*. Если измеренное значение превышает заданное значение уставки *Ток срабатывания*, блок сравнения сообщает об этом в логику пуска, повторного отключения и резервного отключения. Значение параметра должно задаваться достаточно низким, чтобы защита могла выявлять малые токи КЗ или высокие токи нагрузки. Уставка выбирается таким образом, чтобы самая чувствительная защита могла запустить УРОВ.

Блок сравнения 2

Измеренный остаточный ток сравнивается с уставкой *Ток срабатывания, Io*. Если измеренное значение превышает заданное уставкой *Ток срабатывания, Io*, блок сравнения сообщает об этом в модуль логики запуска и резервного отключения. В системах с высокоомным заземлением остаточный ток при замыканиях фазы на землю обычно значительно меньше токов короткого замыкания. Для обнаружения отказа выключателя при однофазных замыканиях на землю в этих системах остаточный ток должен измеряться по отдельности. В системах с эффективным заземлением при относительно низком уровне тока также можно выбрать уставку защиты от замыкания на землю. Ее значения должны соответствовать уставке чувствительной защиты от замыкания на землю.

Логика пуска

Для управления запуском таймера 1 и таймера 2 используется логика пуска. Она также сбрасывает функцию после устранения сбоя в работе выключателя. По восходящему фронту входа `START` на таймер 1 и таймер 2 отправляется сигнал включения.

Сброс функции запрещен в течение следующих 150 мс. Выдержка времени 150 мс позволяет избежать неправильного функционирования из-за колебаний пускового сигнала.

Если для уставки *Подхват пуска* установлено значение "По уровню", функция CCBRBRF сбрасывается сразу же после отключения сигнала `START`. Рекомендуемое значение уставки — "Восх фронт".

Возврат функции зависит от уставки *Режим УРОВ*.

- Если для уставки *Режим УРОВ* задано значение "Ток", логика возврата дополнительно зависит от уставки *Режим откл. от УРОВ*.
    - Если параметр *Режим откл. от УРОВ* установлен в значение "1 из 3", логика возврата требует, чтобы значения всех фазных токов были ниже значения уставки *Ток срабатывания* .
    - Если для уставки *Режим откл. от УРОВ* задано значение "1 из 4", логика возврата требует, чтобы значения фазных токов и тока

нулевой последовательности опустились ниже значений уставок *ТокСраб, фазн* и *Ток срабатывания,Io* соответственно.

- Если для уставки *Режим откл. от УРОВ* задано значение "2 из 4", логика возврата требует, чтобы значения фазных токов и тока нулевой последовательности опустились ниже значений уставок *ТокСраб, фазн* и *Ток срабатывания, Io* соответственно.

- Если для уставки *Режим УРОВ* задано значение "Положение выключ.", для логики возврата требуется, чтобы выключатель находился в отключенном состоянии.
- Если для уставки *Режим УРОВ* задано значение "Оба", логика возврата требует, чтобы автоматический выключатель находился в разомкнутом состоянии, а значения фазных токов и тока нулевой последовательности опустились ниже значений уставок *ТокСраб, фазн* и *Ток срабатывания,Io* соответственно.

При активации входа BLOCK выполняется возврат функции.

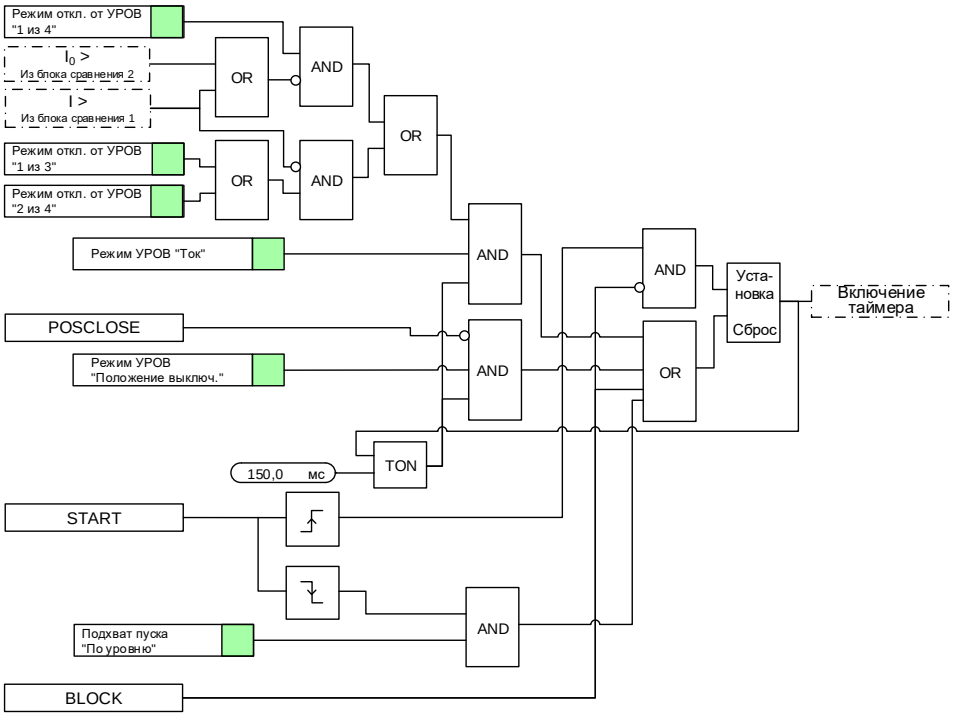


Рис. 418: Логика пуска

Таймер 1

После включения таймер работает, пока не истечет время, определяемое уставкой *ВремяПовторнОткл*. Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер срабатывания достигает значения, определяемого уставкой *ВремяПовторнОткл*,

включается логика повторного отключения. Типовая уставка имеет значение 0...50 мс.

Таймер 2

После активизации таймер начинает работать в течение времени, определяемого уставкой *ВремяРезервнОткл* . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет максимального значения уставки *ВремяРезервнОткл*, активируется логика повторного отключения. Значение уставки должно задаваться как можно более низким во избежание любого нежелательного срабатывания. Типовая уставка - 90 ... 150 мс, что также зависит от таймера повторного отключения.

Минимальная выдержка времени в случае отказа автоматического выключателя рассчитывается следующим образом:

$$ВремяРезервнОткл \geq Время\ повторн.\ отключ. + t_{выключатель\ отключен} + t_{BFP_Сброс} + t_{запас}$$

(Уравнение 152)

t_{cbopen} максимальное время отключения выключателя

t_{BFP_reset} максимальное время обнаружения функцией УРОВ правильной работы выключателя (критерий возврата по току)

t_{margin} запас надежности

Часто бывает необходимо, чтобы полное время устранения повреждения было меньше заданного критического времени. Это время часто зависит от возможности поддерживать устойчивость к переходным процессам в случае повреждения рядом со станцией.

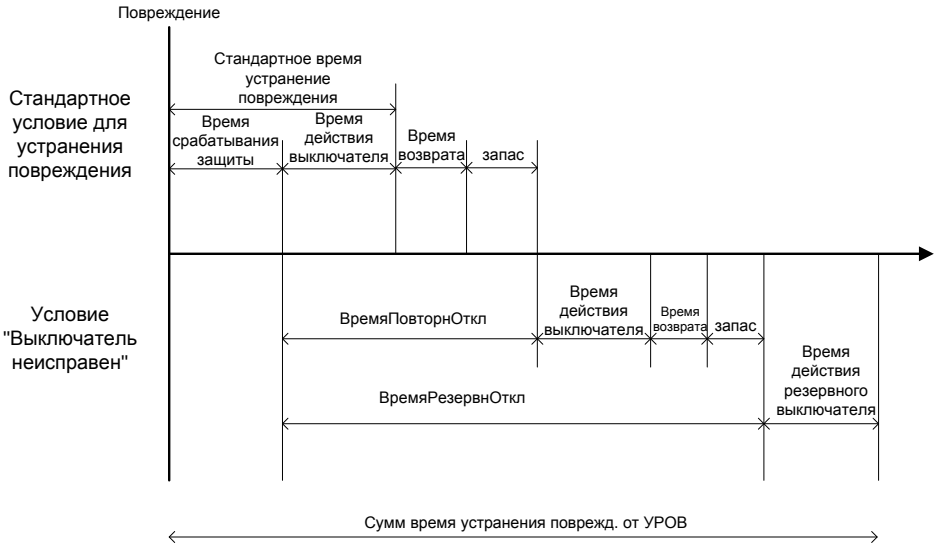


Рис. 419: Временная характеристика УРОВ

Таймер 3

Этот модуль активируется сигналом `CB_FAULT` . После активизации таймер начинает работать в течение времени, определяемого уставкой *Выдержка неиспр.выкл* . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет максимального значения уставки *Выдержка неиспр.выкл*, становится активным выход `CB_FAULT_AL` . По истечении времени выдается аварийный сигнал о необходимости ремонта выключателя. Типовая уставка - 5 с.

Логика повторного отключения

Логика повторного отключения имеет выход `TRRET`, который может использоваться для выдачи сигнала повторного отключения выключателя. Логику повторного отключения активирует таймер 1. Срабатывание логики повторного отключения зависит от уставки *Режим повторн.откл.*.

- Если для уставки *Режим повторн откл.* установлено значение "Выкл", логика повторного отключения неактивна.
- Если для уставки *Режим повторн.откл.* задан режим "С контролем тока", активация выхода повторного отключения `TRRET` зависит от значения уставки *Режим УРОВ*.
    - Если для уставки *Режим УРОВ* установлено значение "Ток", выход `TRRET` становится активным, когда значение любого из фазных токов превысит значение уставки *ТокСраб, фазн*. Выход `TRRET` остается активным в течение времени, заданного уставкой *Импульс отключения*, или до тех пор, пока все фазные токи не опустятся

ниже значения *ТокСраб, фазн*, в зависимости от того, что занимает больше времени.

- Если для уставки *Режим УРОВ* установлено значение "Положение выключ.", выход TRRET активируется в том случае, когда выключатель находится во включенном положении. Выход TRRET остается активным в течение времени, заданного уставкой *Импульс отключения*, или пока автоматический выключатель находится в замкнутом положении, в зависимости от того, что занимает больше времени.
- Если для уставки *Режим УРОВ* установлено значение "Оба", выход TRRET становится активным при выполнении любого из условий: "Положение выключ." или "Ток".

- Если для уставки *Режим повторн.откл.* установлено значение "Без контроля тока", выход TRRET становится активным после активации таймера 1 без контроля уровня тока. Выход TRRET остается активным в течение фиксированного времени, заданного уставкой *Импульс отключения*.

При активации входного сигнала BLOCK или выхода CB_FAULT_AL выход TRRET деактивируется.

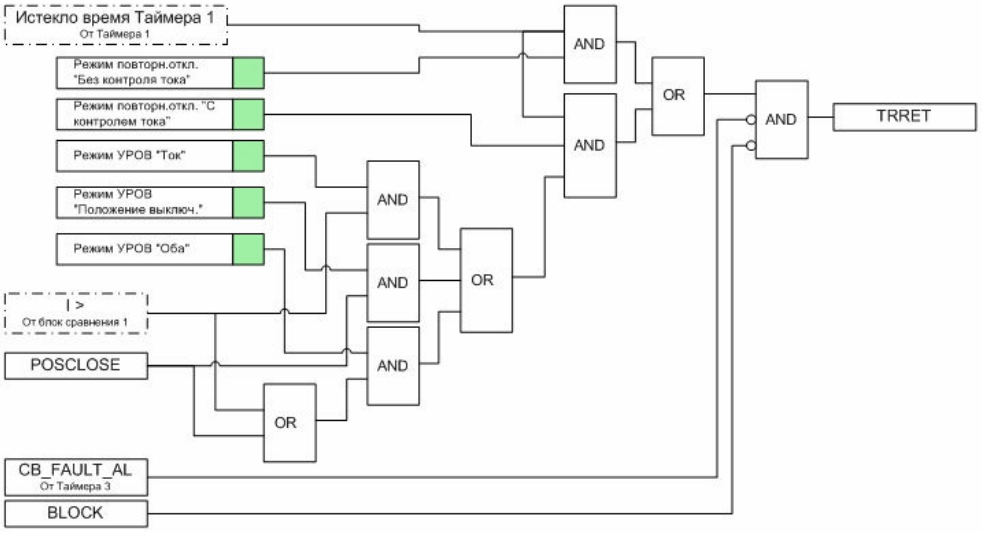


Рис. 420: Логика повторного отключения

Логика резервного отключения

Логика резервного отключения предусматривает выход TRBU , который может использоваться для отключения выключателя верхнего уровня, если главный выключатель не сможет устранить повреждение. Логика резервного отключения включается Таймером 2 или сигналом от модуля логики пуска, включающим таймер (по переднему фронту сигнала START), при этом

одновременно должен быть активен выход CB_FAULT_AL . Действие логики резервного отключения зависит от параметра *Режим УРОВ* .

- Если для уставки *Режим УРОВ* задано значение "Ток", активация TRBU зависит от уставки *Режим откл. от УРОВ*.
  - Если для уставки *Режим откл. от УРОВ* задано значение "1 из 3", обнаружение отказа основано на превышении значения уставки *ТокСраб, фазн* любым из фазных токов. После активации TRBU он остается активным в течение времени, заданного уставкой *Импульс отключения*, или до тех пор, пока значения всех фазных токов не станут ниже значения уставки *ТокСраб, фазн*, в зависимости от того, что дольше.
  - Если для уставки *Режим откл. от УРОВ* задано значение "1 из 4", обнаружение отказа основано на превышении значений уставок *ТокСраб, фазн* и *Ток срабатывания,Io* фазным током или током нулевой последовательности, соответственно. После активации TRBU он остается активным в течение времени, заданного уставкой *Импульс отключения*, или до тех пор, пока значения всех фазных токов или токов нулевой последовательности не станут ниже значения уставки *ТокСраб, фазн* или *Ток срабатывания,Io*, в зависимости от того, что дольше.
  - Если для уставки *Режим откл. от УРОВ* задано значение "2 из 4", для обнаружения отказа требуется, чтобы значения фазного тока и тока нулевой последовательности превысили значения уставок *ТокСраб, фазн* и *Ток срабатывания,Io* соответственно или чтобы два фазных тока превысили значение уставки *ТокСраб, фазн*. После активации TRBU он остается активным в течение времени, заданного уставкой *Импульс отключения*, или до тех пор, пока значения всех фазных токов не станут ниже значения уставки *ТокСраб, фазн*, в зависимости от того, что дольше.

    В большинстве случаев достаточно применения режима "1 из 3".

- Если для уставки *Режим УРОВ* установлено значение "Положение выключ.", выход TRBU активируется в том случае, когда выключатель находится во включенном положении. После активации выход TRBU остается активным в течение времени, заданного уставкой *Импульс отключения*, или пока автоматический выключатель находится в замкнутом положении, в зависимости от того, что занимает больше времени.
- Если для уставки *Режим УРОВ* установлено значение "Оба", выход TRBU становится активным при выполнении условий "Положение выключ." или "Ток".

При активации входа BLOCK выход TRBU деактивируется.

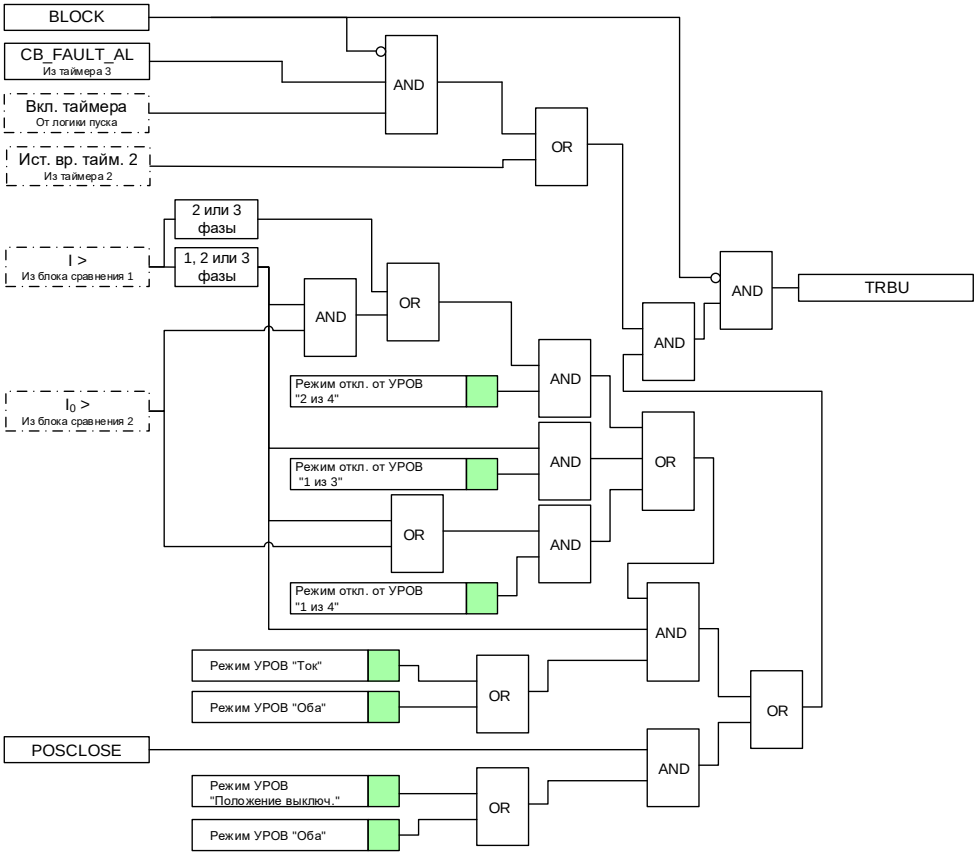


Рис. 421: Логика резервного отключения

5.2.5 Применение

В системе устранения повреждений часто используется критерий "n-1". Это означает, что повреждение устраняется, даже если в системе устранения повреждений один компонент неисправен. В системе устранения повреждений важным компонентом является выключатель. По соображениям практического и экономического характера дублировать выключатель защищаемого компонента нецелесообразно, вместо этого используется функция (устройство) резервирования при отказах выключателя (УРОВ).

Если выключатель не смог отключить защищаемый компонент, функция УРОВ выдает команду резервного отключения на выключатели верхнего уровня. Определение неспособности выключателя отключить протекающий через выключатель ток выполняется путем измерения тока или путем обнаружения остаточного сигнала отключения (безусловного).

Функция CCBRBRF также может выполнить повторное отключение. Это означает, что на выключатель посылается второй сигнал отключения. Функция повторного отключения используется для увеличения надежности функционирования выключателя. Функция также может использоваться для

того, чтобы избежать резервного отключения нескольких выключателей в случае ошибок, которые могут произойти при техобслуживании ИЭУ и проведении испытаний.

Функция CCBRBRF запускается срабатыванием различных функций защиты или цифровой логикой, находящейся в самом ИЭУ. Можно также выполнить внешний пуск функции УРОВ через дискретный вход.

Функцию CCBRBRF можно блокировать специальным внутренним сигналом или внешним сигналом от дискретного входа. Этот сигнал блокирует функцию УРОВ даже в том случае, если запустились / сбросились таймеры.

Таймер повторного отключения включается, после того как пусковой вход приобретет значение "1". По истечении заданной уставки времени функция CCBRBRF выдает сигнал повторного отключения и посылает команду на отключение, например, второй катушки отключения выключателя. Имеется повторное отключение с контролем по току и безусловное повторное отключение. Если выбирается повторное отключение с контролем по току, то повторное отключение выполняется только при наличии тока, протекающего через выключатель.

Таймер резервного отключения включается одновременно с таймером повторного отключения. Если функция CCBRBRF обнаруживает неспособность отключить повреждение в течение заданной выдержки времени на резервное отключение, которая превышает значение выдержки времени на повторное отключение, она посылает сигнал резервного отключения на выбранные резервные выключатели. Обычно это выключатели верхнего уровня, подающие ток повреждения в поврежденную линию.

Резервное отключение всегда выполняется с контролем по току. Это означает, что для УРОВ критерием является протекание тока через выключатель по истечении выдержки времени на резервное отключение.

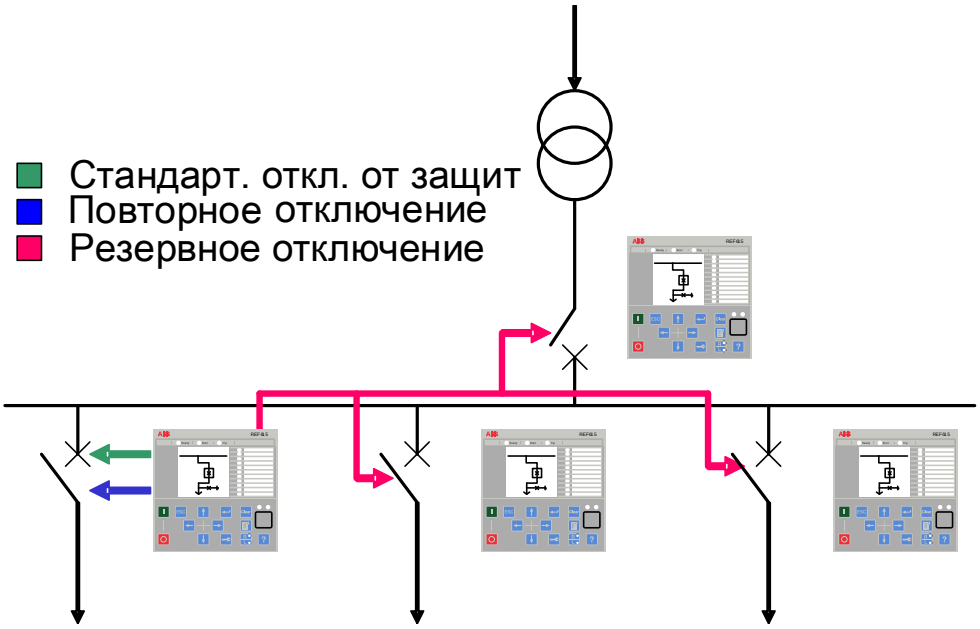


Рис. 422: Типовая схема УРОВ на распределительных подстанциях

5.2.6 Сигналы

Таблица 727: Входные сигналы функции CCBRBRF

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка УРОВ
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Пуск УРОВ
POSCLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Выключатель ВКЛЮЧЕН
CB_FAULT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Неисправность выключателя. Невозможно отключить

Таблица 728: Выходные сигналы функции CCBRBRF

Название	Тип	Описание
CB_FAULT_AL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация о неисправности выключателя с выдержкой времени
TRBU	ЛОГИЧЕСКИЙ	Резервное отключение
TRRET	ЛОГИЧЕСКИЙ	Повторное отключение

5.2.7 Уставки

Таблица 729: Общие уставки функции CCBRBRF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Ток срабатывания	0.05...2.00	xIn	0.05	0.30	Ток срабатывания, фазный
Ток срабатывания,Io	0.05...2.00	xIn	0.05	0.30	Ток срабатывания, нулевой последовательности
Режим откл. от УРОВ	1=2 из 4 2=1 из 3 3=1 из 4			2=1 из 3	Режим контроля тока резервного отключения
Режим УРОВ	1 = Ток 2 = Положение выключ. 3 = Оба			1 = Ток	Режим работы УРОВ
Режим повторн.откл.	1 = Выкл. 2 = Без контроля тока 3 = С контролем тока			1 = Выкл.	Режим работы логики повторного отключения
Время повторн.откл.	0...60000	мс	10	120	Выдержка времени повторного отключения
Выдержка УРОВ	0...60000	мс	10	240	Выдержка времени резервного отключения

Таблица 730: Общие уставки функции CCBRBRF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выдержка неиспр.выкл	0...60000	мс	10	5000	Выдержка времени сигнализации о неисправности выключателя
Режим измерения	2=Фурье 3=Амплитудный			3=Амплитудный	Режим измерения фазных токов
Импульс отключения	0...60000	мс	10	200	Длительность импульса на выходе повторного и резервного отключения
Подхват пуска	1=По переднему фронту 2=По уровню			1=По переднему фронту	Запустить сброс с задержкой или немедленно

5.2.8 Контролируемые данные

Таблица 731: Контролируемые данные функции CCBRBRF

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
CCBRBRF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

5.2.9 Технические данные

Таблица 732: Технические данные функции CCBRBRF

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц
	± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$
Погрешность времени срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс
Время возврата	Типовое: 40 мс
Время задержки	<20 мс

5.2.10 Данные о технических изменениях

Таблица 733: Данные о технических изменениях функции CCBRBRF

Версия	Изменение
B	Значение импульса отключения по умолчанию было изменено на 150 мс
C	Добавлен новый параметр *Подхват пуска*. Максимальное значение уставки *Ток срабатывания* изменилось на 2,00 xIn.
D	Внутреннее улучшение.
E	Максимальное значение параметров *ТокСраб, фазн* и *Ток срабатывания,Io* изменено с "1,00 x In" на "2,00 x In".

5.3 Логика отключения TRPPTRC

5.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Логика отключения	TRPPTRC	Логика отключения	94/86

5.3.2 Функциональный блок

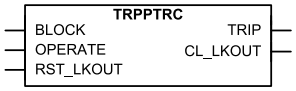


Рис. 423: Функциональный блок

5.3.3 Функциональные возможности

Логика отключения TRPPTRC предназначена для использования в качестве приемника и обработчика команд на отключение, выданных функциями защиты. Свойства этой функции влияют на поведение сигнала на отключение выключателя. Минимальная длительность импульса отключения может задаваться в случае выбора режима "Без фиксации". Для сигнала отключения можно также выбрать режим с фиксацией или режим блокировки.

5.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".



Когда функция TRPPTRC выведена из действия, все выходы отключения, подключенные к одной катушке отключения соответствующего выключателя, блокированы.

Работу функции TRPPTRC можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

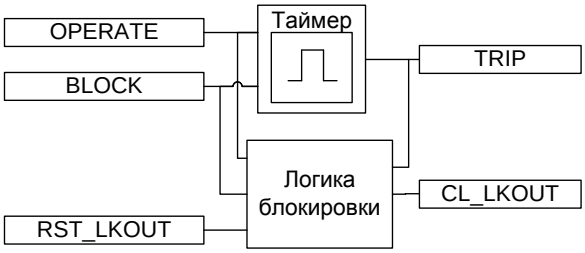


Рис. 424: Функциональная схема

Таймер

В режиме работы "Без фиксации" длительность выходного сигнала TRIP функции TRPPTRC можно регулировать с помощью уставки *Импульс отключения*. Длительность импульса должна быть достаточной для обеспечения отключения выключателя. Для трехфазного отключения функция TRPPTRC имеет один вход OPERATE, через который подаются все выходные сигналы на отключение, поступающие от защитных функций в ИЭУ или от внешних защитных функций через один или несколько дискретных входов ИЭУ. Функция имеет один выход отключения TRIP для подключения функции к одному или нескольким дискретным выходам ИЭУ, а также к другим функциям внутри ИЭУ, для которых необходим данный сигнал.

Вход BLOCK блокирует выход TRIP и сбрасывает таймер.

Логика блокировки

Функция TRPPTRC имеет возможность активировать блокировку. Блокировку можно сбросить вручную после проверки повреждения на первичной стороне, для чего необходимо активировать вход RST_LKOUT либо сделать это через меню "Очистить" локального ИЧМ. При использовании режима "С фиксацией" сброс выхода TRIP выполняется так же, как и при использовании режима "Блокировка". Имеется возможность дистанционного сброса режима "С фиксацией" при помощи специального параметра связи.

Функция минимальной длительности импульса не активна при использовании режимов "С фиксацией" и "Блокировка", только в режиме "Без фиксации".

Выходы CL_LKOUT и TRIP могут блокироваться входом BLOCK .

Таблица 734: Режимы срабатывания для выхода отключения функции TRPPTRC

Режим	Действие
Без фиксации	Уставка *Длительность импульса отключения* задает минимальную длительность импульса для TRIP.
С фиксацией	TRIP фиксируется; возможен как местный, так и дистанционный сброс.
Блокировка	TRIP заблокирован; сброс возможен только локально через меню или через вход RST_LKOUT.

5.3.5 Применение

Все сигналы отключения, формируемые различными функциями защиты, направляются через логику отключения. Наиболее простым применением логического функционального блока является передача и обеспечение достаточной длительности сигнала.

Логика отключения в релейной защите предназначена для трехфазного отключении при всех типах повреждений (3-фазное срабатывание). Чтобы предотвратить включение автоматического выключателя после отключения, TRPPTRC может заблокировать включение CBXCBR.

Функция TRPPTRC предназначена для подключения к одной катушке отключения соответствующего выключателя. Если требуется отключение другой катушки отключения или другого выключателя, которому требуется, например, другое время импульса отключения, необходимо использовать другую логику отключения. Два экземпляра функции PTRC идентичны, различными являются лишь имена функций, TRPPTRC1 и TRPPTRC2. Таким образом, все, что относится к функции TRPPTRC1, также применяется и к функции TRPPTRC2.

Входы от функций защиты подключаются к входу OPERATE. Обычно для того, чтобы завести различные выходы функций на этот вход требуется логический блок OR (ИЛИ). Выход TRIP подключается к дискретным выходам платы входов/выходов IO. Этот сигнал также может использоваться в ИЭУ для других целей, например, при запуске УРОВ.

Функция TRPPTRC используется для простого трехфазного отключения.

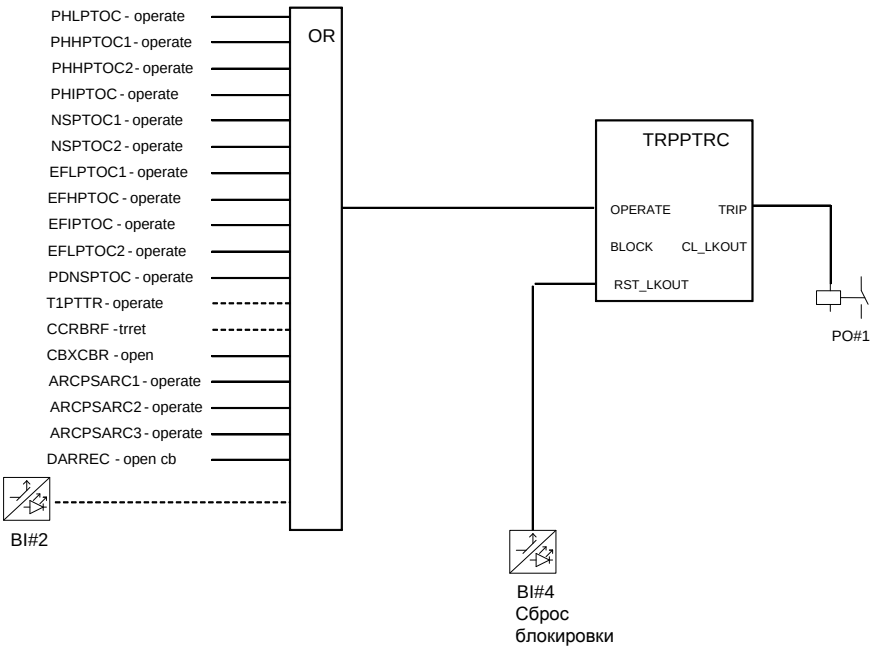


Рис. 425: Типичное подключение функции TRPPTRC

5.3.6 Сигналы

Таблица 735: Входные сигналы функции TRPPTRC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка функции
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Срабатывание
RST_LKOUT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса блокировки выключателя

Таблица 736: Выходные сигналы функции TRPPTRC

Название	Тип	Описание
TRIP	ЛОГИЧЕСКИЙ	Общий сигнал отключения
CL_LKOUT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход блокировки выключателя (Сигнал с фиксацией. Необходим сброс)

5.3.7 Уставки

Таблица 737: Общие уставки функции TRPPTRC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Импульс отключения	20...60000	мс	1	250	Минимальная длительность сигнала отключения
Режим отключения	1=Без фиксации 2=С фиксацией 3=Блокировка			1=Без фиксации	Выбор режима работы выхода отключения

5.3.8 Контролируемые данные

Таблица 738: Контролируемые данные функции TRPPTRC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
TRPPTRC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

5.3.9 Данные о технических изменениях

Таблица 739: Данные о технических изменениях функции TRPPTRC

Версия	Изменение
B	-
C	-
D	Внутреннее улучшение.
E	Используемое по умолчанию значения параметра *Режим отключения* изменено на "С фиксацией".
F	Внутреннее улучшение.

5.4 Защита от замыканий с высоким полным сопротивлением PHIZ

5.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Высокоомная защита	PHIZ	HIF	HIZ

5.4.2 Функциональный блок

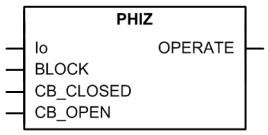


Рис. 426: Функциональный блок

5.4.3 Функциональные возможности

Небольшой процент земляных замыканий происходит с очень большим полным сопротивлением. Такие замыкания можно сравнить с полным сопротивлением нагрузки, и, следовательно, их ток повреждения очень мал. Такие КЗ через высокое полное сопротивление не представляют непосредственной опасности для оборудования энергосистемы. Но они представляют значительную угрозу людям и имущественным объектам; люди могут прикоснуться или просто приблизиться к проводникам, несущим большую энергию.

Компания АББ разработала запатентованную технологию (Патент США 7,069,116 B2 от 27 июня 2006 года, Патент США 7,085,659 B2 от 1 августа 2006 года) обнаружения повреждений через высокое полное сопротивление.

Функция обнаружения высокоомных замыканий PHIZ также содержит блокировку. При необходимости выходы функции можно заблокировать.

Функция PHIZ используется только в сетях 60 Гц с эффективно заземленной или изолированной нейтралью.

5.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

В функции PHIZ применяется подход с использованием нескольких алгоритмов. Для обнаружения высокоомных замыканий каждый алгоритм использует различные свойства токов нулевой последовательности.

Несмотря на сложность алгоритма функции PHIZ параметр, необходимый для срабатывания функции, очень простой. Параметр *УровеньБезопасности* , имеющий диапазон значений от 1 до 10, устанавливается таким образом, чтобы обеспечить баланс между такими противоположными явлениями как надежность несрабатывания и надежность срабатывания, которые и определяют надежность любой системы. Значение параметра "10" в большей степени обеспечивает надежность несрабатывания, чем значение "1".

Чем выше значение уставки *Уровень безопасности*, тем ниже вероятность ложного срабатывания, при этом система может пропустить фактическое повреждение. Но при низкой уставке повышается надежность срабатывания системы при высокоомных замыканиях в линии, хотя такое срабатывание чаще будет происходить при других переходных процессах в системе. В электрических сетях возникают события, формы колебания тока которых аналогичные наблюдаемым при высокоомных замыканиях. Эти события могут затем выявляться алгоритмом PHIZ, приводя к ненужным обнаружениям. Как правило, оператору электросети не известно о существовании этих событий, которые при этом могут происходить нерегулярно. Степень влияния также всегда зависит от местоположения события по отношению к месту измерения релейной защиты. С учетом всех указанных фактов в некоторых электрических сетях довольно сложно заранее измерить и спрогнозировать работу алгоритма PHIZ. Не существует какой-либо отдельной формулы, позволяющей на основе известных параметров электрической сети точно вычислить правильное значение уставки.

Поэтому рекомендуется первоначальным значением установить среднее «5». Опираясь на опыт практического применения в конкретном случае, значение затем можно изменить в меньшую или большую сторону. Во многих случаях хорошей практикой является применение функции PHIZ в качестве индикативной функции на этапе опытного применения, пока не накопится достаточный опыт и не будет найдено соответствующее значение этого параметра.

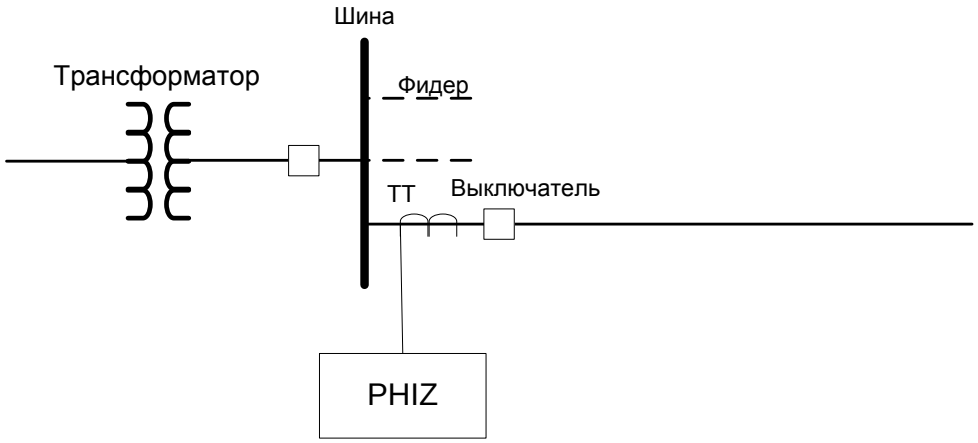


Рис. 427: Электроэнергетическая система с применением функции PHIZ

Сбор, фильтрация и обработка сигналов энергосистемы производится по индивидуальному алгоритму обнаружения высокоомных повреждений. Далее результаты работы этих индивидуальных алгоритмов обрабатываются логикой принятия решений для получения решения об обнаружении повреждения. Логика принятия решений может меняться в зависимости от требований применения.

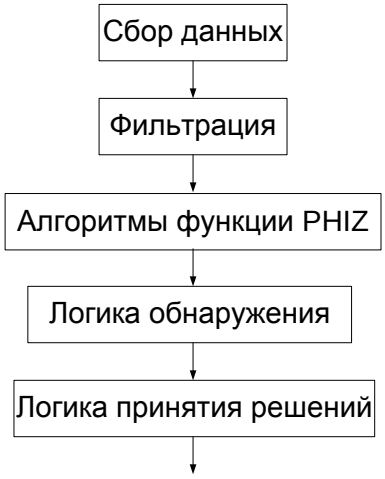


Рис. 428: Схема функции PHIZ

Работа функции PHIZ основана на алгоритмах, использующих характеристики тока заземления, который считается неустановившимся, непостоянным, с различной длительностью импульса. Все гармонические и негармонические составляющие, отображаемые в окне данных, могут иметь большое значение в обнаружении высокоомных замыканий. Основная проблема заключается в том, чтобы разработать модель данных, которая сможет распознавать в окне просмотра сигналов высокоомные замыкания, которые могут иметь место в любой момент времени, и сможет произвольно их удалить и погасить. Данная математическая модель в совокупности с

лабораторными исследованиями и полевыми испытаниями подтверждает предположение, что высокоимпедансные повреждения могут происходить в любой момент наблюдения и могут носить случайный характер, — как по времени, так и по амплитудному значению.



Рис. 429: Оценка действия функции PHIZ на гравии



Рис. 430: Оценка действия функции PHIZ на бетоне



Рис. 431: Оценка действия функции PHIZ на песке



Рис. 432: Оценка действия функции PHIZ на траве

5.4.5 Применение

Функция PHIZ используется для обнаружения падения оборванного провода на поверхность с очень высоким активным сопротивлением, вызывающего замыкание на землю, которое очень сложно обнаружить традиционными функциями релейной защиты. Основное назначение функции PHIZ - использование на воздушных линиях. Функция PHIZ используется только в сетях 60 Гц с эффективно заземленной или изолированной нейтралью.

Повреждения в линиях электропередачи могут возникать по многим причинам. Во многих случаях электрические повреждения проявляются как

механические повреждения, которые необходимо устранить, чтобы вернуть работоспособность линии.

Повреждения электрической сети преимущественно представляют собой замыкания на землю. Традиционные системы защиты, действие которых основано на принципах измерения максимального тока, полного сопротивления или других принципах, подходят для обнаружения повреждений с относительно низким полным сопротивлением, но с относительно большим током повреждения.

Однако небольшой процент замыканий на землю происходит с очень большим полным сопротивлением. Такие замыкания можно сравнить с полным сопротивлением нагрузки, и следовательно, их ток повреждения очень мал. Такие КЗ через высокое полное сопротивление не представляют непосредственной опасности для оборудования энергосистемы, но представляют значительную угрозу для людей и имущественных объектов. Рабочая группа комитета по релейной защите энергосистем IEEE определяет высокоомные повреждения как повреждения, в которых ток КЗ недостаточно велик, чтобы его можно было обнаружить традиционными функциями максимальной токовой защиты или плавкими предохранителями.

Функция PHIZ всегда требует очень чувствительного измерения тока нулевой последовательности Io.

Для функции обнаружения высокоомных замыканий (PHIZ) нужен подход, отличный от того, который требуется для обнаружения традиционных низкоимпедансных замыканий. Надежная работа функции PHIZ обеспечивает безопасность людей и животных. Функция PHIZ также может предотвратить пожар и минимизировать материальный ущерб. Компания АББ разработала инновационную технологию обнаружения высокоомных замыканий, исследовательские работы велись более десяти лет, и их результатом было множество успешно проведенных испытаний в рабочих условиях.

5.4.6 Сигналы

Таблица 740: Входные сигналы функции PHIZ

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Измерение тока нулевой последовательности при помощи SEF CT
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
CB_CLOSED	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход для состояния "Выключатель включен"
CB_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход для состояния "Выключатель выключен"

Таблица 741: Выходные сигналы функции PHIZ

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание

5.4.7 Уставки

Таблица 742: Групповые уставки функции PHIZ (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
УровеньБезопасности	1...10		1	5	Уровень безопасности

Таблица 743: Общие уставки функции PHIZ (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Тип системы	1=Заземленная 2=Незаземленная			1=Заземленная	Тип системы

5.4.8 Контролируемые данные

Таблица 744: Контролируемые данные функции PHIZ

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Положение	Dbpos	0=промежуточное 1=отключено 2=включено 3=неисправность		Положение
PHIZ	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

5.4.9 Данные о технических изменениях

Таблица 745: Данные о технических изменениях функции PHIZ

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Добавлены входы для состояний "Выключатель включен" и "Выключатель выключен".

5.5 Передача дискретного сигнала BSTGGIO

5.5.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Передача дискретного сигнала	BSTGGIO	BST	BST

5.5.2 Функциональный блок

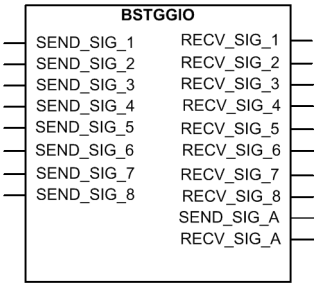


Рис. 433: Функциональный блок

5.5.3 Функциональные возможности

Функция передачи дискретного сигнала BSTGGIO используется для передачи дискретных сигналов между дифференциальной релейной защитой локального и удаленного концов линии. Эта функция включает восемь дискретных сигналов, которые передаются в телеграммах защиты связи, могут произвольным образом настраиваться и применяться для любых целей в приложении дифференциальной защиты.

BSTGGIO непрерывно передает дискретные данные по каналу защиты связи между оконечными устройствами. Каждый из восьми сигналов является двунаправленным, и отправляемые локально дискретные данные доступны удаленно как принятый сигнал.

Для принятых дискретных сигналов в функции BSTGGIO есть таймер минимальной длительности импульса. Для каждого принятого сигнала предусмотрен собственный параметр настройки минимальной длительности импульса.

Функция включает два выхода сигнализации. Выход `SEND_SIG_A` обновляется в соответствии с состоянием отправленных дискретных сигналов. Выход `RECV_SIG_A` обновляется в соответствии с состоянием

полученных дискретных сигналов. С помощью уставки каждый сигнал можно добавлять в логику сигнализации или удалять из нее.

5.5.4 Принцип действия

Уставка *Режим сигнала 1–8* позволяет изменить режим работы канала двунаправленного сигнала. Этот канал можно отключить, установив для соответствующего параметра значение «Не используется». Если канал сигнала отключен локально или удаленно, на обоих концах линии состояние сигнала RECV_SIG_1...8 всегда равно «Нет».



Рис. 434: Функциональная схема

Отправка дискретного сигнала

Состояние входов непрерывно передается в телеграммах дифференциальной защиты линии. Выход SEND_SIG_A может использоваться для сигнализации на основе состояния выхода SEND_SIG_1...8. При выборе режима сигнала «Используется, выбран аварийн.» состояние отправки соответствующего сигнала также влияет на критерии активации выхода SEND_SIG_A. Кроме того, если в логической схеме сигнализации выбрано более одного канала связи, критерии активации могут определяться значениями «Любой из выбранных» (ИЛИ) или «Все выбранные» (И).

Получение дискретного сигнала

Функция непрерывно получает дискретные данные в телеграммах защиты от устройства релейной защиты удаленного конца линии. Состояние этих полученных данных затем отображается как выходы RECV_SIG_1 ... 8 в устройстве защиты на локальном конце. Выход RECV_SIG_A может использоваться для сигнализации на основе состояния выхода RECV_SIG_1...8. При выборе режима сигнала «Используется, выбран

аварийн.» состояние получения соответствующего сигнала также влияет на критерии активации выхода RECV_SIG_A. Кроме того, если в логической схеме сигнализации выбрано более одного канала связи, критерии активации могут определяться значениями «Любой из выбранных» (ИЛИ) или «Все выбранные» (И). Для каждого сигнала также предусмотрена уставка *Длительность импульса 1–8*, которая определяет минимальную длительность импульса для RECV_SIG_1...8. Кроме того, если контроль защиты связи обнаруживает сбой, выходы RECV_SIG_1...8 будут установлены в состояние «Нет» только по истечении для каждого сигнала заданной минимальной длительности импульса.

5.5.5 Применение

С помощью реле дифференциальной защиты линии могут передаваться как аналоговые, так и дискретные данные. Использование дискретных данных зависит от конкретного приложения и может отличаться в каждом отдельном случае. Область применения данных определяет требования к скорости дискретных сигналов. Если дискретные данные используются как блокирующие для дифференциальной защиты линии, наблюдается очень высокий отклик передачи. Обмен дискретными сигналами может использоваться в следующих приложениях:

- Индикация удаленного положения
- Передача сигнала, отключающего автоматические выключатели на обоих концах линии
- Блокировка дифференциальной защиты линии при броске тока намагничивания трансформатора или сбое контроля токовых цепей
- Схемы защиты; блокирующие или разрешительные
- Удаленная сигнализация

На рисунке показана общая последовательность передачи дискретных данных в типовом приложении. Индикатор положения локального автоматического выключателя подключается к входному интерфейсу релейной защиты, после чего его можно использовать для конфигурации устройства. Индикатор положения автоматического выключателя подключен к первому входу BSTGGIO, предназначенному для передачи информации на удаленный конец через канал связи. На удаленном конце эта информация обрабатывается как при разомкнутом положении удаленного автоматического выключателя и доступна на первом выходе BSTGGIO. Таким образом осуществляется обмен информацией.

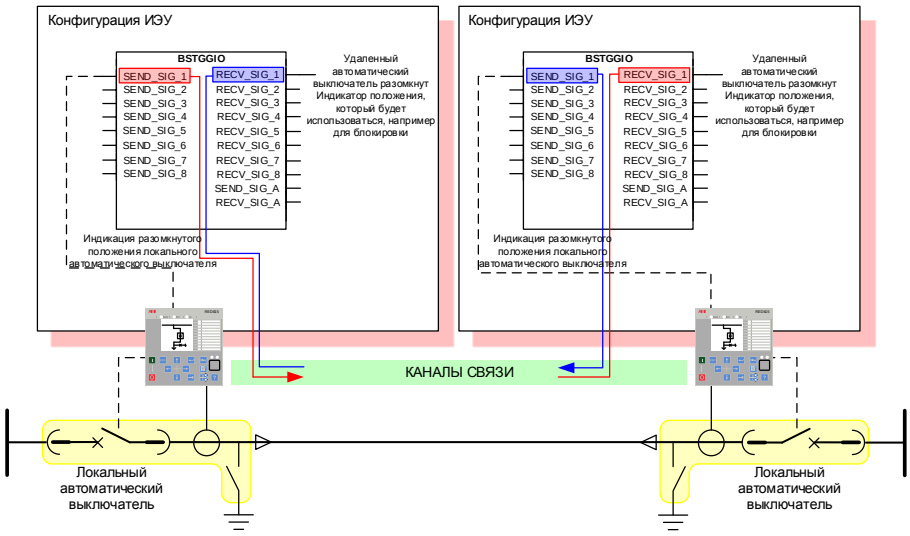


Рис. 435: Пример использования передачи дискретного сигнала для изменения индикации положения

5.5.6 Сигналы

Таблица 746: Входные сигналы функции BSTGGIO

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
SEND_SIG_1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 1
SEND_SIG_2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 2
SEND_SIG_3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 3
SEND_SIG_4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 4
SEND_SIG_5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 5
SEND_SIG_6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 6
SEND_SIG_7	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 7
SEND_SIG_8	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние отправки сигнала 8

Таблица 747: Выходные сигналы функции BSTGGIO

Наименование	Тип	Описание
RECV_SIG_1	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 1
RECV_SIG_2	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 2
RECV_SIG_3	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 3
RECV_SIG_4	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 4
RECV_SIG_5	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 5
RECV_SIG_6	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 6
RECV_SIG_7	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 7
RECV_SIG_8	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние получения сигнала 8
SEND_SIG_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийное состояние отправки дискретного сигнала
RECV_SIG_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийное состояние получения дискретного сигнала

5.5.7 Уставки

Таблица 748: Групповые уставки функции BSTGGIO (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим сигнала 1	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			2=Используется, выбран аварийн.	Режим срабатывания для сигнала 1
Режим сигнала 2	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			2=Используется, выбран аварийн.	Режим срабатывания для сигнала 2
Режим сигнала 3	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			1=Используется	Режим срабатывания для сигнала 3
Режим сигнала 4	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			1=Используется	Режим срабатывания для сигнала 4
Режим сигнала 5	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			1=Используется	Режим срабатывания для сигнала 5
Режим сигнала 6	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			1=Используется	Режим срабатывания для сигнала 6

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим сигнала 7	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			1=Используется	Режим срабатывания для сигнала 7
Режим сигнала 8	1=Используется 2=Используется, выбран аварийн. 3=Не используется			1=Используется	Режим срабатывания для сигнала 8
Длительность импульса 1	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 1
Длительность импульса 2	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 2
Длительность импульса 3	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 3
Длительность импульса 4	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 4
Длительность импульса 5	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 6
Длительность импульса 6	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 6
Длительность импульса 7	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 7
Длительность импульса 8	От 0 до 60000	мс	1	0	Минимальная длительность импульса для полученного сигнала 8

Таблица 749: Общие уставки функции BSTGGIO (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим аварийной сигнализации	1=Любой из выбранных 2=Все выбранные			1=Любой из выбранных	Выбор используемого режима логики сигнализации для активации SEND_SIG_A и RECV_SIG_A

5.5.8 Технические данные

Таблица 750: Технические данные функции BSTGGIO

Характеристика		Значение
Задержка сигнализации	Оптоволоконный канал	<5 мс
	Гальванический канал с управляющим кабелем	<10 мс

5.5.9 Данные о технических изменениях

Таблица 751: Данные о технических изменениях функции BSTGGIO

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение

5.6 Аварийный пуск ESMGAPC

5.6.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Аварийный пуск	ESMGAPC	ESTART	ESTART

5.6.2 Функциональный блок

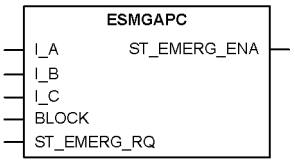


Рис. 436: Функциональный блок

5.6.3 Функциональные возможности

Аварийные ситуации могут возникать в случаях, когда двигатель необходимо запустить, несмотря на повышение температуры выше заданных пределов и тепловую перегрузку, которая может повредить двигатель. Функция аварийного пуска ESMGAPC позволяет запускать двигатель в таких аварийных условиях. Функция ESMGAPC предназначена для того, чтобы заставить ИЭУ разрешить повторный запуск двигателя. После активации входа аварийного пуска двигатель можно запустить стандартным путем. Сама функция ESMGAPC не перезапускает двигатель.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выходы функции, таймер или всю функцию полностью.

5.6.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции ESMGAPC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

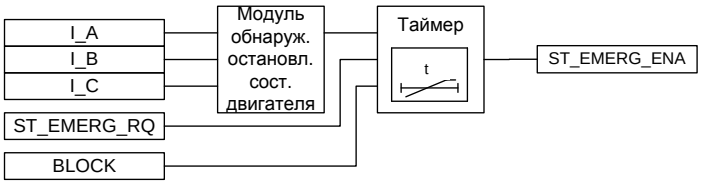


Рис. 437: Функциональная схема

Модуль обнаружения остановленного состояния двигателя

Этот модуль определяет, находится ли двигатель в остановленном состоянии. Остановленное состояние определяется на базе значений фазных токов. Если все три фазных тока имеют значение, которое ниже заданного значения уставки *Останов двигателя A*, считается, что двигатель находится в остановленном состоянии.

Таймер

Таймер с фиксированным значением 10 минут включается при активации входа ST_EMERG_RQ ,если при этом выполнено условие, что двигатель находится в остановленном состоянии. Таким образом, при активации входа ST_EMERG_RQ становится активным выход ST_EMERG_ENA , при условии, что двигатель находится в остановленном состоянии. Выход ST_EMERG_ENA остается активным в течение 10 минут или до тех пор, пока активен вход ST_EMERG_RQ , в зависимости от того, что займет больше времени.

При активации входа BLOCK таймер блокируется и сбрасывается.

Эта функция также обеспечивает изменение даты и времени (T_ST_EMERG) на выходе ST_EMERG_ENA . Эта информация доступна в окне данных мониторинга.

5.6.5 Применение

Если двигатель необходимо запустить в аварийной ситуации, когда существует риск его повреждения, все внешние запреты повторного пуска игнорируются, что позволяет перезапустить двигатель. Если расчетный тепловой уровень выше уровня запрета повторного пуска в условиях аварийного пуска, расчетный тепловой уровень устанавливается немного ниже уровня запрета повторного пуска. Кроме того, если значение счетчика суммарного времени пуска превышает уровень запрета повторного пуска, значение устанавливается немного ниже значения блокировки повторного пуска, чтобы разрешить, по меньшей мере, один пуск двигателя.

Активация дискретного входа ST_EMERG_RQ также позволяет выполнить аварийный пуск. ИЭУ принудительно переводится в состояние, которое разрешает перезапуск двигателя, и оператор может выполнить повторный пуск двигателя. Новый аварийный пуск невозможен до истечения десятиминутной выдержки времени или до разрешения аварийного пуска, в зависимости от того, что займет больше времени.

Последнее изменение выходного сигнала аварийного пуска регистрируется.

5.6.6 Сигналы

Таблица 752: Входные сигналы функции ESMGAPC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
ST_EMERG_RQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход аварийного пуска

Таблица 753: Выходные сигналы функции ESMGAPC

Название	Тип	Описание
ST_EMERG_ENA	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный запуск

5.6.7 Уставки

Таблица 754: Групповые уставки функции ESMGAPC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Останов двигателя A	0.05...0.20	xIn	0.01	0.12	Предел тока для контроля остановки двигателя

Таблица 755: Общие уставки функции ESMGAPC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

5.6.8 Контролируемые данные

Таблица 756: Контролируемые данные функции ESMGAPC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
T_ST_EMERG	Метка времени			Метка времени активации аварийного пуска
ESMGAPC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

5.6.9 Технические данные

Таблица 757: Технические данные функции ESMGAPC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	При частоте f = $f_{ном}$
	± 1,5% уставки или ± 0,002 x $U_{ном}$

5.6.10 Данные о технических изменениях

Таблица 758: Данные о технических изменениях функции ESMGAPC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение

5.7 Функция определения места повреждения SCEFRFLO

5.7.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция определения места повреждения	SCEFRFLO	FLOC	21FL

5.7.2 Функциональный блок

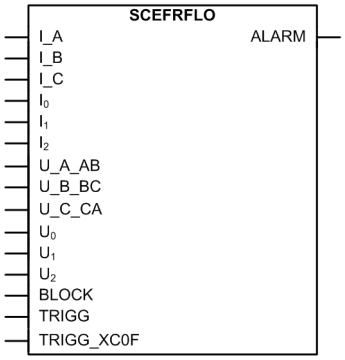


Рис. 438: Функциональный блок

5.7.3 Функциональные возможности

Функция определения места повреждения SCEFRFLO обеспечивает определение места повреждения на основе импеданса. Она предназначена для распределительных систем с радиальной топологией. Она может применяться для определения местоположения короткого замыкания в распределительных сетях всех типов. Места замыкания на землю могут определяться в сетях с эффективно заземленной нейтралью или в сетях с нейтралью, заземленной через низкое активное или реактивное сопротивление. С некоторыми ограничениями функцию SCEFRFLO можно также применять для определения местоположения замыкания на землю в незаземленных распределительных сетях.

Расчет расстояния до места повреждения основан на измеренных по месту векторах тока и напряжения основной гармоники. Для полноценной работы функции SCEFRFLO требуется измерение всех фазных токов и напряжений фаза-земля.

Оценка расстояния до места повреждения вычисляется при внешнем или внутреннем запуске функции.

5.7.4 Принцип действия

Расчет расстояния до места повреждения выполняется в два этапа. Сначала определяется тип повреждения с помощью встроенной логики выбора фазы (PSL). Затем на основе выбранного элемента измерения импеданса (цепь повреждения) вычисляется расстояние до места повреждения от точки измерения.

В качестве основного критерия работы величины фазного тока и напряжения должны превышать пороговые значения 2% xIn и 3% xUn соответственно.

Функцию можно включить или отключить при помощи параметра *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции SCEFRFLO можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

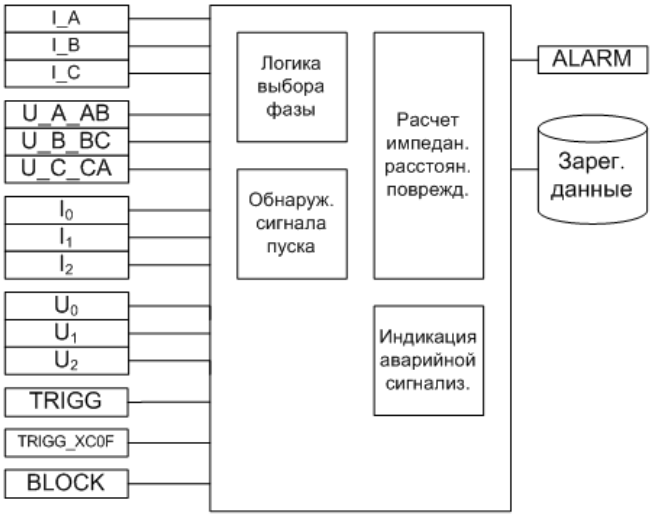


Рис. 439: Функциональная схема

5.7.4.1 Логика выбора фазы

Идентификация поврежденных фаз обеспечивается встроенной логикой выбора фазы, основанной на комбинированном критерии определения импеданса и тока. Логика выбора фазы практически не содержит настроек и имеет один параметр, *Zмакс фазн. нагр.*, позволяющий отличить большую симметричную нагрузку от трехфазного повреждения. Уставка *Zмакс фазн. нагр.* можно рассчитать с помощью уравнения.

$$Z\,макс\ фазн.\ нагр. = 0.8 \cdot \frac{U^2_{\varphi}}{S_{max}}$$

(Уравнение 153)

U_{xy}	Номинальное межфазное напряжение
S_{max}	Максимальная трехфазная нагрузка

Например, если U_{xy} = 20 кВ и S_{max} = 1 МВ·А, то *Zмакс фазн. нагр.* = 320,0 Ом.

Определение поврежденных фаз является обязательным условием правильной работы функции SCEFRFLO. Это связано с тем, что только один из элементов измерения импеданса (контуров повреждений) обеспечивает

правильный результат для конкретного типа повреждения. Трехфазное повреждение является исключением, при котором теоретически возможен расчет по любому из контуров повреждения. Контур повреждения в расчете расстояния до повреждения указывается в записанных данных контура повреждения, как указано в таблице 759.

Таблица 759: Типы повреждений и соответствующие контуры повреждения

Тип повреждения	Описание	Контур повреждения
-	Нет повреждения	Нет повреждения
A-E	Замыкание фазы A на землю	Повреждение AG
B-E	Замыкание фазы B на землю	Повреждение BG
C-E	Замыкание фазы C на землю	Повреждение CG
A-B	Короткое замыкание между фазами A и B	Повреждение AB
B-C	Короткое замыкание между фазами B и C	Повреждение BC
C-A	Короткое замыкание между фазами C и A	Повреждение AC
A-B-C-(E)	Трехфазное короткое замыкание	Повреждение ABC

В случае замыкания двух фаз на землю (A-B-E, B-C-E или C-A-E) выбираемый контур повреждения зависит от расположения отдельных замыканий на землю. Если повреждения находятся в одном фидере, для расчета используется соответствующий контур фаза-фаза ("Повреждение AB", "Повреждение BC" или "Повреждение CA"). Если повреждения находятся в разных фидерах, для расчета используется контур фаза-земля ("Повреждение AG", "Повреждение BG" или "Повреждение CG"), соответствующий поврежденной фазе в защищенном фидере.

5.7.4.2 Расчет импеданса и расстояния до места повреждения

Как только повреждение будет распознано логикой выбора фазы, начинается расчет расстояния до места повреждения с одним из семи элементов измерения импеданса, т. е. с одним из контуров повреждения. В функции SCEFRFLO для каждого типа повреждения используются независимые алгоритмы, позволяющие получить оптимальные результаты.

Собственно результатом расчета расстояния до места повреждения является значение импеданса поврежденного резистивного контура.

Таблица 760: Расчетные значения импеданса в составе записанных данных

Значение импеданса	Описание
Реактивное сопротивление поврежденной фазы	Оценка реактивного сопротивления прямой последовательности от подстанции до места повреждения в первичных омах.
Активное сопротивление точки повреждения	Значение сопротивления в месте повреждения в первичных омах. Составные части этого компонента зависят от поврежденного контура, как описано в следующих пунктах.
Активное сопротивление контура повреждения	Общее активное сопротивление поврежденного контура от подстанции до места повреждения в первичных омах. В это значение входит сопротивление точки повреждения. Составные части этого компонента различаются для контуров короткого замыкания и контуров замыкания на землю, как описано в следующих пунктах.
Реактивное сопротивление контура повреждения	Общее реактивное сопротивление поврежденного контура от подстанции до места повреждения в первичных омах. Составные части этого компонента различаются для контуров короткого замыкания и контуров замыкания на землю, как описано в следующих пунктах.

Эти значения импеданса могут использоваться непосредственно или они могут дополнительно обрабатываться в приложениях поиска места повреждений на уровне системы, таких как распределенная система управления (DMS).

Контуры повреждений "Повреждение AG", "Повреждение BG" или "Повреждение CG"

Контуры повреждений "Повреждение AG", "Повреждение BG" и "Повреждение CG" используются для однофазных повреждений фаза-земля. Когда отдельные замыкания на землю находятся в разных фидерах, эти контуры также применяются в случае двухфазного замыкания на землю. В этом случае для расчета используется контур фаза-земля ("Повреждение AG", "Повреждение BG" или "Повреждение CG"), соответствующий поврежденной фазе в защищенном фидере. На рисунке 440 показана модель поврежденного контура фаза-земля. Следующие значения импеданса измеряются и сохраняются в записанных данных функции SCEFRFLO.

$$\textit{Активное сопротивление точки повреждения} = R_{повреждд.}$$

(Уравнение 154)

$$\textit{Активное сопротивление контура повреждения} = R_{1} + R_{N} + R_{повреждд.}$$

(Уравнение 155)

$$\textit{Реактивное сопротивление контура повреждения} = X_{1} + X_{N}$$

(Уравнение 156)

Реактивное сопротивление поврежденной фазы = X_1

(Уравнение 157)

R_1	Оценка активного сопротивления прямой последовательности от подстанции до места повреждения
X_1	Оценка реактивного сопротивления прямой последовательности от подстанции до места повреждения
R_0	Оценка активного сопротивления нулевой последовательности от подстанции до места повреждения
X_0	Оценка реактивного сопротивления нулевой последовательности от подстанции до места повреждения
R_N	Оценка активного сопротивления обратного тракта по земле (= (R0 – R1)/3) от подстанции до места повреждения
X_N	Оценка реактивного сопротивления обратного тракта по земле (= (X0 – X1)/3) от подстанции до места повреждения
R_{fault}	Оценка активного сопротивления в месте повреждения

Записанные данные реактивного сопротивления поврежденной фазы содержат оценку реактивного сопротивления прямой последовательности от подстанции до места повреждения.

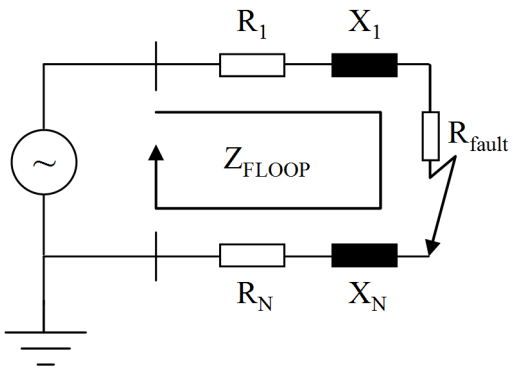


Рис. 440: Импеданс контура повреждения для контуров фазового замыкания на землю «Сбой AG», «Сбой BG» или «Сбой CG»

Алгоритм вычисления расстояния до места замыкания на землю выбирается с помощью параметра *Выбор алгоритма для замыкания на землю*. Возможные варианты: "Компенсация нагрузки" и "Моделирование нагрузки". Для правильной работы обоих алгоритмов перед местом установки релейной защиты не должно быть источников тока нулевой последовательности, например, заземляющих трансформаторов.

В алгоритме "Компенсация нагрузки" для учета влияния нагрузки на результаты измерения напряжения и тока используются симметричные составляющие. В случае радиальных фидеров этот алгоритм следует выбирать для систем с заземлением нейтрали через низкое полное сопротивление или с эффективно заземленной нейтралью, в которых токи

повреждения подаются только с одной стороны и отсутствуют дополнительные источники вдоль защищенной линии.

В алгоритме "Моделирование нагрузки" влияние нагрузки на измеренные токи и напряжения учитывается путем рассмотрения в модели контура повреждения. В случае радиальных фидеров этот алгоритм может применяться для систем с заземлением нейтрали через низкое полное сопротивление или с эффективно заземленной нейтралью, в которых токи повреждения подаются только с одной стороны. Алгоритм "Моделирование нагрузки" специально разработан для незаземленных систем.

Для алгоритма "Моделирование нагрузки" требуется дополнительный параметр *Расстояние до эквивалентной нагрузки*, т. е. расстояние до места повреждения в случае эквивалентной нагрузки. Вывод и смысл этого параметра иллюстрирует рисунок 441, на котором предполагается, что нагрузка равномерно распределена вдоль фидера, в результате чего фактическая кривая падения напряжения имеет вид, показанный в средней части рисунка 441.

В случае равномерно распределенной нагрузки *Расстояние до эквивалентной нагрузки* ~ 0,5. Если нагрузка сосредоточена в конце фидера, *Расстояние до эквивалентной нагрузки* = 1,0. Если распределение нагрузки неизвестно, для параметра *Расстояние до эквивалентной нагрузки* можно использовать стандартное значение 0,5.

Максимальное значение падения напряжения, обозначаемое как $U_{падения}$(факт.), имеется на конце фидера. Параметр *Расстояние до эквивалентной нагрузки* представляет собой расстояние, на котором одно ответвление нагрузки, соответствующее общей нагрузке фидера, давало бы падение напряжения, равное $U_{падения}$(факт.). Пунктирная линия показывает профиль падения напряжения в этом случае.

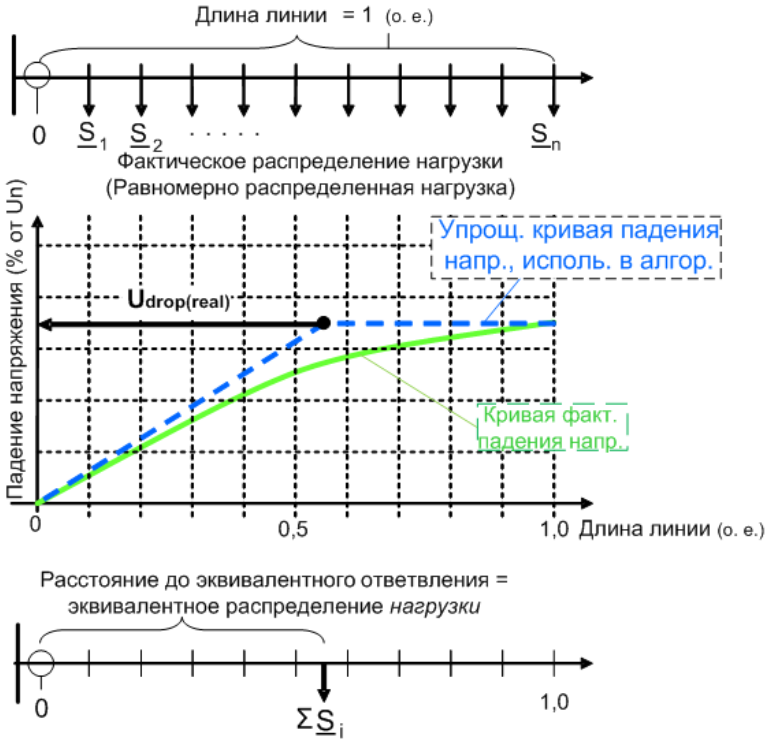


Рис. 441: Описание расстояния до эквивалентной нагрузки

Точное значение параметра *Расстояние до эквивалентной нагрузки* можно рассчитать на основе расчетов потока нагрузки и падения напряжения с использованием данных от DMS-системы и следующего уравнения.

$$Расст.\ до\ эквив.\ нагр. = \frac{U_{d(real)}}{U_{d(tap,d-1)}}$$

(Уравнение 158)

$U_{d(факт.)}$	Фактическое максимальное падение напряжение на фидере
$U_{d(отвод,d=1)}$	Фиктивное падение напряжения для случая, если бы вся нагрузка была подключена к отводу на конце (d=1) фидера (не показано на рисунке 441). Для вычисления этого значения требуются данные из DMS-системы.

Параметр *Расстояние до эквивалентной нагрузки* также можно определить, выполнив испытание однофазного замыкания на землю ($R_{повр.}$ = 0 Ом) в той точке фидера, в которой имеется максимальное фактическое падение напряжения. Обычно эта точка находится в конце главной линии. В результате вычисленное значение хранится в записанных данных "Расстояние до эквивалентной нагрузки".

Кроме того, если для параметра *Выбор алгоритма для замыкания на землю* выбрано значение "Моделирование нагрузки", параметр *Выбор алгоритма для замыкания на землю* определяет используемый алгоритм: основанный на

токе нулевой последовательности "На основе 3Io" или на токе обратной последовательности "На основе I2". Разница между методами "На основе 3Io" и "На основе I2" заключается в том, что для метода "На основе I2" не требуются параметры *ЕмкостноеРеактСопр* и *Сопротивл. утечки*. В случае "На основе 3Io" эти параметры требуются для компенсации влияния емкостей зарядки линии защищенного фидера. Это повышает точность оценки местоположения повреждения, если у повреждения имеется собственное активное сопротивление.

С некоторыми ограничениями метод "Моделирование нагрузки" можно также применять для незаземленных сетей. В этом случае для параметра *Выбор алгоритма для замыкания на землю* необходимо выбрать значение "На основе 3Io", поэтому требуется определить параметры *ЕмкостноеРеактСопр* и *Сопротивл. утечки*.

Необходимое условие работы функции SCEFRFLO при замыканиях на землю: ток замыкания на землю, соответствующий глухому КЗ, должен превышать ток нагрузки перед замыканием; т. е. должно быть верно следующее уравнение 159.

$$\textit{Отнош. тока поврежд. к току нагр.} = \frac{\left| I_{ef(Rfault=0)} \right|}{\left| I_{Load} \right|} \geq 1$$

(Уравнение 159)

Это отношение оценивается функцией SCEFRFLO и хранится в записанных данных "Отношение токов повреждения и нагрузки" вместе с оценкой расстояния до места повреждения.

В случае незаземленной сети величина тока повреждения, достаточная для выполнения условия "Отношение токов повреждения и нагрузки" >1, может достигаться, например, с помощью соответствующих операций переключения в параллельной сети, если это возможно, которые увеличивают ток повреждения. Если неисправный фидер обесточивается после переключения, может быть получена новая оценка расстояния до места повреждения. Сопротивление в месте повреждения снижает точность определения расстояния до места повреждения, и это сопротивление не должно быть слишком высоким, не более нескольких сотен Ом. Низкое соотношение токов повреждения и нагрузки также снижает точность и влияет на качество оценки расстояния до места повреждения. Указанные погрешности, влияющие на рассчитанную оценку расстояния до места повреждения, указываются в записанном значении индикатора качества результата "Качество расстояния до повреждения" в таблице 761.

Контуры повреждений "Повреждение AB", "Повреждение BC" или "Повреждение CA"

Контуры повреждений "Повреждение AB", "Повреждение BC" или "Повреждение CA" используются при коротких замыканиях между фазами, а также в случае двухфазных замыканий на землю, если отдельные замыкания на землю находятся в одном фидере. На рисунке 442 показана модель

контура межфазного повреждения. Следующие значения импеданса измеряются и сохраняются в записанных данных функции SCEFRFLO.

$$\textit{Активное сопротивление точки повреждения} = \frac{R_{\textit{поврежд.}}}{2}$$

(Уравнение 160)

$$\textit{Активное сопротивление контура повреждения} = R_1 + \frac{R_{\textit{поврежд.}}}{2}$$

(Уравнение 161)

$$\textit{Реактивное сопротивление контура повреждения = реактивное сопротивление поврежденной фазы} = X_1$$

(Уравнение 162)

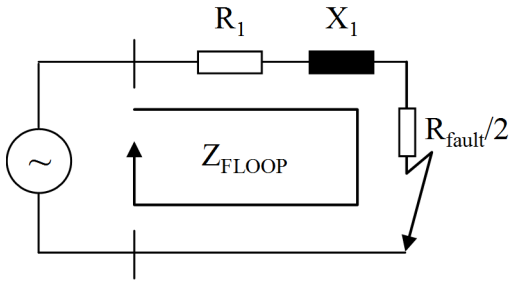


Рис. 442: Импеданс контура повреждения для контуров межфазных повреждений ("Повреждение AB", "Повреждение BC" или "Повреждение CA")

Алгоритм расчета расстояния до места повреждения в контурах межфазных повреждений определяется с помощью параметров *Компенсация нагрузки для межфазных контуров* и *Разрешить простую модель*. Для этих параметров предусмотрены значения "Выкл." или "Вкл.".

Компенсацию нагрузки можно включить или выключить с помощью параметра *Компенсация нагрузки для межфазных контуров*. Компенсацию нагрузки следует отключать только в случае, если отношение тока повреждения к току нагрузки велико или если величину расстояния до места повреждения при КЗ требуется оценивать при каждом срабатывании функции АПВ.

Наиболее точный способ расчета расстояния до места повреждения использует модель контура повреждения. В качестве параметров этой модели требуется задать импедансы прямой последовательности защищаемого фидера. При отсутствии этих значений правильные значения импедансов можно также вычислить без использования модели контура повреждения, задав для параметра *Разрешить простую модель* значение "ДА". Однако для правильной оценки расстояния, т. е. для преобразования измеренного импеданса ("электрическое расстояние до места повреждения") в физическое расстояние до места повреждения, требуются точные значения импеданса прямой последовательности.

Контур повреждения "Повреждение ABC"

Контур повреждения "Повреждение ABC" используется исключительно в случае трехфазного короткого замыкания. На рисунке 443 показана модель контура трехфазного повреждения. Следующие значения импеданса измеряются и сохраняются в записанных данных функции SCEFRFLO.

$$\textit{Активное сопротивление точки повреждения} = R_{\textit{поврежд.}}$$

(Уравнение 163)

$$\textit{Активное сопротивление контура повреждения} = R_1 + R_{\textit{поврежд.}}$$

(Уравнение 164)

$$\textit{Реактивное сопротивление контура повреждения} = \textit{реактивное сопротивление поврежденной фазы} = X_1$$

(Уравнение 165)

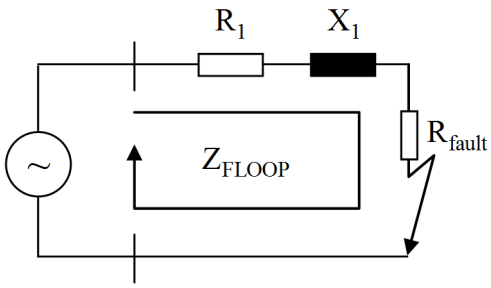


Рис. 443: Импеданс контура повреждения для трехфазного повреждения ("Повреждение ABC")

Расстояние до места трехфазного повреждения вычисляется с помощью специального измерительного элемента с использованием значений прямой последовательности. Это целесообразно особенно в случае нетранспонированных (несимметричных) линий, так как уменьшает влияние несимметрии параметров линий. Если линия нетранспонирована, все три межфазных контура имеют разные значения реактивного сопротивления контура повреждения. Использование значений прямой последовательности приводит к усреднению значений реактивных сопротивлений межфазных контуров, т. е. дает самую точную оценку в случае трехфазных повреждений.

Алгоритм расчета расстояния до места повреждения в случае контура трехфазного повреждения определяется с помощью параметров *Компенсация нагрузки для межфазных контуров* и *Разрешить простую модель*. Для этих параметров предусмотрены значения "Выкл." или "Вкл.".

Компенсацию нагрузки можно включить или выключить с помощью параметра *Компенсация нагрузки для межфазных контуров*. Компенсацию нагрузки следует отключать только в случае, если отношение тока повреждения к току нагрузки велико или если величину расстояния до места повреждения при КЗ требуется оценивать при каждом срабатывании функции АПВ.

Расчет расстояния до места повреждения наиболее точен при использовании модели контура повреждения. В качестве параметров этой модели требуется задать импедансы прямой последовательности защищаемого фидера. При отсутствии этих значений правильные значения импедансов можно также вычислить без использования модели контура повреждения, задав для параметра *Разрешить простую модель* значение "ДА". Однако для правильной оценки расстояния, т. е. для преобразования измеренного импеданса ("электрическое расстояние до места повреждения") в физическое расстояние до места повреждения, требуются точные значения импеданса прямой последовательности.

Оценка сопротивления повреждения в различных контурах повреждения

Величина сопротивления в точке повреждения, получаемое расчетом импеданса, запоминается в записанных данных "Активное сопротивление точки повреждения" и зависит от используемого контура повреждения, как показано на рисунке 444. В случае замыканий на землю оценка сопротивления точки повреждения включает общее сопротивление в точке повреждения между поврежденной фазой и землей, например: сопротивление дуги и заземления. В случае межфазных повреждений оценка сопротивления в точке повреждения равна половине общего сопротивления в точке повреждения между фазами. В случае трехфазного повреждения оценка сопротивления в точке повреждения равна общему сопротивлению в точке повреждения на фазу, например: сопротивление дуги на фазу.

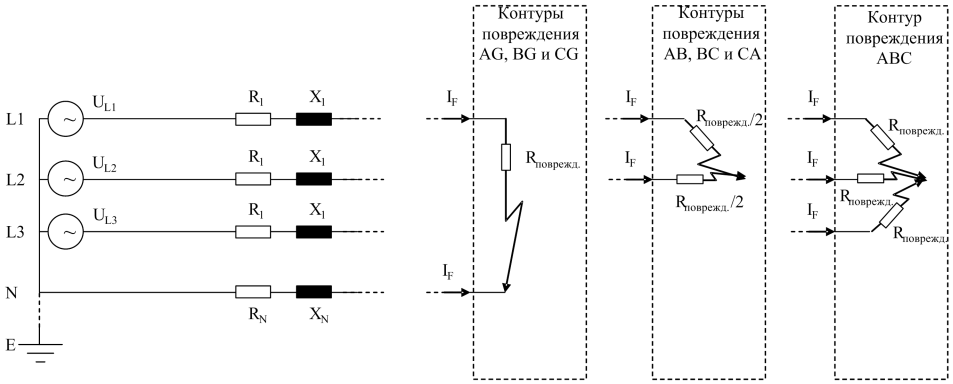


Рис. 444: Определение физического сопротивления в точке повреждения в различных контурах повреждения

Асимметрия в установившемся состоянии и компенсация нагрузки

В реальности энергосистемы никогда не бывают идеально симметричными. Асимметрия дает значения установившегося состояния в виде напряжений и токов нулевой и обратной последовательностей. Если эти значения не компенсированы, они вносят ошибки в расчеты расстояния до места повреждения, особенно в случае замыканий на землю. Во всех алгоритмах

расчетов расстояния до замыкания на землю, применяемых в функции SCEFRFLO, используются разностные значения, которые снижают влияние асимметрии в установившемся состоянии.

Еще одним источником погрешностей в расчетах расстояния до места повреждения является ток нагрузки. Его влияние возрастает при высоких значениях сопротивления повреждения. В функции SCEFRFLO для каждого типа повреждения используются независимые методы компенсации нагрузки, позволяющие получить оптимальные результаты. Целью компенсации нагрузки является повышение точности моделей расчета расстояния до места повреждения путем оценки фактического тока повреждения в месте повреждения. Для этого используются разностные значения, уменьшающие влияние тока нагрузки на оценку расстояния до места повреждения. В случае замыканий на землю компенсация нагрузки выполняется автоматически внутри алгоритма расчета расстояния до места повреждения. В случае коротких замыканий компенсация нагрузки включается с помощью параметра *Компенсация нагрузки для межфазных контуров*. По умолчанию используется значение "Вкл.". Значение "Выкл." для этого параметра следует задавать только в случае, если ожидаемое отношение тока повреждения к току нагрузки велико или если значение расстояния до места повреждения при КЗ требуется оценивать при каждом срабатывании функции АПВ.

Разностное значение описывает изменение измеренного сигнала из-за повреждения.

$$\Delta x = x_{fault} + x_{pre\text{-}fault}$$

(Уравнение 166)

$x_{поврежд.}$	Соответствует значению сигнала при повреждении
$x_{до\ поврежд.}$	Соответствует значению сигнала в исправном состоянии до повреждения

Индикатор качества результата

Качество оценки расстояния до места повреждения оценивается и указывается в записанных данных как "Качество расстояния до повреждения" вместе с оценкой расстояния до места повреждения. Качество расстояния до повреждения представляет собой битовый вектор, указывающий обнаруженные источники погрешностей в оценке расстояния до места повреждения. Если качество расстояния до повреждения равно 1, источники погрешностей не влияют на результат. Это означает хорошее качество оценки расстояния до места повреждения. Если обнаружены факторы, отрицательно влияющие на оценку расстояния до места повреждения, "Качество расстояния до повреждения" указывается в соответствии с таблицей 761. В этом случае оценка расстояния до места повреждения (Расстояние до повреждения) указывается в ИЧМ в скобках.

Таблица 761: Индикатор качества расстояния до повреждения

Значение	Описание соответствующей погрешности
2	Не достигнут критерий устойчивости оценки
4	Активное сопротивление в точке повреждения превышает 500 Ом
8	Активное сопротивление в точке повреждения превышает 5 × $X_{контур}$ [1)]
16	Активное сопротивление в точке повреждения превышает 20 × $X_{контур}$ [1)]
32	Отношение тока повреждения к току нагрузки менее 1,00
64	Оценка расстояния до места повреждения за пределами допусков (<-0,1 или >1,1 относительной единицы)
128	Расчет оценки расстояния не выполнен из-за низких значений I или U
256	Расчет оценки расстояния невозможен (например, во избежание деления на ноль)

1) Хконтур — это общее реактивное сопротивление контура в соответствии с параметрами

Например, если сопротивление в точке повреждения больше 500 Ом и отношение тока повреждения к току нагрузки менее 1,0, качество расстояния до повреждения имеет значение "36". Другой пример — если источники ошибок не обнаружены, но критерий устойчивости не выполняется, качество оценки расстояния до повреждения имеет значение "2".

Уставки импеданса

Расстояние до места повреждения, рассчитываемое в функции SCEFRFLO, основано на моделировании импеданса контура повреждения. Для контура повреждения задаются параметры импеданса, которые можно задать максимум для трех участков линии (A, B и C). Каждый участок включается путем ввода ненулевой длины участка в параметры *Длина участка A*, *Длина участка B* или *Длина участка C* в следующем порядке: участок A-> участок B-> участок C.

Для контуров замыкания на землю требуются импедансы как прямой, так и нулевой последовательности, например: *R1 линии, участок A* и *X1 линии, участок A*, *R0 линии, участок A* и *X0 линии, участок A*. Для контуров КЗ требуются только импедансы прямой последовательности. Даже эти параметры можно опустить для контуров КЗ, если для параметра *Разрешить простую модель* задано значение "ДА".

Если используются значения импеданса, важно, чтобы эти значения были близки к значениям импеданса используемых типов проводников. Значения импеданса задаются в первичных Омах [Ом/отн. единицу], а значения длины участка линии — в относительных единицах [о. е.]. Таким образом, для импеданса можно задать значения Ом/км и длину в км либо значения Ом/

милю и длину в милях. Расстояние до места повреждения получается в единицах, в которых указана длина участков линии.

Значения импеданса прямой последовательности

Для определения места повреждения требуется точно задать значения импеданса линии. Импедансы прямой последовательности требуются для определения места как КЗ, так и замыкания на землю. Поскольку значения импеданса на единицу длины, указанные в технических характеристиках, обычно действительны только при определенной конфигурации опор, значения необходимо скорректировать в соответствии с фактической конфигурацией установки. Это позволяет свести к минимуму ошибки определения места повреждения из-за неточных параметров.

Реактивное сопротивление прямой последовательности на единицу и на фазу можно вычислить с помощью следующего приблизительного уравнения, которое применимо к симметрично транспонированным трехфазным воздушным линиям с алюминиевыми проводами без проводов заземления.

$$X_1 \approx \omega_n \cdot 10^{-4} \left(2 \cdot \ln \frac{a_{en}}{r} + 0.5 \right) [\Omega / km]$$

(Уравнение 167)

ω_n	$2 \times \pi \times f_n$, где f_n = частота основной гармоники [Гц]
a_{en}	$\sqrt[3]{(a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31})}$
	геометрическое среднее расстояние между фазами [м]
a_{xy}	расстояние [м] между фазами x и y
r	радиус [м] одного провода

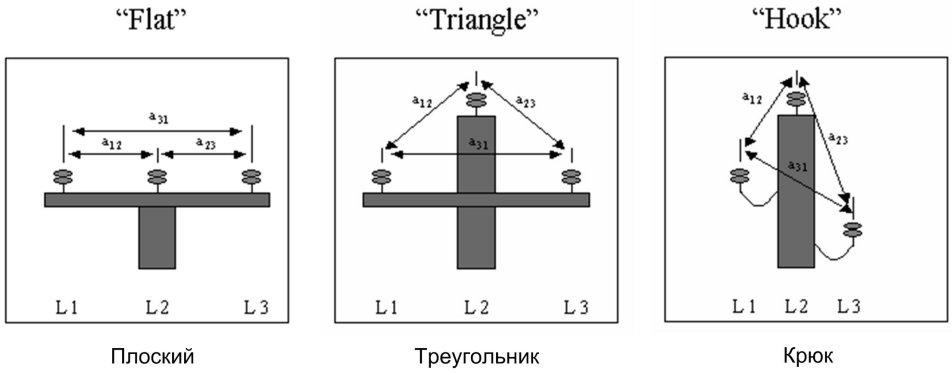


Рис. 445: Типовые конфигурации опор распределительных линий

Примеры значений импедансов прямой последовательности для типовых воздушных линий среднего напряжения указаны в следующих таблицах.

Таблица 762: Значения импеданса прямой последовательности для типовых проводов 11 кВ, для "плоской" конфигурации опор

Название	R1 [Ом/км]	X1 [Ом/км]
ACSR 50 кв. мм	0.532	0.373
ACSR 500 кв. мм	0.0725	0.270

Таблица 763: Значения импеданса прямой последовательности для типовых проводов 10/20 кВ, для "плоской" конфигурации опор

Название	R1 [Ом/км]	X1 [Ом/км]
Al/Fe 36/6 Sparrow	0.915	0.383
Al/Fe 54/9 Raven	0.578	0.368
Al/Fe 85/14 Pigeon	0.364	0.354
Al/Fe 93/39 Imatra	0.335	0.344
Al/Fe 108/23 Vaasa	0.287	0.344
Al/Fe 305/39 Duck	0.103	0.314

Таблица 764: Значения импеданса прямой последовательности для типовых проводов 33 кВ, для "плоской" конфигурации опор

Название	R1 [Ом/км]	X1 [Ом/км]
ACSR 50 кв. мм	0.529	0.444
ACSR 100 кв. мм	0.394	0.434
ACSR 500 кв. мм	0.0548	0.346

Значения импеданса нулевой последовательности

Для определения мест замыканий на землю требуются значения импеданса как прямой, так и нулевой последовательности. Для коротких замыканий импедансы нулевой последовательности не требуются.

Значения импеданса прямой последовательности на единицу длины для линий обычно известны или их можно легко узнать из таблиц технических данных. Значения нулевой последовательности обычно получить сложнее, так как они зависят от конкретных условий и конфигураций установки. Однако достаточная точность может быть достигнута с помощью довольно простых расчетов по приведенным ниже уравнениям, которые применимы к симметрично транспонированным трехфазным воздушным линиям с алюминиевыми проводами без проводов заземления.

$$R_0[50Hz] \approx R1 + 0.14804[\Omega / km]$$

(Уравнение 168)

$$R_0\,[60Hz] \approx R1 + 0.17765[\Omega / km]$$

(Уравнение 169)

$$X_0 \approx 2 \cdot \omega_n \cdot 10^{-4}\left(3 \cdot \ln\frac{w}{r_{en}} + 0.25\right)[\Omega / km]$$

(Уравнение 170)

R_1 сопротивление проводника AC [Ом/км]

W $658\sqrt{\frac{\rho_{earth}}{f_n}}$

эквивалентная глубина [м] обратной цепи заземления

$\rho_{земл}$ сопротивление заземления [Ом м]

r_{en} $\sqrt[3]{r \cdot \sqrt[3]{a_{12}^2 \cdot a_{23}^2 \cdot a_{31}^2}}$

эквивалентный радиус [м] жгута проводов

r радиус [м] одного провода

a_{xy} расстояние [м] между фазами x и y

Уставки *Сопротивл. утечки* и *ЕмкостноеРеактСопр*

Уставки *Сопротивл. утечки* и *ЕмкостноеРеактСопр* используются для повышения точности оценки расстояния до места повреждения при замыканиях на землю. Они очень важны для точного определения места повреждения в незаземленных сетях. В сетях других типов они не столь важны. Параметр *Сопротивл. утечки* характеризует потери на утечку в защищенном фидере, выражающиеся в величине сопротивления на каждую фазу. Параметр *ЕмкостноеРеактСопр* характеризует общее емкостное реактивное сопротивление защищенного фидера между фазой и землей для каждой фазы. Исход из опыта, правильная оценка параметра *Сопротивл. утечки* должна составлять 20…40 × *ЕмкостноеРеактСопр*.

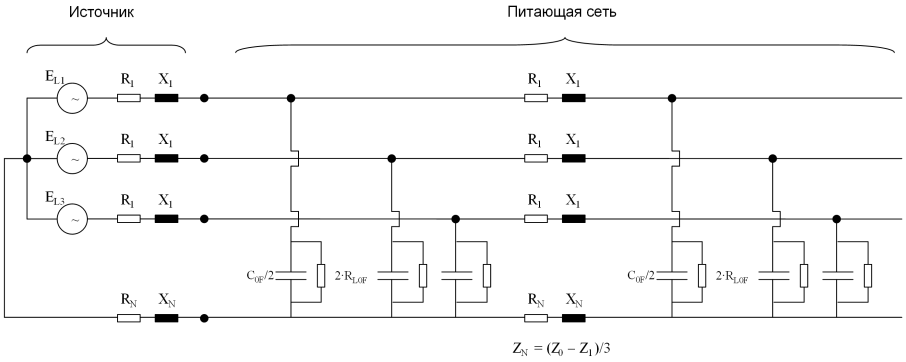


Рис. 446: Эквивалентная схема защищаемого фидера. R_{L0F} = Сопротивл. утечки.

Параметр *ЕмкостноеРеактСопр* может определяться на основании данных сети или на основании измерений.

Если известна общая емкость фаза-земля (включая все ветви) на фазу C_{0F} для защищенного фидера, значение этого параметра можно вычислить.

$$\textit{Емкостное реакт. сопр.} = \frac{1}{(\varphi_n \cdot C_{0F})}$$

(Уравнение 171)

Если в случае незаземленной сети известен ток замыкания на землю I_{ef}, создаваемый защищенным фидером, значение этого параметра можно вычислить.

$$\textit{Емкостное реакт. сопр.} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{xy}}{I_{ef}}$$

(Уравнение 172)

U_{xy} Напряжение фаза-земля

Функция SCEFRFLO может также определить значение параметра *ЕмкостноеРеактСопр* с помощью измерений. Вычисление значения параметра *ЕмкостноеРеактСопр* запускается по дискретному сигналу, подключенному ко входу TRIGG_XC0F, когда испытание замыкания на землю выполняется вне защищенного фидера во время ввода в эксплуатацию, например, на шине подстанции. Для параметра *Режим пуска расчета* должно быть задано значение "Внешний пуск". После активации запускающего входа TRIGG_XC0F вычисленное значение параметра *ЕмкостноеРеактСопр* извлекается из записанных данных в виде параметра *Расчет XC0F*. Это значение необходимо вручную ввести в параметр *ЕмкостноеРеактСопр*. Расчетное значение соответствует текущему состоянию переключения

фидера, т. е. если состояние переключения защищенного фидера изменяется, значение необходимо обновить.

На рисунке 447 изображен пример конфигурации, которая обеспечивает измерение параметра *ЕмкостноеРеактСопр*.

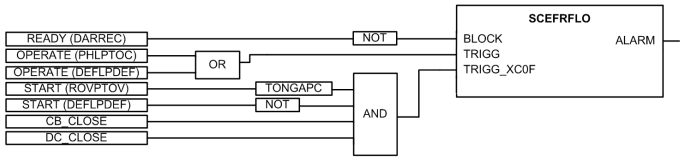


Рис. 447: Пример конфигурации, которая обеспечивает измерение параметра "ЕмкостноеРеактСопр"

Если замыкание на землю обнаружено функцией защиты от повышения напряжения нулевой последовательности (START функции ROVPTOV), но не обнаружено функцией защиты от замыкания на землю в прямом направлении (START функции DEFLPDEF), замыкание произошло за пределами защищаемого фидера. Это обязательное условие для правильного измерения значения параметра *ЕмкостноеРеактСопр*. После заданной задержки (TONGAPC) активируется вход TRIGG_XC0F, и параметр *Расчет XC0F* в записанных данных обновляется. Задержка (TONGAPC) должна быть больше, чем задержка пуска функции направленной защиты от замыкания на землю DEFLPDEF, но меньше минимального времени срабатывания функций направленной защиты от замыкания на землю в любом из фидеров. Например, если задержка пуска равна 100 мс, а минимальное время срабатывания составляет 300 мс, можно использовать значение 300 мс. Состояния выключателя и разъединителя используются для проверки того, что измерение производится для всего фидера.

Моделирование неоднородной линии

Типовой распределительный фидер состоит из нескольких участков воздушных линий и кабелей различного типа. Это означает, что фидер электрически неоднороден. Функция SCEFRFLO позволяет моделировать изменение импеданса линии в релейной защите с помощью трех участков линии с независимыми значениями импеданса. Это повышает точность выполняемого релейной защитой преобразования физического расстояния до места повреждения, особенно в случаях большой неоднородности импеданса линии. Каждый участок включается путем ввода ненулевой длины участка в параметры *Длина участка A*, *Длина участка B* или *Длина участка C* в следующем порядке: участок A-> участок B-> участок C.

Модель импеданса с одним участком включается путем указания ненулевого значения параметра *Длина участка A*. В этом случае для вычисления расстояния до места повреждения и для преобразования величины реактивного сопротивления в физическое расстояние до места повреждения используются параметры импеданса *R1 линии, участок A*, *X1 линии, участок A*, *R0 линии, участок A* и *X0 линии, участок A*. Такой вариант следует

использовать только в случае однородной линии, т. е. когда в состав защищаемого фидера входят проводники только одного типа.

Модель импеданса с двумя участками включается путем указания ненулевого значения для обоих параметров *Длина участка A* и *Длина участка B*. В этом случае для вычисления расстояния до места повреждения и для преобразования величины реактивного сопротивления в физическое расстояние до места повреждения используются параметры импеданса *R1 линии, участок A*, *X1 линии, участок A*, *R0 линии, участок A*, *X0 линии, участок A*, *R1 линии, участок B*, *X1 линии, участок B*, *R0 линии, участок B* и *X0 линии, участок B*. Такой вариант следует использовать в случае неоднородной линии, когда защищаемый фидер состоит из проводников двух типов.

Модель импеданса с тремя участками включается путем указания ненулевого значения для всех параметров *Длина участка A*, *Длина участка B* и *Длина участка C*. В этом случае для вычисления расстояния до места повреждения и для преобразования величины реактивного сопротивления в физическое расстояние до места повреждения используются параметры импеданса *R1 линии, участок A*, *X1 линии, участок A*, *R0 линии, участок A*, *X0 линии, участок A*, *R1 линии, участок B*, *X1 линии, участок B*, *R0 линии, участок B*, *X0 линии, участок B*, *R1 линии, участок C*, *X1 линии, участок C*, *R0 линии, участок C* и *X0 линии, участок C*. Такой вариант следует использовать в случае неоднородной линии, когда защищаемый фидер содержит проводники более чем двух типов.

Влияние неоднородности импеданса линии на преобразование величины реактивного сопротивления замыкания на землю в физическое расстояние до места повреждения демонстрируется в примере, показанном на рисунке 448 с фидером длиной 10 км и тремя типами линий. Общий импеданс линии длиной 10 км R1 = 6,602 Ом (0,660 Ом/км) и X1 = 3,405 Ом (0,341 Ом/км) получается из следующих участков и значений импеданса.

- 4 км линии PAS 150 (R1 = 0,236 Ом/км, X1 = 0,276 Ом/км)
- 3 км линии Al/Fe 54/9 Raven (R1 = 0,536 Ом/км, X1 = 0,369 Ом/км)
- 3 км линии Al/Fe 21/4 Swan (R1 = 1,350 Ом/км, X1 = 0,398 Ом/км)

Неоднородность импеданса фидера можно продемонстрировать, построив схему защищенного фидера на графике RX (в плоскости импеданса), как показано на рисунке 448.

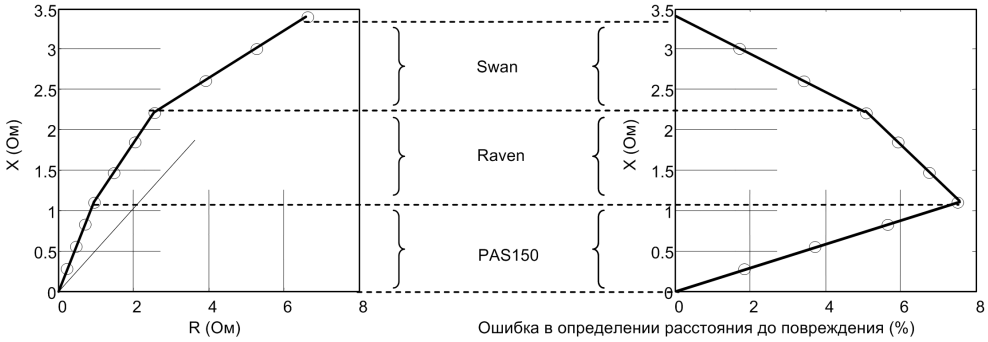


Рис. 448: Пример графика импеданса электрически неоднородного фидера (слева) и конечная погрешность определения расстояния до места повреждения, если измеренное реактивное сопротивление контура повреждения преобразуется в физическое расстояние до места повреждения с использованием параметров только одного участка (справа).

На рисунке 448 фидер моделируется одним или тремя участками линии с параметрами, приведенным в таблице 765.

Таблица 765: Уставки импеданса

Параметр	Модель импеданса с одним участком	Модель импеданса с тремя участками
R1 линии, участок A	0,660 Ом/о. е.	0,236 Ом/о. е.
X1 линии, участок A	0,341 Ом/о. е.	0,276 Ом/о. е.
Длина участка A	10000 о. е.	4000 о. е.
R1 линии, участок B	Нет	0,536 Ом/о. е.
X1 линии, участок B	Нет	0,369 Ом/о. е.
Длина участка B	0,000 о. е.	3000 о. е.
R1 линии, участок C	Нет	1,350 Ом/о. е.
X1 линии, участок C	Нет	0,398 Ом/о. е.
Длина участка C	0,000 о. е.	3000 о. е.

Рисунок 448 демонстрирует погрешность преобразования измеренной величины реактивного сопротивления контура повреждения в физическое расстояние до места повреждения. Место повреждения определяется на участке от 1 до 10 км с шагом 1 км (точки отмечены кружками). При моделировании неоднородной линии только одним участком максимальная погрешность преобразования составляет приблизительно восемь процентов. При использовании модели импеданса с тремя участками погрешность преобразования отсутствует.

В предыдущем примере предполагается, что повреждение представляет собой короткое замыкание, поэтому использовались только значения

импеданса прямой последовательности. Тем не менее, результат относится и к случаям замыкания на землю.

Отводы и ответвления в фидере

Если защищаемый фидер имеет отводы или ответвления, измеренный импеданс повреждения соответствует нескольким физическим местам повреждения (например, A или B на рисунке 449). Фактическое место повреждения необходимо определять с помощью дополнительной информации, например индикаторов тока КЗ, расположенных в точках отвода.

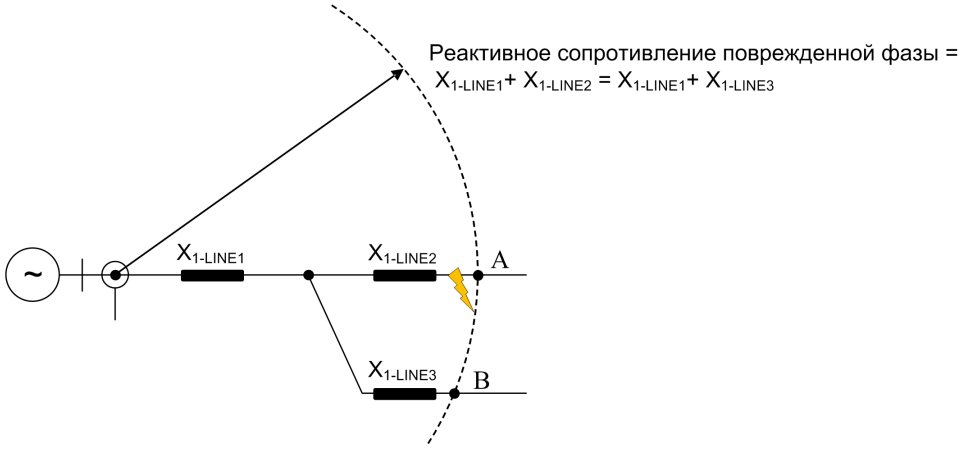


Рис. 449: Повреждение на распределительной линии с ответвлениями

5.7.4.3 Обнаружение сигнала пуска

Оценка расстояния до места повреждения вычисляется при запуске функции SCEFRFLO. Способ запуска определяется параметром *Режим пуска расчета*. Возможные варианты: "Внешний" или "Внутренний", по умолчанию используется значение "Внешний". Событие TRIGG_OUT указывает момент фиксации расстояния до места повреждения. Оценка расстояния до места повреждения (Расстояние до повреждения) вместе с отметкой времени фактического запуска запоминаются в записанных данных функции SCEFRFLO.

- В случае внешнего запуска сигнал внешнего триггера должен подаваться на вход `TRIGG`. Обычно сигнал запуска — это сигнал отключения от защитной функции. В момент запуска расстояние до места повреждения запоминается в записанных данных. Важно, чтобы запуск был должным образом синхронизирован для обеспечения достаточного времени на вычисление оценки расстояния перед отключением выключателя фидера.
- В случае внутреннего запуска вход `TRIGG` для него не используется. Вместо этого сигнал запуска создается внутренними средствами таким образом, чтобы расчет оценки мог запускаться, когда логика выбора фазы обнаруживает повреждение, и расчет начинался, когда ее значение

достаточно стабилизировалось. Это определяется по максимальному разбросу оценки расстояния до места повреждения и задается параметром *Вариация оценки расстояния* (в тех же единицах, что и оценка расстояния до места повреждения). Когда последовательные оценки в течение одного периода основной гармоники находятся в пределах диапазона "окончательное значение ± *Вариация оценки расстояния*", выполняется регистрация оценки расстояния до места повреждения (среднее значение последовательных оценок). Если стабилизации достичь не удается, оценка расстояния до места повреждения выдается непосредственно перед отключением фазных токов. Логика выбора фазы является ненаправленной функцией, поэтому внутренний запуск не должен использоваться, если требуется направленность.

Обычно для функции SCEFRFLO требуется не менее двух периодов основной гармоники на измерения после возникновения повреждения. Рисунок 450 демонстрирует типичное изменение оценки расстояния до места повреждения в зависимости от времени, вычисленной функцией SCEFRFLO.

- Сразу же после возникновения повреждения на оценку влияют начальные переходные процессы в напряжении и токах.
- Приблизительно через один период основной гармоники после возникновения повреждения оценка расстояния до места повреждения начинает приближаться к окончательному значению.
- Приблизительно через два периода основной гармоники после возникновения повреждения начинает выполняться критерий стабильности оценки расстояния до места повреждения и отправляется событие TRIGG_OUT. В этом момент запоминаются значения записанных данных.

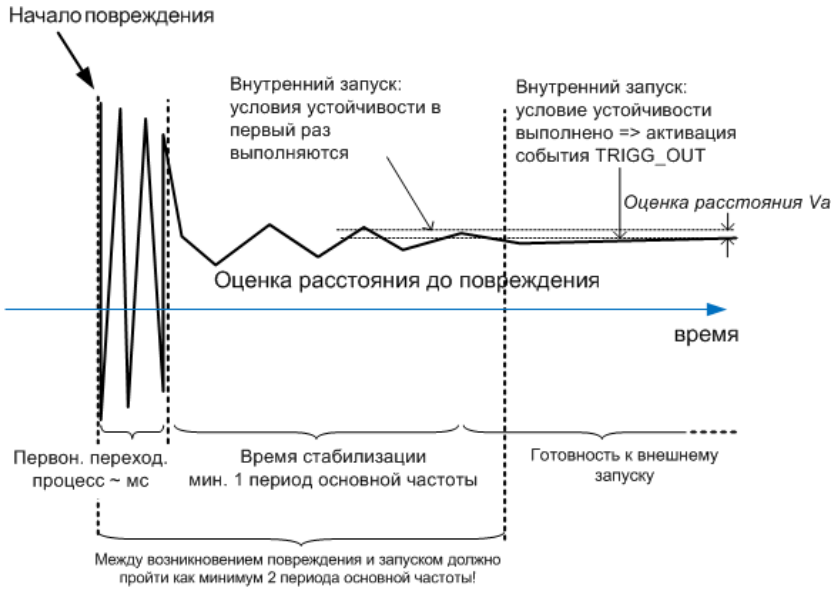


Рис. 450: Изменение оценки расстояния до места повреждения в зависимости от времени

5.7.4.4 Индикации аварийной сигнализации

Функция SCEFRFLO содержит выход аварийной сигнализации для рассчитанного расстояния до места повреждения. Если расчетное расстояние до места повреждения FLT_DISTANCE находится между значениями уставок *Нижняя граница для сигнализации* и *Верхняя граница для сигнализации*, активируется выход ALARM.

Выход ALARM может использоваться, например, в регионах с водными преградами или там, где сведения о конкретном местоположении повреждения имеют очень большое значение.

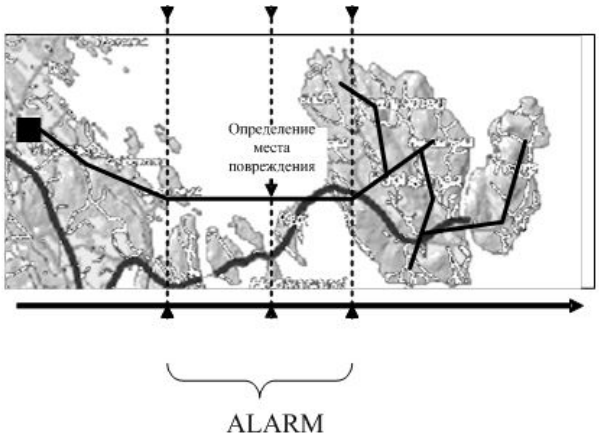


Рис. 451: Пример использования выхода ALARM

5.7.4.5 Записанные данные

Все информация, необходимая для дальнейшего анализа повреждения, сохраняется в записанных данных функции SCEFRFLO. В устройстве релейной защиты записанные данные можно просмотреть в **Мониторинг/ Записанные данные/Прочая защита/SCEFRFLO**.

В функцию также поступают значения контролируемых данных, используемые для считывания результатов непрерывных вычислений. Таблица перекрестных ссылок показывает, какие из записанных данных определяют величины, подлежащие непрерывному мониторингу во время повреждения.

Таблица 766: Таблица перекрестных ссылок для записанных и контролируемых данных

Записанные данные	Контролируемые данные
Контур повреждения	FAULT_LOOP
Расстояние до повреждения	FLT_DISTANCE
Качество расстояния до повреждения	FLT_DIST_Q
Активное сопротивление контура повреждения	RFLOOP
Реактивное сопротивление контура повреждения	XFLOOP
Реактивное сопротивление поврежденной фазы	XFPHASE
Активное сопротивление точки повреждения	RF
Отношение тока повреждения к току нагрузки	IFLT_PER_ILD
Расстояние до эквивалентной нагрузки	S_CALC
Расчет XC0F	XC0F_CALC

5.7.4.6 Режимы измерения

Для полноценной работы функции SCEFRFLO требуется измерение всех трех значений напряжения фаза-земля. Эти значения можно измерять с помощью традиционных трансформаторов напряжения или делителей напряжения, подключенных между фазой и землей (для параметра *Подключение TH* задано значение "Звезда"). Другой вариант — измерять межфазные напряжения (для параметра *Подключение TH* задано значение "Треугольник") и напряжение нулевой последовательности (Uo). При обоих этих вариантах для параметра конфигурации *Измерение напряжений* задается значение "Точно".

Если для параметра *Измерение напряжений* задано значение "Межфазные без Uo" и имеются только значения межфазных напряжений (а значение Uo отсутствует), возможно точное измерение только измерительных контуров короткого замыкания (контуры повреждения "Повреждение AB", "Повреждение BC", "Повреждение CA" или "Повреждение ABC"). В этом случае контуры замыкания на землю (контуры повреждений "Повреждение AG", "Повреждение BG" или "Повреждение CG") не могут обеспечить правильной оценки расстояния до места повреждения, и срабатывание функции в случае замыкания на землю автоматически отключается.

5.7.5 Применение

Клеммы фидера рассчитаны на быструю, селективную и надежную работу при повреждениях внутри защищаемого фидера. Кроме того, информация о расстоянии до места повреждения очень важна для сотрудников, занимающихся эксплуатацией и техническим обслуживанием. Надежные сведения о месте повреждения значительно снижают время простоя защищаемых фидеров и повышают общий коэффициент эксплуатационной готовности энергосистемы.

Функция SCEFRFLO выполняет определение места повреждения на основе импеданса. Она предназначена для радиальных распределительных систем и применяется для определения местоположения короткого замыкания в распределительных сетях всех видов. Места замыкания на землю могут определяться в сетях с эффективно заземленной нейтралью и в сетях с нейтралью, заземленной через низкое активное или низкое реактивное сопротивление. С некоторыми ограничениями функцию SCEFRFLO можно также применять для определения места замыкания на землю в незаземленных распределительных сетях.

Пример конфигурации

На рисунке 447 показан типовой пример конфигурации запуска функции SCEFRFLO, где применяется внешний запуск, т. е. для параметра *Режим пуска расчета* задано значение "Внешний". Сигнал `OPERATE` от функции ненаправленной максимальной токовой защиты PHLPTOC указывает на возникновение короткого замыкания. Сигнал `OPERATE` от функции

направленной защиты от замыкания на землю DEFLPDEF указывает на замыкание на землю в защищенном фидере.

SCEFRFLO с функцией АПВ

Когда функция SCEFRFLO используется с последовательностью автоматического повторного включения, оценка расстояния от места первого отключения обычно является самой точной. Оценка расстояния до места повреждения при последующих отключениях возможна, но точность может снижаться из-за погрешностей в компенсации нагрузки. Во время ожидания последовательности АПВ состояние нагрузки фидера остается неопределенным.

Можно также отключить запуск функции SCEFRFLO во время последовательности АПВ. Это достигается с помощью подключения инвертированного сигнала `READY` от функции АПВ DARREC (который указывает, что в данный момент выполняется последовательность АПВ) на вход `BLOCK` функции SCEFRFLO. Блокирование запуска функции SCEFRFLO во время последовательности АПВ предлагается использовать, когда компенсация нагрузки или устранение асимметрии установившегося состояния основаны на разностных величинах. Это относится к коротким замыканиям, когда для параметра *Компенсация нагрузки для межфазных контуров* задано значение "Вкл.", или к замыканиям на землю, когда для параметра *Выбор алгоритма для замыкания на землю* задано значение "Компенсация нагрузки" либо "Моделирование нагрузки".

5.7.6 Сигналы

Таблица 767: Входные сигналы функции SCEFRFLO

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
I_1	СИГНАЛ	0	Ток прямой последовательности
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
3Uo	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
U_2	СИГНАЛ	0	Напряжение обратной последовательности

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки
TRIGG	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход запуска расчета расстояния
TRIGG_XC0F	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход запуска расчета XC0F

Таблица 768: Выходные сигналы функции SCEFRFLO

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал локализации повреждения

5.7.7 Уставки

Таблица 769: Групповые уставки функции SCEFRFLO (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Zмакс фазн. нагр.	1,0...10000,0	Ом	0,1	80,0	Импеданс на фазу при макс. нагрузке, перегрузка по току/мин. сопротивл., PSL
Сопротивл. утечки	20...1000000	Ом	1	210000	Сопротивление утечки PhE линии в первичных омах
ЕмкостноеРеактСопр	10...1000000	Ом	1	7000	Емкостное реактивное сопротивление PhE линии в первичных омах
R1 линии, участок A	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	1,000	Сопротивление участка A линии прямой последовательности
X1 линии, участок A	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	1,000	Реактивное сопротивление участка A линии прямой последовательности
R0 линии, участок A	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	4,000	Сопротивление участка A линии нулевой последовательности
X0 линии, участок A	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	4,000	Реактивное сопротивление участка A линии нулевой последовательности
Длина участка A	0,000...1000,000	о. е.	0,001	0,000	Длина участка A

Таблица 770: Групповые уставки функции SCEFRFLO (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Верхняя граница для сигнализации	0,000...1,000	о. е.	0,001	0,000	Верхний предел сигнализации для расчетного расстояния
Нижняя граница для сигнализации	0,000...1,000	о. е.	0,001	0,000	Нижний предел сигнализации для расчетного расстояния
Расстояние до эквивалентной нагрузки	0,00...1,00		0,01	0,50	Расстояние до эквивалентной нагрузки, когда параметр "Алгоритм замыкания на землю" имеет значение "Моделирование нагрузки"
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
R1 линии, участок B	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	1,000	Сопротивление участка B линии прямой последовательности
X1 линии, участок B	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	1,000	Реактивное сопротивление участка B линии прямой последовательности
R0 линии, участок B	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	4,000	Сопротивление участка B линии нулевой последовательности
X0 линии, участок B	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	4,000	Реактивное сопротивление участка B линии нулевой последовательности
Длина участка B	0,000...1000,000	о. е.	0,001	0,000	Длина участка B
R1 линии, участок C	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	1,000	Сопротивление участка C линии прямой последовательности
X1 линии, участок C	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	1,000	Реактивное сопротивление участка C линии прямой последовательности
R0 линии, участок C	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	4,000	Сопротивление участка C линии нулевой последовательности
X0 линии, участок C	0,000...1000,000	Ом/о. е.	0,001	4,000	Реактивное сопротивление участка C линии нулевой последовательности
Длина участка C	0,000...1000,000	о. е.	0,001	0,000	Длина участка C

Таблица 771: Общие уставки функции SCEFRFLO (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Измерение напряжений	1=Точно 2=Междуфазное без Uo			1=Точно	Принцип измерения фазного напряжения
Режим пуска расчета	1=Внутренний пуск 2=Внешний пуск			2=Внешний пуск	Запуск наблюдения для расчета расстояния

Таблица 772: Общие уставки функции SCEFRFLO (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор алгоритма расчета замыкания на землю	1=Компенсация нагрузки 2=Моделирование нагрузки			1=Компенсация нагрузки	Выбор алгоритма вычисления PhE-контура
Выбор тока замыкания на землю	1=На основе 3Io 2=На основе I2			1=На основе 3Io	Выбор модели тока замыкания на землю
Компенсация нагрузки для межфазных контуров	0=Выкл 1=Вкл			1=Вкл	Включить компенсацию нагрузки для PP/3P-контуров
Включить простую модель	0=Выкл 1=Вкл			0=Выкл	Включить расчет без настроек импеданса для PP / 3P-контуров
Оценка расстояния Va	0,001...0,300		0,001	0,015	Допустимое изменение оценки расстояния до короткого замыкания

5.7.8 Контролируемые данные

Таблица 773: Контролируемые данные функции SCEFRFLO

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
RF	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Сопротивление точки повреждения в первичных омах
FAULT_LOOP	Enum	1=Повреждение AG 2=Повреждение BG 3=Повреждение CG 4=Повреждение AB 5=Повреждение BC 6=Повреждение CA 7=Повреждение ABC -5=Нет повреждения		Контур импеданса повреждения
FLT_DISTANCE	FLOAT32	0,00...3000,00	о. е.	Расстояние до места повреждения в единицах, выбранных пользователем.
FLT_DIST_Q	INT32	0...511		Качество расстояния до места повреждения
RFLOOP	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Сопротивление контура повреждения в первичных омах
XFLOOP	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Реактивное сопротивление контура повреждения в первичных омах
XFPHASE	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Реактивное сопротивление поврежденной прямой последовательности в первичных омах
IFLT_PER_ILD	FLOAT32	0,00...60000,00		Сбой при загрузке коэффициента трансформации тока
S_CALC	FLOAT32	0,00...1,00		Расчетное расстояние до эквивалентной нагрузки
XC0F_CALC	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Расчетное емкостное реактивное сопротивление PhE линии
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
SCEFRFLO	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
Время запуска	Метка времени			Рассчитать время запуска
Контур повреждения	Enum	1=Повреждение AG 2=Повреждение BG 3=Повреждение CG 4=Повреждение AB 5=Повреждение BC 6=Повреждение CA 7=Повреждение ABC -5=Нет повреждения		Контур повреждения
Расстояние до повреждения	FLOAT32	0,00...3000,00	о. е.	Расстояние до места повреждения
Качество расстояния до повреждения	INT32	0...511		Качество расстояния до места повреждения
Активное сопротивление контура повреждения	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Активное сопротивление контура повреждения
Реактивное сопротивление контура повреждения	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Реактивное сопротивление контура повреждения
Реактивное сопротивление поврежденной фазы	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Реактивное сопротивление поврежденной фазы
Активное сопротивление точки повреждения	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Сопротивление в месте повреждения
Отношение тока повреждения к току нагрузки	FLOAT32	0,00...60000,00		Сбой при загрузке коэффициента трансформации тока
Расстояние до эквивалентной нагрузки	FLOAT32	0,00...1,00		Расчетное расстояние до эквивалентной нагрузки
Расчет XC0F	FLOAT32	0,0...1000000,0	Ом	Расчетное емкостное реактивное сопротивление PhE линии

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Доаварийное время	Метка времени			Доаварийное время
Ток перед замык., ф.A, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Ток перед замыканием, фаза A, величина
Ток перед замык., ф.A, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Ток перед замыканием, фаза A, угол
Ток перед замык., ф.B, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Ток перед замыканием, фаза B, величина
Ток перед замык., ф.B, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Ток перед замыканием, фаза B, угол
Ток перед замык., ф.C, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Ток перед замыканием, фаза C, величина
Ток перед замык., ф.C, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Ток перед замыканием, фаза C, угол
Напр. перед замык., ф.A, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Напряжение перед замыканием, фаза A, величина
Напр. перед замык., ф.A, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Напряжение перед замыканием, фаза A, угол
Напр. перед замык., ф.B, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Напряжение перед замыканием, фаза B, величина
Напр. перед замык., ф.B, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Напряжение перед замыканием, фаза B, угол
Напр. перед замык., ф.C, угол	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Напряжение перед замыканием, фаза C, величина
Напр. перед замык., ф.C, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Напряжение перед замыканием, фаза C, угол
Ток замык., ф.A, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Ток замыкания, фаза A, величина
Ток замык., ф.A, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Ток замыкания, фаза A, угол
Ток замык., ф.B, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Ток замыкания, фаза B, величина
Ток замык., ф.B, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Ток замыкания, фаза B, угол
Ток замык., ф.C, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Ток замыкания, фаза C, величина
Ток замык., ф.C, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Ток замыкания, фаза C, угол
Напр. замык., ф.A, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Напряжение замыкания, фаза A, величина
Напр. замык., ф.A, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Напряжение замыкания, фаза A, угол

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Напр. замык., ф.B, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Напряжение замыкания, фаза B, величина
Напр. замык., ф.B, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Напряжение замыкания, фаза B, угол
Напр. замык., ф.C, велич.	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Напряжение замыкания, фаза C, величина
Напр. замык., ф.C, угол	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Напряжение замыкания, фаза C, угол

5.7.9 Технические данные

Таблица 774: Технические данные функции SCEFRFLO

Характеристика	Значение
Погрешность измерения	При частоте f = $f_{ном}$ Полное сопротивление: ±2,5% или ±0,25 Ом Расстояние: ±2,5% или ±0,16 км XC0F_CALC: ±2,5% или ±50 Ом IFLT_PER_ILD: ±5% или ±0,05

5.7.10 Данные о технических изменениях

Таблица 775: Данные о технических изменениях функции SCEFRFLO

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.

5.8 Включение на повреждение CBPSOF

5.8.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Защита от срабатывания выключателя при коротком замыкании на землю	CBPSOF	SOTF	SOTF

5.8.2 Функциональный блок

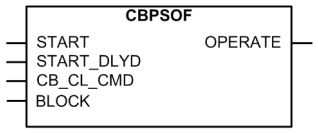


Рис. 452: Функциональный блок

5.8.3 Функциональные возможности

Функция включения на повреждение CBPSOF обеспечивает мгновенное отключение или отключение с задержкой по времени при включении автоматического выключателя при наличии неисправности.

CBPSOF активируется, если для команды включения выключателя `CB_CL_CMD` установлено высокое значение. Выходы функции `START` и `START_DLYD` предусмотрены для мгновенного срабатывания и срабатывания с задержкой по времени соответственно.

Функция содержит блокировку. При необходимости можно блокировать выходы и сбрасывать таймеры функции.

5.8.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции CBPSOF можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

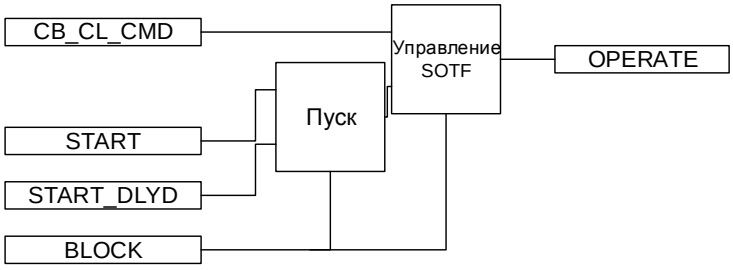


Рис. 453: Функциональная схема

Пуск

Этот блок используется для обнаружения возможного повреждения сразу после включения автоматического выключателя. Для индикации неисправностей используется функция внешней защиты, например,

PHxPTOC или EFxPTOC. Для питания выявленного повреждения предусмотрены входы START и START_DLYD.

- Вход START используется, если управление SOTF необходимо включить сразу после выявления повреждения функцией защиты.
- Вход START_DLYD задействуют в том случае, если управление SOTF требуется включить с задержкой по времени. Ее длительность задается уставкой *Время срабатывания*.

Управление SOTF

Управление SOTF активируется при активации входа CB_CL_CMD команды включения автоматического выключателя. Модуль продолжает работу до тех пор, пока после деактивации CB_CL_CMD не будет превышено время, заданное уставкой *Время сброса SOTF*. Выход OPERATE активируется при поступлении сигнала индикации неисправности от модуля триггера, когда управление SOTF все еще активно.

5.8.5 Применение

Вход CB_CL_CMD активирует функцию CBPSOF. В стандартной конфигурации к этому входу должна быть подключена команда включения выключателя. Уставка *Время сброса SOTF* поддерживает функцию CBPSOF в активном состоянии в течение определенного времени после выполнения команды включения аварийного выключателя.

Сигналы ступени с высокой уставкой и мгновенной ступени при перегрузке по току, например сигнал PHIPTOC START, подключаются к входу START функции. Если включен блок управления SOTF и активирован вход START, функция срабатывает мгновенно без каких-либо задержек.

Сигналы ступени с низкой уставкой при перегрузке по току, например сигнал PHLPTOC START, подключаются к входу START_DLYD функции. В случае броска тока намагничивания для выдержки срабатывания используется уставка *Время срабатывания*.

5.8.6 Сигналы

Таблица 776: Входные сигналы функции CBPSOF

Наименование	Тип	По умолчанию	Описание
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Запуск с функции, ускоренной SOTF
START_DLYD	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Запуск с функции, ускоренной SOTF с задержкой
CB_CL_CMD	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Внешнее включение SOTF по команде включения автоматического выключателя
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка функции

Таблица 777: Выходные сигналы функции CBPSOF

Наименование	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Срабатывание

5.8.7 Уставки

Таблица 778: Групповые уставки функции CBPSOF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время задержки срабатывания	От 0 до 60000	мс	1	0	Выдержка времени для входа запуска

Таблица 779: Групповые уставки функции CBPSOF (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время сброса SOTF	От 0 до 60000	мс	1	1000	Период обнаружения SOTF после инициализации

Таблица 780: Общие уставки функции CBPSOF (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Срабатывание	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

5.8.8 Контролируемые данные

Таблица 781: Контролируемые данные функции CBPSOF

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
CBPSOF	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

5.8.9 Технические данные

Таблица 782: Технические данные функции CBPSOF

Характеристика	Значение
Погрешность времени срабатывания	± 1,0% уставки или ± 20 мс

Раздел 6 Функции контроля

6.1 Контроль цепей отключения TCSSCBR

6.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Контроль цепей отключения	TCSSCBR	TCS	TCM

6.1.2 Функциональный блок

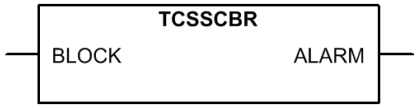


Рис. 454: Функциональный блок

6.1.3 Функциональные возможности

Функция контроля цепей отключения TCSSCBR предназначена для контроля цепей управления аварийным выключателем. Неисправность цепи управления выявляется с помощью специального выходного контакта с функцией контроля. Данные о неисправности цепи передаются в соответствующий функциональный блок в конфигурации реле.

Функция TCSSCBR запускается и срабатывает при обнаружении неисправности в цепи отключения. Функция имеет независимую выдержку времени (DT). Функция срабатывает по истечении заданной выдержки времени, и возвращается при исчезновении повреждения.

Функция содержит блокировку. Блокировка отключает все выходы `ALARM` и сбрасывает в исходное состояние таймер.

6.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции TCSSCBR можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

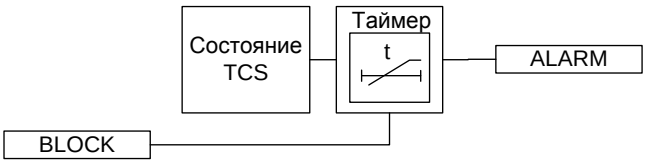


Рис. 455: Функциональная схема

Блок состояния функции TCS

Этот блок получает данные о состоянии цепи отключения из аппаратных средств. При выявлении неисправности в цепи отключения включается таймер.

Таймер

После включения таймер работает до истечения выдержки времени *Время срабатывания* . Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). Когда таймер срабатывания достигнет максимального значения уставки, становится активным выход ALARM . Если же возврат происходит в момент, когда еще не закончился отсчет времени, активируется таймер возврата с фиксированным значение 0,5 с. По истечении этого времени таймер срабатывания сбрасывается.

Управление входом BLOCK может осуществляться с помощью дискретного входа, входа горизонтальной связи или внутреннего сигнала программы релейного устройства. При активации входа BLOCK блокируется выход ALARM.

6.1.5 Применение

Функция TCSSCBR обнаруживает повреждения в электрической цепи управления выключателем. Функция может контролировать как включенные, так и отключенные цепи катушки. Такой контроль необходим для непрерывного контроля работоспособности цепей управления.

НаРисунке 456 показано применение функции контроля цепи отключения. Наилучшим решением является подключение внешнего шунтирующего резистора R_{ext} параллельно с внутренним контактом выключателя. Хотя внутренний контакт выключателя отключен, функция TCS может видеть цепь отключения через R_{ext}. Резистор R_{ext} должен иметь такое сопротивление, чтобы протекающий через него ток оставался небольшим, т.е. чтобы он не повредил или не перегрузил катушку отключения выключателя.

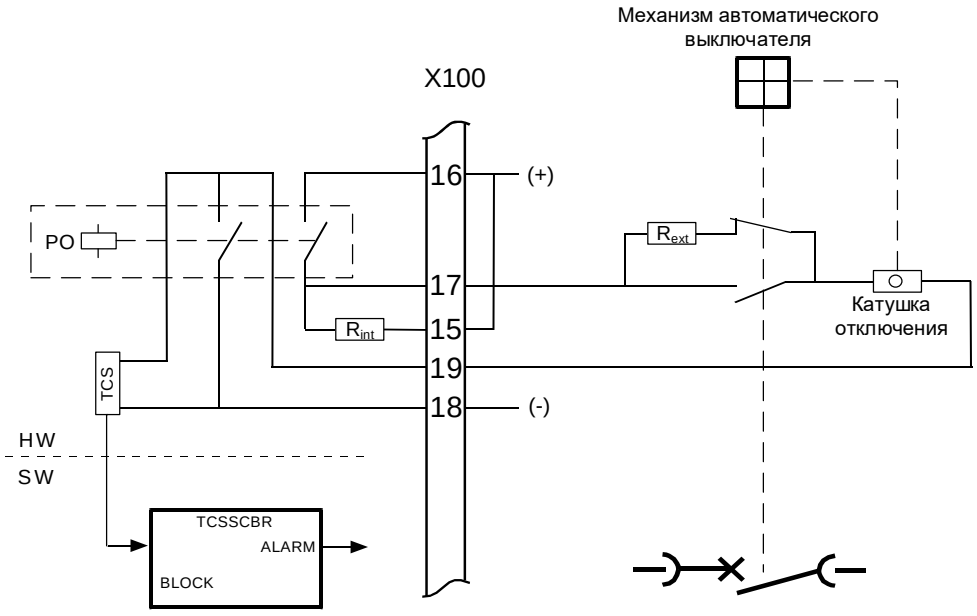


Рис. 456: Принцип действия функции контроля цепи отключения выключателя с использованием внешнего резистора. Блокирующий переключатель TCSSCBR не требуется, так как используется внешний резистор.

Если контроль цепи управления нужен только во включенном положении выключателя, то внешний шунтирующий резистор можно не использовать. Когда выключатель находится в отключенном положении, функция TCS "видит" ситуацию как поврежденную цепь. Избежать срабатывания функции TCS в такой ситуации поможет только блокировка функции контроля цепи отключения при отключенном выключателе.

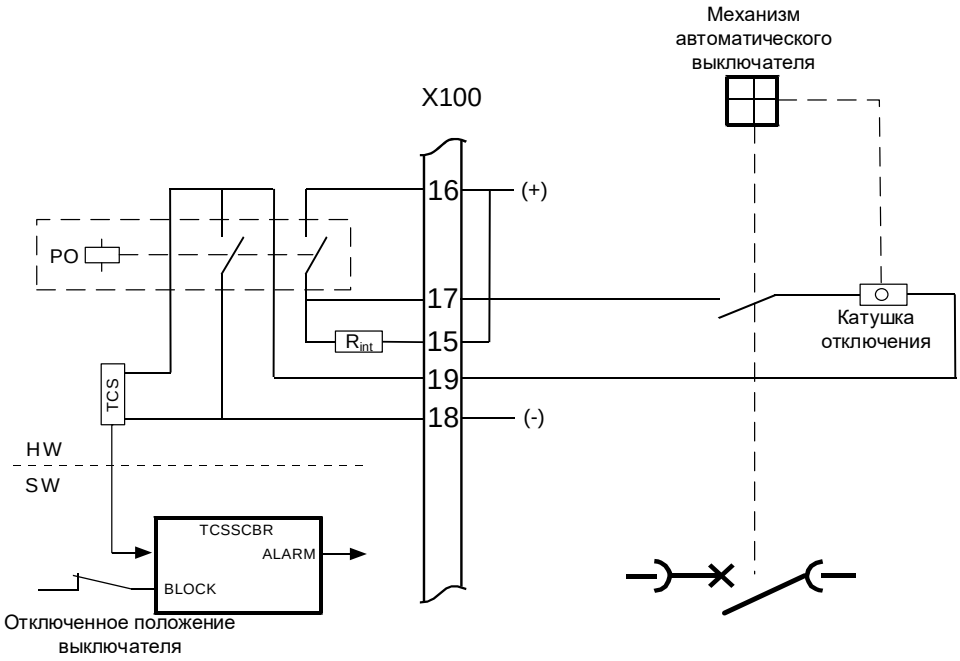


Рис. 457: Принцип действия функции контроля цепи отключения выключателя без использования внешнего резистора. Индикация отключенного состояния выключателя блокирует TCSSCBR, когда выключатель отключен.

Контроль цепей отключения и других контактов отключения

Обычно цепи отключения содержат более одного подключенного параллельно контакта отключения, например, на питающих линиях трансформатора, где газовое реле подключено параллельно с устройством защиты питающей линии и другими устройствами. Ток функции контроля не может определить, правильно ли подключен один или все остальные контакты, подключенные параллельно.

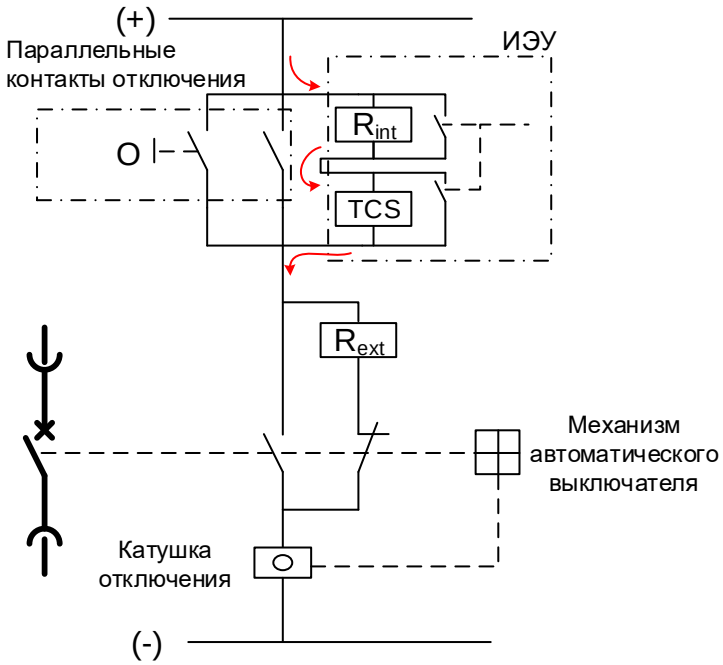


Рис. 458: Постоянный поток испытательного тока в параллельных контактах отключения и функции контроля цепи отключения

При наличии параллельных контактов отключения монтаж рекомендуется выполнять таким образом, чтобы испытательный ток TCS протекал по всем проводам и соединениям.

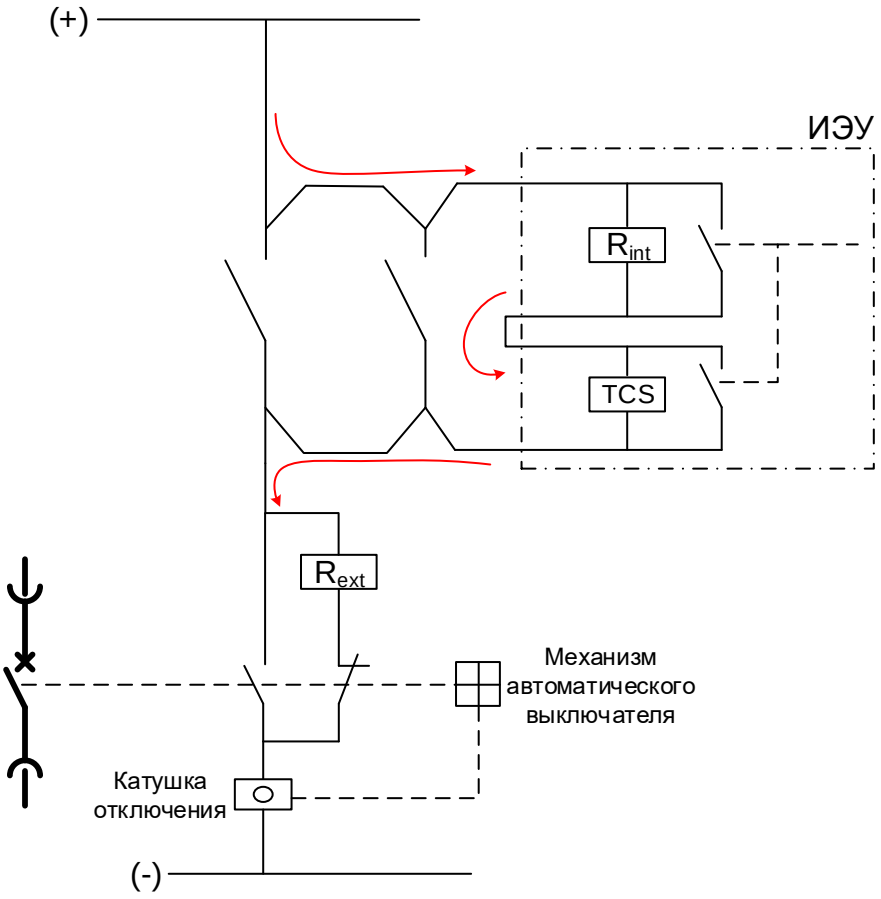


Рис. 459: Улучшенное соединение для параллельных контактов отключения, где тестовый ток протекает по всем проводам и соединениям

Несколько параллельно подключенных функций контроля цепей отключения в схеме

Не только цепи отключения имеют параллельные контакты отключения, возможно также наличие в схеме нескольких параллельных схем TCS. Каждая цепь TCS направляет собственный контролирующий ток таким образом, чтобы он протекал через контролируемую катушку, а ток катушки представлял собой сумму всех токов TCS. Это необходимо учитывать при определении сопротивления резистора R_{ext}.

Задание уставок функции TCS в неиспользуемом ИЭУ обычно не влияет на подачу контрольного тока.

Функции контроля цепи отключения при помощи промежуточных устройств защиты

Многие проекты, связанные с переоборудованием, осуществляются по частям, т.е. старые электромеханические устройства заменяются новыми, но при этом не заменяется выключатель. Это создает следующую проблему: ток катушки выключателя устаревшего типа может быть слишком высоким для размыкания контактами отключения ИЭУ.

Ток катушки выключателя обычно отключается внутренним контактом выключателя. При неисправности выключателя возрастает вероятность повреждения контакта отключения релейной защиты из-за необходимости отключения большого уровня электромеханической энергии, накопленной в катушке.

Между контактом отключения ИЭУ и катушкой выключателя может использоваться промежуточное реле. Таким путем можно решить проблему отключающей способности, но в этом случае схема TCS в ИЭУ будет контролировать катушку неповрежденного промежуточного реле, а не катушку выключателя. Для контроля катушки отключения выключателя используется отдельное устройство контроля цепи отключения.

Определение параметров внешнего резистора

При стандартных рабочих условиях используемое внешнее напряжение делится между внутренней цепью устройства и внешней цепью отключения, чтобы как минимум 20 В (15 – 20 В) оставалось во внутренней цепи устройства. Если сопротивление внешней цепи будет слишком высоким, или сопротивление внутренней цепи слишком маленьким, например, из-за сварных контактов, будет обнаружено повреждение.

Математически условие срабатывания можно выразить следующим образом:

$$U_C - (\mathrm{R}_{ext} + R_{int} + R_s) \times I_c \geq 20V \quad AC / DC$$

(Уравнение 173)

U_c	Рабочее напряжение контролируемой цепи отключения
I_c	Измеренный ток цепи отключения, приблизительно 1,5 мА (0,99...1,72 мА)
R_{ext}	внешнее шунтирующее сопротивление
R_{int}	внутреннее шунтирующее сопротивление, 1 кОм
R_s	сопротивление катушки отключения

При использовании внешнего шунтирующего сопротивления, его параметры необходимо рассчитать так, чтобы оно не влияло на действие функции контроля или катушки отключения. Слишком большое сопротивление вызовет слишком большое падение напряжения, подвергая риску требование, что напряжение должно быть, по меньшей мере, на 20 В больше, чем во внутренней цепи, тогда как слишком маленькое сопротивление может спровоцировать непредусмотренное срабатывание катушки отключения.

Таблица 783: Рекомендуемые значения для внешнего резистора R_{ext}

Рабочее напряжение U_c	Шунтирующий резистор R_{ext}
48 В перем./пост. тока	1,2 кОм, 5 Вт
60 В перем./пост. тока	5,6 кОм, 5 Вт
110 В перем./пост. тока	22 кОм, 5 Вт
220 перем./пост. тока	33 кОм, 5 Вт

Из-за требования, что напряжение на контакте TCS должно быть не менее 20 В, невозможно гарантировать правильность работы на оперативном напряжении менее 48 В постоянного тока из-за падения напряжения на резисторе R_{int},R_{ext} и рабочей катушке, или даже падения напряжения в системе оперативного питания, что может привести к тому, что на контакте TCS будут слишком малые значения напряжения. В таком случае может ошибочно сработать аварийная сигнализация.

При низком оперативном напряжении (<48В постоянного тока) для блокировки непредусмотренного срабатывания TCS рекомендуется использовать данные о положении выключателя. Использование индикации положения выключателя описано в этой главе выше.

Использование контактов сильноточных выводов без контроля цепи отключения

Если функция TCS не используется, а информация о положении контактов соответствующих сильноточных выходов нужна, то внутренний резистор можно обойти. В этом случае выход может использоваться как обычный сильноточный выход. Чтобы обойти внутренний резистор, можно отсоединить проводку между зажимами соответствующего выхода X100:16-15(PO3) или X100:21-20(PO4). Внутренний резистор требуется тогда, когда схема TCS используется полностью.

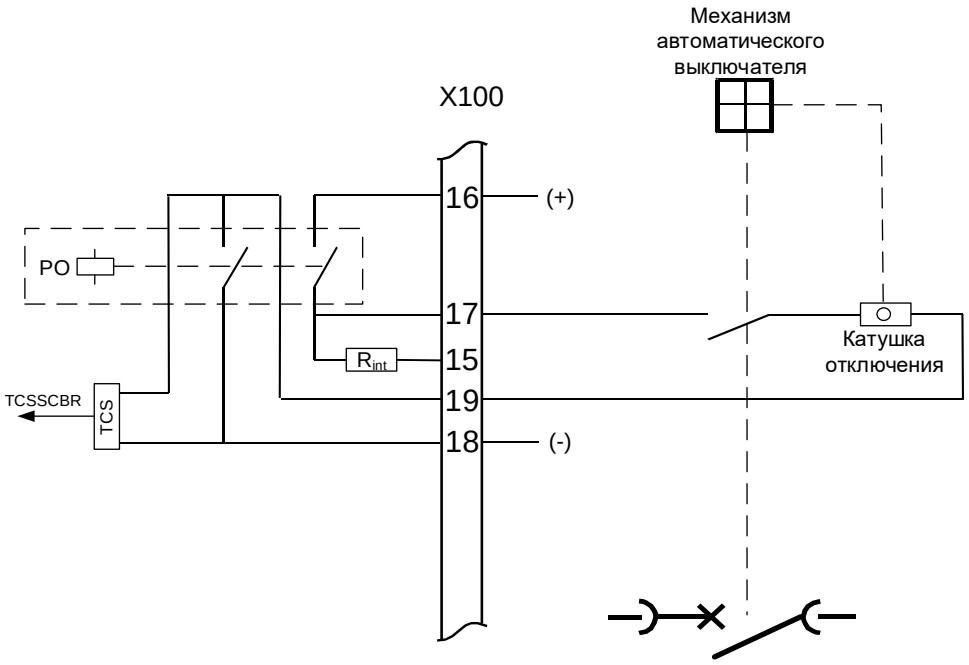
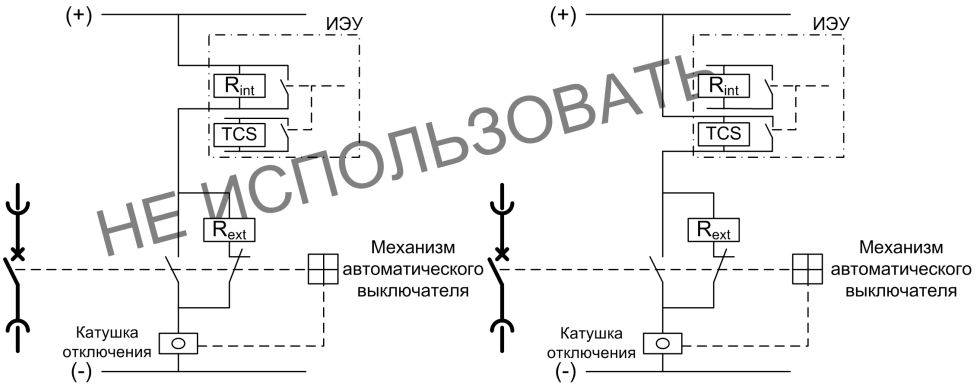


Рис. 460: Подключение сильноточного выхода в случае, когда TCS не используется, а внутренний резистор отключен

Неправильное подключение и использование функции контроля цепи отключения

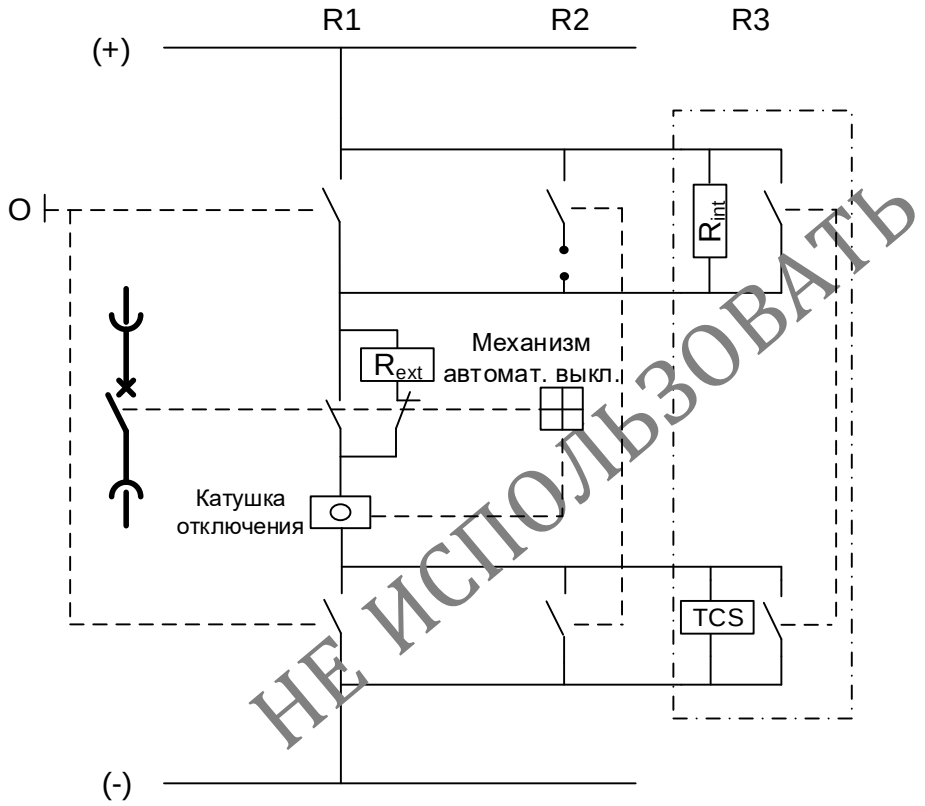
Хотя цепь TCS состоит из двух отдельных контактов, следует отметить, что для обеспечения отключающей способности, указанной в техническом руководстве на ИЭУ, они должны быть подключены последовательно. Кроме слабой отключающей способности внутренний резистор не рассчитан на то, чтобы выдерживать ток без цепи TCS. В результате такое неправильное подключение приведет к моментальному перегоранию внутреннего резистора, когда выключатель находится во включенном положении, а на цепь отключения подается напряжение. Неправильное использование цепи TCS, когда используется только один контакт, показано на следующем рисунке.



НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Рис. 461: Неправильное подключение функции контроля цепи отключения

На следующем рисунке показано подключение трех ИЭУ с двухполюсной схемой отключения. Только ИЭУ R3 имеет внутреннюю цепь TCS. Чтобы проверить работу ИЭУ R2, но при этом не отключить выключатель, нужно отсоединить верхний контакт отключения ИЭУ R2, как показано на рисунке, тогда как нижний контакт по-прежнему подключен. При срабатывании ИЭУ R2 ток катушки начинает течь через внутренний резистор ИЭУ R3, и резистор моментально перегорает. Как доказано предыдущими примерами, оба контакта отключения должны действовать вместе. Необходимо обратить внимание на правильное использование функции контроля цепи отключения, например, во время тестирования ИЭУ.



НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Рис. 462: Неправильное тестирование ИЭУ

6.1.6 Сигналы

Таблица 784: Входные сигналы функции TCSSCBR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа блокировки

Таблица 785: Выходные сигналы функции TCSSCBR

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход сигнализации

6.1.7 Уставки

Таблица 786: Общие уставки функции TCSSCBR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Время срабатывания	20...300000	мс	1	3000	Время срабатывания

Таблица 787: Общие уставки функции TCSSCBR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	20...60000	мс	1	1000	Время возврата

6.1.8 Контролируемые данные

Таблица 788: Контролируемые данные функции TCSSCBR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
TCSSCBR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/Заблокировано 5=Выкл		Состояние

6.1.9 Данные о технических изменениях

Таблица 789: Данные о технических изменениях функции TCSSBR

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение

6.2 Контроль токовых цепей CCSPVC

6.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/IEEE C37.2
Контроль токовых цепей	CCSPVC	MCS 3I	MCS 3I

6.2.2 Функциональный блок

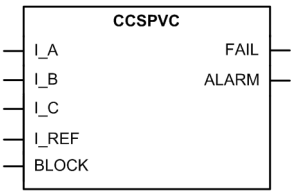


Рис. 463: Функциональный блок

6.2.3 Функциональные возможности

Функция контроля токовых цепей CCSPVC используется для контроля вторичных цепей трансформатора тока.

Функция CCSPVC рассчитывает в устройстве сумму фазных токов (I_A, I_B и I_C) и сравнивает эту сумму с измеренным током нулевой последовательности (I_REF).Ток опорного сигнала должен создаваться по трем другим сердечникам фазного ТТ, отличным от фазных токов (I_A, I_B и I_C), и их необходимо суммировать вне релейной защиты.

Функция CCSPVC обнаруживает КЗ в цепи измерения и подает аварийный сигнал или блокирует функции защиты во избежание ложного срабатывания.

Необходимо помнить о том, что блокировка функций защиты при отключении цепи ТТ означает, что ситуация сохранится, а чрезвычайно высокие напряжения негативно повлияют на вторичную цепь.

6.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции CCSPVC можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

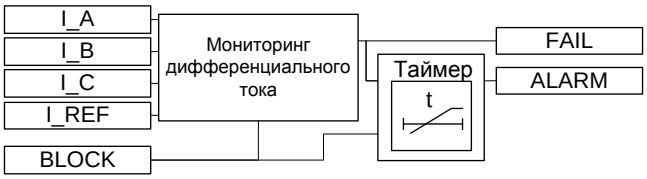


Рис. 464: Функциональная схема

Мониторинг дифференциального тока

Функция мониторинга дифференциального тока контролирует разность между суммой токов I_A, I_B и I_C и током нулевой последовательности I_REF.

Характеристики срабатывания тока могут выбираться при помощи уставки *Пусковое значение*. Когда максимальный фазный ток ниже 1,0 × In, предел дифференциального тока задается при помощи уставки *Пусковое значение*. Когда максимальный фазный ток более 1,0 × In, предел дифференциального тока рассчитывается по формуле:

МАКС. (I_A, I_B, I_C) × Пусковое значение

(Уравнение 174)

Дифференциальный ток ограничен значением 1,0 × In.

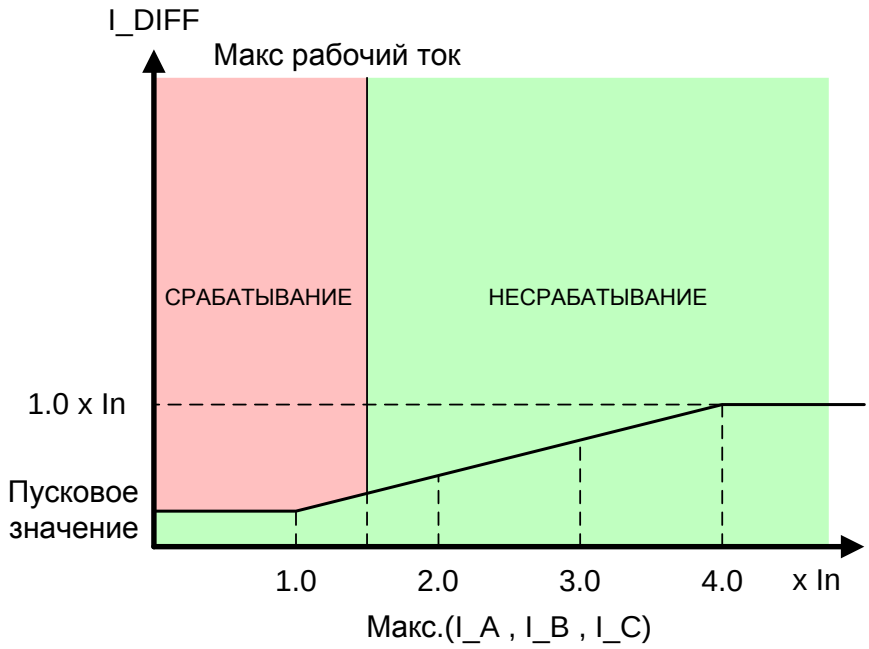


Рис. 465: Характеристики срабатывания функции CCSPVC

Когда дифференциальный ток I_DIFF находится в области срабатывания, активируется выход FAIL .

Функция блокируется, если фазный ток превышает заданное значение уставки *Макс рабочий ток*. При активизации внутренней блокировки сразу же блокируется выход FAIL . Внутренняя блокировка используется во избежание ложного срабатывания во время КЗ, когда трансформаторы тока насыщаются вследствие больших токов КЗ.

Величину дифференциального тока можно просмотреть в окне контролируемых данных в ЛИЧМ или по каналам связи. Для ее расчета используется следующее уравнение.

$$I_DIFF = \left|\overline{I_A} + \overline{I_B} + \overline{I_C}\right| - \left|\overline{I_REF}\right|$$

(Уравнение 175)

Уставка *Пусковое значение* задается в единицах от номинального тока ×In фазного трансформатора тока. Возможная разность коэффициентов трансформации фазного и опорного тока компенсируется масштабированием I_REF со значением, полученным из значений уставки *Первичный ток*. Значения уставок можно найти в разделе "Основные функции".

При активации входа BLOCK выход FAIL сразу же блокируется.

Таймер

Таймер активируется сигналом FAIL . Выход ALARM активируется по истечении фиксированной выдержки времени 200 мс. Сигнал FAIL должен быть активным в течение выдержки времени.

При активации внутренней блокировки сразу же отключается выход FAIL. Выход ALARM отключается по истечении фиксированной задержки, составляющей три секунды.

Функция сбрасывается, когда дифференциальный ток меньше пускового значения и самый большой фазный ток превышает 5 процентов от номинального тока (0,05 × In).

Если при активном выходе FAIL или ALARM ток снижается до нуля, деактивация этих выходов предотвращается.

При активации входа BLOCK выход ALARM блокируется.

6.2.5 Применение

Отключенные или закороченные сердечники трансформатора тока могут привести к непредусмотренному срабатыванию многих функций защиты, таких как дифференциальная защита, токовая защита от замыканий на землю и токовая защита обратной последовательности. Когда доступны токи от двух независимых трехфазных комплектов ТТ или сердечников ТТ , измеряющих те же первичные токи, надежную защиту токовых цепей можно сделать за счет сравнения токов от двух комплектов ТТ. При обнаружении ошибки в любой цепи ТТ, соответствующие функции защиты будут заблокированы, и будет выдан аварийный сигнал.

При наличии высоких токов неравномерное насыщение сердечников ТТ при переходных процессах с различным коэффициентом остаточной намагниченности или коэффициентом насыщения может привести к тому, что величина вторичных токов от двух сердечников ТТ будет разной. И в

таком случае необходимо избежать непредусмотренной блокировки функций защиты при переходных процессах.

Функция контроля должна быть чувствительной, чтобы время ее срабатывания было небольшим, чтобы предотвратить непредусмотренное отключение от быстродействующих чувствительных цифровых защит в случае повреждения вторичных цепей трансформатора тока.

Отключение цепей ТТ создает в цепях исключительно высокие напряжения, которые могут повредить изоляцию и привести к другим проблемам. Это необходимо учитывать, особенно при блокировании функций защиты.

Если сигнал опорного тока не подключен к устройству релейной защиты, функцию следует отключить. В противном случае при возникновении несимметрии фазных токов выход FAIL активируется, даже если измерительная цепь будет исправна.

Измерение опорного тока при помощи трансформатора тока нулевой последовательности

Функция CCSPVC сравнивает сумму фазных токов с током, измеренным трансформатором тока нулевой последовательности.

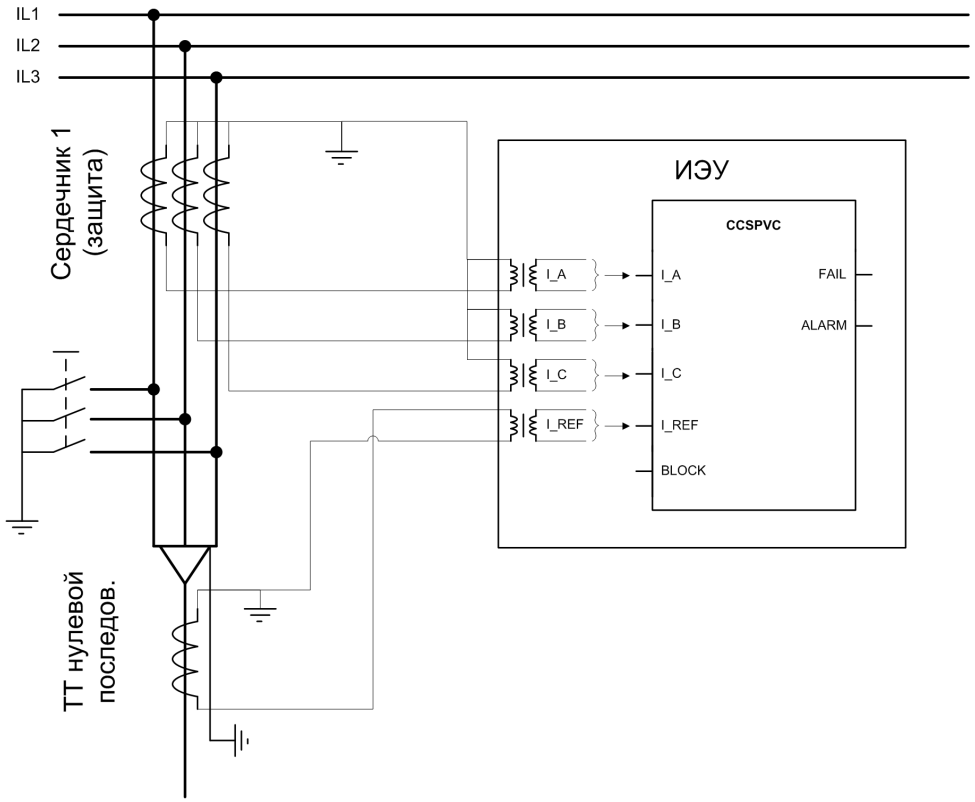


Рис. 466: Схема соединений функции измерения опорного тока при помощи ТТ нулевой последовательности

Измерение тока при помощи двух отдельных трехфазных комплектов ТТ

На Рисунке 467 и Рисунке 468показана схема соединений, где ток измеряется при помощи двух отдельных трехфазных комплектов ТТ.

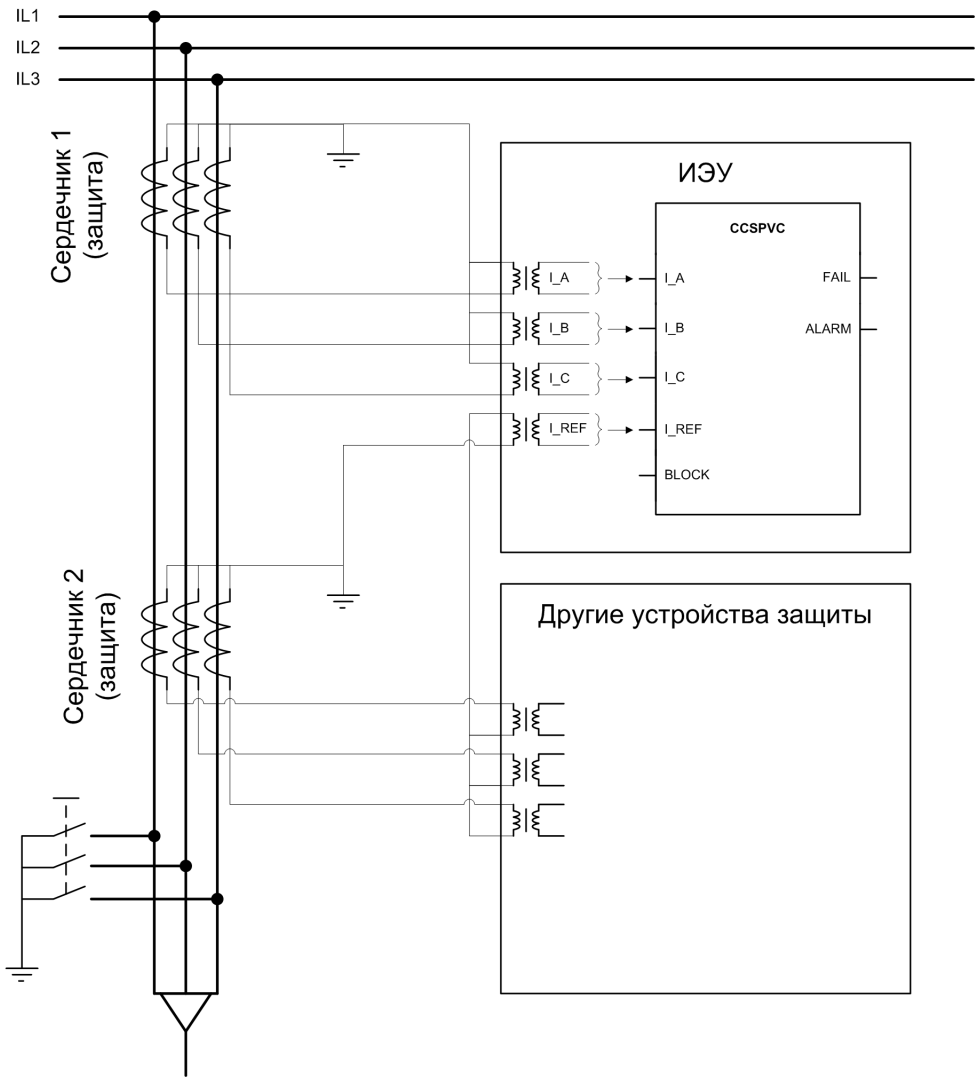


Рис. 467: Схема соединений функции контроля токовых цепей с двумя комплектами трехфазных ТТ

При использовании измерительного сердечника для измерений опорного тока следует отметить, что уровень насыщения измерительного сердечника намного ниже уровня насыщения сердечника защиты. Это нужно учитывать при задании уставок функции контроля токовых цепей.

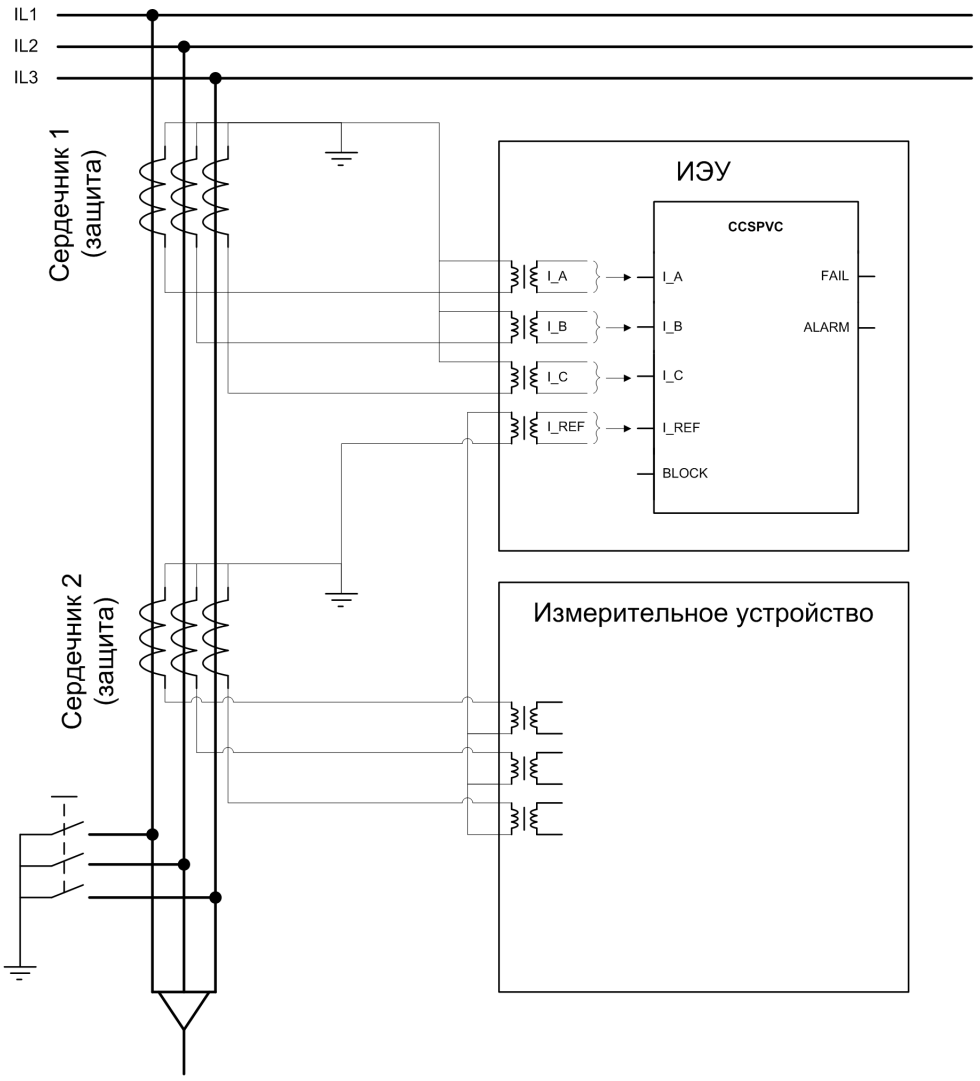


Рис. 468: Схема подключения функции контроля токовых цепей при помощи двух комплектов трехфазных ТТ (защиты и измерения)

Пример неправильного подключения

Токи должны измеряться двумя отдельными сердечниками, т.е. фазные токи должны измеряться другим сердечником, а не тем, которым измеряется опорный ток. На схеме соединений показан пример измерения фазных токов и опорного тока одним сердечником.

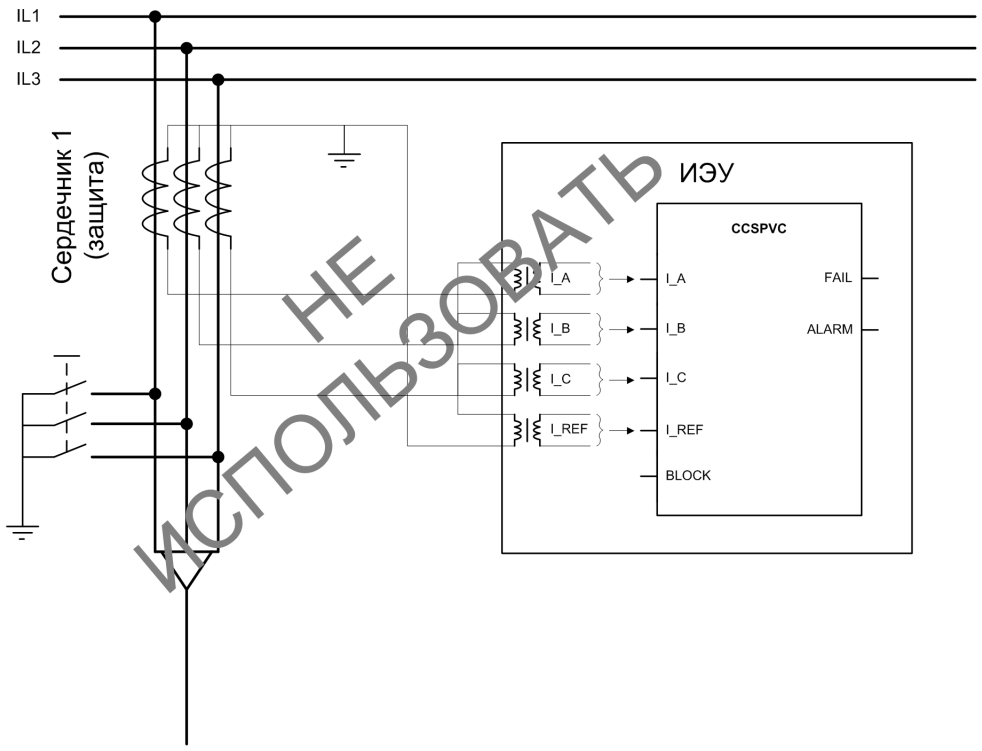


Рис. 469: Пример неправильного подключения опорного тока

6.2.6 Сигналы

Таблица 790: Входные сигналы функции CCSPVC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
I_REF	СИГНАЛ	0	Опорный ток
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов

Таблица 791: Выходные сигналы функции CCSPVC

Название	Тип	Описание
FAIL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход неисправности
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход сигнализации

6.2.7 Уставки

Таблица 792: Общие уставки функции CCSPVC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Пусковое значение	0,05...0,20	xIn	0,01	0,05	Минимальный дифференциальный ток срабатывания

Таблица 793: Общие уставки функции CCSPVC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Макс рабочий ток	1,00...5,00	xIn	0,01	1,50	Блокировка функции при высоком значении фазного тока

6.2.8 Контролируемые данные

Таблица 794: Контролируемые данные функции CCSPVC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
IDIFF	FLOAT32	0,00...40,00	xIn	Дифференциальный ток
CCSPVC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

6.2.9 Технические данные

Таблица 795: Технические данные функции CCSPVC

Характеристика	Значение
Время срабатывания[1)]	<30 мс

1) Включает время срабатывания выходного контакта

6.2.10 Данные о технических изменениях

Таблица 796: Данные о технических изменениях функции CCSPVC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение
D	Внутреннее улучшение

6.3 Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты HZCCxSPVC

6.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты, фаза A	HZCCASPVC	MCS I_A	MCS I_A
Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты, фаза B	HZCCBSPVC	MCS I_B	MCS I_B
Контроль трансформатора тока для схемы высокоомной защиты, фаза C	HZCCCSPVC	MCS I_C	MCS I_C

6.3.2 Функциональный блок

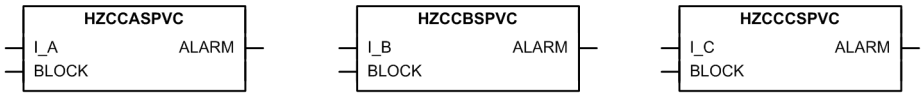


Рис. 470: Функциональный блок

6.3.3 Функциональные возможности

Функция контроля трансформатора тока для схемы высокоимпедансной дифференциальной защиты HZCCxSPVC специально предназначена для использования совместно с высокоимпедансной дифференциальной защитой для обнаружения обрывов проводников вторичной обмотки ТТ. Дифференциальный ток подается на вход релейной защиты. В нормальном состоянии ТТ величина дифференциального тока равна нулю. Однако если ТТ поврежден, возникает вторичный дифференциальный ток, который используется для подачи аварийного сигнала.

Во избежание ложных срабатываний чувствительность настройки функции HZCCxSPVC должна быть выше, чем задаваемая для высокоомной

дифференциальной защиты. Функция может срабатывать в случае сквозного повреждения на других участках сети. Однако при использовании большого времени задержки (3 с и более) защита, расположенная далее по сети, обрабатывает повреждение до срабатывания аварийного сигнала.

Функция HZCCxSPVC подает аварийный сигнал, когда дифференциальный ток превышает заданную предельную величину. Функция работает с независимой выдержкой времени (DT).

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать выход функции, таймер или полностью всю функцию.

6.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции HZCCxSPVC можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

Модульная схема показывает все фазы функции. Однако описание работы приводится только для фазы A. Для фаз B и C функция работает аналогично.

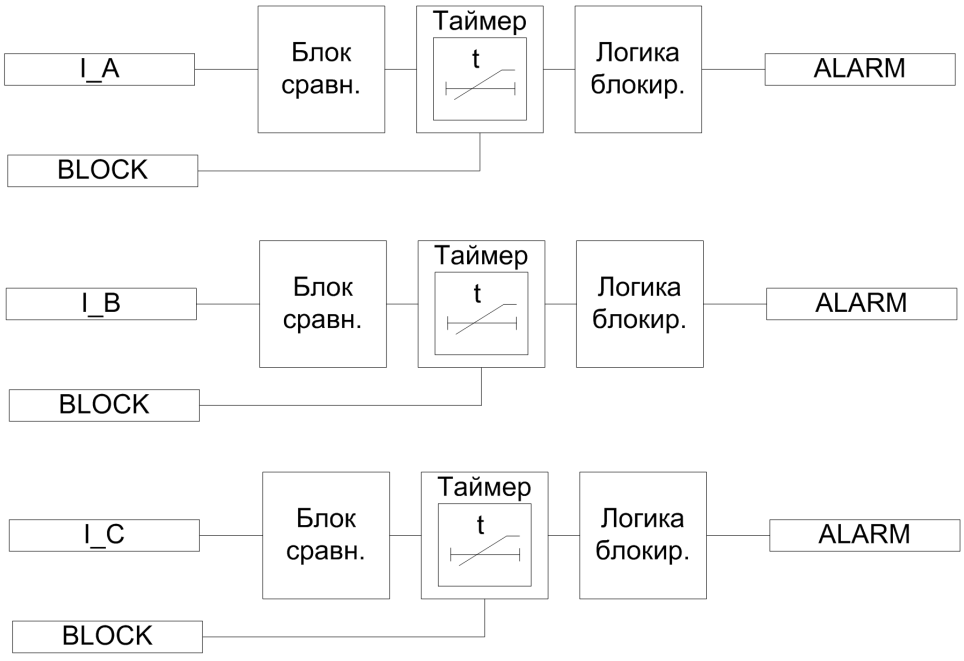


Рис. 471: Функциональная схема

Блок сравнения

Этот модуль сравнивает дифференциальный ток I_A с уставкой *Пусковое значение*. Модуль таймера активируется, если значение дифференциального тока превышает величину уставки *Пусковое значение*.

Таймер

Характеристика срабатывания имеет независимую выдержку времени (DT). После того как таймер аварийной сигнализации достигает значения, определяемого уставкой *Выдержка сигнализации*, становится активным выход ALARM. Если повреждение исчезает раньше, чем модуль подаст аварийный сигнал, становится активным таймер возврата. После того как таймер возврата достигнет значения, определенного уставкой *Время возврата*, таймер возврата сбрасывается. При активации сигнала BLOCK выполняется сброс таймера и деактивируется выход START.

Логика блокировки

В функции HZCCxSPVC предусмотрена возможность блокировки состояния выхода ALARM в зависимости от значения уставки *Режим сигнализации*. В режиме "С фиксацией" выход ALARM необходимо сбрасывать вручную в меню "Очистить" в ЛИЧМ после проверки вторичной цепи ТТ. В режиме "Без фиксации" выход ALARM работает обычным образом, т. е. он сбрасывается сразу же после устранения повреждения.

6.3.5 Режимы измерения

Функция имеет два альтернативных режима измерения: "Фурье" и "Амплитудный". Режим измерения выбирается при помощи уставки *Режим измерения*.

6.3.6 Применение

Функция пофазного контроля ТТ HZCCxSPVC специально предназначена для использования совместно с высокоимпедансной дифференциальной защитой в целях обнаружения обрывов проводников вторичной обмотки ТТ. Принцип работы функции HZCCxSPVC аналогичен принципу работы функции высокоимпедансной дифференциальной защиты HIxPDIF. Однако уставка тока для функции HZCCxSPVC задается намного более чувствительной, чем для функции HIxPDIF, и она работает с намного большей задержкой по времени. Для функции HZCCxSPVC типовое значение параметра *Пусковое значение* равно 0,1 отн. единицы со значением параметра *Выдержка сигнализации* 3 с и более.

Так как уставка тока у функции HZCCxSPVC более чувствительная, чем у фактической дифференциальной ступени, эта функция может запускаться из-за сквозных токов повреждений вне защищаемого участка; однако достаточная задержка по времени исключает возникновение ложных

аварийных сигналов. В случае обрыва проводника шины дифференциальный ток возрастает в зависимости от нагрузки фидера с обрывом проводника шины.

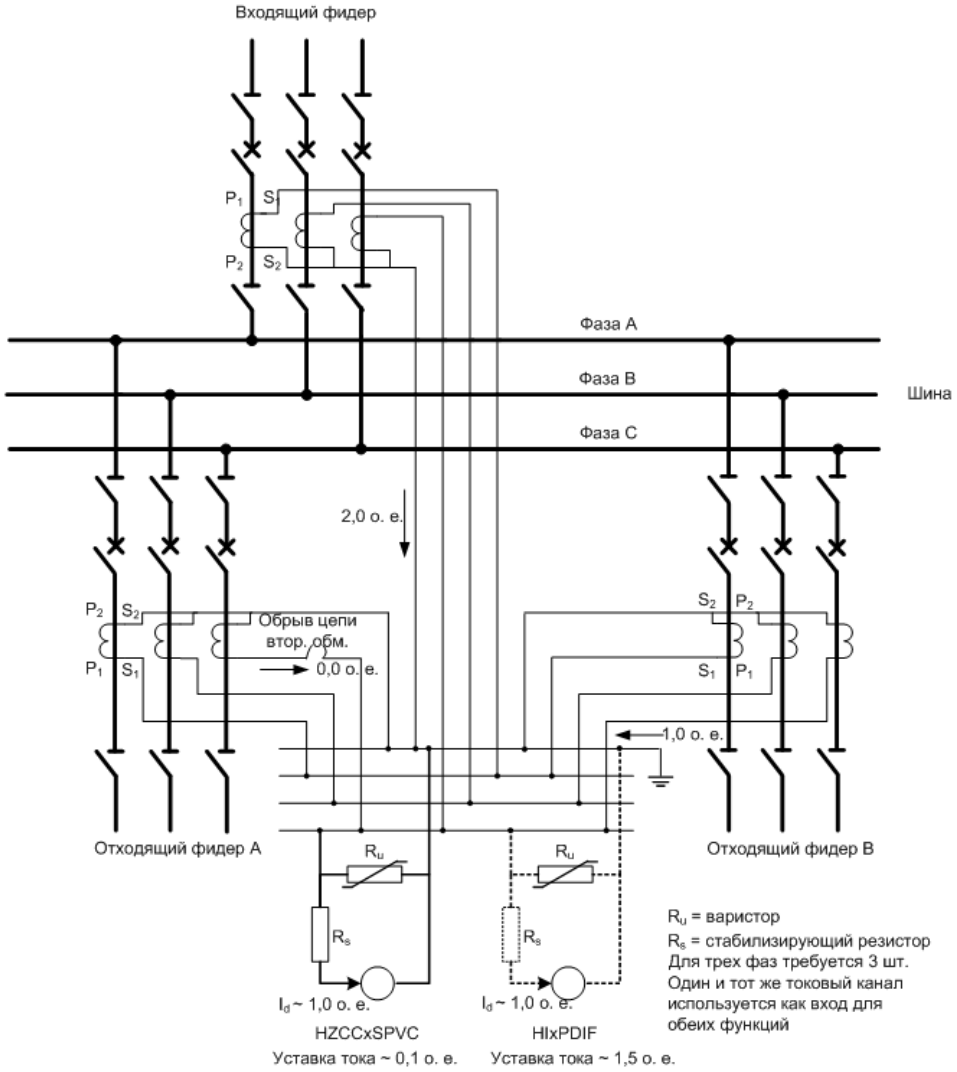


Рис. 472: Обнаружение обрыва во вторичной цепи с помощью функции HZCCxSPVC

В примере входящий фидер имеет нагрузку 2,0 отн. единицы, а оба исходящих фидера имеют нагрузку 1,0 отн. единицы. Однако обе функции HIxPDIF и HZCCxSPVC рассматривают ток как повышенный дифференциальный или несимметричный ток из-за поврежденного провода ТТ в фазе C. Обе функции HIxPDIF и HZCCxSPVC получают дифференциальный ток величиной около 1,0 отн. единицы. Главная функция дифференциальной защиты HIxPDIF не срабатывает, поскольку в ней задан более высокий пороговый ток.

Все трансформаторы тока должны иметь одинаковый коэффициент трансформации.

Выход ALARM функции контроля ТТ может использоваться для подачи питания на вспомогательное реле, которое может накоротко замыкать провода тока ТТ, исключая срабатывание дифференциальной защиты шины. Такая схема не исключает нежелательного срабатывания функции HIxPDIF, если пусковое значение меньше номинальной нагрузки. Например, если пусковая уставка функции HIxPDIF в данном примере задана равной 0,8 отн. ед., функция HIxPDIF срабатывает раньше функции HZCCxSPVC.

6.3.7 Сигналы

Таблица 797: Входные сигналы функции HZCCASPVC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 798: Входные сигналы функции HZCCBSPVC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 799: Входные сигналы функции HZCCCSPVC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 800: Выходные сигналы функции HZCCASPVC

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход сигнализации

Таблица 801: Выходные сигналы функции HZCCBSPVC

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход сигнализации

Таблица 802: Выходные сигналы функции HZCCCSPVC

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выход сигнализации

6.3.8 Уставки

Таблица 803: Общие уставки функции HZCCASPVC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Пусковое значение	1,0...100,0	%Iном	0,1	10,0	Пусковое значение, в % от номинального тока
Выдержка сигнализации	100...300000	мс	10	3000	Выдержка сигнализации
Режим сигнализации	1=Без фиксации 3=Блокировка			3=Блокировка	Выбор режима работы выхода сигнализации

Таблица 804: Общие уставки функции HZCCASPVC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата
Режим измерения	2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения

Таблица 805: Общие уставки функции HZCCBSPVC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Пусковое значение	1,0...100,0	%Iном	0,1	10,0	Пусковое значение, в % от номинального тока
Выдержка сигнализации	100...300000	мс	10	3000	Выдержка сигнализации
Режим сигнализации	1=Без фиксации 3=Блокировка			3=Блокировка	Выбор режима работы выхода сигнализации

Таблица 806: Общие уставки функции HZCCBSPVC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата
Режим измерения	2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения

Таблица 807: Общие уставки функции HZCCCSPVC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Пусковое значение	1,0...100,0	%Iном	0,1	10,0	Пусковое значение, в % от номинального тока
Выдержка сигнализации	100...300000	мс	10	3000	Выдержка сигнализации
Режим сигнализации	1=Без фиксации 3=Блокировка			3=Блокировка	Выбор режима работы выхода сигнализации

Таблица 808: Общие уставки функции HZCCCSPVC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	0...60000	мс	10	20	Время возврата
Режим измерения	2=Фурье 3=Амплитудный			2=Фурье	Выбор режима измерения

6.3.9 Контролируемые данные

Таблица 809: Контролируемые данные функции HZCCASPVC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
HZCCASPVC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 810: Контролируемые данные функции HZCCBSPVC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
HZCCBSPVC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

Таблица 811: Контролируемые данные функции HZCCCSPVC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
HZCCCSPVC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

6.3.10 Технические данные

Таблица 812: Технические данные функции HZCCxSPVC

Параметр	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц
	± 1,5 % уставки или ± 0,002 × $I_{ном}$
Время возврата	<40 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Время невозврата	<35 мс
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс

6.3.11 Данные о технических изменениях

Таблица 813: Данные о технических изменениях функции HZCCxSPVC

Версия	Изменение
B	Название функции изменено с HZCCRDIF на HZCCASPVC, HZCCBSPVC, HZCCCSPVC.

6.4 Контроль защиты связи PCSITPC

6.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Контроль связи функций защиты	PCSITPC	PCS	PCS

6.4.2 Функциональный блок

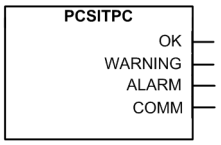


Рис. 473: Функциональный блок

6.4.3 Функциональные возможности

Функция контроля защиты связи PCSITPC контролирует канал защиты связи. При обнаружении помех в защищаемом канале PCSITPC блокирует функции дифференциальной защиты линии. Для функций LNPLDF и BSTGGIO, зависимых от непрерывного доступа к каналу защиты связи, блокировка осуществляется автоматически.

Функция PCSITPC непрерывно контролирует канал защиты связи. Функция обнаруживает отсутствующие или отложенные телеграммы защиты. Они используются для передачи выборки аналоговых и иных связанных с защитой данных. Отсутствие или задержка телеграмм защиты может отрицательно сказаться на скорости срабатывания дифференциальной защиты.

При регистрации в канале защиты связи кратковременных помех, функция выдает предупреждение и функции дифференциальной защиты линии автоматически переходят в режим внутренней блокировки. PCSITPC оперативно реагирует на помехи в канале защиты связи. Блокировка происходит самое позднее при регистрации помех связи, продолжающихся в течение двух периодов основной гармоники в сети. При обнаружении сильных и длительных помех или полного прерывания связи в канале защиты выдается сигнал тревоги (после пятисекундной задержки). Локальный и удаленный экземпляры PCSITPC непрерывно обмениваются онлайн данными о качестве контроля защиты связи. Это гарантирует согласованность блокировки защиты как на локальном, так и удаленном конце линии. Такой подход дополнительно повышает безопасность дифференциальной защиты линии путем принудительного перевода ИЭУ на двух ее концах в одинаковое состояние блокировки при возникновении помех в канале защиты связи даже в тех случаях, когда помехи регистрируются релейной защитой на одном конце линии. Специальная уставка *Время возврата* позволяет изменить продолжительность обязательного периода без помех перед повторным включением дифференциальной защиты линии, которая была заблокирована из-за помех связи.

6.4.4 Принцип действия

Работу функции PCSITPC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

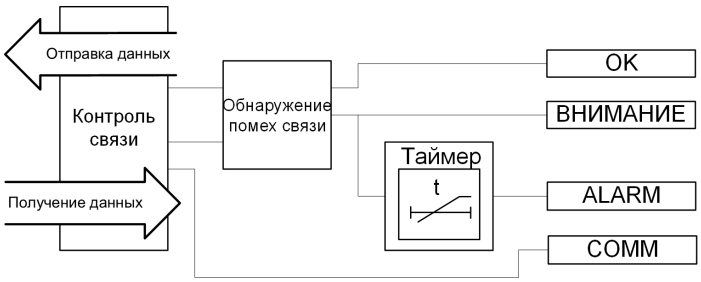


Рис. 474: Функциональная схема

Контроль связи

Контроль защиты связи необходим, поскольку расчет дифференциального тока зависит от обновления аналоговых выборок вектора в телеграмме защиты от удаленного оконечного устройства. Новая телеграмма защиты также обновляет состояние дискретных сигналов, отправляемых удаленным оконечным устройством. При расчете дифференциального тока сравниваются выборки измеренных токов на удаленном и локальном оконечном устройстве. Поэтому важно контролировать телеграммы защиты связи и иметь возможность дальнейшего использования результатов расчета задержки выборки в вычислениях дифференциального тока. В отсутствие сбоев при получении телеграмм, поступающих от удаленного конца через средства связи, предполагается, что связь работает правильно, и выход `COMM` остается активным.

Обнаружитель помех связи

Обнаружитель помех связи непрерывно измеряет и контролирует время ожидания выборки телеграмм защиты. Это значение также отображается в окне контролируемых данных. В зависимости от состояния контроля защиты связи функция генерирует три выходных сигнала `OK`, `WARNING` или `ALARM`, из которых в определенный момент времени активен только один них. Состояние `OK` указывает на правильную работу функции. Состояние `WARNING` активируется при внутренней блокировке защиты при выявлении помех. Состояние `WARNING` меняется на состояние `ALARM` при более продолжительных помехах. Иногда контроль защиты связи может быть в состоянии `WAITING`. Это состояние указывает, что оконечное устройство ожидает начала или возобновления связи с его удаленного конца.

Таймер

Таймер, который активируется сигналом WARNING, отсчитывает постоянную выдержку по времени, которая составляет пять секунд. Если сбой связи не будет устранен по истечении этого периода, активируется выход ALARM.

6.4.5 Применение

Принцип осуществления связи

Аналоговые выборки, сигналы отключения, пуска и программируемые пользователем передаются в отдельных телеграммах защиты, обмен которыми осуществляется восемь раз за цикл энергосистемы (каждые 2,5 мс, если F_n = 50 Гц).

В двухзажимном устройстве дифференциальной защиты линии используется связь в режиме «ведущий-ведущий». С обоих концов линии отправляются значения выборки токов и выполняются алгоритмы защиты. При этом функция передачи зависимого отключающего сигнала обеспечивает одновременно срабатывание на двух концах линии.

Синхронизация времени

В цифровой дифференциальной защите линии выборки значений тока из устройств защиты, расположенных территориально на расстоянии друг от друга, должны согласовываться по времени, что позволит сравнивать их на обоих концах защищаемой линии и избежать возникновения незначительных ошибок. Процесс согласования по времени требует чрезвычайно высокой точности.

Например, при неточности 0,1 мс в системе с частотой 50 Гц максимальная погрешность амплитуды будет составлять приблизительно 3 %. При неточности в 1 мс такая погрешность увеличивается приблизительно до 31 %. Для системы 60 Гц погрешность будет составлять 4 % и 38 % соответственно.

В релейной защите согласование по времени осуществляется эхо-методом. ИЭУ передают между собой собственные опорные синхронизирующие сигналы, поэтому для системных часов синхронизация не требуется.

На рисунке показано, что при синхронизации измеряется время прохождения сигнала при отправке сообщения со станции B на станцию A (T1 → T2) и при приеме сообщения со станции A на станцию B (T4 → T5). Также для ИЭУ станции B измеряется выдержка времени релейной защиты станции A от выборки до начала отправки (T3 → T4) и локальная задержка от получения до времени выборки T5→T6 релейной защиты станции B и наоборот. Таким образом обеспечивается коэффициент согласования по времени для локальных и удаленных выборок.

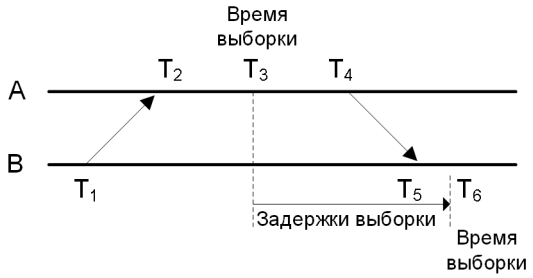


Рис. 475: Измерение времени ожидания выборки

$$P_d = \frac{(T_2 - T_1) + (T_5 - T_4)}{2}$$

(Уравнение 176)

$$S_d = P_d + (T_4 - T_3) + (T_6 - T_5)$$

(Уравнение 177)

Время ожидания выборки S_d рассчитывается для каждой телеграммы на двух концах линии. Алгоритм выходит из допущения, что задержка одностороннего прохождения P_d одинакова в обоих направлениях.

В телекоммуникационных сетях передачи может использоваться эхо-метод без GPS при условии соразмерности задержки, т. е. равенства задержки перед отправкой и приемом.

6.4.6 Сигналы

Таблица 814: Выходные сигналы функции PCSITPC

Наименование	Тип	Описание
OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Защита канала связи в порядке
WARNING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение о защите канала связи
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал тревоги о защите канала связи
COMM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Установлена связь, активен при получении данных

6.4.7 Уставки

Таблица 815: Общие уставки функции PCSITPC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время возврата	От 100 до 300000	мс	10	1000	Время возврата из аварийного и предупредительного состояния в состояние «ок»
Счетчик аварийных событий	От 0 до 99999		1	0	Уставка нового значения счетчика аварийных событий
Счетчик предупреждений	От 0 до 99999		1	0	Уставка нового значения счетчика предупреждений

6.4.8 Контролируемые данные

Таблица 816: Контролируемые данные функции PCSITPC

Наименование	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
HEALTH	Enum	1=Ok 2=Предупреждение 3=Сигнализация –2=Ожидание		Исправность канала связи
ALARM_CNT	INT32	От 0 до 99999		Количество выданных аварийных сигналов
WARN_CNT	INT32	От 0 до 99999		Количество выданных предупреждений
SMPL_LATENCY	FLOAT32	От 0,000 до 99,999	мс	Измеренное время ожидания выборки
PROPAGTN_DLY	FLOAT32	От 0,000 до 99,999	мс	Измеренное время задержки прохождения
RND_TRIP_DLY	FLOAT32	От 0,000 до 99,999	мс	Измеренное время задержки цикла отключения
T_ALARM_CNT	Метка времени			Момент времени последнего изменения показаний счетчика аварийных сигналов
T_WARN_CNT	Метка времени			Момент времени последнего изменения показаний счетчика предупреждений

6.4.9 Данные о технических изменениях

Таблица 817: Данные о технических изменениях функции PCSITPC

Версия	Изменение
B	Изменения и дополнения контролируемых данных
C	Внутреннее улучшение
D	Внутреннее улучшение
E	Название функции изменено с PCSRTCP на PCSRTCP.

6.5 Функция контроля исправности цепей переменного напряжения SEQSPVC

6.5.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция контроля исправности цепей переменного напряжения	SEQSPVC	FUSEF	60

6.5.2 Функциональный блок

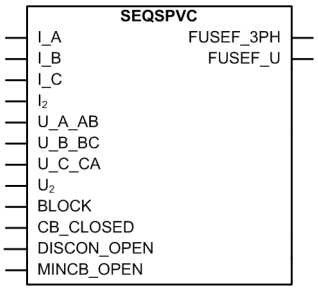


Рис. 476: Функциональный блок

6.5.3 Функциональные возможности

Функция контроля исправности цепей SEQSPVC используется для блокировки функций измерения напряжения при повреждениях во вторичных цепях между трансформатором напряжения (или комбинированным датчиком, или датчиком напряжения) и ИЭУ, во избежание ложного срабатывания функций защиты по напряжению.

Функция SEQSPVC имеет два алгоритма, алгоритм на базе контроля тока обратной последовательности и алгоритм на базе контроля изменения тока и напряжения.

Критерий, в основе которого измерение изменения тока и напряжения, может активироваться для обнаружения трехфазных повреждений цепей ТН, которые обычно, в большей степени, ассоциируются с переключением трансформатора напряжения при управлении станцией.

6.5.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции SEQSPVC можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

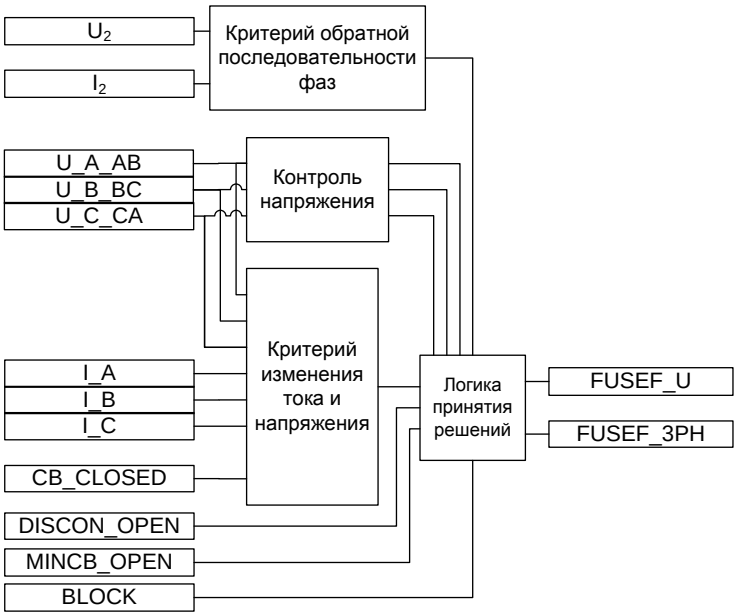


Рис. 477: Функциональная схема

Критерий на базе контроля тока и напряжения обратной последовательности

Функция контроля исправности цепей ТН на базе критерия по току обратной последовательности действует в том случае, когда измеренное напряжение обратной последовательности превышает заданное значение уставки *U2>* , а измеренный ток обратной последовательности ниже заданного значения уставки *I2<* . Данные об обнаруженной неисправности цепей ТН передаются в модуль логики принятия решений.

Модуль контроля напряжения

Величина фазного напряжения контролируется, когда принимается решение относительно типа повреждения: является ли повреждение трехфазным, двухфазным или однофазным.

Этот модуль выполняет пофазное сравнение напряжения каждого входа напряжения с уставкой *Напряж самоподхвата* . Если напряжение на входе ниже значения уставки, данные о соответствующей фазе передаются в логику принятия решения.

Критерий на базе контроля изменения тока и напряжения

Критерий на базе контроля изменения тока и напряжения активируется путем установки параметра *Критерий dUdI* в значение "Да". После того как функция будет активирована, она работает параллельно с алгоритмом на базе контроля тока и напряжения обратной последовательности. Производится непрерывное измерение тока и напряжения во всех трех фазах для расчета:

- Изменение напряжения dU/dt
- Изменение тока dI/dt

Расчетные величины изменения сравниваются с соответствующими заданными значениями уставок *dI/dt* и *dU/dt* .

Алгоритмы на базе контроля изменения величин тока и напряжения обнаруживают неисправность цепей ТН при наличии отрицательного изменения амплитуды напряжения без достаточного изменения амплитуды тока в каждой отдельной фазе. Это производится при включенном выключателе. Информация о положении выключателя подключается к входу `CB_CLOSED` .

Для активации функции по изменению тока и напряжения нужны два условия.

- Значение dU/dt превышает значение уставки *dU/dt* , а величина уставки dI/dt - ниже значения уставки *dI/dt* в любой из фаз при включенном выключателе (`CB_CLOSED` = TRUE).
- Значение dU/dt превышает значение уставки *dU/dt* , а величина уставки dI/dt - ниже значения уставки *dI/dt* в любой из фаз в одно время, а величина фазного тока в той же фазе превышает значение уставки *Миним ток срабат* .

Для первого условия требуется выполнение критерия на базе изменения в любой из фаз при включенном автоматическом выключателе. Отключение выключателя на одном конце и подача напряжения в линию с другого конца на повреждение может привести к неправильному срабатыванию функции SEQSPVC при выключенном выключателе. Если это считается существенным недостатком, на вход `CB_CLOSED` нужно подключить значение "НЕТ". Таким образом, функцию защиты по изменению величин можно активировать только по второму критерию.

Для второго условия требуется выполнение критерия на базе изменения в одной фазе при большой величине тока в этой фазе. Измеренный фазный ток используется для снижения риска ложного срабатывания функции контроля исправности цепей ТН. Если ток в защищенной линии небольшой, за падением напряжения в системе (не вызванного неисправностью цепе ТН) не последует изменение тока, и может произойти ложное обнаружение неисправности цепей ТН. Чтобы это предотвратить, необходимо проверить критерий по минимальному фазному току.

Функция контроля исправности цепей ТН активна до тех пор, пока значение напряжения не вернется к значению, превышающему значение уставки *Миним напряж сраб* . Если напряжение в фазе ниже значения уставки *Миним напряж сраб* , новый контроль исправности цепей ТН для этой фазы невозможен до тех пор, пока напряжение не вернется к значению, превышающему значение уставки.

Логика принятия решений



Если напряжения подключены по схеме "звезда", рекомендуется масштабировать значения по умолчанию основанных на напряжении параметров с коэффициентом 1/ sqrt(3), поскольку значения параметров по умолчанию относятся к подключению "треугольник".

Выходы функции контроля исправности цепей ТН FUSEF_U и FUSEF_3PH управляются согласно критериям контроля или внешними сигналами..

Таблица 818: Управление выходами функции обнаружения исправности цепей ТН

Критерий функции контроля исправности	Условия и отклик функции
Критерий обратной последовательности фаз	Если повреждение обнаружено на основании критерия обратной последовательности фаз, активируется выход FUSEF_U .
	Если обнаружение повреждения в цепях активно более пяти секунд, и при этом все фазные напряжения ниже заданного значения параметра *Напряж самоподхвата*, а для параметра *Самоподхват* задано значение "Да", функция активирует выходной сигнал FUSE_3PH.
	Выходной сигнал FUSEF_U также становится активным, если все фазные напряжения выше значения уставки *Напряж самоподхвата* в течение периода времени, превышающего 60 секунд, при этом напряжение обратной последовательности выше значения уставки *U2>* в течение периода времени, превышающего 5 секунд, все фазные токи ниже значения уставки *Ток сраб обрыв пров* , а выключатель включен, т.е. вход CB_CLOSED установлен в значение "Да".
Продолжение таблицы на следующей странице	

Критерий функции контроля исправности	Условия и отклик функции
Критерий на базе контроля изменения тока и напряжения	Если алгоритм на базе критерия по изменению тока и напряжения обнаруживает состояние повреждения, но при этом все напряжения не ниже значения уставки *Напряж самоподхвата* , становится активным только выход FUSEF_U .
	Если обнаружение повреждения в цепях активно более пяти секунд, и при этом все фазные напряжения ниже заданного значения параметра *Напряж самоподхвата*, а для параметра *Самоподхват* задано значение "Да", функция активирует выходной сигнал FUSE_3PH.
Внешняя функция контроля исправности цепей ТН	Входной сигнал MINCB_OPEN должен быть подключен через дискретный вход ИЭУ к Н.З. блок-контакту миниатюрного выключателя, защищающего вторичную цепь ТН.Сигнал MINCB_OPEN устанавливает выходной сигнал FUSEF_U на блокировку всех функций защиты по напряжению, когда миниатюрный выключатель находится в отключенном состоянии.
	Входной сигнал DISCON_OPEN должен быть подключен через дискретный вход ИЭУ к Н.З. блок-контакту разъединителя линии.Сигнал DISCON_OPEN устанавливает выходной сигнал FUSEF_U на блокировку всех функций защиты по напряжению, когда разъединитель линии находится в отключенном состоянии.

Рекомендуется всегда устанавливать *Самоподхват* в значение "Да". Это обеспечит сохранение блокировки функций защиты до восстановления нормальных условий по напряжению, если функция контроля исправности цепей ТН будет активна в течение 5 секунд, т.е. ее выходы станут неактивными после восстановления нормальных условий по напряжению.

При активации входа BLOCK становятся неактивными выходы FUSEF_U и FUSEF_3PH .

6.5.5 Применение

Некоторые функции защиты действуют по измеренному значению напряжения в точке установки ИЭУ. Эти функции могут не сработать при повреждении в измерительных цепях между трансформатором напряжения (или комбинированным датчиком, или датчиком напряжения) и релейной защитой.

Повреждение в цепи измерения напряжения рассматривается как повреждение в цепи. Этот термин вводит в заблуждение, так как одной из многих причин обрыва цепи может стать просто перегоревший

предохранитель. Поскольку неправильное измерение напряжения может стать причиной сбоя в работе отдельных функций защиты, важно обнаружить неисправности предохранителей. Оперативное обнаружение неисправности предохранителя является одним из способов блокировки функции по напряжению до ее срабатывания.

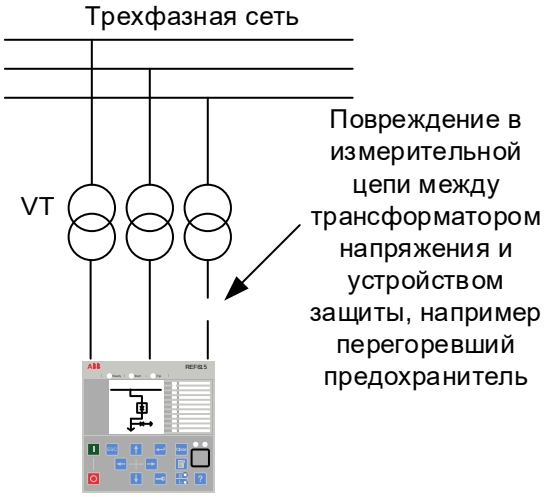


Рис. 478: Повреждение в цепи между трансформатором напряжения и ИЭУ

Повреждение в цепи напряжения происходит из-за перегорания предохранителей, обрыва проводов или планируемых действий на подстанции. Функция на базе контроля составляющих обратной последовательности может использоваться для обнаружения различных типов однофазных или двухфазных повреждений цепей напряжения. Однако как минимум одна из трех цепей от трансформаторов напряжения должна оставаться неповрежденной. Вспомогательная функция на базе контроля изменения тока и напряжения также может обнаруживать повреждение цепей напряжения в результате трехфазных прерываний.

В той части функции, которая действует по составляющим обратной последовательности, повреждение цепей ТН обнаруживается путем сравнения расчетного значения напряжения обратной последовательности со значением тока обратной последовательности. Элементы последовательности рассчитываются на основе измеренных токов и напряжений во всех трех фазах. Назначение этой функции – блокировка функций защиты по напряжению при обнаружении повреждения в цепи ТН. Так как зависимость по напряжению в этих функциях различна, функция SEQSPVC для этой цели имеет два выхода.

6.5.6 Сигналы

Таблица 819: Входные сигналы функции SEQSPVC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы A
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы B
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы C
U_2	СИГНАЛ	0	Напряжение обратной последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка функции
CB_CLOSED	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Активен при включенном положении выключателя
DISCON_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Активен при отключенном положении разъединителя
MINCB_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Активен при срабатывании автомата защиты цепей ТН

Таблица 820: Выходные сигналы функции SEQSPVC

Название	Тип	Описание
FUSEF_3PH	ЛОГИЧЕСКИЙ	Трехфазный пуск функции
FUSEF_U	ЛОГИЧЕСКИЙ	Общий пуск функции

6.5.7 Уставки

Таблица 821: Общие уставки функции SEQSPVC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл

Таблица 822: Общие уставки функции SEQSPVC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
I2<	0,03...0,20	xIn	0,01	0,03	Уровень срабатывания органа контроля понижения тока обратной последовательности
U2>	0,03...0,20	xUn	0,01	0,10	Уровень срабатывания органа контроля повышения напряжения обратной последовательности
dI/dt	0,01...0,50	xIn	0,01	0,15	Уровень срабатывания по изменению фазного тока
Скорость изменения напряжения	0,25...0,90	xUn	0,01	0,40	Уровень срабатывания по изменению фазного напряжения
Критерий dUdI	0=Нет 1=Да			0=Нет	Ввод функции по скорости изменения
Миним напряж сраб	0,01...1,00	xUn	0,01	0,50	Минимальный уровень срабатывания по изменению фазного напряжения
Миним ток срабат	0,01...1,00	xIn	0,01	0,10	Минимальный уровень срабатывания по изменению фазного тока
Напряж самоподхвата	0,01...1,00	xUn	0,01	0,50	Уровень срабатывания самоподхвата по фазному напряжению
Самоподхват	0=Нет 1=Да			0=Нет	Ввод в работу функции самоподхвата
Ток сраб обрыв пров	0,05...1,00	xIn	0,01	0,05	Уровень срабатывания органа обнаружения обрыва токового провода

6.5.8 Контролируемые данные

Таблица 823: Контролируемые данные функции SEQSPVC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
SEQSPVC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

6.5.9 Технические данные

Таблица 824: Технические данные функции SEQSPVC

Характеристика		Значение	
Время срабатывания[1)]	Функция защиты по току обратной последовательности	$U_{авар.}$ = 1,1 × уст. *U2>* $U_{авар.}$ = 5,0 × уст. *U2>*	<33 мс <18 мс
	Функция защиты по скорости изменения напряжения обратной последовательности	ΔU = 1,1 × уст. *dU/dt* ΔU = 2,0 × уст. *dU/dt*	<30 мс <24 мс

1) Включает задержку срабатывания выходного сигнального контакта, $f_{ном}$ = 50 Гц, напряжение повреждения номинальной частоты подавалось с произвольным фазным углом, результаты основаны на статистическом распределении 1000 измерений

6.5.10 Данные о технических изменениях

Таблица 825: Данные о технических изменениях функции SEQSPVC

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение
D	Название функции изменено с SEQRFUF на SEQSPVC.

6.6 Счетчик времени работы машин и устройств MDSOPT

6.6.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Счетчик времени работы машин и устройств	MDSOPT	OPTS	OPTM

6.6.2 Функциональный блок

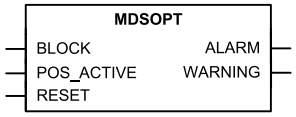


Рис. 479: Функциональный блок

6.6.3 Функциональные возможности

Функция счетчика времени работы машин и устройств MDSOPT рассчитывает и выдает в качестве выходных данных суммарное время работы машины или устройства. Значения времени накапливаются в часах. Когда совокупное время работы превысит заданное предельное значение, функция выдает предупреждение и аварийный сигнал. Для индикации активного рабочего состояния функция использует дискретный вход.

Суммарное рабочее время – это один из параметров для планирования обслуживания такого оборудования как двигатели. Этот параметр указывает использование машины, и, следовательно, ее механический износ в процессе эксплуатации. Обычно производители оборудования предоставляют график технического обслуживания на основе количества часов эксплуатации.

6.6.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции MDSOPT можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.



Рис. 480: Функциональная схема

Счетчик времени работы

Этот модуль считает рабочее время. Когда активен вход POS_ACTIVE , счетчик постоянно суммирует время до тех пор, пока он не будет отключен. В любое время значение на выходе OPR_TIME означает суммарную продолжительность периода, в течение которого вход POS_ACTIVE активен. Единица измерения продолжительности на выходе OPR_TIME - час. Это значение доступно в окне данных мониторинга.

Значение на выходе OPR_TIME постоянно увеличивается и сохраняется в энергонезависимой памяти. Когда вход POS_ACTIVE активен, на выходе OPR_TIME отсчет начинается с предыдущего значения. Предельное значение счетчика OPR_TIME - 299999, то есть, дальнейшее увеличение значения невозможно. При активации входа RESET значение можно сбросить в начальное состояние, значение уставки *Начальное значение* .

Модуль контроля предельного значения

Этот модуль сравнивает время работы двигателя с заданным значением уставок *Уровень предупр.* и *Уровень сигнализ.* чтобы сгенерировать, соответственно, выходные сигналы WARNING и ALARM , когда значения счетчика превысят заданный уровень.

Активация выходов WARNING и ALARM зависит от параметра *Режим контроля* . Выходы WARNING и ALARM активируются сразу же после толго как будут выполнены условия, если параметр *Режим контроля* установлен в значение "Мгновенно". Если параметр *Режим контроля* установлен в значение "Расчетное предупр.", выход WARNING становится активным в течение следующих 24 часов в заданное время дня, которое определено уставкой *Время работы* . Если параметр *Режим контроля* установлен в значение "Расч. Предупр/Сигн", выходы WARNING и ALARM становятся активными в заданное время дня, которое определяется уставкой *Время работы*.



Уставка *Время работы* используется для установки часа дня в формате UTC (координированное универсальное время). Эта уставка должна быть скорректирована по местному времени с учетом перехода на летнее время.

Функция содержит блокировку. При активации входа BLOCK выходы WARNING и ALARM блокируются .

6.6.5 Применение

Время работы машины с момента ввода в действие указывает на длительность использования машины. Например, от количества часов в эксплуатации зависит механический износ машины и требования по смазке подшипника вала двигателя.

Если двигатель используется для длительной работы, ему требуется частое техобслуживание, тогда как для двигателей, используемых нерегулярно, планируемое техобслуживание может быть реже. Суммарное время работы двигателя наряду с соответствующими уставками предупредительной сигнализации может использоваться для инициирования техобслуживания двигателя в зависимости от его состояния.

Счетчик рабочего времени наряду с последующим сбросом суммарного времени может использоваться для контроля времени работы двигателя за один период непрерывной работы.

И суммарное время работы двигателя, и время непрерывной работы за короткий период – это ценная информация о состоянии машины и устройства. Эту информацию можно сопоставить с другими данными

процесса для диагностики процесса, в котором задействована машина или устройство.

6.6.6 Сигналы

Таблица 826: Входные сигналы функции MDSOPT

Название	Тип	По умолчанию	Описание
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа блокировки
POS_ACTIVE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	В активном состоянии указывает на работающее оборудование
RESET	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сброс накопленного времени работы в начальное состояние

Таблица 827: Выходные сигналы функции MDSOPT

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация о превышении заданного значения времени работы
WARNING	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение о превышении заданного значения времени работы

6.6.7 Уставки

Таблица 828: Общие уставки функции MDSOPT (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Уровень предупр.	0...299999	ч	1	8000	Значение предупреждения контроля времени работы
Уровень сигнализ.	0...299999	ч	1	10000	Значение сигнализации по времени работы

Таблица 829: Общие уставки функции MDSOPT (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Начальное значение	0...299999	ч	1	0	Начальное значение времени работы
Время работы	0...23	ч	1	0	Ожидаемое время появления предупреждения и сигнализации
Режим контроля	1=Мгновенная 2=Расчетное предупр. 3=Расч. Предупр/ Сигн			1=Мгновенная	Режим работы предупреждения и сигнализации

6.6.8 Контролируемые данные

Таблица 830: Контролируемые данные функции MDSOPT

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
MDSOPT	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
OPR_TIME	INT32	0...299999	ч	Общее время работы в часах

6.6.9 Технические данные

Таблица 831: Технические данные функции MDSOPT

Описание	Значение
Погрешность измерения времени работы двигателя[1)]	±0,5%

1) На основе показаний одного автономного устройства, без синхронизации

6.6.10 Данные о технических изменениях

Таблица 832: Данные о технических изменениях функции MDSOPT

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Внутреннее улучшение.
D	Внутреннее улучшение.

Раздел 7 Функции контроля состояния

7.1 Контроль состояния выключателя SSCBR

7.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Мониторинг состояния выключателя	SSCBR	CBCM	CBCM

7.1.2 Функциональный блок

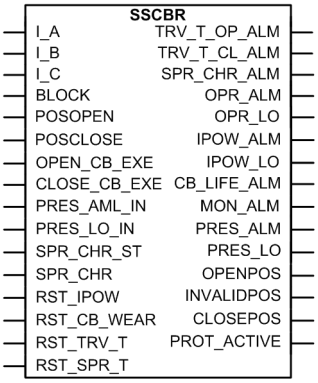


Рис. 481: Функциональный блок

7.1.3 Функциональные возможности

Функция контроля состояния выключателя SSCBR используется для постоянного контроля различных параметров выключателя. После того как выключателем будет выполнено определенное количество операций, необходимо провести его техническое обслуживание. Энергия рассчитывается по данным измеренных входных токов как сумма значений $I^{y}t$. Аварийный сигналы генерируются, когда расчетные значения превысят пороговые.

Функция содержит блокировку. При необходимости можно блокировать выходы функции.

7.1.4 Принцип действия

В функции контроля состояния выключателя предусмотрены различные возможности измерения и мониторинга. Функции можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра – «Вкл» и «Выкл». Сброс счетчиков производится, когда параметр *Активизация* установлен в значение "Выкл".

Работу функции SSCBR можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

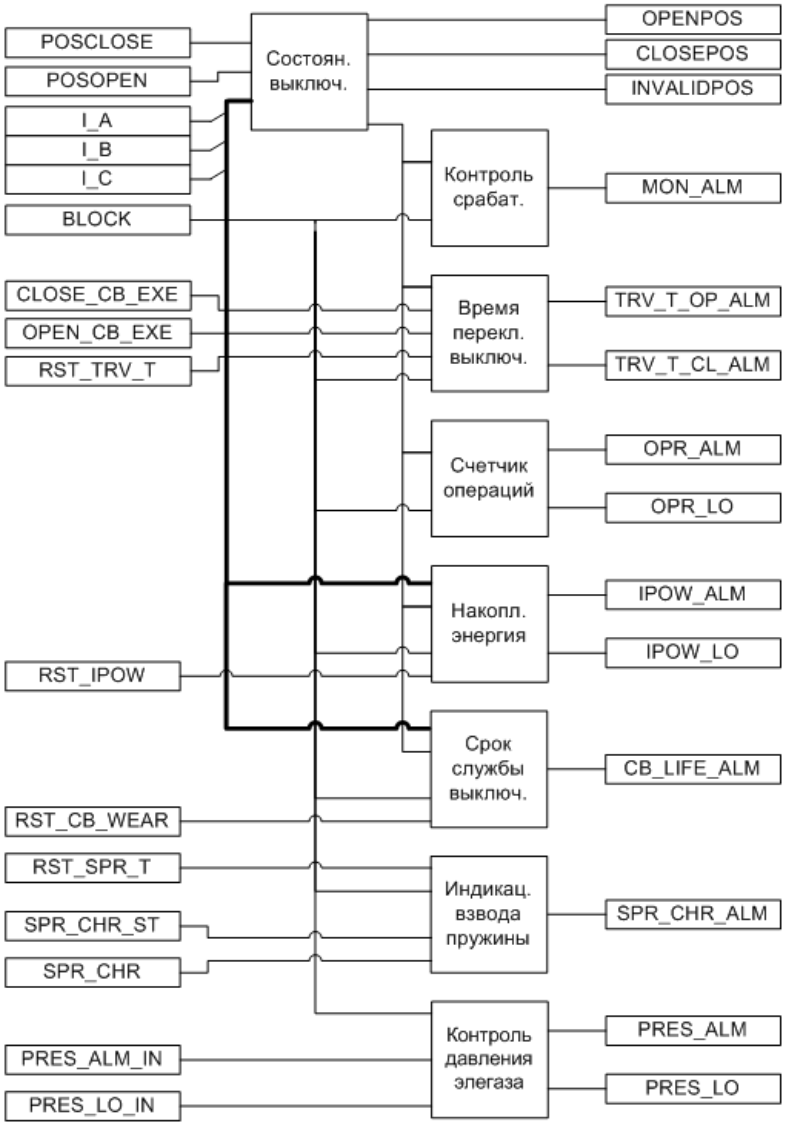


Рис. 482: Функциональная схема

7.1.4.1 Мониторинг состояния выключателя

Подфункция мониторинга состояния выключателя контролирует положение выключателя, т. е. определяет его состояние как "отключен", "включен" или "неисправное положение". Действие функции мониторинга состояния выключателя можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

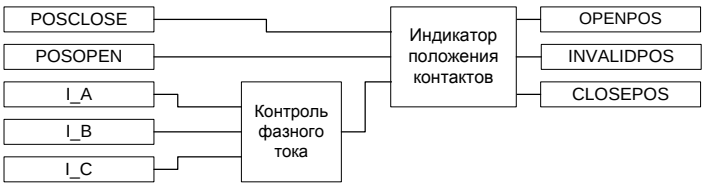


Рис. 483: Функциональная схема модуля контроля состояния выключателя

Контроль фазного тока

Этот модуль сравнивает три фазных тока со значением уставки *Мин.ток расч.энерг*. Если ток в фазе превышает заданный уровень, данные по этой фазе передаются в модуль индикации положения контактов.

Индикатор положения контактов

Выход OPENPOS активируется, когда вспомогательный входной контакт POSCLOSE имеет значение "НЕТ", вход POSOPEN имеет значение "ДА "и значения трех фазных токов меньше значения уставки *Мин.ток расч.энерг*.

Выход CLOSEPOS активируется, когда вспомогательный вход POSOPEN имеет значение "НЕТ", а вход POSCLOSE имеет значение "ДА".

Выход INVALIDPOS активируется, если оба вспомогательных контакта имеют одинаковое значение, т. е. когда они оба имеют одинаковый логический уровень, или если вспомогательный входной контакт POSCLOSE имеет значение "НЕТ", а вход POSOPEN имеет значение "ДА" и любой из фазных токов превышает значение уставки Мин.ток расч.энерг.

Состояние выключателя показывают дискретные выходы OPENPOS, INVALIDPOS и CLOSEPOS соответственно, означая отключенное, неисправное и включенное состояние выключателя.

7.1.4.2 Контроль работы выключателя

Назначение подфункции контроля работы выключателя - показать, в течение какого времени выключатель оставался неактивным.

Действие функции контроля работы выключателя можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы даны в следующих разделах.

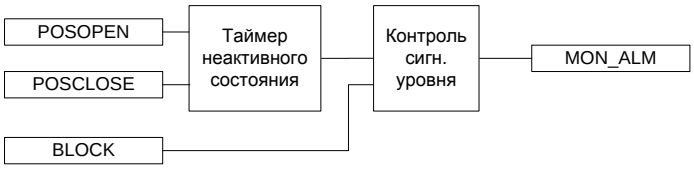


Рис. 484: Функциональная схема модуля для расчета неактивных дней и аварийных сигналов для контроля действия выключателя

Таймер неактивного состояния

Этот модуль рассчитывает количество дней, в течение которых выключатель оставался неактивным, т.е. находился в одном и том же (включенном или отключенном) состоянии. Расчет выполняется посредством контроля состояний блок-контактов `POSOPEN` и `POSCLOSE` .

Данные о количестве дней неактивного состояния выключателя `INA_DAYS` можно посмотреть в окне данных мониторинга. Также можно задать начальный день неактивного состояния выключателя при помощи параметра *НачЗначНеактСост* .

Контроль сигн. уровня

Если число неактивных дней превышает предельное значение, определенное уставкой *НеактивнСост, дней* , активируется аварийный сигнал `MON_ALM` . Время в часах, когда активируется этот сигнал, задается параметром *НеактивнСост, часов* как координаты UTC. Аварийный сигнал `MON_ALM` может блокироваться при активации дискретного входа `BLOCK`.

7.1.4.3 Время переключения выключателя

Модуль времени переключения (хода контактов) выключателя рассчитывает время хода контактов в положение "отключен" и "включен" Действие модуля времени переключения выключателя можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

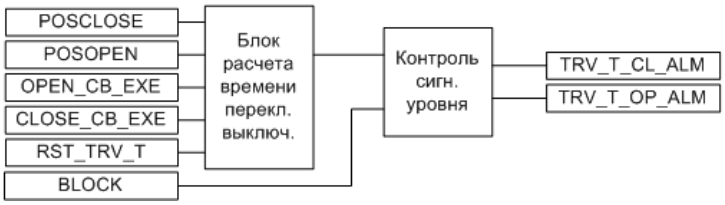


Рис. 485: Функциональная схема модуля для функции времени переключения (хода контактов) выключателя

Блок расчета времени переключения выключателя

Время переключения (хода контактов) может рассчитываться двумя разными методами на основе значения параметра *Режим расчета времени включения*.

Если для параметра *Режим расчета времени включения* задано значение "Посл. от Пол. до Пол.", время переключения (хода контактов) рассчитывается по времени между изменением состояния вспомогательных контактов. Время отключения измеряется между моментом отключения блок-контакта POSCLOSE и моментом включения блок-контакта POSOPEN. Время хода выключателя также измеряется между моментом отключения блок-контакта POSOPEN и моментом включения блок-контакта POSCLOSE.

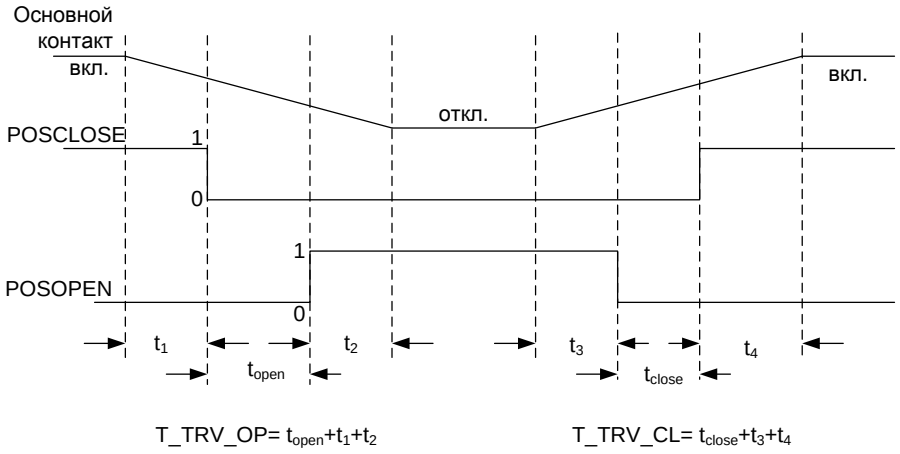


Рис. 486: Расчет времени хода контактов, если для параметра "Режим расчета времени включения" задано значение "Посл. от Пол. до Пол."

Между началом размыкания силового контакта и размыканием блок-контакта POSCLOSE имеется промежуток времени t_1. Подобным же образом, между моментом размыкания блок-контакта POSOPEN и полным размыканием силового контакта имеется промежуток времени t_2. Поэтому, чтобы учесть время $t_1 + t_2$, добавляется поправочный коэффициент t_{open} для получения реального времени размыкания. Этот коэффициент добавляется с помощью уставки *Коэфф.времени откл.* ($= t_1 + t_2$). Время замыкания рассчитывается путем добавления значения, заданного с помощью уставки *Коэфф.времени вкл.* ($t_3 + t_4$), к измеренному времени замыкания.

Если для параметра *Режим расчета времени включения* задано значение "Посл. от Ком до Пол.", время переключения (хода контактов) рассчитывается по времени между командой выключения или включения выключателя и моментом изменения состояния вспомогательных контактов. Время размыкания измеряется между восходящим фронтом команды OPEN_CB_EXE и вспомогательным контактом POSOPEN. Время замыкания измеряется между восходящим фронтом команды CLOSE_CB_EXEC и вспомогательным контактом POSCLOSE.

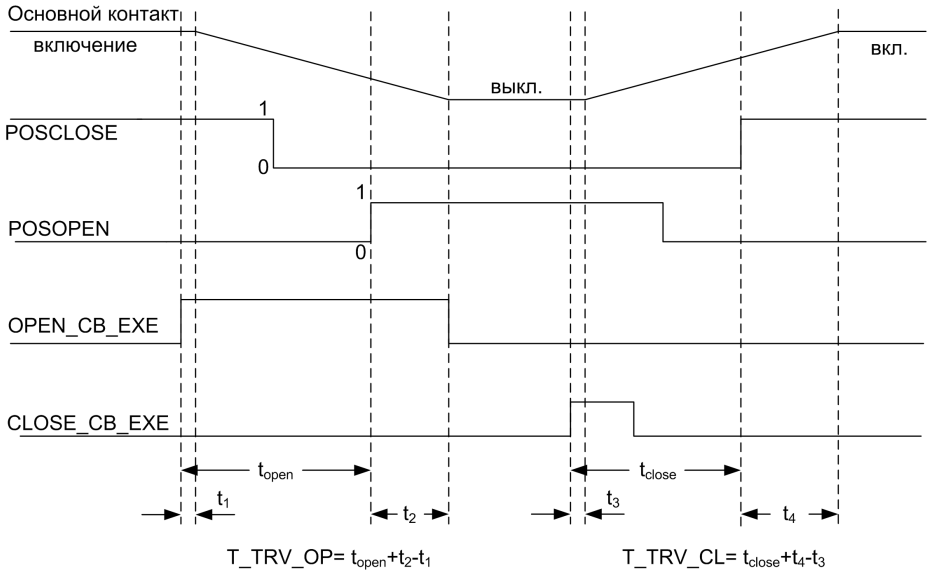


Рис. 487: Расчет времени хода контактов, если для параметра "Режим расчета времени включения" задано значение "Посл. от Ком до Пол."

Между началом размыкания основного контакта и командой OPEN_CB_EXE имеется промежуток времени $t_{POSCLOSE}$. Подобным же образом, между моментом размыкания блок-контакта POSOPEN и полным размыканием силового контакта имеется промежуток времени t_2. Поэтому, чтобы учесть значения времени t_1 и t_2, добавляется поправочный коэффициент t_{open} для получения реального времени размыкания. Этот коэффициент добавляется с помощью уставки *Коэфф.времени откл.* ($= t_2 - t_1$). Время замыкания рассчитывается путем добавления значения, заданного с помощью параметра *Коэфф.времени вкл.* ($t_4 – t_3$), к измеренному времени замыкания.

Последние измеренные данные о времени хода контактов при отключении T_TRV_OP и включении T_TRV_CL можно увидеть в окне контролируемых данных на локальном ИЧМ или при помощи специальных инструментов по каналам связи.

Контроль сигн. уровня

Когда измеренное время хода контактов на отключение превышает значение, определяемое уставкой *ВремяСигнОткл* , активируется выход TRV_T_OP_ALM . Соответственно, когда измеренное время хода контактов на отключение превышает значение, определяемое уставкой *Время включения* , активируется выход TRV_T_CL_ALM .

Кроме того, заблокировать аварийные сигналы TRV_T_CL_ALM и TRV_T_OP_ALM можно путем активации входа BLOCK .

7.1.4.4 Счетчик операций

Подфункция "Счетчик операций" рассчитывает количество циклов срабатывания выключателя. В рабочий цикл включены операции включения и отключения. Значение счетчика срабатываний обновляется после каждой операции отключения.

Действие подфункции можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы даны в следующих разделах.

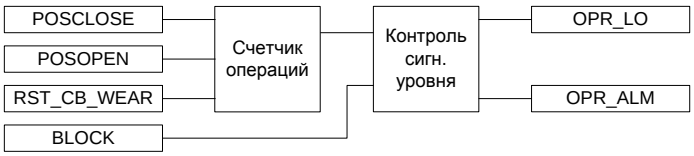


Рис. 488: Функциональная схема модуля подсчета срабатываний выключателя

Счетчик операций

Счетчик срабатываний подсчитывает число срабатываний по изменению состояния дискретных входов блок-контактов POSCLOSE и POSOPEN.

Количество срабатываний NO_OPR отображается в окне контролируемых данных в ЛИЧМ или через средства связи. Старое значение счетчика срабатывания автоматического выключателя можно использовать, записав его в параметр *Нач знач счетчика* и настроив параметр *Нач знач ресурса_B* в меню "Очистить" из веб-ИЧМ или ЛИЧМ.

Контроль сигн. уровня

Аварийный сигнал срабатывания OPR_ALM генерируется по превышению числа срабатываний, предельному значению, определяемому уставкой *Колич.операц(сигн)* . Но если число срабатываний продолжает увеличиваться и превысит уставку предельного значения *Колич.операц(блокир)* , активируется выход OPR_LO .

Дискретные выходы OPR_LO и OPR_ALM блокируются при активации входа BLOCK .

7.1.4.5 Накопленная энергия I^yt

Модуль расчета накопленной энергии I^yt рассчитывает накопленную энергию.

Работу модуля можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы даны в следующих разделах.

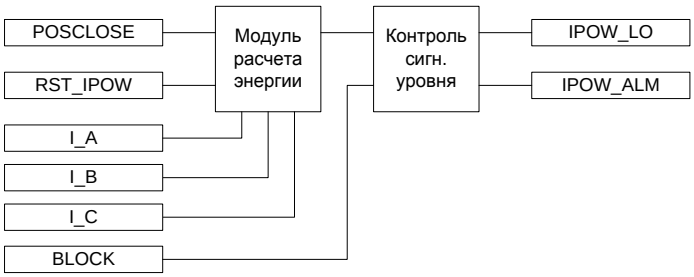


Рис. 489: Функциональная схема модуля расчета накопленной энергии и аварийного сигнала

Модуль расчета накопленной энергии

Этот модуль рассчитывает накопленную энергию $I^y t$ [(kA)^{y}s]. Коэффициент определяется уставкой *Экспонента тока* .

Расчет начинается по событию отключения входа `POSCLOSE` . Расчет завершается когда RMS значение тока опускается ниже уставки *Мин.ток расч.энерг* .

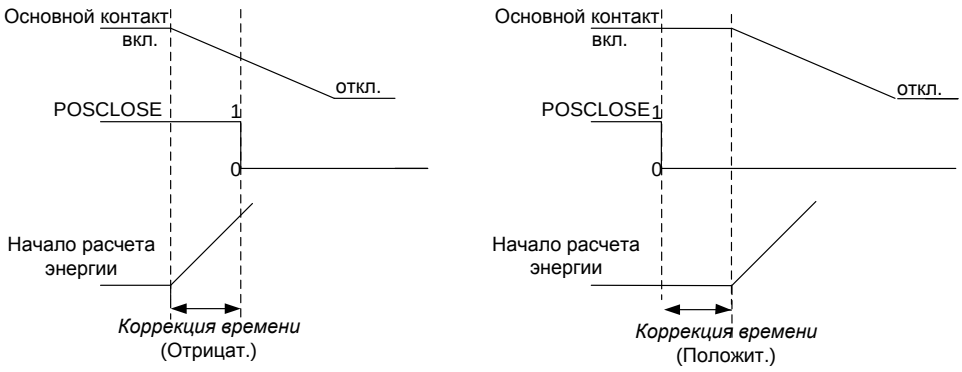


Рис. 490: Значение уставки КоррекцияВремени .

Для расчета накопления энергии с момента отключения контакта силового выключателя вместо блок-контакта используется уставка *КоррекцияВремени* . При положительном значении уставки расчет энергии начинается после отключения блок-контакта и когда значение выдержки времени равно значению уставки *КоррекцияВремени* . При отрицательном значении уставки расчет начинается до отключения блок-контакта на время, равное уставке коррекции времени.

Выходы накопленной энергии `IPOW_A (_B, _C)` отображаются в окне контролируемых данных в ЛИЧМ или через средства связи. Значения можно сбросить, задав для уставки *Нач знач ресурса_В* значение «да» в меню очистки в веб-ИЧМ или ЛИЧМ.

Контроль сигн. уровня

Аварийный сигнал IPOW_ALM становится активным, когда накопленная энергия превышает значение уставки *Накопл.энергия(сигн)* . Но когда энергия превысит предельное значение, определяемое уставкой порогового значения *Накопл.энерг.(блокир)* , активируется выход IPOW_LO .

Выходы IPOW_ALM и IPOW_LO можно блокировать путем активации дискретного входа BLOCK.

7.1.4.6 Остаточный ресурс выключателя

При каждом срабатывании выключателя его ресурс уменьшается в результате износа. Износ выключателя зависит от тока срабатывания, а остаточный ресурс оценивается на основании характеристики отключения выключателя, предоставленной производителем. Остаточный ресурс уменьшается, по крайней мере, на единицу при каждом отключении выключателя.

Действие подфункции Остаточный ресурс выключателя можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы даны в следующих разделах.

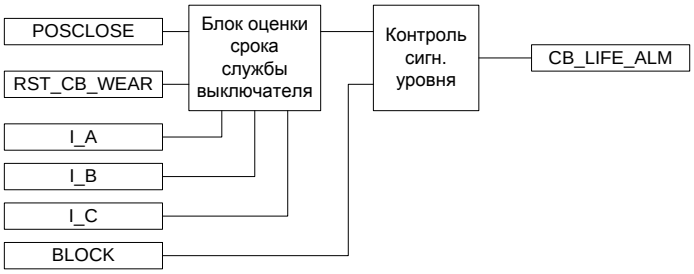


Рис. 491: Функциональная схема оценки ресурса выключателя

Модуль оценки ресурса выключателя

Модуль оценки ресурса выключателя рассчитывает остаточный ресурс выключателя. Если ток отключения меньше номинального рабочего тока, определяемого уставкой *Номин рабоч ток* , остаточный ресурс выключателя уменьшается на одну операцию. Если ток отключения больше номинального тока КЗ, определяемого уставкой *Номин.авар.ток* , счетчик ресурса выключателя становится равным нулю. Остаточный ресурс (в интервале между этими двумя значениями уставок) оценивается на основании характеристики отключения выключателя, предоставленной производителем. Уставки *Колич.опер.номин.* и *Колич.опер.авар.* определяют количество операций, которые может выполнить выключатель при номинальном токе и при номинальном токе повреждения соответственно.

Оставшийся срок службы рассчитывается отдельно для всех трех фаз и отображается на экране контролируемых данных как CB_LIFE_A (_B,_C).

Чтобы очистить значения, следует задать параметр *Значения износа выключателя* в меню очистки веб-ИЧМ или ЛИЧМ.

При сбросе уставки *Контроль ресурса выключателя* altакже сбрасывается и счетчик срабатываний.

Контроль сигн. уровня

Когда остаточный ресурс любой фазы оказывается ниже пороговой уставки *Ресурс выключ.* , активируется аварийный сигнал CB_LIFE_ALM соответствующего выключателя.

Сигнализацию CB_LIFE_ALM можно отключить путем активации входа BLOCK. Предшествующее значение счетчика работы автоматического выключателя можно использовать, записав его значением параметра *Нач знач ресурса_B* с последующим сбросом в меню очистки веб-ИЧМ или ЛИЧМ.

7.1.4.7 Индикация взвода пружины выключателя

Подфункция индикации взвода пружины выключателя рассчитывает время взвода пружины.

Действие подфункции можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы даны в следующих разделах.

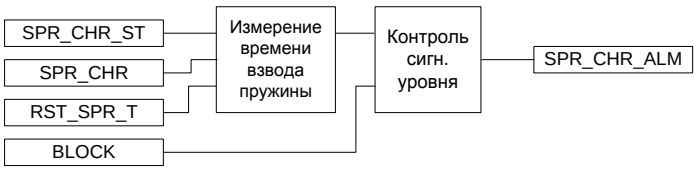


Рис. 492: Функциональная схема индикации и сигнализации взвода пружины выключателя

Измерение времени взвода пружины

Два дискретных входа, SPR_CHR_ST и SPR_CHR, являются индикацией начала взвода пружины и взведенной пружины, соответственно. Время взвода пружины рассчитывается по разнице времени между этими двумя сигналами.

Время взвода пружины T_SPR_CHR можно увидеть в окне данных мониторинга на локальном ИЧМ или при помощи специальных инструментов по каналам связи.

Контроль сигн. уровня

Если время, необходимое на взвод пружины, превышает уставку *Время зар.пружины* , подфункция генерирует аварийный сигнал SPR_CHR_ALM .

Аварийный сигнал SPR_CHR_ALM можно заблокировать путем активации дискретного входа BLOCK .

7.1.4.8 Подфункция контроля давления газа

Эта подфункция контролирует давление газа в разрядной камере.

Действие подфункции можно описать при помощи схемы. Пояснения ко всем модулям схемы даны в следующих разделах.

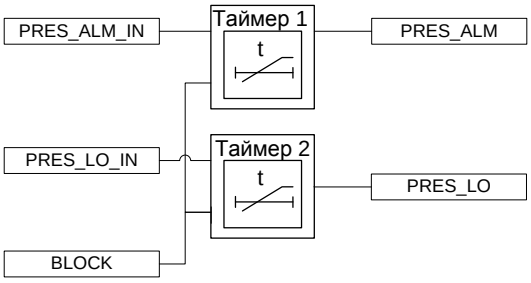


Рис. 493: Функциональная схема аварийного сигнала давления газа в выключателе

Давление газа контролируется посредством дискретных входных сигналов PRES_LO_IN и PRES_ALM_IN.

Таймер 1

При активации дискретного входа PRES_ALM_IN активируется аварийный сигнал PRES_ALM по истечении выдержки времени, определяемой уставкой *ВремяСигнПоДавл* . Аварийный сигнал PRES_ALM может блокироваться путем активации дискретного входа BLOCK .

Таймер 2

Если давление падает ниже допустимого уровня, дискретный вход PRES_LO_IN становится высоким, активируя сигнал блокировки PRES_LO по истечении выдержки времени, определяемой уставкой *ВремяБлокирПоДавл* . Аварийный сигнал PRES_LO может блокироваться путем активации входа BLOCK .

7.1.5 Применение

Функция SSCBR включает в себя различные вспомогательные функции измерения и мониторинга.

Функция мониторинга состояния выключателя

Подфункция мониторинга состояния выключателя контролирует положение выключателя, т.е. "отключен", "включен" или "промежуточное положение".

Контроль работы выключателя

Назначение подфункции контроля работы выключателя - показать, в течение какого времени выключатель оставался неактивным. Этот модуль рассчитывает количество дней, в течение которых выключатель оставался неактивным, т.е. находился в одном и том же (включенном или отключенном) состоянии. Есть возможность задать начальный день неактивного состояния выключателя.

Функция контроля времени переключения выключателя

Большое значение времени переключения (хода контактов) выключателя свидетельствует о необходимости технического обслуживания механизма выключателя. Следовательно, необходимо выявлять увеличение времени хода контактов выключателя. Во время цикла отключения выключателя силовой контакт начинает размыкаться. Блок-контакт А размыкается, блок-контакт В замыкается, и силовой контакт достигает положения "отключено". Во время цикла включения первый силовой контакт начинает замыкаться. Блок-контакт В размыкается, блок-контакт А замыкается, а силовой контакт достигает положения "включено". Время переключения рассчитывается на основании изменения состояния блок-контактов и добавления поправочного коэффициента для учета разности времени при изменении положения силового контакта и блок-контакта.

Счетчик операций

Текущее техобслуживание выключателя, такое как смазывание механизма выключателя, обычно зависит от количества выполненных выключателем операций. Помощь в проведении профилактического техобслуживания окажет соответствующее пороговое значение количества операций выключателя, по достижении которого выдается сигнал. Это значение также может использоваться для индикации необходимости анализа пробы масла для испытания электрической прочности изоляции (если это масляный выключатель)

Изменение состояния можно определять по дискретному входу блок-контакта. Существует возможность задать начальное значение счетчика, которое может использоваться для инициализации этой функции по истечении определенного периода работы или в случае модернизации первичного оборудования.

Функция контроля накопленной энергии I^yt

Функция контроля накопленной энергии I^yt рассчитывает накопленную энергию ΣI^yt, где коэффициент "y" известен как "экспонента тока". Этот коэффициент зависит от типа выключателя. Для масляных выключателей он

обычно равен 2. В системах высокого напряжения этот коэффициент может равняться 1,4...1,5.

Остаточный ресурс выключателя

При каждом срабатывании выключателя его ресурс уменьшается в результате износа. Износ выключателя зависит от тока срабатывания, а остаточный ресурс оценивается на основании характеристики отключения выключателя, предоставленной производителем.

Пример оценки оставшегося ресурса выключателя

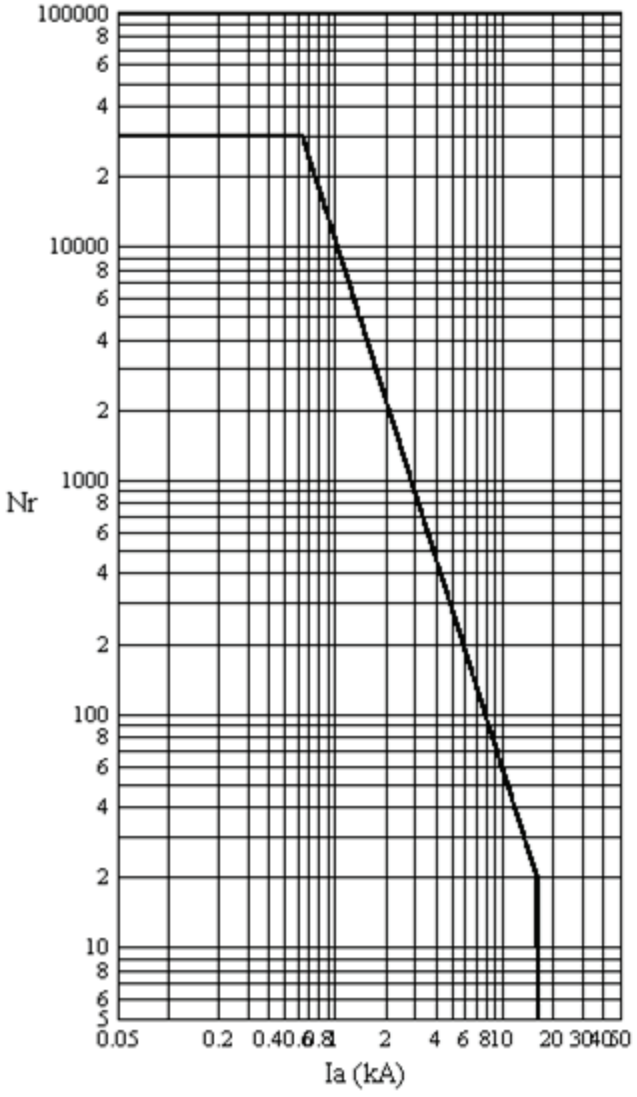


Рис. 494: Характеристики срабатывания вакуумных прерывателей 12 кВ, 630 А, 16 кА

Nr	допустимое количество операций включения – отключения выключателя
Ia	ток во время отключения выключателя

Расчет коэффициента направленности

Коэффициент направленности рассчитывается по следующей формуле:

$$направленный\ коэф. = \frac{\log\left(\frac{B}{A}\right)}{\log\left(\frac{I_f}{I_r}\right)} = -2.2609$$

(Уравнение 178)

I_n	Номинальный рабочий ток = 630 A
I_f	Номинальный ток повреждения = 16 kA
A	Колич.опер.номин. = 30000
B	Колич.опер.авар. = 20

Расчет для оценки остаточного ресурса

На Рисунке 494 показана возможность выполнения 30 000 операций при номинальном токе 630 A и 20 операций при номинальном токе повреждения 16 кА. Следовательно, если ток срабатывания равен 10 кА, одна операция при токе срабатывания 10 кА эквивалентна 30000/60 = 500 операциям при номинальном токе. Также считается, что до этого срабатывания остаточный ресурс выключателя составлял 15 000 операций. Следовательно, после операции при 10 кА остаточный ресурс выключателя составляет 15000 – 500 = 14500 операций при номинальном рабочем токе.

$$уменьшение\ остаточного\ ресурса = \left(\frac{I}{I_r}\right)^{-\ направленный\ коэф.}$$

(Уравнение 179)

Индикация взвода пружины выключателя

Для нормальной работы выключателя пружина выключателя должна быть взведена в течение указанного времени. Следовательно, увеличение времени взвода пружины означает, что выключателю требуется техническое обслуживание. Последнее значение времени взвода пружины может использоваться в качестве рабочего значения.

Подфункция контроля давления газа

Подфункция контроля давления газа контролирует давление газа в разрядной камере. Когда давление опускается слишком низко по сравнению с требуемым значением, все операции выключателя блокируются. В зависимости от уровня давления на дискретных входах генерируются предупредительные сигналы.

7.1.6 Сигналы

Таблица 833: Входные сигналы функции SSCBR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние входа блокировки
POSOPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата "ОТКЛЮЧЕНО от I/O"
POSCLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата "ВКЛЮЧЕНО от I/O"
OPEN_CB_EXE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды размыкания катушки
CLOSE_CB_EXE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды замыкания катушки
PRES_ALM_IN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход "Предупреждение давления элегаза"
PRES_LO_IN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход "Блокировка по давлению элегаза"
SPR_CHR_ST	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход "Пуск взвода пружины"
SPR_CHR	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход "Пружина взведена"
RST_IPOW	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сброс накопленной энергии
RST_CB_WEAR	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса оставшегося ресурса и счетчика операций
RST_TRV_T	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса времен включения и отключения выключателя
RST_SPR_T	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход сброса времени взвода пружины выключателя

Таблица 834: Выходные сигналы функции SSCBR

Название	Тип	Описание
TRV_T_OP_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Время отключения выключателя превысило уставку
TRV_T_CL_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Время включения выключателя превысило уставку
SPR_CHR_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Время взвода пружины достигло значения уставки
OPR_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Количество операций выключателя превысило уровень сигнализации
OPR_LO	ЛОГИЧЕСКИЙ	Количество операций выключателя превысило предел блокировки
Продолжение таблицы на следующей странице		

Название	Тип	Описание
IPOW_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Превышение предела сигнализации накопленной энергии (Iyt)
IPOW_LO	ЛОГИЧЕСКИЙ	Превышение предела блокировки накопленной энергии (Iyt)
CB_LIFE_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Оставшийся ресурс выключателя превысил порог сигнализации
MON_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Аварийный сигнал "Выключатель не работал долгое время"
PRES_ALM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Давление элегаза ниже уровня сигнализации
PRES_LO	ЛОГИЧЕСКИЙ	Давление элегаза ниже уровня блокировки
OPENPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выключатель в положении "Отключено"
INVALIDPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Неисправное положение выключателя (не включено и не отключено)
CLOSEPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выключатель в положении "Включено"

7.1.7 Уставки

Таблица 835: Общие уставки функции SSCBR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Мин.ток расч.энерг	5.00...500.00	A	0.01	10.00	Уставка действующего значения тока, ниже которой прекращается подсчет энергии
ВремяСигнОтключ	0...200	мс	1	40	Уставка времени отключения, при превышении которой выдается сигнал
Время включения	0...200	мс	1	40	Уставка времени включения, при превышении которой выдается сигнал
Время зар.пружины	0...60000	мс	10	15000	Уставка времени заряда пружины, при превышении которой выдается сигнал
Колич.операц(сигн)	0...99999		1	200	Уровень сигнализации по количеству операций
Колич.операц(блокир)	0...99999		1	300	Уровень блокировки по количеству операций
Экспонента тока	0.00...2.00		0.01	2.00	Уставка показателя степени тока для расчета энергии
КоррекцияВремени	-10...10	мс	1	5	Корректирующий коэффициент отличия времени отключения по основным и вспомогательным контактам
Накопл.энергия(сигн)	0.00...20000.00		0.01	2500.00	Уставка сигнализации по накопленной энергии
Накопл.энерг.(блокир)	0.00...20000.00		0.01	2500.00	Уставка блокировки по накопленной энергии
Коэфф.направл.	-3,00...-0,50		0.01	-1,50	Коэффициент направленности для расчета ресурса выключателя

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Нач знач ресурса_B	0...99999		1	5000	Начальное значение оставшегося ресурса выключателя
Номин рабоч ток	100.00...5000.00	A	0.01	1000.00	Номинальный ток выключателя
Номин.авар.ток	500.00...75000.00	A	0.01	5000.00	Номинальный ток КЗ
Колич.опер.номин.	1...99999		1	10000	Количество операций при номинальном токе
Колич.опер.авар.	1...10000		1	1000	Количество операций при номинальном токе КЗ
НеактивнСост, дней	0...9999		1	2000	Уровень сигнализации счетчика дней бездействия выключателя
Режим расчета времени включения	1=Посл. от Ком до Пол. 2=Посл. от Пол. до Пол.			2=Посл. от Пол. до Пол.	Выбор режима расчета времени включения

Таблица 836: Общие уставки функции SSCBR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Коэфф.времени откл.	-100...100	мс	1	10	Корректирующий коэффициент времени отключения
Коэфф.времени вкл.	-100...100	мс	1	10	Корректирующий коэффициент времени включения
Нач знач счетчика	0...99999		1	0	Начальное значение счетчика операций
Нач значение энергии	0.00...20000.00		0.01	0.00	Начальное значение накопленной энергии (Iyt)
Ресурс выключ.	0...99999		1	500	Уровень сигнализации ресурса выключателя
ВремяСигнПоДавл	0...60000	мс	1	10	Выдержка времени сигнализации по давлению элегаза
ВремяБлокирПоДавл	0...60000	мс	10	10	Выдержка времени блокировки по давлению элегаза
НачЗначНеактСост	0...9999		1	0	Начальное значение счетчика бездействия выключателя
НеактивнСост, часов	0...23	ч	1	0	Время сигнализации счетчика дней бездействия выключателя в часах

7.1.8 Контролируемые данные

Таблица 837: Контролируемые данные функции SSCBR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
T_TRV_OP	FLOAT32	0...60000	мс	Время отключения выключателя
T_TRV_CL	FLOAT32	0...60000	мс	Время включения выключателя
T_SPR_CHR	FLOAT32	0.00...99.99	с	Время взвода пружины выключателя
NO_OPR	INT32	0...99999		Количество циклов работы выключателя
INA_DAYS	INT32	0...9999		Количество дней неактивности выключателя
CB_LIFE_A	INT32	-99999...99999		Оставшийся ресурс фазы A
CB_LIFE_B	INT32	-99999...99999		Оставшийся ресурс фазы B
CB_LIFE_C	INT32	-99999...99999		Оставшийся ресурс фазы C
IPOW_A	FLOAT32	0.000...30000.000		Накопленная энергия (Iyt), фаза A
IPOW_B	FLOAT32	0.000...30000.000		Накопленная энергия (Iyt), фаза B
IPOW_C	FLOAT32	0.000...30000.000		Накопленная энергия (Iyt), фаза C
SSCBR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

7.1.9 Технические данные

Таблица 838: Технические данные функции SSCBR

Характеристика	Значение
Погрешность при измерении тока	± 1,5% или ± 0,002 × I_n (при значениях тока в диапазоне 0,1…10 × I_n) ±5,0% (при значениях тока в диапазоне 10…40 x I_n)
Погрешность времени срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс
Измерение времени переключения выключателя	+10 мс / -0 мс

7.1.10 Данные о технических изменениях

Таблица 839: Данные о технических изменениях функции SSCBR

Версия	Изменение
B	Добавлена возможность сброса времени взвода пружины и времени хода выключателя
C	Удалены выходы DIFTRVTOPALM и DIFTRVTCLALM и соответствующие им уставки *Open Dif alarm time* и *Close Dif alarm time* .
D	Параметр *Цикл операций* переименован в параметр *Нач знач ресурса_B*. Изменился диапазон IPOW_A (_B, _C).
E	Максимальное начальное значение оставшегося ресурса выключателя (*Нач знач ресурса_B*) изменено с 9999 на 99999. Добавлена поддержка измерения времени хода контактов выключателя от момента подачи команды на размыкание/замыкание до момента измерения сигнала состояния вспомогательного контакта.
F	Диапазон *Колич.операц(сигн)* увеличен с 9999 до 99999. Диапазон задания числа *Колич.операц(блокир)* увеличен с 9999 до 99999. Диапазон значений параметра *Нач знач счетчика* изменен с 9999 до 99999.

Раздел 8 Функции измерения

8.1 Основные измерения

8.1.1 Функции

Функция трехфазного измерения тока CMMXU используется для контроля и измерения фазных токов энергосистемы.

Функция трехфазного измерения напряжения VMMXU используется для контроля и измерения междуфазных напряжений энергосистемы. Функция VMMXU также может измерять фазное напряжение.

Функция измерения тока нулевой последовательности RESCMMXU используется для контроля и измерения тока нулевой последовательности энергосистемы.

Функция измерения напряжения нулевой последовательности RESVMMXU используется для контроля и измерения напряжения нулевой последовательности энергосистемы.

Функция измерения последовательностей токов CSMSQI используется для контроля и измерения последовательностей токов.

Функция измерения последовательностей напряжений VSMSQI используется для контроля и измерения последовательностей напряжений.

Функция измерения частоты FMMXU используется для контроля и измерения частоты в энергосистеме.

Функция трехфазного измерения мощности и энергии PEMMXU используется для контроля и измерения активной мощности P, реактивной мощности Q, полной мощности S, коэффициента мощности PF, а также для расчета суммарной энергии, отдельно по активной в прямом направлении, активной в обратном направлении, реактивной в прямом направлении и реактивной в обратном направлении. Функция PEMMXU рассчитывает эти величины при помощи векторов основной частоты, т.е. DFT-величины сигналов измеренного фазного тока и фазного напряжения.

Информацию об измеренных величинах оператор может получить через ЛИЧМ, Веб-ИЧМ или дистанционно, по каналам связи из центра управления сетью.

Если измеренные данные показаны в ЛИЧМ или Веб-ИЧМ в круглых скобках, это значит, что при отображении данных возникли проблемы.

8.1.2 Функции измерения

Функции можно включить или отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Некоторые функции измерения могут работать в двух режимах измерения: "Фурье" и "Среднеквадратичный". Режим измерения выбирается при помощи параметра *Режим измерения X* . В зависимости от функции измерения, если режим измерения выбрать невозможно, будет использоваться режим "Фурье".

Расчет средних значений величин

Средние значения величин рассчитываются отдельно для каждой функции измерения по каждой фазе. Имеются такие режимы измерения как "Линейный" и "Логарифмический". Режим измерения "Логарифмический" действует для расчета средних значений фазного тока и тока нулевой последовательности. Режим расчета средних значений выбирается при помощи меню **Конфигурация/Измерения/Метод расч срдн знач**. Интервал времени при расчете средних значений выбирается при помощи меню **Конфигурация/Измерения/Интервал измерения**.

Например, если для уставки *Интервал измерения* установлено значение «15 минут», средние значения обновляются каждые четверть часа. Интервал расчета средних значений синхронизируется с часами реального времени релейной защиты. Среднее значение рассчитывается при изменении режима или интервала расчета средних значений. Для начального интервала расчета средних значений они отображаются как недействительные до первого обновления.

"Линейный" режим расчета использует периодический расчет скользящего среднего значения измеренного сигнала на протяжении интервала измерения. Среднее значение рассчитывается один раз в минуту, и отражает среднее значение измеренного аналогового сигнала за указанный интервал времени до момента обновления. Текущие средние значения сохраняются в памяти до тех пор, пока не появятся новые значения в конце следующего интервала времени.

Режим "Логарифмический" использует периодический расчет с использованием логарифмической функции с основанием 10 на протяжении интервала измерения для воспроизведения показаний тепловых амперметров. При логарифмическом расчете средних значений рассчитывается "срез" аналогового сигнала каждую 1/15 интервала измерения.

Каждая функция измерения имеет собственные записанные значения данных. В устройстве релейной защиты их можно просмотреть в **Мониторинг/ Записанные данные/Измерения**. В техническом руководстве они перечислены в разделе контролируемых данных по каждой функции измерения. Эти значения периодически обновляются с указанием максимальных и минимальных значений. Оба значения имеют метки времени.

Сброс записанных данных инициализирует текущее среднее значение до минимального и максимального средних значений.

Передача значений

Функции измерений могут передавать новые значения в АСУ (систему SCADA) при помощи различных функций.

- Фиксация нулевого уровня
- Контроль зоны нечувствительности
- Контроль предельного значения



В функции трехфазного измерения напряжения VMMXU функции контроля основаны на линейных напряжениях. Однако наряду с линейными напряжениями передаются и значения фазного напряжения.



GOOSE — это служба протокола на основе событий. Аналоговая служба GOOSE использует для обновления измеренных значений те же функции создания событий, что и вертикальная связь SCADA. Интервал обновления 500 мс используется для данных, для которых отсутствует фиксация нулевого уровня, контроль зоны нечувствительности или контроль предельного значения.

Фиксация нулевого уровня

Если измеренное значение ниже предела фиксации нулевого уровня, оно округляется до нуля. Это позволяет игнорировать помехи входного сигнала. Функция фиксации нулевого уровня сбрасывает в ноль как текущее измеренное значение, так и значение угла измеренного сигнала. В функциях трехфазного измерения или измерения составляющих последовательностей, в каждой фазе или составляющей последовательности есть своя функция фиксации нулевого уровня. Функция обнаружения нулевого уровня действует так, что если измеренное значение становится выше или ниже предела фиксации нулевого уровня, в отчет вносятся новые значения.

Таблица 840: Пределы фиксации нулевого уровня

Функция	Предел фиксации нулевого уровня
Трехфазное измерение тока (CMMXU)	1% номинального тока (Iном)
Трехфазное измерение напряжения (VMMXU)	1% номинального напряжения (Uном)
Измерение тока нулевой последовательности (RESCMMXU)	1% номинального тока (Iном)
Измерение напряжения нулевой последовательности (RESVMMXU)	1% номинального напряжения (Uном)
Измерение последовательностей токов (CSMSQI)	1% номинального тока (Iном)
Измерение последовательностей напряжений (VSMSQI)	1% номинального напряжения (Uном)
Измерение трехфазной мощности и энергии (PEMMXU)	1,5% номинальной мощности (Sном)

Когда функция измерения частоты FMMXU не может измерить частоту сети при пониженном напряжении, измеренные значения устанавливаются на номинальные значения, как и данные о качестве в наборе данных соответственно. Для измерения частоты предел понижения напряжения устанавливается на 10% от номинальной величины.

Контроль предельного значения

Функция контроля предельного значения контролирует измеренное значение X_INST, показывая, не стало ли оно выше или ниже заданного предельного значения. Измеренное значение содержит данные о соответствующем диапазоне X_RANGE и имеет значение от 0 до 4:

- 0: "Обычный"
- 1: "высокий"
- 2: "низкий"
- 3: "аварийно высокий"
- 4: "аварийно низкий"

Информация о диапазоне изменяется, и в отчет вносятся новые значения.

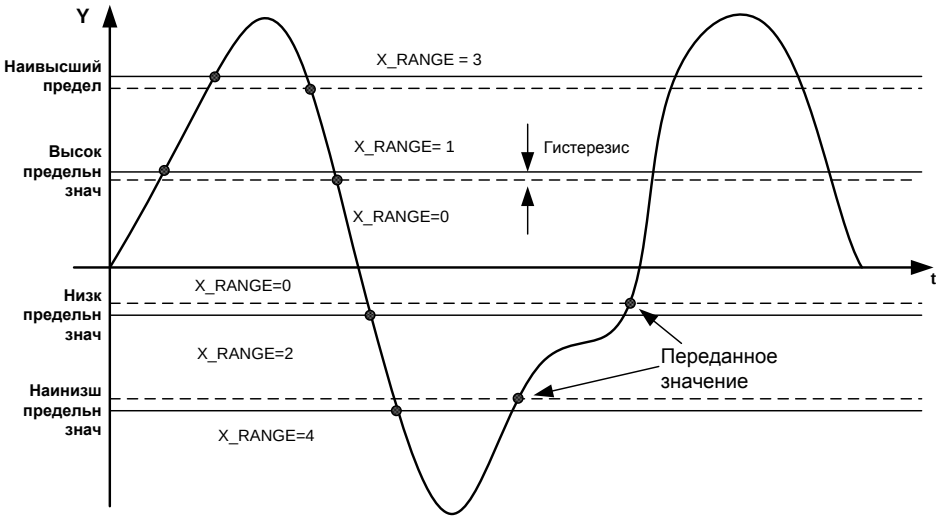


Рис. 495: Представление рабочих пределов

В некоторых функциях измерения информация о пределах также может преобразовываться в логические выходные сигналы, и количество фаз, в которых предел выше или ниже для активации выходов, может задаваться параметром *Количество фаз* в функциях трехфазного измерения CMMXU и VMMXU. Логические аварийные и предупредительные выходы функции контроля предельного значения могут блокироваться.

Таблица 841: Уставки контроля предельного значения

Функция	Уставки контроля предельного значения	
Трехфазное измерение тока (CMMXU)	Высокий предел	*Высокий предел I*
	Низкий предел	*Низкий предел I*
	Аварийно высокий предел	*Наивысший предел I*
	Аварийно низкий предел	*Наинизший предел I*
Трехфазное измерение напряжения (VMMXU)	Высокий предел	*Высокий предел U*
	Низкий предел	*Низкий предел U*
	Аварийно высокий предел	*Наивысший предел U*
	Аварийно низкий предел	*Наинизший предел U*
Измерение тока нулевой последовательности (RESCMMXU)	Высокий предел	*Высокий предел 3Io*
	Низкий предел	-
	Аварийно высокий предел	*Наивысший предел 3Io*
	Аварийно низкий предел	-
Продолжение таблицы на следующей странице		

Функция	Уставки контроля предельного значения	
Измерение частоты (FMMXU)	Высокий предел	*Высокий предел F*
	Низкий предел	*Низкий предел F*
	Аварийно высокий предел	*Наивысший предел F*
	Аварийно низкий предел	*Наинизший предел F*
Измерение напряжения нулевой последовательности (RESVMMXU)	Высокий предел	*Высокий предел 3Uo*
	Низкий предел	-
	Аварийно высокий предел	*Наивысший предел 3Uo*
	Аварийно низкий предел	-
Измерение последовательностей токов (CSMSQI)	Высокий предел	*Высокий предел I1*, *Высокий предел I2*, *Высокий предел Io*
	Низкий предел	*Низкий предел I1*, *Низкий предел I2*, *Низкий предел Io*
	Аварийно высокий предел	*Наивысший предел I1*, *Наивысший предел I2*, *Наивысший предел Io*
	Аварийно низкий предел	*Наинизший предел I1*, *Наинизший предел I2*, *Наинизший предел Io*
Измерение последовательностей напряжений (VSMSQI)	Высокий предел	*Высокий предел U1*, *Высокий предел U2*, *Высокий предел Uo*
	Низкий предел	*Низкий предел U1*, *Низкий предел U2*, *Низкий предел Uo*
	Аварийно высокий предел	*Наивысший предел U1*, *Наивысший предел U2*, *Наивысший предел Uo*
	Аварийно низкий предел	*Наинизший предел U1*, *Наинизший предел U2*,
Трехфазное измерение мощности и энергии (PEMMXU)	Высокий предел	-
	Низкий предел	-
	Аварийно высокий предел	-
	Аварийно низкий предел	-

Контроль зоны нечувствительности

Функция контроля зоны нечувствительности сообщает об изменении измеренного значения за определенный период времени.

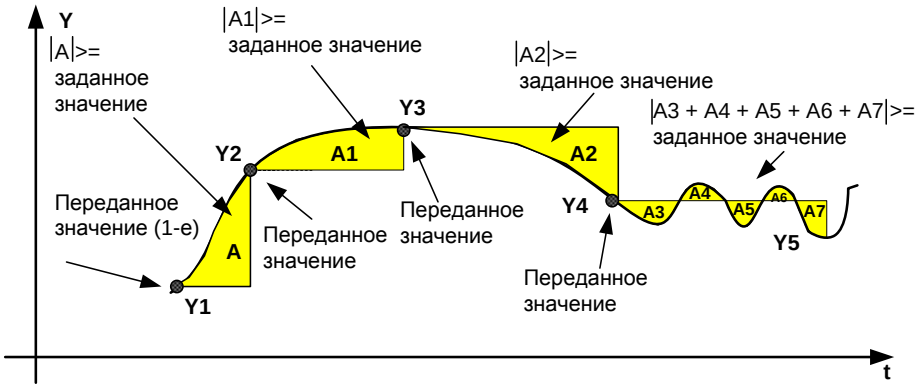


Рис. 496: Контроль зоны нечувствительности с интегрированием по времени

Значение зоны нечувствительности, используемое при расчете с интегрированием по времени, конфигурируется при помощи уставки *зона нечувствительности X*. Это значение представлено в виде процентной величины разности между предельным максимальным и предельным минимальным значениями в единицах 0,001 % * секунды.

Время задержки выдачи отчета алгоритма с интегрированием по времени в секундах рассчитывается по формуле:

$$t\,(c) = \frac{(\text{макс.} - \text{мин.}) \times \text{зона нечувств.}/1000}{|\Delta Y| \times 100\%}$$

(Уравнение 180)

Пример функции CMMXU:

Зона нечувствительн = 2500 (2,5% от полного диапазона измерения 40)

`I_INST_A` = `I_DB_A` = 0,30

Если `I_INST_A` изменится на 0,40, задержка выдачи отчета составит:

$$t(s) = \frac{(40-0)\times 2500/1000}{|0.40-0.30|\times 100\%} = 10s$$

Таблица 842: Параметры расчета зоны нечувствительности

Функция	Уставки	Максимальное/минимальное значение (=диапазон)
Трехфазное измерение тока (CMMXU)	*Зона нечувств I*	*40/0 (=40xIn)*
Трехфазное измерение напряжения (VMMXU)	*Нечувствит Uo*	*4/0 (=4xUn)*
Измерение тока нулевой последовательности (RESCMMXU)	*Зона нечувств 3Io*	*40/0 (=40xIn)*
Измерение напряжения нулевой последовательности (RESVMMXU)	*Нечувствит Uo*	*4/0 (=4xUn)*
Измерение частоты (FMMXU)	*Зона нечувствит. F*	*75/35 (=40 Гц)*[1)]
Измерение последовательностей токов (CSMSQI)	*Зона нечувствит. I1*, *Зона нечувствит. I2*, *Нечувствит Io*	*40/0 (=40xIn)*
Измерение последовательностей напряжений (VSMSQI)	*Зона нечувствит. U1*, *Зона нечувствит. U2*, *Нечувствит Uo*	*4/0 (=4xUn)*
Трехфазное измерение мощности и энергии (PEMMXU)	-	

1) Указано значение для REF615, RET615 и REM615 в сети 50 Гц. Значение для сети 60 Гц: 90/36 (=54 Гц). Значения для REG615: 75/10 (=65 Гц) в сети 50 Гц и 90/12 (=78 Гц) в сети 60 Гц.

В функции трехфазного измерения мощности и энергии PEMMXU контроль зоны нечувствительности выполняется отдельно для полной мощности S, предварительно заданное фиксированное значение - 10 процентов от Sn, и коэффициента мощности PF, предварительно заданное фиксированное значение - 0,10. . Все замеры мощности, такие как значения P, Q, S и PF, фиксируются в отчете одновременно, если любое из значений S или PF превышает заданный предел.

Расчет мощности и энергии

Трехфазная мощность рассчитывается по данным фазных напряжений и фазных токов. Функция измерения мощности может рассчитывать полную мощность на базе векторов составляющих промышленной частоты (Фурье).

$$\overline{S} = (\overline{U}_A \cdot \overline{I}^*_A + \overline{U}_B \cdot \overline{I}^*_B + \overline{U}_C \cdot \overline{I}^*_C)$$

(Уравнение 181)

После расчета полной мощности рассчитываются P, Q, S и PF по следующим формулам:

$$P = \mathrm{Re}(\overline{S})$$

(Уравнение 182)

$$Q = \mathrm{Im}(\overline{S})$$

(Уравнение 183)

$$S = \left|\overline{S}\right| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

(Уравнение 184)

$$Cos\varphi = \frac{P}{S}$$

(Уравнение 185)

В зависимости от множителя, выбранного при помощи уставки *Множитель мощности*, расчет значений мощности может быть выполнен в кВ·А/кВт/кВ·Ар или МВ·А/МВт/МВ·Ар.

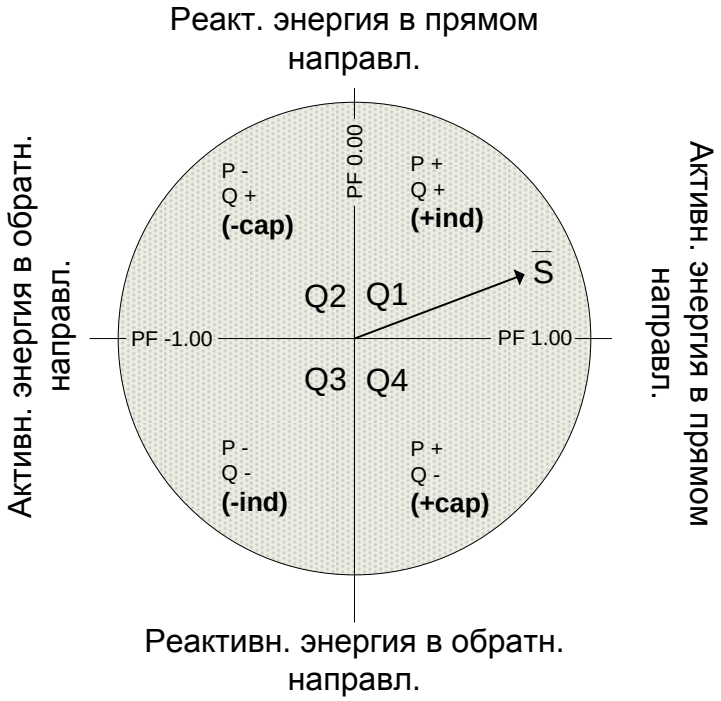


Рис. 497: Полная мощность и квадранты мощности

Таблица 843: Квадранты мощности

Квадрант	Ток	P	Q	PF	Мощность
Q1	Отстающий	+	+	0…+1,00	+инд.
Q2	Отстающий	-	+	0…-1,00	-емк.
Q3	Опережающий	-	-	0…-1,00	-инд.
Q4	Опережающий	+	-	0…+1,00	+емк.

Прямое или обратное направление активной мощности P можно выбрать при помощи параметра *Направл активн мощн* , и, соответственно, направление реактивной мощности Q можно выбрать при помощи параметра *Направл реакт мощн*. Это влияет на направление суммарной энергии.

Суммарная энергия рассчитывается отдельно как "активная энергия в прямом направлении" (EA_FWD_ACM), "активная энергия в обратном направлении" (EA_RV_ACM), "реактивная энергия в прямом направлении" (ER_FWD_ACM) и "реактивная энергия в обратном направлении (ER_RV_ACM). В зависимости от значения множителя, выбранного при помощи уставки *МножительЭнергии*, рассчитанные значения мощности представлены в таких единицах как кВтч/кВАрч или МВтч/ МВАрч.

После того как счетчик энергии достигнет максимального значения, счетчик сбрасывается в исходное состояние (ноль) и запускается заново. При изменении значения уставки *МножительЭнергии* значения суммарной энергии сбрасываются до исходных значений, т. е. EA_FWD_ACM — до значения *Нач знач Втч, прям*, EA_RV_ACM — до значения *Нач знач Вт*ч, обр*, ER_FWD_ACM — до значения *Нач знач ВАр*ч, прям* и ER_RV_ACM — до значения *Нач знач ВАр*ч, обр*. Можно также сбросить значение суммарной энергии до исходных значений при помощи параметра или через вход RSTACM.

Составляющие последовательности

Трехфазные составляющие рассчитываются при помощи фазных токов и фазных напряжений. Более подробные сведения о расчете составляющих приведены в разделе Расчетные параметры настоящего руководства.

8.1.3 Применение функций измерения

Функции измерения в энергосистеме используются для измерений, контроля и отчетности на уровне ЛИЧМ, инструмента мониторинга программного средства PCM600 или на уровне станции, например, по стандарту МЭК 61850. Возможность постоянного мониторинга измеренных значений активной мощности, реактивной мощности, токов, напряжений, коэффициентов мощности и так далее, является жизненно необходимой для производства, передачи и распределения электроэнергии. Мониторинг дает

возможность системному оператору быстро и легко представить состояние энергосистемы. Кроме того, функция может использоваться при испытаниях и вводе в эксплуатацию устройств релейной защиты для проверки их надлежащего состояния и подключения измерительных трансформаторов: тока (ТТ) и напряжения (ТН). Правильность работы аналоговой цепи измерения релейной защиты можно проверить во время планового обслуживания путем регулярного сравнения значений, измеренных релейной защитой, со значениями независимых измерительных приборов.

При измерении нулевого сигнала небольшие помехи входного сигнала могут показывать небольшие значения измерения. Чтобы игнорировать помехи входного сигнала и, следовательно, предотвратить появление этих величин в пользовательском экране, используется функция фиксации нулевого уровня. Фиксация нулевого уровня выполняется для измеренных величин аналоговых сигналов и углов.

Средние значения используются для того, чтобы не учитывать внезапные изменения измеренных аналоговых сигналов при длительном мониторинге входного сигнала. Средние значения – это средние линейные величины измеренного сигнала в течение заданного периода времени. Средние значения рассчитываются для измеренных аналоговых сигналов трехфазных токов.

Функция контроля предела указывает состояние измеренного сигнала: выше или ниже заданных пределов. В зависимости от типа измеренного сигнала, для контроля пределов может задаваться до двух верхних и двух нижних пределов.

Функция контроля зоны нечувствительности сообщает новое значение измерения при выходе входного сигнала из зоны нечувствительности. Контроль зоны нечувствительности может использоваться для обмена данными между точкой измерения и управления срабатыванием. При правильной конфигурации функции контроля зоны нечувствительности загрузка каналов связи минимальна, при этом значения измерений сообщаются достаточно часто.

8.1.4 Функция трехфазного измерения тока CMMXU

8.1.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Измерение трехфазного тока	CMMXU	3I	3I

8.1.4.2 Функциональный блок

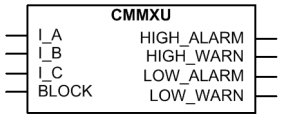


Рис. 498: Функциональный блок

8.1.4.3 Сигналы

Таблица 844: Входные сигналы функции CMMXU

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов

Таблица 845: Выходные сигналы функции CMMXU

Название	Тип	Описание
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация при превышении
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение при превышении
LOW_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение при снижении
LOW_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация при снижении

8.1.4.4 Уставки

Таблица 846: Общие уставки функции CMMXU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Необходимое количество фаз для контроля предельных значений
Наивысший предел I	0.00...40.00	xIn	1	1.40	Наивысший уровень сигнализации по току
Высокий предел I	0.00...40.00	xIn	1	1.20	Высокий уровень предупреждения по току
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Низкий предел I	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Низкий уровень предупреждения по току
Наинизший предел I	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Наинизший уровень сигнализации по току
Зона нечувств I	100...100000		1	2500	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001%)

Таблица 847: Общие уставки функции CMMXU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье			2=Фурье	Выбор режима измерения

8.1.4.5 Контролируемые данные

Таблица 848: Контролируемые данные функции CMMXU

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
IL1-A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Измеряемый ток фазы A
IL2-A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Измеряемый ток фазы B
IL3-A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Измеряемый ток фазы C
Макс среднее Ia	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Максимальное среднее значение, фаза A
Макс среднее Ib	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Максимальное среднее значение, фаза B
Макс среднее Ic	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Максимальное среднее значение, фаза C
Миним среднее Ia	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Минимальное среднее значение, фаза A
Миним среднее Ib	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Минимальное среднее значение, фаза B
Миним среднее Ic	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Минимальное среднее значение, фаза C
МеткаВр МаксСредн Ia	Метка времени			Метка времени запроса максимального среднего значения по фазе A
МеткаВр МаксСредн Ib	Метка времени			Метка времени запроса максимального среднего значения по фазе B

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
МеткаВр МаксСредн Ic	Метка времени			Метка времени запроса максимального среднего значения по фазе C
МеткаВр МинСредн Ia	Метка времени			Метка времени запроса минимального среднего значения по фазе A
МеткаВр МинСредн Ib	Метка времени			Метка времени запроса минимального среднего значения по фазе B
МеткаВр МинСредн Ic	Метка времени			Метка времени запроса минимального среднего значения по фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки всех дискретных выходов
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнализация при превышении
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Предупреждение при превышении
LOW_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Предупреждение при снижении
LOW_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнализация при снижении
I_INST_A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда в фазе A, мгновенное значение
I_ANGL_A	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол тока в фазе A
I_DB_A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда в фазе A, отчетное значение
I_DMD_A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Среднее значение тока в фазе A
I_RANGE_A	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды в фазе A
I_INST_B	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда в фазе B, мгновенное значение
I_ANGL_B	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол тока в фазе B
I_DB_B	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда в фазе B, отчетное значение
I_DMD_B	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Среднее значение тока в фазе B
I_RANGE_B	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды в фазе B

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I_INST_C	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда в фазе C, мгновенное значение
I_ANGL_C	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол тока в фазе C
I_DB_C	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда в фазе C, отчетное значение
I_DMD_C	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Среднее значение тока в фазе C
I_RANGE_C	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды в фазе C

8.1.4.6 Технические данные

Таблица 849: Технические данные CMMXU

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц
	±0,5% или ±0,002 × $I_{ном}$ (при значениях тока в диапазоне 0,01...4,00 × $I_{ном}$)
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, … Среднеквадратичное значение: подавление отсутствует

8.1.4.7 Данные о технических изменениях

Таблица 850: Данные о технических изменениях функции CMMXU

Версия	Изменение
B	Изменения меню
C	В окно контролируемых данных добавлены значения угла фазного тока. В записанные данные добавлены минимальное среднее значение и время. Добавлен режим логарифмического расчета среднего значения, а параметр интервала усреднения перенесен в меню измерений в качестве общего параметра для всех расчетов среднего значения.
D	Внутреннее улучшение.
E	Внутреннее улучшение.

8.1.5 Функция трехфазного измерения напряжения VMMXU

8.1.5.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция трехфазного измерения напряжения	VMMXU	3U	3V

8.1.5.2 Функциональный блок

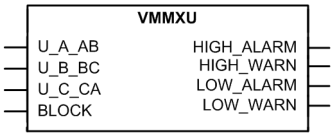


Рис. 499: Функциональный блок

8.1.5.3 Сигналы

Таблица 851: Входные сигналы функции VMMXU

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов

Таблица 852: Выходные сигналы функции VMMXU

Название	Тип	Описание
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация при превышении
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение при превышении
LOW_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение при снижении
LOW_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация при снижении

8.1.5.4 Уставки

Таблица 853: Общие уставки функции VMMXU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Количество фаз	1=1 из 3 2=2 из 3 3=3 из 3			1=1 из 3	Необходимое количество фаз для контроля предельных значений
Наивысший предел U	0.00...4.00	xUn	1	1.40	Наивысший предел 3Uo
Высокий предел U	0.00...4.00	xUn	1	1.20	Высокий предупредительный предел по напряжению
Низкий предел U	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Низкий предупредительный предел по напряжению
Наинизший предел U	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Низкий сигнальный предел по напряжению
Нечувствит U	100...100000		1	10000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001%)

Таблица 854: Общие уставки функции VMMXU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерений	1=Среднеквадратичный 2=Фурье			2=Фурье	Выбор режима измерения

8.1.5.5 Контролируемые данные

Таблица 855: Контролируемые данные функции VMMXU

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Uab, кВ	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Измеренная амплитуда междуфазного напряжения AB
Ubc, кВ	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Измеренная амплитуда междуфазного напряжения BC
Uca, кВ	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Измеренная амплитуда междуфазного напряжения CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки всех дискретных выходов
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнализация при превышении
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Предупреждение при превышении
LOW_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Предупреждение при снижении
LOW_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнализация при снижении
U_INST_AB	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда Uab, мгновенное значение
U_ANGL_AB	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол UAB
U_DB_AB	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда Uab, отчетное значение
U_DMD_AB	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Среднее значение напряжения Uab
U_RANGE_AB	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды Uab
U_INST_BC	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда Ubc, мгновенное значение
U_ANGL_BC	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол Ubc
U_DB_BC	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда Ubc, отчетное значение
U_DMD_BC	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Среднее значение напряжения Ubc
U_RANGE_BC	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды Ubc
U_INST_CA	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда Uca, мгновенное значение
U_ANGL_CA	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол Uca
U_DB_CA	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда Uca, отчетное значение
U_DMD_CA	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Среднее значение напряжения Uca
U_RANGE_CA	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды Uca
U_INST_A	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Амплитуда фазы A, мгновенное значение
U_ANGL_A	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол фазы A
U_DMD_A	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Среднее значение напряжения фазы A
U_INST_B	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Амплитуда фазы B, мгновенное значение

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
U_ANGL_B	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол фазы B
U_DMD_B	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Среднее значение напряжения фазы B
U_INST_C	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Амплитуда фазы C, мгновенное значение
U_ANGL_C	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол фазы C
U_DMD_C	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Среднее значение напряжения фазы C

8.1.5.6 Технические данные

Таблица 856: VMMXU Технические данные

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц При значениях напряжения в диапазоне 0,01...1,15 x $U_{ном}$
	±0,5 % или ±0,002 × $U_{ном}$
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, … Среднеквадратичное значение: подавление отсутствует

8.1.5.7 Данные о технических изменениях

Таблица 857: Данные о технических изменениях функции VMMXU

Версия	Изменение
B	В окно контролируемых данных добавлены значения углов фазных и межфазных напряжений и средние значения.
C	Внутреннее улучшение.
D	Внутреннее улучшение.

8.1.6 Функция измерения тока нулевой последовательности RESCMMXU

8.1.6.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция измерения тока нулевой последовательности	RESCMMXU	3Io	In

8.1.6.2 Функциональный блок

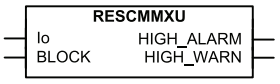


Рис. 500: Функциональный блок

8.1.6.3 Сигналы

Таблица 858: Входные сигналы функции RESCMMXU

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Io	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов

Таблица 859: Выходные сигналы функции RESCMMXU

Название	Тип	Описание
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация при превышении
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение при превышении

8.1.6.4 Уставки

Таблица 860: Общие уставки функции RESCMMXU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Наивысший предел 3Io	0.00...40.00	xIn	1	0.20	Наивысший уровень сигнализации по току
Высокий предел 3Io	0.00...40.00	xIn	1	0.05	Высокий уровень предупреждения по току
Зона нечувств 3Io	100...100000		1	2500	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001%)

Таблица 861: Общие уставки функции RESCMMXU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерения	1=Среднеквадратичный 2=Фурье			2=Фурье	Выбор режима измерения

8.1.6.5 Контролируемые данные

Таблица 862: Контролируемые данные функции RESCMMXU

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
3Io, A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Измеренный ток нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки всех дискретных выходов
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнализация при превышении
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Предупреждение при превышении
I_INST_RES	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока нулевой последовательности, мгновенное значение
I_ANGL_RES	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол тока нулевой последовательности
I_DB_RES	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока нулевой последовательности, отчетное значение
I_DMD_RES	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Среднее значение тока нулевой последовательности
I_RANGE_RES	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды тока нулевой последовательности
Макс среднее Io	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Максимальное среднее значение тока 3Io
Миним среднее Io	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Минимальное среднее значение тока 3Io
МеткаВр МаксСредн Io	Метка времени			Метка времени запроса максимального среднего значения 3Io
МеткаВр МинСредн Io	Метка времени			Метка времени запроса минимального среднего значения 3Io

8.1.6.6 Технические данные

Таблица 863: RESCMMXU Технические данные

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	При частоте f = $f_{ном}$
	± 0,5 % или ± 0,002 × I_n (при значениях тока в диапазоне 0,01...4,00 × I_n)
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n × f_n, где n = 2, 3, 4, 5,… Действующее значение: без подавления

8.1.6.7 Данные о технических изменениях

Таблица 864: Данные о технических изменениях функции RESCMMXU

Версия	Изменение
B	-
C	В окно контролируемых данных добавлены значения угла и среднего значения тока нулевой последовательности. Добавлено записанное значение для минимального и максимального значений с меткой времени.
D	Максимальное значение диапазона значений контролируемых данных "Миним среднее Io" (RESCMSTA2.MinAmps.maxVal.f) исправлено на 40,00.
E	Внутреннее улучшение

8.1.7 Функция измерения напряжения нулевой последовательности RESVMMXU

8.1.7.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Измерение напряжения нейтрали	RESVMMXU	3Uo	Vn

8.1.7.2 Функциональный блок

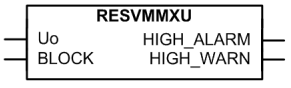


Рис. 501: Функциональный блок

8.1.7.3 Сигналы

Таблица 865: Входные сигналы функции RESVMMXU

Название	Тип	По умолчанию	Описание
3Uo	СИГНАЛ	0	Измерение напряжения нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов

Таблица 866: Выходные сигналы функции RESVMMXU

Название	Тип	Описание
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация при превышении
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Предупреждение при превышении

8.1.7.4 Уставки

Таблица 867: Общие уставки функции RESVMMXU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Наивысший предел 3Uo	0.00...4.00	xUn	1	0.20	Высокий сигнальный предел по напряжению
Высокий предел 3Uo	0.00...4.00	xUn	1	0.05	Высокий предупредительный предел по напряжению
Нечувствит Uo	100...100000		1	10000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001%)

Таблица 868: Общие уставки функции RESVMMXU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим измерений	1=Среднеквадратичный 2=Фурье			2=Фурье	Выбор режима измерения

8.1.7.5 Контролируемые данные

Таблица 869: Контролируемые данные функции RESVMMXU

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Uo, кВ	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Измеренное напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки всех дискретных выходов
HIGH_ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнализация при превышении
HIGH_WARN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Предупреждение при превышении
U_INST_RES	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения нулевой последовательности, мгновенное значение
U_ANGL_RES	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол напряжения нулевой последовательности
U_DB_RES	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения нулевой последовательности, отчетное значение
U_DMD_RES	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Среднее значение напряжения нулевой последовательности
U_RANGE_RES	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды напряжения нулевой последовательности

8.1.7.6 Технические данные

Таблица 870: Технические данные RESVMMXU

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f/f_{ном}$ = ±2 Гц
	± 0,5% или ± 0,002 × $U_{ном}$
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, … Среднеквадратичное значение: подавление отсутствует

8.1.7.7 Данные о технических изменениях

Таблица 871: Данные о технических изменениях функции RESVMMXU

Версия	Изменение
B	-
C	На экране контролируемых данных добавлены значения угла остаточного напряжения и среднее значение.
D	Внутреннее улучшение
E	Внутреннее улучшение

8.1.8 Функция измерения частоты FMMXU

8.1.8.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Измерение частоты	FMMXU	f	f

8.1.8.2 Функциональный блок

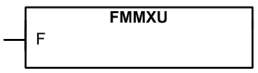


Рис. 502: Функциональный блок

8.1.8.3 Функциональные возможности

Диапазон измерения частоты: 35...75 Гц. Измеренные частоты, находящиеся вне диапазона измерений, считаются значениями вне диапазона, и минимальное и максимальное значения указываются в скобках.

Если включен параметр *Адаптивность по частоте*, диапазон измерения расширяется до 10...75 Гц в сети 50 Гц и до 12...90 Гц в сети 60 Гц. Измеренные значения частот вне диапазона 35...75 Гц указываются в скобках.

Если частоты измерить невозможно, например, из-за слишком незначительной амплитуды напряжения, с помощью параметра *Выбор частоты по умолч* можно выбрать стандартное значение для измерения частоты. В режиме "Номинальный" для частоты задается значение 50 Гц (или 60 Гц), а в режиме "Ноль" частота задается равной нулю и отображается в скобках.

8.1.8.4 Сигналы

Таблица 872: Входные сигналы функции FMMXU

Название	Тип	По умолчанию	Описание
F	СИГНАЛ	—	Измеряемая частота системы

8.1.8.5 Уставки

Таблица 873: Общие уставки функции FMMXU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Наивысший предел f	35.00...75.00	Гц	1	60.00	Высокий сигнальный уровень частоты
Высокий предел f	35.00...75.00	Гц	1	55.00	Высокий предупредительный уровень частоты
Низкий предел f	35.00...75.00	Гц	1	45.00	Низкий предупредительный уровень частоты
Наинизший предел f	35.00...75.00	Гц	1	40.00	Низкий сигнальный уровень частоты
Зона нечувствит. f	100...100000		1	1000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001%)

Таблица 874: Общие уставки функции FMMXU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Выбор частоты по умолч	1=Номинальный 2=Нуль			1=Номинальный	Выбор частоты по умолчанию

8.1.8.6 Контролируемые данные

Таблица 875: Контролируемые данные функции FMMXU

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
f, Гц	FLOAT32	35.00...75.00	Гц	Измеренная частота
F_INST	FLOAT32	35.00...75.00	Гц	Частота, мгновенное значение
F_DB	FLOAT32	35.00...75.00	Гц	Частота, отчетное значение
F_RANGE	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон измеренной частоты

8.1.8.7 Технические данные

Таблица 876: Технические данные FMMXU

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	±5 мГц (в диапазоне измерения 35...75 Гц)

8.1.8.8 Данные о технических изменениях

Таблица 877: Данные о технических изменениях функции FMMXU

Версия	Изменение
B	Добавлена новая уставка *Выбор частоты по умолч.* Диапазон измерения частоты уменьшен с 35 до 10 Гц.

8.1.9 Функция измерения последовательностей токов CSMSQI

8.1.9.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция измерения последовательностей токов	CSMSQI	I1, I2, I0	I1, I2, I0

8.1.9.2 Функциональный блок

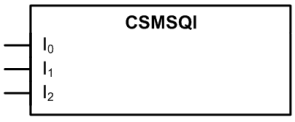


Рис. 503: Функциональный блок

8.1.9.3 Сигналы

Таблица 878: Входные сигналы функции CSMSQI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_0	СИГНАЛ	0	Ток нулевой последовательности
I_1	СИГНАЛ	0	Ток прямой последовательности
I_2	СИГНАЛ	0	Ток обратной последовательности

8.1.9.4 Уставки

Таблица 879: Общие уставки функции CSMSQI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Наивысший предел I1	0.00...40.00	xIn	1	1.40	Наивысший сигнальный уровень по току прямой последовательности
Высокий предел I1	0.00...40.00	xIn	1	1.20	Высокий предупредительный уровень по току прямой последовательности
Низкий предел I1	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Низкий предупредительный уровень по току нулевой последовательности
Наинизший предел I1	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Наинизший сигнальный уровень по току прямой последовательности
Зона нечувствит. I1	100...100000		1	2500	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений тока прямой последовательности (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001% с)
Наивысший предел I2	0.00...40.00	xIn	1	0.20	Наивысший сигнальный уровень по току обратной последовательности
Высокий предел I2	0.00...40.00	xIn	1	0.05	Высокий предупредительный уровень по току обратной последовательности
Низкий предел I2	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Низкий предупредительный уровень по току обратной последовательности
Наинизший предел I2	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Наинизший сигнальный уровень по току обратной последовательности
Зона нечувствит. I2	100...100000		1	2500	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений тока обратной последовательности (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001% с)
Наивысший предел Io	0.00...40.00	xIn	1	0.20	Наивысший сигнальный уровень по току нулевой последовательности
Высокий предел Io	0.00...40.00	xIn	1	0.05	Высокий предупредительный уровень по току нулевой последовательности
Низкий предел Io	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Низкий предупредительный уровень по току нулевой последовательности
Наинизший предел Io	0.00...40.00	xIn	1	0.00	Низкий сигнальный уровень по току нулевой последовательности
Нечувствит Io	100...100000		1	2500	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений тока нулевой последовательности (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001% с)

8.1.9.5 Контролируемые данные

Таблица 880: Контролируемые данные функции CSMSQI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I2, A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Измеренный ток обратной последовательности
I1, A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Измеренный ток прямой последовательности
I0, A	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Измеренный ток нулевой последовательности
I2_INST	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока обратной последовательности, мгновенное значение
I2_ANGL	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол тока обратной последовательности
I2_DB	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока обратной последовательности, отчетное значение
I2_RANGE	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды тока обратной последовательности
I1_INST	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока прямой последовательности, мгновенное значение
I1_ANGL	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол тока прямой последовательности
I1_DB	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока прямой последовательности, отчетное значение
I1_RANGE	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды тока прямой последовательности
I0_INST	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока нулевой последовательности, мгновенное значение

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
I0_ANGL	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол тока нулевой последовательности
I0_DB	FLOAT32	0.00...40.00	xIn	Амплитуда тока нулевой последовательности, отчетное значение
I0_RANGE	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды тока нулевой последовательности

8.1.9.6 Технические данные

Таблица 881: CSMSQI Технические данные

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f/f_{ном}$ ±2 Гц
	±1,0% или ±0,002 × $I_{ном}$ при значениях тока в диапазоне 0,01...4,00 × $I_{ном}$
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

8.1.9.7 Данные о технических изменениях

Таблица 882: Данные о технических изменениях функции CSMSQI

Версия	Изменение
A	-
B	В окно контролируемых данных добавлены значения угла тока последовательности.
C	Внутреннее улучшение.

8.1.10 Функция измерения последовательностей напряжения VSMSQI

8.1.10.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция измерения последовательностей напряжения	VSMSQI	U1, U2, U0	V1, V2, V0

8.1.10.2 Функциональный блок

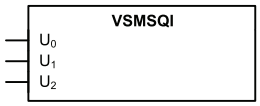


Рис. 504: Функциональный блок

8.1.10.3 Сигналы

Таблица 883: Входные сигналы функции VSMSQI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_0	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
U_2	СИГНАЛ	0	Напряжение обратной последовательности

8.1.10.4 Уставки

Таблица 884: Общие уставки функции VSMSQI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Наивысший предел U1	0.00...4.00	xUn	1	1.40	Высокий сигнальный уровень по напряжению прямой последовательности
Высокий предел U1	0.00...4.00	xUn	1	1.20	Высокий предупредительный уровень по напряжению прямой последовательности
Низкий предел U1	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Низкий предупредительный уровень по напряжению прямой последовательности
Наинизший предел U1	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Низкий сигнальный уровень по напряжению прямой последовательности
Зона нечувствит. U1	100...100000		1	10000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений напряжения прямой последовательности (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001% с)
Наивысший предел U2	0.00...4.00	xUn	1	0.20	Высокий сигнальный уровень по напряжению обратной последовательности
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Высокий предел U2	0.00...4.00	xUn	1	0.05	Высокий предупредительный уровень по напряжению обратной последовательности
Низкий предел U2	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Низкий предупредительный уровень по напряжению обратной последовательности
Наинизший предел U2	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Наинизший сигнальный уровень по напряжению обратной последовательности
Зона нечувствит. U2	100...100000		1	10000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений напряжения обратной последовательности (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001% с)
Наивысший предел Uo	0.00...4.00	xUn	1	0.20	Высокий сигнальный уровень по напряжению нулевой последовательности
Высокий предел Uo	0.00...4.00	xUn	1	0.05	Высокий предупредительный уровень по напряжению нулевой последовательности
Низкий предел Uo	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Низкий предупредительный уровень по напряжению нулевой последовательности
Наинизший предел Uo	0.00...4.00	xUn	1	0.00	Низкий сигнальный уровень напряжения нулевой последовательности
Нечувствит Uo	100...100000		1	10000	Значение зоны нечувствительности для интегральных вычислений напряжения нулевой последовательности (разница в процентах между минимальным и максимальным как 0,001% с)

8.1.10.5 Контролируемые данные

Таблица 885: Контролируемые данные функции VSMSQI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
U2, кВ	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Измеряемое напряжение обратной последовательности
U1, кВ	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Измеряемое напряжение прямой последовательности
U0, кВ	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Измеряемое напряжение нулевой последовательности
U2_INST	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения обратной последовательности, мгновенное значение
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
U2_ANGL	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол напряжения обратной последовательности
U2_DB	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения обратной последовательности, отчетное значение
U2_RANGE	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды напряжения обратной последовательности
U1_INST	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения прямой последовательности, мгновенное значение
U1_ANGL	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол напряжения прямой последовательности
U1_DB	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения прямой последовательности, отчетное значение
U1_RANGE	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды напряжения прямой последовательности
U0_INST	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения нулевой последовательности, мгновенное значение
U0_ANGL	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Угол напряжения нулевой последовательности
U0_DB	FLOAT32	0.00...4.00	xUn	Амплитуда напряжения нулевой последовательности, отчетное значение
U0_RANGE	Enum	0=нормальный 1=высокий 2=низкий 3=наивысший 4=наинизший		Диапазон амплитуды напряжения нулевой последовательности

8.1.10.6 Технические данные

Таблица 886: Технические данные VSMSQI

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$ ±2 Гц При значениях напряжения в диапазоне 0,01...1,15 x $U_{ном}$
	±1,0% или ±0,002 × $U_{ном}$
Подавление гармоник	Фурье: -50 дБ при f = n x $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

8.1.11 Функция трехфазного измерения мощности и энергии PEMMXU

8.1.11.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция трехфазного измерения мощности и электроэнергии	PEMMXU	P, E	P, E

8.1.11.2 Функциональный блок

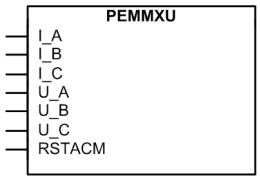


Рис. 505: Функциональный блок

8.1.11.3 Сигналы

Таблица 887: Входные сигналы функции PEMMXU

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
U_A	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы A
Продолжение таблицы на следующей странице			

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_B	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы B
U_C	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы C
RSTACM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сброс значений накопленной энергии

8.1.11.4 Уставки

Таблица 888: Общие уставки функции PEMMXU (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Множитель мощности	3=Кило 6=Мега			3=Кило	Приставка к единице измерения мощности
МножительЭнергии	3=Кило 6=Мега			3=Кило	Приставка к единице измерения энергии
Направл активн мощн	1=Прямое 2=Обратное			1=Прямое	Направление активной мощности: Прямое/Обратное
Направл реакт мощн	1=Прямое 2=Обратное			1=Прямое	Направление реактивной мощности: Прямое/Обратное

Таблица 889: Общие уставки функции PEMMXU (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Нач знач Втч, прям	0...999999999		1	0	Установленное начальное значение активной энергии прямого направления
Нач знач Вт*ч, обр	0...999999999		1	0	Установленное начальное значение активной энергии обратного направления
Нач знач ВАр*ч, прям	0...999999999		1	0	Установленное начальное значение реактивной энергии прямого направления
Нач знач ВАр*ч, обр	0...999999999		1	0	Установленное начальное значение реактивной энергии обратного направления

8.1.11.5 Контролируемые данные

Таблица 890: Контролируемые данные функции PEMMXU

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
S, кВА	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВА	Суммарная полная мощность
P, кВт	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВт	Суммарная активная мощность
Q, кВАр	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВАр	Суммарная реактивная мощность
Коэф мощности	FLOAT32	-1,00...1,00		Средний коэффициент мощности
RSTACM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сброс значений накопленной энергии
S_INST	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВА	Полная мощность, мгновенное значение
S_DB	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВА	Полная мощность, отчетное значение
S_DMD	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВА	Среднее значение полной мощности
P_INST	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВт	Активная мощность, мгновенное значение
P_DB	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВт	Активная мощность, отчетное значение
P_DMD	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВт	Среднее значение активной мощности
Q_INST	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВАр	Реактивная мощность, мгновенное значение
Q_DB	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВАр	Реактивная мощность, отчетное значение
Q_DMD	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВАр	Среднее значение реактивной мощности
PF_INST	FLOAT32	-1,00...1,00		Коэффициент мощности, величина мгновенного значения
PF_DB	FLOAT32	-1,00...1,00		Коэффициент мощности, величина отчетного значения
PF_DMD	FLOAT32	-1,00...1,00		Среднее значение коэффициента мощности
EA_RV_ACM	INT64	0...999999999	кВт·ч	Накопленное значение активной энергии обратного направления
ER_RV_ACM	INT64	0...999999999	кВ·Ар·ч	Накопленное значение реактивной энергии обратного направления
EA_FWD_ACM	INT64	0...999999999	кВт·ч	Накопленное значение активной энергии прямого направления

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ER_FWD_ACM	INT64	0...999999999	кВ·Ар·ч	Накопленное значение реактивной энергии прямого направления
Макс среднее S	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВА	Максимальное среднее значение полной мощности
Миним среднее S	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВА	Минимальное среднее значение полной мощности
Макс среднее P	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВт	Максимальное среднее значение активной мощности
Миним среднее P	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВт	Минимальное среднее значение активной мощности
Макс среднее Q	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВАр	Максимальное среднее значение реактивной мощности
Миним среднее Q	FLOAT32	-999999,9...999999,9	кВАр	Минимальное среднее значение реактивной мощности
МеткаВр МаксСредн S	Метка времени			Метка времени запроса максимального среднего значения
МеткаВр МинСредн S	Метка времени			Метка времени запроса минимального среднего значения
МеткаВр МаксСредн P	Метка времени			Метка времени запроса максимального среднего значения
МеткаВр МинСредн P	Метка времени			Метка времени запроса минимального среднего значения
МеткаВр МаксСредн Q	Метка времени			Метка времени запроса максимального среднего значения
МеткаВр МинСредн Q	Метка времени			Метка времени запроса минимального среднего значения

8.1.11.6 Технические данные

Таблица 891: Технические данные PEMMXU

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	При значениях тока всех трех фаз в диапазоне 0,10...1,20 × $I_{ном}$ При значениях напряжения всех трех фаз в диапазоне 0,50...1,15 × $U_{ном}$ При частоте $f_{ном}$ ± 1 Гц
	±1,5% при измерении полной мощности S ±1,5% при измерении активной мощности P и активной энергии[1)] ±1,5% при измерении реактивной мощности Q и реактивной энергии[2)] ± 0,015 по коэффициенту мощности
Подавление гармоник	Фурье: –50 дБ при f = n × $f_{ном}$, где n = 2, 3, 4, 5, …

1) |PF| >0,5, что равно |cosφ| >0,5
2) |PF| <0,86, что равно |sinφ| >0,5

8.1.11.7 Данные о технических изменениях

Таблица 892: Данные о технических изменениях функции PEMMXU

Версия	Изменение
B	В число контролируемых данных добавлены средние значения. Добавлены записанные данные для хранения минимального и максимального средних значений с метками времени.
C	Внутреннее улучшение.
D	Внутреннее улучшение.

8.2 Аварийный осциллограф RDRE

8.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Аварийный осциллограф	RDRE	DR	DFR

8.2.2 Функции

Устройство имеет аварийный осциллограф, который позволяет записывать до 12 аналоговых и 64 дискретных сигналов.Аналоговые каналы могут

предназначаться для записи формы сигнала или изменения измеряемых токов и напряжения.

Аналоговые каналы могут быть настроены на запуск функции записи по факту повышения или понижения измеряемой величины относительно заданных значений. Каналы дискретных сигналов могут быть настроены на запуск функции записи по переднему или заднему фронту дискретного сигнала, либо по обоим фронтам.

По умолчанию дискретные каналы настроены на регистрацию внешних или внутренних сигналов релейной защиты, например, сигналов запуска или отключения ступеней или внешних сигналов блокировки или управления. Для активации записи могут выбираться дискретные сигналы релейной защиты, такие как сигналы запуска и отключения, или сигнал управления внешнего реле, передаваемый через дискретный вход. Записи сохраняются в энергонезависимой памяти с возможностью последующей загрузки для анализа повреждений.

8.2.2.1 Записанные аналоговые входные сигналы

Пользователь может привязать любой тип аналогового сигнала релейной защиты к любому аналоговому каналу регистратора аварийных процессов, задав уставку *Выбор канала* соответствующего аналогового канала. Кроме того, пользователь может включить или выключить любой аналоговый канал регистратора аварийных процессов, выбрав для уставки *Активизация* соответствующего канала значение «вкл.» или «выкл.».

В запись включены все аналоговые каналы аварийного осциллографа, которые функционируют и отображают применимые типы сигналов.

8.2.2.2 Варианты пуска

Запись может запускаться несколькими способами:

- Запуск по изменению состояния любого или нескольких дискретных каналов аварийного осциллографа. Пользователь может выбрать уровень чувствительности при помощи параметра *Критерий пуска* соответствующего дискретного канала.
- Запуск по нарушению пределов (верхнего и нижнего) в аналоговых каналах аварийного осциллографа
- Ручной пуск при помощи параметра *Пуск осциллографа* (через ЛИЧМ или по каналу связи)
- Периодический пуск.

Независимо от способа запуска каждая регистрация генерирует события "Запись начата" и "Запись выполнена". Событие "Запись выполнена" показывает, что запись была сохранена в энергонезависимой памяти. Кроме того, каждый аналоговый и дискретный канал аварийного осциллографа имеет индивидуальный параметр *Пуск по каналу*. Для ручного пуска

используется параметр *Ручной пуск*, для периодического пуска — параметр *Периодический пуск*.

Запуск через дискретные каналы

Входные сигналы для дискретных каналов аварийного осциллографа могут быть сформированы из любого цифрового сигнала с динамической привязкой. По изменению статуса контролируемого сигнала в соответствии с конфигурацией и уставками запускается осциллограф. Запуск по восходящему фронту входного цифрового сигнала означает, что запись начинается, когда входной сигнал становится активным. Соответственно, запуск по нисходящему фронту означает, что запись начинается по сбросу активного входного сигнала. Кроме того, запуск возможен по обоим фронтам. Кроме того, по желанию можно не производить запуск от контролируемого сигнала. Уставка запуска может задаваться индивидуально для каждого дискретного канала аварийного осциллографа параметром *Критерий пуска* соответствующего дискретного канала.

Запуск через аналоговые каналы

В случае нарушения предела можно задать уровень пуска. Пользователь может задать предельные значения при помощи параметров *Уровень превышения* и *Уровень снижения* соответствующего аналогового канала. Для одного и того же аналогового канала может одновременно активироваться и пуск по превышению верхнего уровня, и пуск по снижению нижнего уровня. Если длительность режима нарушения предела превышает время фильтрации примерно на 50 мс, осциллограф запускается. Если нарушен нижний предел, и измеренное значение опустится ниже уровня приблизительно на 0,05 в течении времени фильтрации, ситуация расценивается как условие для срабатывания выключателя, и поэтому осциллограф не запускается. Это особенно полезно при понижении напряжения. Время фильтрации составляет приблизительно 50 мс – это общее значение для пусков всех аналоговых каналов аварийного осциллографа. Значение, используемое для запуска – это расчетное амплитудное значение. Пуск от аналогового сигнала (по превышению или по понижению) можно блокировать: для этого следует установить соответствующий параметр уровня пуска в значение "ноль".

Ручной пуск

Регистратор может запускаться вручную через локальный ИЧМ или по каналу связи выставлением параметра *Пуск осциллографа* в значение "Да".

Периодический пуск.

Периодический пуск означает, что регистратор автоматически фиксирует данные через определенные промежутки времени. Задавать интервал пуска пользователь может при помощи параметра *Время периодич.пуска*. При изменении значения новая уставка начнет действовать при следующем периодическом пуске. Если для этого параметра задать значение "0", пуск отменяется и уставка начинает действовать сразу же. Если требуется, чтобы уставка сразу же начала действовать, необходимо сначала обнулить значение

уставки *Время периодич.пуска*, а затем задать новое значение. Пользователь может контролировать время, оставшееся до следующего пуска, при помощи параметра контролируемых данных `Время до пуска` с обратным отсчетом.

8.2.2.3 Длительность записей

Пользователь может задать длительность записи при помощи параметра *Длина записи* . Длительность задается в периодах основной частоты энергосети.

В зависимости от доступного объема памяти и числа используемых аналоговых каналов аварийный осциллограф автоматически рассчитывает количество записей, которое поместится в оставшуюся доступную память. Пользователь может видеть эту информацию в данных мониторинга, `ОставшКоличОсцилл.` . Например, фиксированный размер памяти аварийного осциллографа позволяет сделать две осциллограммы длительностью по 10 секунд каждая. Записи содержат данные от всех аналоговых и дискретных каналов аварийного осциллографа на частоте дискретизации 32 выборки за период.

Пользователь может посмотреть текущее число записей в памяти в данных мониторинга, параметр `Записей в памяти` . В данных мониторинга пользователь может также просмотреть использованный объем памяти, параметр `Использовано памяти` . Это значение дается в процентном выражении.



Максимальное число осциллограмм равно 100.

8.2.2.4 Частота дискретизации

Частота дискретизации аналоговых каналов аварийного осциллографа зависит от заданной основной частоты энергосистемы. Один период всегда содержит число выборок, определяемое параметром *Частота дискретизац.* . Поскольку выборки дискретных каналов делаются один раз за цикл выполнения задачи аварийного осциллографа, частота дискретизации дискретных каналов составляет 400 Гц при номинальной частоте 50 Гц и 480 Гц при 60 Гц.

Таблица 893: Частота дискретизации аналоговых каналов аварийного осциллографа

Частота дискретизац. (кол. выборок за цикл осн. частоты)	Длит. записи	Частота дискр. аналоговых каналов при fном= 50 Гц	Частота дискр. дискретных каналов при fном= 50 Гц	Частота дискр. аналоговых каналов при fном= 60 Гц	Частота дискр. дискретных каналов при fном= 60 Гц
32	1* Длина записи	1600 Гц	400 Гц	1920 Гц	480 Гц
16	2* Длина записи	800 Гц	400 Гц	960 Гц	480 Гц
8	4 * Длина записи	400 Гц	400 Гц	480 Гц	480 Гц

8.2.2.5 Выгрузка осциллограмм

Устройство релейной защиты сохраняет файлы COMTRADE в папке `C:\COMTRADE\`. Эти файлы можно загрузить при помощи PCM600 или любого другого подходящего программного обеспечения, которое имеет доступ к папке `C:\COMTRADE\`.

Одна полная осциллограмма состоит из файлов COMTRADE двух типов: файла конфигурации и файла данных. Оба типа файлов имеют одинаковые имена, но файл конфигурации имеет расширение .CFG, а файл данных - расширение .DAT.

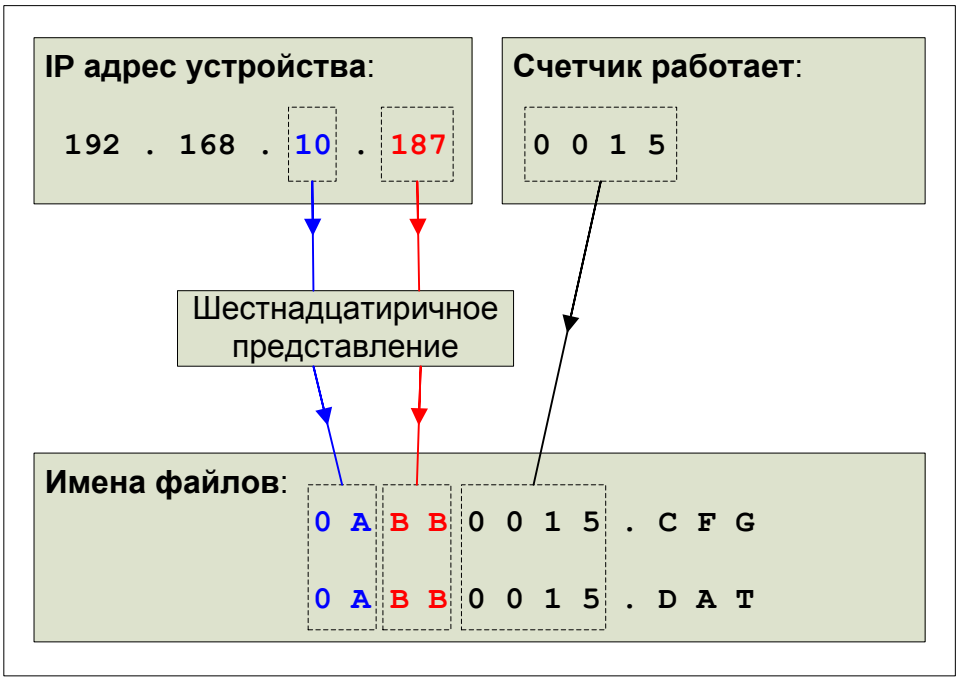


Рис. 506: Имя файла аварийного осциллографа

Соглашением об именах файлов в формате COMTRADE предусматривает в имени файла 8+3 знака. Имя файла состоит из последних двух октетов IP номера ИЭУ и текущего счетчика с диапазоном 1…9999. Для октетов IP номеров используется шестнадцатеричное представление. К концу имени файла добавляется соответствующее расширение.

8.2.2.6 Удаление осциллограмм

Существует несколько способов удаления осциллограмм. Их можно удалять по отдельности или все сразу.

Отдельные записи аварийных процессов можно удалять при помощи PCM600 или другой программы, имеющей доступ к папке `C:\COMTRADE` в устройстве релейной защиты. Записи аварийных процессов удаляются из памяти релейной защиты только после удаления соответствующих файлов .CFG и .DAT из папки COMTRADE. В зависимости от используемого ПО пользователю, возможно, придется удалять оба файла по отдельности,

Удаление одновременно всех осциллограмм выполняется при помощи программы PCM600 либо любого другого подходящего ПО, либо из ЛИЧМ через меню **Сброс/Записи осциллографа**. При удалении одновременно всех осциллограмм удаляется и выполняющаяся в тот момент запись.

8.2.2.7 Режим сохранения

Аварийный осциллограф может вести запись данные в двух видах: в форме сигнала и в форме тренда. Пользователь может выбрать режим сохранения индивидуально для каждого источника запуска с помощью параметра *Режим сохранения* соответствующего аналогового или дискретного канала: *Ручной режим сохр.* для сохранения вручную и *Периодич.режим сохр.* для периодического пуска осциллографа.

В режиме формы сигнала выборки фиксируются в соответствии с заданными параметрами *Частота дискретизац.* и *Длина предрежима* .

В режиме тренда для каждого активного аналогового канала один раз в течение периода основной частоты записывается одно среднеквадратичное (действующее) значение. Записанные значения – это действующие значения, масштабируемые до максимального уровня. Дискретные каналы аварийного осциллографа в этом режиме также записываются один раз за период.



В режиме тренда невозможно записать данные после пуска осцилографа.

В режиме тренда время записи составляет 32 * *Длина записи*.

8.2.2.8 Данные до пуска и после пуска осциллографа

Формы сигналов в аналоговых каналах аварийного осциллографа и состояние дискретных каналов аварийного осциллографа постоянно записываются в память осциллографа. При помощи параметра *Длина предрежима* пользователь может настроить длительность сохранения данных до пуска осциллографа в процентах, так называемое время предрежима. Длительность сохранения данных после запуска осциллографа представляет собой разность между длительностью записи и временем до пуска осциллографа. При изменении времени до пуска осциллографа данные в памяти сбрасываются, включая запись, выполняемую в текущий момент.

8.2.2.9 Режимы работы

Аварийный осциллограф имеет два режима работы: режим насыщения и перезаписи. Пользователь может изменять режим работы аварийного осциллографа при помощи параметра *Режим работы* .

Режим насыщения

В режиме насыщения записанные осциллограммы не могут быть перезаписаны новыми. Регистрация данных останавливается при заполнении памяти, т.е. по достижении максимального числа записей. В этом случае формируется событие путем изменения параметра *Память переполнена* , который устанавливается в значение "Да". Когда память доступна вновь, формируется новое событие путем изменения состояния параметра *Память переполнена* , который устанавливается в значение "Нет".

Режим перезаписи

В режиме "Перезапись" при заполнении памяти самая старая осциллограмма перезаписывается новой, при этом данные до пуска осциллографа, которые находятся в процесса записи, входят в следующую запись. Каждый раз при перезаписи осциллограммы формируется событие путем изменения состояния параметра *Перезапись осциллограмм* . Режим перезаписи рекомендуется в том случае, если необходимо, чтобы в памяти имелись самые последние записи. Режим насыщения предпочтителен для случая, когда важными являются самые старые записи.

Новые запуски блокируются в обоих режимах – перезаписи и насыщения, – до тех пор, пока предыдущая запись не будет завершена. С другой стороны, новый пуск допускается до того как будут собраны все выборки данных до пуска осциллографа, предназначенные для новой записи. В этом случае запись становится настолько короче, насколько недостает выборок до пуска осциллографа.

8.2.2.10 Режим исключения

Режим исключения активируется посредством установки параметра *Время исключения* в значение больше нуля. В режиме исключения новые запуски

игнорируются, если их причина та же, что и причина запуска в предыдущей записи. Параметр *Время исключения* регулирует длительность исключения запусков одного типа после запуска. Режим исключения применяется только для запусков по аналоговым и дискретным каналам; для ручного и периодического запуска он не применяется.

Когда значение, определяемое параметром *Время исключения* , равно нулю, режим исключения блокируется, и больше нет никаких ограничений по типам запуска последующих записей.

Уставка времени исключения — общая уставка для всех входов, однако для каждого аналогового и дискретного канала аварийного осциллографа есть свой счетчик, который подсчитывает оставшееся время исключения. Пользователь может контролировать оставшееся время исключения при помощи параметра *Оставш.вр.исключения* (виден только по дистанционной связи, данные МЭК 61850 ExclTmRmn) соответствующего аналогового или дискретного канала. Значение параметра *Оставш.вр.исключения* убывает по мере истечения времени.

8.2.3 Конфигурация

Запись аварийного осциллографа можно конфигурировать при помощи инструмента PCM600 или любого другого инструмента, поддерживающего стандарт МЭК 61850.

Аварийный осциллограф можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация* в меню **Конфигурация/Аварийный осциллограф/ Общее**.

К каждому аналоговому каналу регистратора аварийных событий может быть привязан один тип аналогового сигнала устройства релейной защиты. Сопоставление производится с помощью уставки *Выбор канала* соответствующего аналогового канала. Имя аналогового канала конфигурируется пользователем. Его можно изменить, введя новое имя в параметр *Имя канала* соответствующего аналогового канала.

К дискретным каналам аварийного осциллографа можно подключить любой внешний или внутренний дискретный сигнал ИЭУ с динамической привязкой. Например, ними могут быть сигналы пуска и отключения от функциональных блоков защиты или от внешних дискретных входов устройства релейной защиты.Подключение выполняется путем динамической привязки к дискретному каналу аварийного осциллографа с помощью инструмента, например, SMT программного обеспечения PCM600. Кроме того, можно подключить несколько цифровых сигналов к одному дискретному каналу аварийного осциллографа. В этом случае сигналы можно комбинировать с логическими функциями, например, "И" и "ИЛИ". Имя дискретного канала можно задать или изменить, введя новое для соответствующей уставки *Идентификатор канала*.

Обратите внимание, что параметр *Имя канала* используется в файлах конфигурации COMTRADE в качестве идентификатора канала.

В запись всегда включены данные по всем дискретным каналам аварийного осциллографа. Если один из дискретных каналов будет отключен, зарегистрированные данные о состоянии канала будут иметь значение "Нет", и изменения, происходящие в соответствующем канале, не регистрируются. В конфигурации COMTRADE имя отключенного канала всегда будет Unused BI.

Чтобы включить или выключить аналоговый или дискретный канал аварийного осциллографа, для параметра *Активизация* соответствующего аналогового или дискретного канала требуется задать значение "вкл." или "выкл."

Состояния ручного и периодического пуска не включены в запись, но они создают изменение состояния параметров *Периодический пуск.* и *Ручной пуск* , что, в свою очередь, приводит к созданию событий.

Выход `TRIGGERED` может использоваться для контроля светодиодов индикации релейной защиты. Выход `TRIGGERED` после запуска регистратора аварийных событий имеет значение "ДА" до тех пор, пока не будут зафиксированы все данные для соответствующей записи.

IP-адрес ИЭУ и содержимое параметра *Имя присоединения* включаются в файл конфигурации COMTRADE для целей идентификации.

8.2.4 Применение

Аварийный осциллограф используется для анализа после повреждений, а также для проверки правильности срабатывания ИЭУ и автоматических выключателей. Аварийный осциллограф может регистрировать информацию о дискретных и аналоговых сигналах. Аналоговые входные сигналы регистрируются как мгновенные величины, и преобразуются в первичные единицы пиковых значений во время преобразования записи ИЭУ в формат COMTRADE.

COMTRADE – общий стандартный формат, используемый для сохранения записей осциллограмм.

Данные дискретных каналов считываются один раз при выполнении аварийным осциллографом задачи. Интервал выполнения задачи для аварийного осциллографа такой же, как и для функций защиты. Во время преобразования в формат COMTRADE цифровые коды состояния повторяются, чтобы частота выборки аналоговых и дискретных каналов соответствовала друг другу. Этого требует стандарт COMTRADE.

Осциллограф работает по версии 1999 стандарта COMTRADE и использует двоичный формат файлов данных.

8.2.5 Уставки

Таблица 894: Общие уставки функции RDRE

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл		1	1=Вкл	Аварийный осциллограф Вкл/Выкл
Длина записи	10...500	периодов основной частоты	1	50	Размер записи, периодов основной частоты
Длина предрежима	0...100	%	1	50	Длина записи до пуска осциллографа
Режим работы	1=Насыщение 2=Перезапись		1	1	Режим работы осциллографа
Время исключения	0...1 000 000	мс	1	0	Время игнорирования пуска осциллографа от одного и того же сигнала
Частота дискретизац.	32, 16, 8	выборок за период основной частоты		32	Частота дискретизации при записи формы волны
Время периодич.пуска	0...604 800	с	10	0	Интервал времени между периодическими пусками
Периодич.режим сохр.	0=Форма волны 1=Тренды/цикл		1	0	Выбор режима сохранения для периодического пуска
Ручной режим сохр.	0=Форма волны 1=Тренды/цикл		1	0	Выбор режима сохранения для ручного пуска

Таблица 895: Общие уставки канала функции RDRE

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл		1	1=Вкл	Включение или отключение аналоговых каналов
Выбор канала	0=Выкл 1=Io 2=Ia 3=Ib 4=Ic 5=3Io' 6=Ia' 7=Ib' 8=Ic' 9=3Uo 10=U1 11=U2 12=U3A 13=3Uo' 14=U1' 15=U2' 16=U3B 17=SI0A 18=SI1A[1)] 19=SI2A[1)] 20=SU0A 21=SU1A[1)] 22=SU2A[1)] 23=SI0B 24=SI1B[1)] 25=SI2B[1)] 26=SUoB 27=SU1B[1)] 28=SU2B[1)] 29=Uab 30=Ubc 31=Uca 32=Ua 33=Ub 34=Uc 35=Uab' 36=Ubc' 37=Uca' 38=Ua' 39=Ub' 40=Uc'		0	0=Выкл	Выбор сигнала для записи по данному каналу. Применяемые значения этого параметра зависят от исполнения продукта. Каждое исполнение включает только те значения, которые используются с конкретной версией.
Имя канала	От 0 до 64 буквенно-цифровых символов			Аналоговый канал X аварийного осциллографа	Идентификатор аналогового канала, используемый в формате COMTRADE

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Уровень превышения	0.00...60.00	о.е.	0.01	10.00	Уровень превышения для аналогового канала
Уровень снижения	0.00...2.00	о.е.	0.01	0.00	Уровень снижения для аналогового канала
Режим сохранения	0=Форма волны 1=Тренды/ цикл		1	0	Выбор режима записи для аналогового канала

1) Записываемые данные доступны только в режиме Тренда. В синусоидальном режиме выборки для данного сигнала будут постоянно нулевыми. Однако данные типы сигналов могут использоваться для запуска записи по предельному значению соответствующего аналогового канала.

Таблица 896: Общие уставки дискретного канала функции RDRE

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл		1	5=Выкл	Включение или отключение дискретных каналов
Критерий пуска	1=Восходящий фронт 2=Нисходящий фронт 3 = Оба фронта 4=Нет пуска		1	1=Восходящий	Критерий пуска дискретного канала
Режим сохранения	0=Форма волны 1=Тренды/ цикл		1	0	Выбор режима записи для дискретного канала
Имя канала	От 0 до 64 буквенно-цифровых символов			Дискретный канал X осциллографа	Идентификатор аналогового канала, используемый в формате COMTRADE

Таблица 897: Данные управления функции RDRE

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Пуск осциллографа	0=Отмена 1=Пуск				Запуск аварийного осциллографа
Очистить записи	0=Отмена 1=Сброс				Очистить все текущие записи в памяти

8.2.6 Данные мониторинга

Таблица 898: Контролируемые данные функции RDRE

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Колич. осциллограмм	0...100				Количество записей, находящихся в памяти в текущий момент.
ОставшКоличОсцилл.	0...100				Оставшееся количество осциллограмм, которое может быть дополнительно записано при текущих параметрах осциллографа
Использовано памяти	0...100	%			Выбор режима записи для дискретного канала
Время до пуска	0...604 800	с			Время, оставшееся до следующего периодического пуска

8.2.7 Данные о технических изменениях

Таблица 899: Данные о технических изменениях функции RDRE

Версия	Изменение
B	ChNum изменен на EChNum (RADR) Добавлены RADR9–12 (аналоговые каналы 9–12) Добавлены RBDR33–64 (дискретные каналы 33–64)
C	Для уставки *Выбор канала* добавлены новые каналы. Обновлены названия возможных значений *Пуск осциллографа* и *Очистить записи*.
D	Обновлены символы параметра *Выбор канала* .
E	В качестве возможных значений параметра *Выбор канала* добавлены новые каналы IL1C, IL2C и IL3C.
F	Внутреннее улучшение
G	Внутреннее улучшение

8.3 Индикатор положения РПН TPOSYLTC

8.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Индикация положения РПН	TPOSYLTC	TPOSM	84M

8.3.2 Функциональный блок

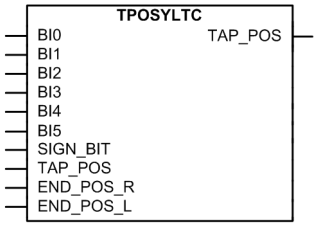


Рис. 507: Функциональный блок

8.3.3 Функциональные возможности

Функция индикации положения РПН TPOSYLTC используется для контроля положения отпайки РПН трансформатора. Дискретные входы могут

использоваться для преобразования двоично-кодированных данных о положении отпайки РПН в индикацию состояния РПН. Плата сопротивления X130 (RTD), имеющаяся в качестве дополнительной опции, предоставляет информацию от датчика RTD, а также различные аналоговые входы, которые обеспечивают контроль положения отпайки РПН по мА.

Можно выбрать один из трех режимов преобразования 7-битовых двоичных данных, где самый старший бит (MSB) используется как знаковый разряд (SIGN): преобразование логического входного сигнала в обычном двоичном коде в выходные данные "целое число со знаком", преобразование двоично-десятичных входных данных (BCD) в выходные данные "целое число со знаком" и преобразование входных данных в двоичном циклическом коде (GRAY coded) в выходные данные "целое число со знаком".

8.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.". Когда функция отключена, соответственно, изменяется информация о положении РПН. Когда информация о положении РПН недоступна, рекомендуется отключить эту функцию при помощи параметра *Активизация* .

Работу функции TPOSYLTC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

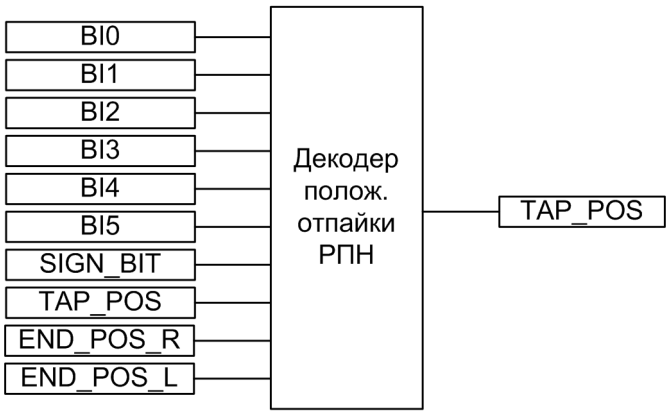


Рис. 508: Функциональная схема

Декодер полож. отпайки РПН

Там, где есть монтажное соединение с разъемом TAP_POS, сигнал положения РПН с входа мА или RTD декодируется. При отсутствии монтажного соединения с разъемом TAP_POS для получения данных о положении РПН могут использоваться дискретные входы. Значение РПН и показатель качества также могут передаваться и в другие функции. Это

значение отображается в окне контролируемых данных или подается на выход в качестве сигнала TAP_POS.

Функция имеет три альтернативных режима работы: "NAT2INT", "BCD2INT" and "GRAY2INT". Режим работы выбирается при помощи параметра *Режим работы* . Каждый режим работы может использоваться для преобразования максимум 6-битового кодированного входного сигнала в 8-битовый выходной сигнал "короткое целое число со знаком". Для входных сигналов менее 6 битов, например, 19 позиций с пятью битами при использовании двоично-десятичного кодирования (BCD), остальные биты можно установить в значениеНет (0).

Режим "NAT2INT" выбирается в случае, когда для индикации положения РПН трансформатора используется обычное двоичное кодирование. Основной принцип обычного двоичного кодирования – расчет суммы битов, имеющих значение Да (1). Самый младший бит (LSB) имеет коэффициент 1. Для каждого следующего бита предыдущий коэффициент умножается на два. Это также называется двоичным кодированием.

Режим "BCD2INT" выбирается в случае, когда для индикации положения РПН трансформатора используется двоично-десятичное кодирование. Основной принцип двоично-десятичного кодирования – расчет суммы битов, имеющих значение "Да" (1). Четыре бита – полубайт (BI3...BI0) имеют типовой коэффициент к обычному двоичному кодированию. Сумма значений не должна превышать 9. Если сумма полубайта больше 9, выходное значение положения РПН считается недостоверным.

Режим «GRAY2INT» выбирается в случае, когда для индикации положения РПН используется двоично-циклическое кодирование (GRAY coding). Основной принцип двоично-циклического кодирования заключается в том, что изменяется значение только одного бита (последовательные числа). Эта функция основана на двоично-циклическом кодировании, которое используется в некоторых РПН. бита, ближайшего к биту с правой стороны, дает новый набор.

Для отрицательных значений может использоваться отдельный дополнительный вход, SIGN_BIT, . Если значения положительные, выход устанавливается в значение "Нет" (0). Если SIGN_BIT имеет значение "Да" (1), что делает число отрицательным, оставшиеся биты идентичны битам кодированного положительного числа.

Достоверность положения РПН считается хорошей во всех корректных случаях. Показатель качества устанавливается в значение "Плохое" в некорректных комбинациях дискретных входных сигналов. Например, когда выбран режим "BCD2INT", а комбинация дискретных входных сигналов – "0001101", для показателя качества устанавливается значение "Плохое". При отрицательных значениях, когда SIGN_BIT, установлен в значение "ДА" (1), а комбинация дискретных входных сигналов — "1011011", для показателя качества устанавливается значение "Плохое".

Если РПН имеет вспомогательные контакты для индикации крайних позиций РПН, сигнал их состояния можно подключить ко входам END_POS_R и END_POS_L. Состояние END_POS_R (верхнее конечное положение, или достигнуто самое высокое допустимое положение отпайки) указывает на крайнее положении с максимальным числом отпаек в РПН. Аналогично, состояние END_POS_L (нижнее конечное положение, или достигнуто самое низкое допустимое положение отпайки) указывает на крайнее положении с минимальным числом отпаек в РПН. Выход TAP_POS предназначен для передачи проверенного сигнала положения отпайки в функции, которым требуется информация о положении отпайки, таким как OLATCC и TRxPTDF. Сюда относится информация как о фактическом положении, так и о состоянии "достигнуто конечное положение", если подключены вводы END_POS_R и END_POS_L.

Таблица 900: Таблица истинности режимов декодирования

Входы							Выходы TAP_POS		
SIGN_BIT	BI5	BI4	BI3	BI2	BI1	BI0	NAT2INT	BCD2INT	GRAY2INT
...		...		...		...	...	...	...
1	0	0	0	0	1	1	-3	-3	-2
1	0	0	0	0	1	0	-2	-2	-3
1	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	0	2	2	3
0	0	0	0	0	1	1	3	3	2
0	0	0	0	1	0	0	4	4	7
0	0	0	0	1	0	1	5	5	6
0	0	0	0	1	1	0	6	6	4
0	0	0	0	1	1	1	7	7	5
0	0	0	1	0	0	0	8	8	15
0	0	0	1	0	0	1	9	9	14
0	0	0	1	0	1	0	10	9	12
0	0	0	1	0	1	1	11	9	13
0	0	0	1	1	0	0	12	9	8
0	0	0	1	1	0	1	13	9	9
0	0	0	1	1	1	0	14	9	11
0	0	0	1	1	1	1	15	9	10
0	0	1	0	0	0	0	16	10	31
0	0	1	0	0	0	1	17	11	30
0	0	1	0	0	1	0	18	12	28
0	0	1	0	0	1	1	19	13	29
0	0	1	0	1	0	0	20	14	24

Продолжение таблицы на следующей странице

Входы							Выходы TAP_POS		
0	0	1	0	1	0	1	21	15	25
0	0	1	0	1	1	0	22	16	27
0	0	1	0	1	1	1	23	17	26
0	0	1	1	0	0	0	24	18	16
0	0	1	1	0	0	1	25	19	17
0	0	1	1	0	1	0	26	19	19
0	0	1	1	0	1	1	27	19	18
0	0	1	1	1	0	0	28	19	23
0	0	1	1	1	0	1	29	19	22
0	0	1	1	1	1	0	30	19	20
0	0	1	1	1	1	1	31	19	21
0	1	0	0	0	0	0	32	20	63
0	1	0	0	0	0	1	33	21	62
0	1	0	0	0	1	0	34	22	60
0	1	0	0	0	1	1	35	23	61
0	1	0	0	1	0	0	36	24	56
...		...		...		...	...	...	...

8.3.5 Применение

Функция TPOSYLTC предоставляет другим функциям информацию о положении отпайки в виде целочисленного значения со знаком, которое можно подавать на вход положения отпайки.

Во многих применениях, например, в алгоритмах дифференциальной защиты, информация о положении РПН может кодироваться различными методами. В этой функции используются дискретные входы концевого зажима трансформатора. Метод кодирования выбирается при помощи параметра. Имеющиеся методы кодирования: Двоично-десятичное (BCD), двоично-циклическое (GRAY) и обычное двоичное кодирование. Так как количество дискретных входов ограничено семью, функции кодирования ограничены семью битами, включая знаковый бит, и, таким образом, для кодирования используется 6 битов. Пределы положения при кодировании двоично-десятичном, двоично-циклическом и обычном двоичном: ±39, ±63 и ±63 соответственно.

В настоящем примере индикатор положения РПН трансформатора заведен как миллиамперный сигнал от соответствующего измерительного преобразователя. Индикация положения подключена к входу 1 (`AI_VAL1`) платы X130 (RTD). Рабочий диапазон РПН от минимального до максимального количества витков отпайки и соответствующий миллиамперный сигнал о положении отпайки устанавливается на выходах XRGGIO130. Поскольку значения на выходах XRGGIO130 представляют

собой числа с плавающей запятой, требуется преобразование такого числа в целочисленное значение (T_F32_INT8), прежде чем данные о положении РПН можно передавать в функцию TPOSYLTC. При наличии монтажного соединения с разъемом TAP_POS проверенное положение РПН поступает на выход TAP_POS, подключенный к другим функциям, например OLATCC1. При отсутствии монтажного соединения с разъемом TAP_POS для получения данных о положении РПН могут использоваться дискретные входы.

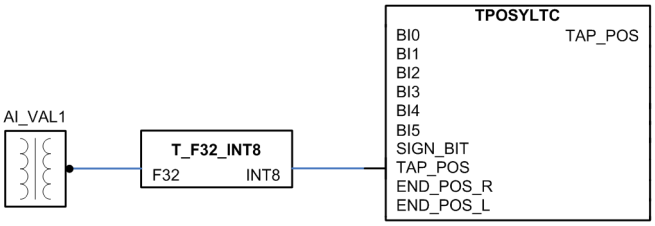


Рис. 509: Пример конфигурации RTD/аналогового входа

8.3.6 Сигналы

Таблица 901: Входные сигналы функции TPOSYLTC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
BI0	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Дискретный вход 1
BI1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Дискретный вход 2
BI2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Дискретный вход 3
BI3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Дискретный вход 4
BI4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Дискретный вход 5
BI5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Дискретный вход 6
SIGN_BIT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Знаковый бит дискретного входа
END_POS_R	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Верхнее конечное положение, или достигнуто самое высокое допустимое положение отпайки
END_POS_L	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Нижнее конечное положение, или достигнуто самое низкое допустимое положение отпайки
TAP_POS	INT8	0	Индикация положения отпайки трансформатора с РПН

Таблица 902: Выходные сигналы функции TPOSYLTC

Название	Тип	Описание
TAP_POS	INT8	Индикация положения отпайки трансформатора с РПН

8.3.7 Уставки

Таблица 903: Общие уставки функции TPOSYLTC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим работы	1=NAT2INT 2=BCD2INT 3=GRAY2INT			2=BCD2INT	Выбор режима работы

8.3.8 Контролируемые данные

Таблица 904: Контролируемые данные функции TPOSYLTC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
BI0	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Дискретный вход 1
BI1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Дискретный вход 2
BI2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Дискретный вход 3
BI3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Дискретный вход 4
BI4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Дискретный вход 5
BI5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Дискретный вход 6
SIGN_BIT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Знаковый бит дискретного входа
END_POS_R	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Верхнее конечное положение, или достигнуто самое высокое допустимое положение отпайки
END_POS_L	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Нижнее конечное положение, или достигнуто самое низкое допустимое положение отпайки
TAP_POS	INT8	-63...63		Индикация положения отпайки трансформатора с РПН

8.3.9 Технические данные

Таблица 905: Технические данные функции TPOSYLTC

Описание	Значение
Время отклика дискретных входов	Типов. значение 100 мс

8.3.10 Данные о технических изменениях

Таблица 906: Данные о технических изменениях функции TPOSYLTC

Версия	Изменение
B	Добавлен новый вход TAP_POS
C	Внутреннее улучшение
D	Добавлены новые входы END_TPOS_R и END_TPOS_L Добавлен новый выход TAP_POS

Раздел 9 Функции управления

9.1 Функции управления выключателем CBXCBR, разъединителем DCXSWI и заземляющим ножом EXXSWI

9.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Управление выключателем	CBXCBR	I<->O CB	I<->O CB
Управление разъединителем	DCXSWI	I<->O DCC	I<->O DCC
Управление заземляющим ножом	ESXSWI	I<->O ESC	I<->O ESC

9.1.2 Функциональный блок

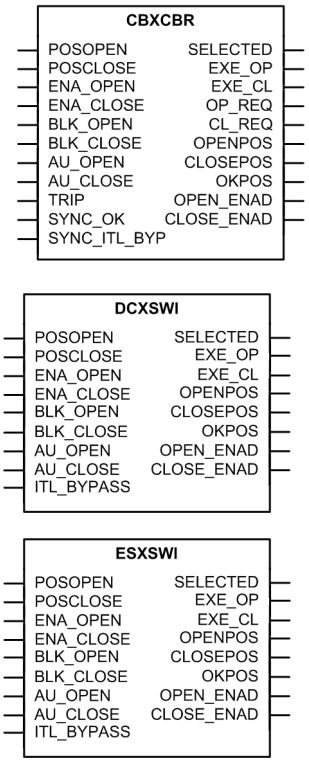


Рис. 510: Функциональный блок

9.1.3 Функциональные возможности

Функции CBXCBR, DCXSWI и ESXSWI предназначены для управления выключателем, разъединителем и заземляющим ножом, а также для получения информации о состоянии. Эти функции выполняют команды и оценивают условия блокировки и различные условия контроля по времени. Функции выполняют команду, только если все условия указывают, что операция переключения разрешена. При возникновении недопустимого условия функции выводят соответствующее значение причины. Функции спроектированы по стандарту МЭК 61850-7-4 с логическими узлами CILO, CSWI и XSWI/XCBR.

В функциях управления автоматическим выключателем, разъединителем и заземляющим выключателем имеется счетчик, подсчитывающий количество циклов включения и отключения. Оператор может считывать и записывать значения счетчика дистанционно с рабочей станции или через ЛИЧМ.

9.1.4 Принцип действия

Индикация состояния и проверка достоверности

Состояние объекта определяется двумя цифровыми входами POSOPEN и POSCLOSE, которые в соответствии с таблицей 907 также действую как выходы OPENPOS и CLOSEPOS вместе с информацией OKPOS. Дребезг и кратковременные возмущения на входе устраняются путем фильтрации. Время фильтрации на дискретном входе может регулироваться отдельно на каждом входе, используемом функцией. Достоверность дискретных входов, показывающих состояние объекта, используется в качестве дополнительной информации при регистрации индикаций и событий. Сообщение о неправильном или промежуточном положении контактов коммутационного аппарата поступает по истечении выдержки времени, определяемого уставкой *Задержка событий*, при условии что выключатель все еще находится в соответствующем состоянии.

Таблица 907: Индикация состояния

Вход		Состояние	Выход		
POSOPEN	**POSCLOSE**	**ПОЛОЖЕНИЕ (Контролируемые данные)**	**OKPOS**	**OPENPOS**	**CLOSEPOS**
1=Да	0=Нет	1=Отключено	1=Да	1=Да	0=Нет
0=Нет	1=Да	2=Включено	1=Да	0=Нет	1=Да
1=Да	1=Да	3=Неисправность/Плохое (11)	0=Нет	0=Нет	0=Нет
0=Нет	0=Нет	0=Промежуточное (00)	0=Нет	0=Нет	0=Нет

Включение и блокировка

Функции CBXCBR, DCXSWI и ESXSWI поддерживают включение и блокировку для целей блокировки и проверки синхронизации.

Управление автоматическим выключателем CBXCBR

Обычно включение выключателя разрешено (т. е. сигнал CLOSE_ENAD имеет значение "ДА") путем активации обоих входов ENA_CLOSE и SYNC_OK. Обычно сигнал на вход ENA_CLOSE подается с блокировки, а сигнал SYNC_OK поступает с проверки синхронизма и наличия напряжения. Вход SYNC_ITL_BYP может использоваться для обхода этого управления. Вход SYNC_ITL_BYP может использоваться для активации CLOSE_ENAD независимо от состояния входов ENA_CLOSE и SYNC_OK. Однако вход BLK_CLOSE всегда блокирует выход CLOSE_ENAD.

Логика размыкания выключателя (OPEN_ENAD) идентична логике замыкания выключателя, но сигнал SYNC_OK используется только для замыкания. Вход SYNC_ITL_BYP используется как в логике CLOSE_ENAD, так и в логике OPEN_ENAD.

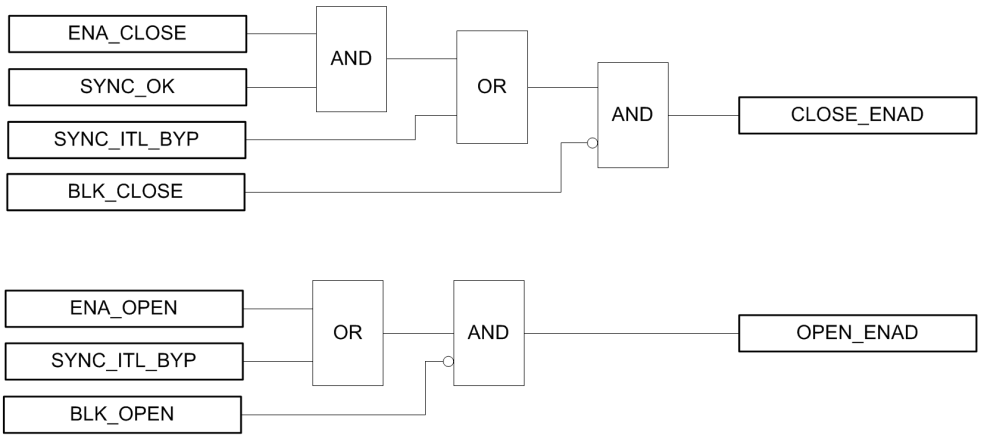


Рис. 511: Логика включения и блокировки для сигналов CLOSE_ENAD и OPEN_ENAD

Управление разъединителем DCXSWI и управление заземляющим выключателем ESXSWI

Обычно замыкание ножа разрешено (т. е. сигнал CLOSE_ENAD имеет значение "ДА") путем активации входа ENA_CLOSE. Вход ITL_BYPASS может использоваться для обхода этого управления. Вход ITL_BYPASS может использоваться для активации CLOSE_ENAD независимо от состояния входа ENA_CLOSE. Однако вход BLK_CLOSE всегда блокирует выход CLOSE_ENAD.

Логика размыкания выключателя (OPEN_ENAD) идентична логике замыкания выключателя. Вход ITL_BYPASS используется как в логике CLOSE_ENAD, так и в логике OPEN_ENAD.

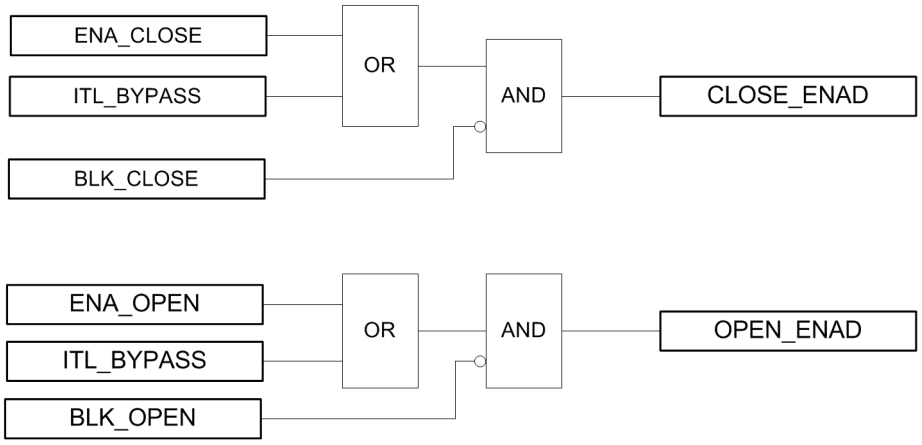


Рис. 512: Логика включения и блокировки для сигналов CLOSE_ENAD и OPEN_ENAD

Операции отключения и включения

Команды отключения и включения могут поступать по линиям связи, через дискретные входы или ЛИЧМ. Функции разрешения и блокировки для команд включения и выключения (сигналы CLOSE_ENAD и OPEN_ENAD) используются в качестве предварительного условия для команд управления. Если команда управления выполняется на фоне блокировки, или если разрешение соответствующей команды недействительно, функции CBXCBR, DCXSWI и ESXSWI выдают сообщение об ошибке.

Если команда включения подается по каналам связи, через ЛИЧМ или путем активирования входа AU_CLOSE, она выполняется (выход EXE_CL) только в том случае, если сигнал CLOSE_ENAD имеет значение "ДА".

Если функция SECRSYN используется в режиме "Команда", выход CL_REQ может использоваться в функции CBXCBR. Изначально вход SYNC_OK имеет значение "НЕТ". Когда подается команда включения, она активирует выход CL_REQ, который должен направляться на функцию SECRSYN. Затем команда включения выполняется только после получения сигнала SYNC_OK от функции SECRSYN.

При использовании функции SECRSYN в режиме "Команда" значение уставки функции CBXCBR *Ожидание операции* должно быть больше значения уставки функции SECRSYN *Макс время синхр*.

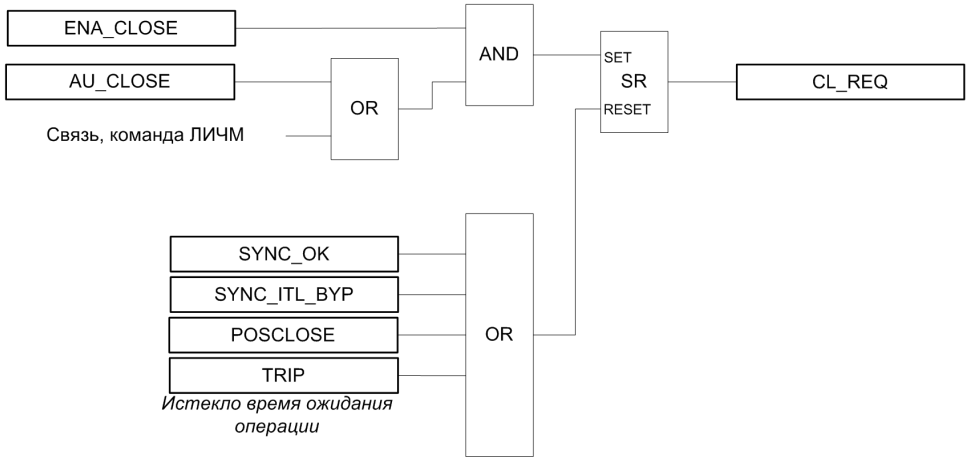


Рис. 513: Условие разрешения запроса на включение (CL_REQ) для функции CBXCBR

Когда команда выключения подается по каналам связи, через ЛИЧМ или путем активации входа AU_OPEN, она выполняется только в том случае, если сигнал OPEN_ENAD имеет значение "ДА". Также предусмотрен выход OP_REQ.

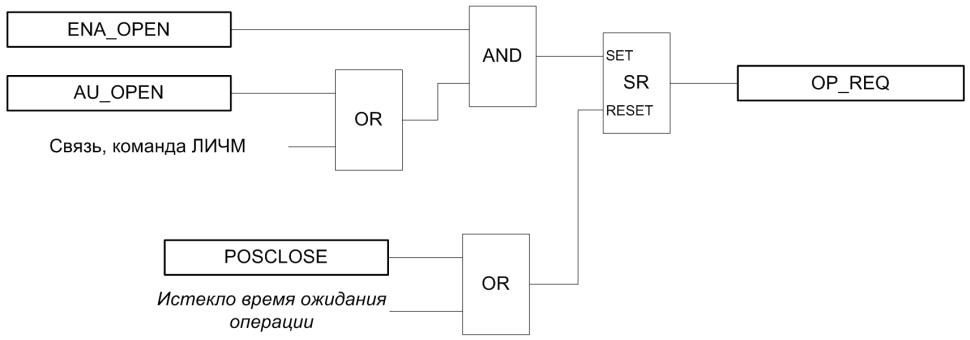


Рис. 514: Условие разрешения запроса на выключение (OP_REQ) для функции CBXCBR

Выходы OPEN и CLOSE

Выход EXE_OP активируется при выдаче команды выключения (AU_OPEN по каналам связи или из ЛИЧМ) и сигнал OPEN_ENAD имеет значение "ДА". Кроме того, команды защитного отключения могут направляться через функцию CBXCBR с помощью входа TRIP. Если вход TRIP имеет значение «ДА», независимо от условий разрешения или блокировки, немедленно активируется выход EXE_OP.

Выход EXE_CL активируется, когда поступила команда включения (AU_CLOSE, по каналам связи или из ЛИЧМ) и сигнал CLOSE_ENAD имеет

значение "ДА". Когда вход TRIP имеет значение "ДА", включение выключателя запрещено.

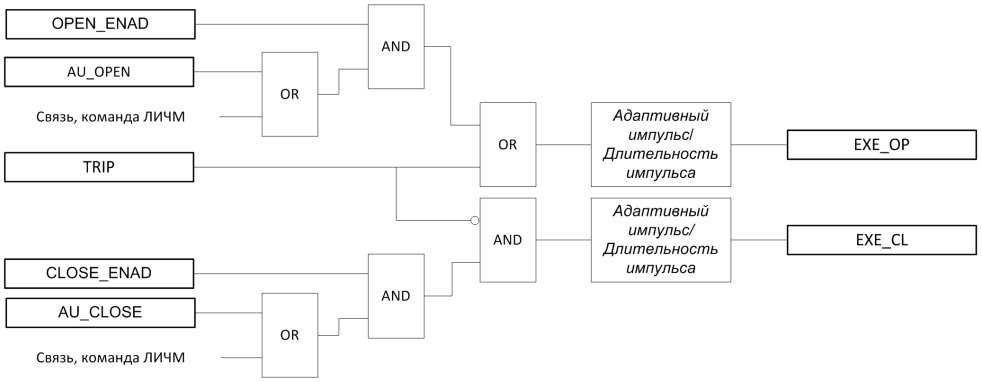


Рис. 515: Логика выходов OPEN и CLOSE для функции CBXCBR

Длительность импульса отключения и включения

Длительность импульса определяется уставкой *Адаптивный импульс*. Функция предусматривает два режима для определения длительности импульса отключения и включения. Если уставка *Адаптивный импульс* имеет значение "ДА", это означает переменную длительность импульса, что, в свою очередь означает, что выходной импульс прекращается, когда приходит подтверждение, что коммутационный аппарат переключился в заданное положение. Если аппарат не перешел в заданное положение, выходной импульс блокируется по истечении времени, определяемого уставкой *Ожидание операции*, и отображается сообщение об ошибке. Если уставка *Адаптивный импульс* имеет значение "НЕТ", функция всегда использует максимальную длительность импульса, определяемую уставкой *Длительность импульса*. Уставка *Длительность импульса* одинакова для команд отключения и включения. Если коммутационный аппарат уже находится в заданном положении, все равно дается максимальная длительность импульса.

Уставка *Длительность импульса* не влияет на длительность импульса отключения.

Методы управления

Алгоритм выполнения команд может задаваться параметром *Модель управления* . Вариантами выполнения команды могут быть прямое управление и безопасное управление объектом, которое может использоваться для обеспечения безопасности управления.

Безопасное управление объектом по типу SBO (выбрать – затем выполнить) представляет собой важную функцию протоколов связи, поддерживающих горизонтальную связь, так как по шине связи могут передаваться

предварительные команды и сигналы блокировки. Все операции безопасного управления – это двухступенчатые команды, в которых есть этап выбора и этап выполнения команды. Безопасное управление объектом отвечает за решение нескольких задач.

- Учет полномочий на выполнение команды: источник команды должен обладать полномочиями на управление объектом
- Взаимное исключение: в один и тот же момент времени объектом может управлять только один источник команды
- Оперативная блокировка: всегда разрешает выполнение только безопасных команд
- Выполнение: Всегда контролирует выполнение команды
- Отмена команды: отменяет управление выбранным объектом.

При непосредственном (прямом) управлении, чтобы инициировать управляющее воздействие на физическое устройство, используется одно сообщение. Метод прямого выполнения команды использует меньше сетевых ресурсов и меньшую пропускную способность шины управления, чем метод SBO, так как для работы необходимо меньшее количество сообщений.

Режим "Только состояние" означает, что управление по каналам связи или с помощью ЛИЧМ невозможно. Однако можно управлять разъединителем (DCXSWI) с помощью входов AU_OPEN и AU_CLOSE.



AU_OPEN и AU_CLOSE управляют объектом напрямую, независимо от уставки *Модель управления*. Эти входы могут использоваться, если управление должно быть реализовано исключительно на основе логики АСТ и никакая дополнительная обработка исключений не требуется. Однако в случае одновременной подачи команд на выключение и включение приоритет всегда имеет команда выключения.

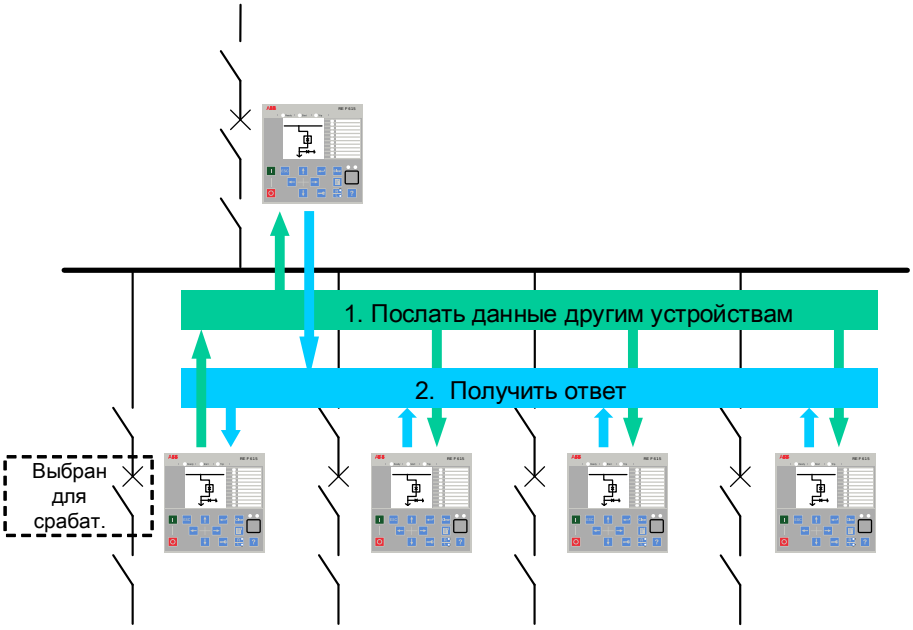


Рис. 516: Процедура управления по методу SBO (Выбрать, затем выполнить)

Местное/дистанционное управление

Работа функций CBXCBR, DCXSWI и ESXSWI зависит от выбранного типа управления: местного или дистанционного.

- Местное: выключение и включение по каналам связи запрещено.
- Дистанционное: выключение и включение с помощью ЛИЧМ запрещено.
- Работа выходов `AU_OPEN` и `AU_CLOSE` не зависит от выбранного типа управления.

9.1.5 Применение

В области автоматизации распределительных систем среднего и высокого напряжения исключительно важную роль играет надежность управления первичными коммутационными аппаратами и индикации их состояния — как на местном, так и на дистанционном уровне. Особенно это требуется на современных подстанциях с дистанционным управлением.

Средства управления и индикации состояния реализуются вместе с функциями CBXCBR, DCXSWI и ESXSWI единым пакетом. Например, когда управление первичными компонентами контролируется на фазе подачи напряжения, необходимо обеспечить правильную последовательность выполнения команд управления. Этого можно добиться, например, при помощи блокировки, основанной на индикации состояния соответствующего

первичных коммутационного оборудования. Блокировка на уровне подстанции может осуществляться путем обмена между фидерами GOOSE-сообщениями по стандарту МЭК 61850.

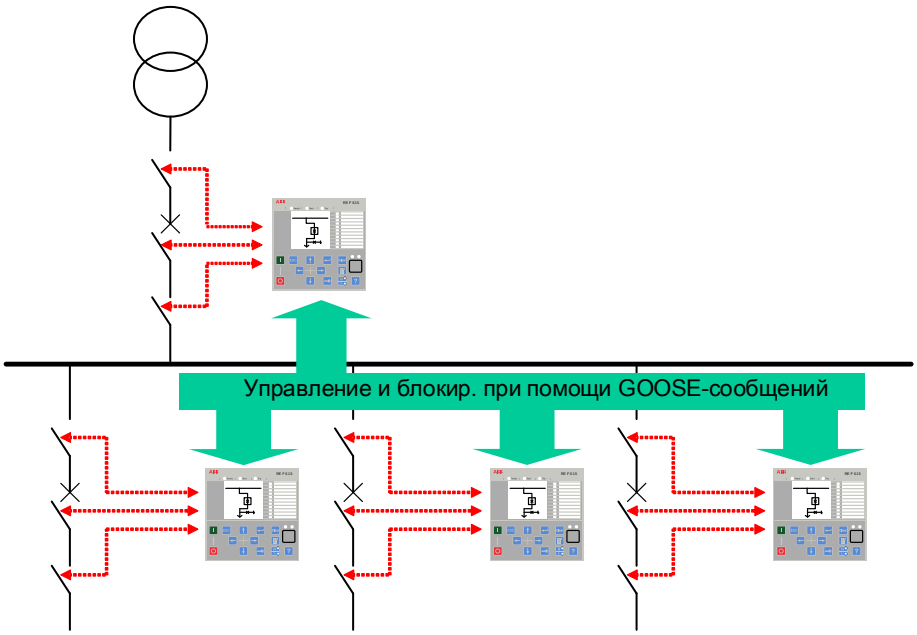


Рис. 517: Блокировка на базе индикации состояния с использованием технологии GOOSE

9.1.6 Сигналы

Таблица 908: Входные сигналы функции CBXCBR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POSOPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата "ОТКЛЮЧЕНО от I/O"[1)]
POSCLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата "ВКЛЮЧЕНО от I/O"[1)]
ENA_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Разрешение отключения
ENA_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Разрешение включения
BLK_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка отключения
BLK_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка включения
AU_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блок-контакт разомкнут[1)2)]

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	По умолчанию	Описание
AU_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блок-контакт замкнут[1)2)]
TRIP	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал отключения
SYNC_OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Проверка синхронизма OK
SYNC_ITL_BYP	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Игнорирование блокировок ENA_OPEN и ENA_CLOSE при Активном состоянии (1)

1) Недоступно для мониторинга
2) Всегда прямое управление

Таблица 909: Входные сигналы функции DCXSWI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POSOPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Положение аппарата: отключено
POSCLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Положение аппарата: включено
ENA_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Разрешение отключения
ENA_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Разрешение включения
BLK_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка отключения
BLK_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка включения
AU_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Выполнение команды отключения[1)2)]
AU_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Выполнение команды включения[1)2)]
ITL_BYPASS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Игнорирование блокировок ENA_OPEN и ENA_CLOSE при Активном состоянии (1)

1) Недоступно для мониторинга
2) Всегда прямое управление

Таблица 910: Входные сигналы функции ESXSWI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POSOPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Положение аппарата: отключено
POSCLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Положение аппарата: включено
ENA_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Разрешение отключения
Продолжение таблицы на следующей странице			

Название	Тип	По умолчанию	Описание
ENA_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Разрешение включения
BLK_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка отключения
BLK_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка включения
AU_OPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Выполнение команды отключения[1)2)]
AU_CLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Выполнение команды включения[1)2)]
ITL_BYPASS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Игнорирование блокировок ENA_OPEN и ENA_CLOSE при Активном состоянии (1)

1) Недоступно для мониторинга
2) Всегда прямое управление

Таблица 911: Выходные сигналы функции CBXCBR

Название	Тип	Описание
SELECTED	ЛОГИЧЕСКИЙ	Объект выбран
EXE_OP	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выполнение команды отключения
EXE_CL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выполнение команды включения
OP_REQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Запрос на отключение
CL_REQ	ЛОГИЧЕСКИЙ	Запрос на включение
OPENPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал положения аппарата "ОТКЛЮЧЕНО от I/O"
CLOSEPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал положения аппарата "ВКЛЮЧЕНО от I/O"
OKPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата ok
OPEN_ENAD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Разрешение отключения по дискретному входу
CLOSE_ENAD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Разрешение включения по дискретному входу

Таблица 912: Выходные сигналы функции DCXSWI

Название	Тип	Описание
SELECTED	ЛОГИЧЕСКИЙ	Объект выбран
EXE_OP	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выполнение команды отключения
EXE_CL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выполнение команды включения
OPENPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: отключено
CLOSEPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: включено
OKPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата ok
OPEN_ENAD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Разрешение отключения по дискретному входу
CLOSE_ENAD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Разрешение включения по дискретному входу

Таблица 913: Выходные сигналы функции ESXSWI

Название	Тип	Описание
SELECTED	ЛОГИЧЕСКИЙ	Объект выбран
EXE_OP	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выполнение команды отключения
EXE_CL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выполнение команды включения
OPENPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: отключено
CLOSEPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: включено
OKPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата ok
OPEN_ENAD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Разрешение отключения по дискретному входу
CLOSE_ENAD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Разрешение включения по дискретному входу

9.1.7 Уставки

Таблица 914: Общие уставки функции CBXCBR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Задержка выбора	10000...300000	мс	10000	30000	Задержка выбора аппарата в мс
Длительность импульса	10...60000	мс	1	200	Длина импульса включения и отключения в мс
Модель управления	0=Только состояние 1=Непоср. (обычн.безоп.) 4=SBO (повыш.безопасн.)			4=SBO (повыш.безопасн.)	Выбор модели управления
Ожидание операции	10...60000	мс	1	500	Интервал ожидания отрицательного завершения
Обозначение				Положение переключателя CBXCBR1	Идентификация объекта управления

Таблица 915: Общие уставки функции CBXCBR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Счетчик операций	0...10000		1	0	Счетчик операций выключателя
Адаптивный импульс	0=Нет 1=Да			1=Да	Остановка в правильном положении
Задержка событий	0...10000	мс	1	200	Задержка события при промежуточном положении
Поставщик				0	Поставщик внешнего оборудования
Серийный номер				0	Серийный номер внешнего оборудования
Модель				0	Модель внешнего оборудования

Таблица 916: Общие уставки функции DCXSWI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Задержка выбора	10000...300000	мс	10000	30000	Задержка выбора аппарата в мс
Длительность импульса	10...60000	мс	1	100	Длина импульса включения и отключения в мс
Модель управления	0=Только состояние 1=Непоср. (обычн.безоп.) 4=SBO (повыш.безопасн.)			4=SBO (повыш.безопасн.)	Выбор модели управления
Ожидание операции	10...60000	мс	1	30000	Интервал ожидания отрицательного завершения
Обозначение				Положение переключателя DCXSWI1	Идентификация объекта управления

Таблица 917: Общие уставки функции DCXSWI (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Счетчик операций	0...10000		1	0	Счетчик операций выключателя
Адаптивный импульс	0=Нет 1=Да			1=Да	Остановка в правильном положении
Задержка событий	0...60000	мс	1	10000	Задержка события при промежуточном положении
Поставщик				0	Поставщик внешнего оборудования
Серийный номер				0	Серийный номер внешнего оборудования
Модель				0	Модель внешнего оборудования

Таблица 918: Общие уставки функции ESXSWI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Задержка выбора	10000...300000	мс	10000	30000	Задержка выбора аппарата в мс
Длительность импульса	10...60000	мс	1	100	Длина импульса включения и отключения в мс
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Модель управления	0=Только состояние 1=Непоср. (обычн.безоп.) 4=SBO (повыш.безопасн.)			4=SBO (повыш.безопасн.)	Выбор модели управления
Ожидание операции	10...60000	мс	1	30000	Интервал ожидания отрицательного завершения
Обозначение				Положение переключателя ESXSWI1	Идентификация объекта управления

Таблица 919: Общие уставки функции ESXSWI (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Счетчик операций	0...10000		1	0	Счетчик операций выключателя
Адаптивный импульс	0=Нет 1=Да			1=Да	Остановка в правильном положении
Задержка событий	0...60000	мс	1	10000	Задержка события при промежуточном положении
Поставщик				0	Поставщик внешнего оборудования
Серийный номер				0	Серийный номер внешнего оборудования
Модель				0	Модель внешнего оборудования

9.1.8 Контролируемые данные

Таблица 920: Контролируемые данные функции CBXCBR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
POSITION	Dbpos	0=промежуточное 1=отключено 2=включено 3=неисправность		Индикация положения аппарата

Таблица 921: Контролируемые данные функции DCXSWI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
POSITION	Dbpos	0=промежуточное 1=отключено 2=включено 3=неисправность		Индикация положения аппарата

Таблица 922: Контролируемые данные функции ESXSWI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
POSITION	Dbpos	0=промежуточное 1=отключено 2=включено 3=неисправность		Индикация положения аппарата

9.1.9 Данные о технических изменениях

Таблица 923: Данные о технических изменениях функции CBXCBR

Версия	Изменение
B	Добавлен вход обхода блокировки (ITL_BYPASS) и выходы "отключение разрешено" (OPEN_ENAD) и "включение разрешено" (CLOSE_ENAD). ITL_BYPASS выполняет обход состояний ENA_OPEN и ENA_CLOSE .
C	Внутреннее улучшение.
D	Добавлены входы TRIP и SYNC_OK. Вход ITL_BYPASS переименован в SYNC_ITL_BYP. Добавлены выходы CL_REQ и OP_REQ. Выходы OPENPOS и CLOSEPOS принудительно переводятся в состояние "НЕТ" при состоянии "Неисправность (11)".

Таблица 924: Данные о технических изменениях функции DCXSWI

Версия	Изменение
B	Изменено максимальное значение и значение умолчанию уставки *Задержка событий*, которое теперь составляет 60 с и 10 с соответственно. Изменено используемое по умолчанию значение параметра *Ожидание операции*. Новая уставка составляет 30 с.
C	Выходы OPENPOS и CLOSEPOS принудительно переводятся в состояние "НЕТ" при состоянии "Неисправность (11)".

Таблица 925: Данные о технических изменениях функции ESXSWI

Версия	Изменение
B	Изменены максимальное и используемое по умолчанию значения параметра *Задержка событий*. Новые уставки составляют 60 с и 10 с соответственно. Изменено используемое по умолчанию значение параметра *Ожидание операции*. Новая уставка составляет 30 с.
C	Выходы OPENPOS и CLOSEPOS принудительно переводятся в состояние "НЕТ" при состоянии "Неисправность (11)".

9.2 Индикатор положения разъединителя DCSXSWI и заземляющего ножа ESSXSWI

9.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Индикация положения разъединителя	DCSXSWI	I<->O DC	I<->O DC
Индикация положения заземляющего ножа	ESSXSWI	I<->O ES	I<->O ES

9.2.2 Функциональный блок

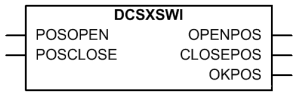


Рис. 518: Функциональный блок

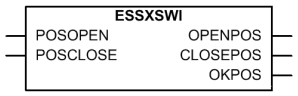


Рис. 519: Функциональный блок

9.2.3 Функциональные возможности

Функции управления DCSXSWI и ESSXSWI дистанционно и локально показывают отключенное, включенное и неопределенное состояние разъединителя и заземляющего ножа. Функциональные возможности обеих функций идентичны, но каждая из них предназначена для конкретной цели, что и отражено в их названиях. Например, индикация состояния разъединителей или заземляющих ножей может контролироваться при помощи функции DCSXSWI.

Функции спроектированы по стандарту МЭК 61850-7-4 с лошическим узлом XSWI.

9.2.4 Принцип действия

Индикация состояния и проверка достоверности

Состояние объекта определяется двумя дискретными входами, POSOPEN и POSCLOSE, которые в информации OKPOS называются выходами OPENPOS и CLOSEPOS вместе с информацией OKPOS в соответствии с таблицей 926. Дребезг и кратковременные возмущения на входе устраняются путем фильтрации. Время фильтрации на дискретном входе может регулироваться отдельно на каждом входе, используемом функцией. Достоверность дискретных входов, показывающих состояние объекта, используется в качестве дополнительной информации при регистрации индикаций и событий.

Таблица 926: Индикация состояния

Вход		Состояние	Выход		
POSOPEN	POSCLOSE	ПОЛОЖЕНИЕ (Контролируемые данные)	OKPOS	OPENPOS	CLOSEPOS
1=Да	0=Нет	1=Отключено	1=Да	1=Да	0=Нет
0=Нет	1=Да	2=Включено	1=Да	0=Нет	1=Да
1=Да	1=Да	3=Неисправность/Плохое (11)	0=Нет	0=Нет	0=Нет
0=Нет	0=Нет	0=Промежуточное (00)	0=Нет	0=Нет	0=Нет

9.2.5 Применение

В области автоматизации распределительных систем среднего и высокого напряжения исключительно важную роль играет надежность управления первичными коммутационными аппаратами и индикации их состояния — как на местном, так и на дистанционном уровне. Особенно это необходимо на современных подстанциях с дистанционным управлением. Функции DCSXSWI и ESSXSWI используются для дистанционной и местной индикации состояния таких устройств, как разъединители, воздушные выключатели и заземляющие ножи, представляющие собой коммутационные устройства самого низкого уровня в энергосистеме, которые не рассчитаны на высокую размыкающую способность при коротком замыкании.

9.2.6 Сигналы

Таблица 927: Входные сигналы функции DCSXSWI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POSOPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата "ОТКЛЮЧЕНО от I/O"[1)]
POSCLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата "ВКЛЮЧЕНО от I/O"[1)]

1) Недоступно для мониторинга

Таблица 928: Входные сигналы функции ESSXSWI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
POSOPEN	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата "ОТКЛЮЧЕНО от I/O"[1)]
POSCLOSE	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал положения аппарата ВКЛЮЧЕНО от I/O[1)]

1) Недоступно для мониторинга

Таблица 929: Выходные сигналы функции DCSXSWI

Название	Тип	Описание
OPENPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: отключено
CLOSEPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: включено
OKPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата ok

Таблица 930: Выходные сигналы функции ESSXSWI

Название	Тип	Описание
OPENPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: отключено
CLOSEPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата: включено
OKPOS	ЛОГИЧЕСКИЙ	Положение аппарата ok

9.2.7 Уставки

Таблица 931: Общие уставки функции DCSXSWI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Обозначение				Положение переключателя DCSXSWI1	Идентификация объекта управления

Таблица 932: Общие уставки функции DCSXSWI (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Задержка событий	0...60000	мс	1	30000	Задержка события при промежуточном положении
Поставщик				0	Поставщик внешнего оборудования
Серийный номер				0	Серийный номер внешнего оборудования
Модель				0	Модель внешнего оборудования

Таблица 933: Общие уставки функции ESSXSWI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Обозначение				Положение переключателя ESSXSWI1	Идентификация объекта управления

Таблица 934: Общие уставки функции ESSXSWI (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Задержка событий	0...60000	мс	1	30000	Задержка события при промежуточном положении
Поставщик				0	Поставщик внешнего оборудования
Серийный номер				0	Серийный номер внешнего оборудования
Модель				0	Модель внешнего оборудования

9.2.8 Контролируемые данные

Таблица 935: Контролируемые данные функции DCSXSWI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
POSITION	Dbpos	0=промежуточное 1=отключено 2=включено 3=неисправность		Индикация положения аппарата

Таблица 936: Контролируемые данные функции ESSXSWI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
POSITION	Dbpos	0=промежуточное 1=отключено 2=включено 3=неисправность		Индикация положения аппарата

9.2.9 Данные о технических изменениях

Таблица 937: Данные о технических изменениях функции DCSXSWI

Версия	Изменение
B	Изменены максимальное и используемое по умолчанию значение параметра *Задержка событий*. Новые уставки составляют 60 с и 30 с соответственно.
C	Выходы OPENPOS и CLOSEPOS принудительно переводятся в состояние "НЕТ" при состоянии "Неисправность (11)".

Таблица 938: Данные о технических изменениях функции ESSXSWI

Версия	Изменение
B	Изменены максимальное и используемое по умолчанию значение параметра *Задержка событий*. Новые уставки составляют 60 с и 30 с соответственно.
C	Выходы OPENPOS и CLOSEPOS принудительно переводятся в состояние "НЕТ" при состоянии "Неисправность (11)".

9.3 Функция контроля синхронизма и подачи напряжения SECRSYN

9.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция контроля синхронизма и подачи напряжения	SECRSYN	SYNC	25

9.3.2 Функциональный блок

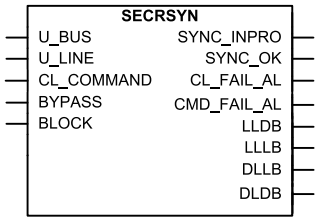


Рис. 520: Функциональный блок

9.3.3 Функциональные возможности

Функция контроля синхронизма и наличия напряжения SECRSYN контролирует положение выключателя со стороны отдельных частей энергосистемы и дает разрешение на включение выключателя. Функция SECRSYN выполняет контроль синхронизма и контроль подачи напряжения.

Для систем, работающих в асинхронном режиме, предназначен асинхронный режим работы. Основное назначение такого режима – обеспечение контролируемого включения выключателей при соединении двух асинхронных систем.

В режиме контроля синхронизма проверяется правильность синхронизации напряжений по обеим сторонам выключателя. Этот модуль используется для выполнения контролируемого повторного соединения двух систем, которые образовались после разделения на острова, а также для выполнения контролируемого повторного подключения системы после АПВ.

Функция контроля наличия напряжения проверяет отсутствие напряжения как минимум с одной стороны, чтобы обеспечить безопасность включения выключателя.

Функция содержит блокировку. При необходимости можно блокировать выходы функции и таймеры.

9.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Функция SECRSYN имеет два параллельных свойства: контроль синхронизма и контроль наличия напряжения. Работу функции SECRSYN можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

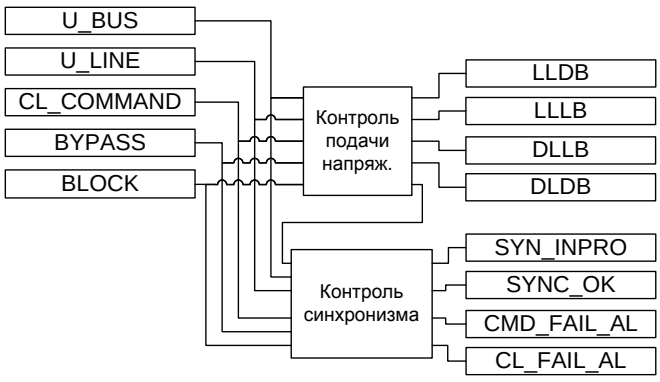


Рис. 521: Функциональная схема

Если проверка наличия напряжения пройдена, для разрешения включения выполнение никаких дополнительных условий не требуется. В противном случае функция контроля синхронизма может работать с напряжениями U_AB или U_A. Выбор используемых напряжений определяется уставкой *Подключение ТН* в общих уставках напряжения.

По умолчанию подключаются напряжения U_BUS и U_LINE, как показано на рисунке 530. При необходимости подключения можно переключать, установив для уставки *Переключатель источника напряжения* значение "Да".

Контроль подачи напряжения

Функция контроля подачи напряжения проверяет направление подачи напряжения. Подача напряжения определяется как ситуация, когда отключенная часть сети подключается части сети, в которой имеется напряжение. Режимы частей сети, контролируемые выключателем, т.е., какая сторона должна быть под напряжением, а какая – не под напряжением, определяется уставкой. Возможна также ситуация, когда напряжение отсутствует на обеих сторонах выключателя. Фактические значения для определения обесточенной линии или шины задаются уставками *НизкНапрШины* и *НизкНапрЛинии*. Аналогично, фактические значения для находящейся под напряжением линии или шины определяются в уставках *ВысокНапрШины* и *ВысокНапрЛинии*.

Таблица 939: ***Параметр РежимПодачиНапр , при котором могут выполняться операции коммутации***

Параметр РежимПодачиНапр	Описание
ОШОЛ	Напряжение линии и шины отключено
ОШЛН	Напряжение шины отключено, линия под напряжением
ОЛШН	Напряжение линии отключено, шина под напряжением
ОШЛН или ОШОЛ	Напряжение линии и шины отключено или напряжение шины отключено, линия под напряжением
ОЛШН или ОЛОШ	Напряжение линии и шины отключено или напряжение линии отключено, шина под напряжением
ОШЛН или ОЛШН	Шина отключена, линия под напряжением или линия отключена, шина под напряжением
ОШОЛ / ОШЛН / ОЛШН	Напряжение линии и шины отключено или шина отключена, линия под напряжением или линия отключена, шина под напряжением

Когда напряжение постановки под напряжение соответствует уставкам, ситуация должна оставаться постоянной в течение периода времени, определяемого уставкой *ВремяПодачиНапряж* , прежде чем будет разрешено

включение выключателя. Назначение этой выдержки времени заключается в том, чтобы убедиться, что отключенная сторона остается отключенной, а также в том, что данная ситуация не вызвана временным прекращением подачи напряжения. Если эти условия не сохраняются в течение указанного времени срабатывания, таймер сбрасывается, и процедура перезапускается вновь при наличии соответствующих условий. Включение выключателя не разрешается, если измеренное напряжение на стороне под напряжением превышает заданное значение уставки *МаксНапряжПостан*.

Измеренное напряжение на стороне под напряжением ENERG_STATE можно увидеть в меню и на выходах функции `LLDB` (Режим ОШЛН), `LLLB` (Режим ЛНШН), `DLLB` (Режим ОЛШН) и `DLDB` (Режим ОЛОШ), при этом в определенный период времени может быть активен только один выход. Также измеренное напряжение на стороне под напряжением может иметь значение "Неизвестно", если хоть одно из измеренных напряжений находится между пределами, определенными для параметров отключенного состояния и состояния под напряжением.

Контроль синхронизма

Функция контроля синхронизма измеряет разность между напряжением линии и напряжением шины. Функция позволяет включить цепь выключателя при одновременном выполнении определенных условий.

- Измеренные напряжения линии и шины превышают заданные значения уставок *ВысокНапрШины* и *ВысокНапрЛинии* (ENERG_STATE равно "ЛНШН").
- Измеренная частота шины и линии находится в диапазоне от 95% до 105 % от f_n.
- Измеренные напряжения линии и шины меньше заданного значения уставки *МаксНапряжПостан*.

Если *Режим контроля синхронизма* установлен в значение "Синхронно", необходимо выполнение следующих дополнительных условий.

- В синхронном режиме попытка включения выключателя выполняется таким образом, чтобы разность фаз при включении была близка к нулю.
- Синхронный режим возможен, только когда разность частот составляет менее 0,1% от f_n.
- Разность напряжений не должна превышать 1% от величины U_n.

Если *Режим контроля синхронизма* установлен в значение "Асинхронно", необходимо выполнение следующих дополнительных условий.

- Измеренная разность напряжений меньше значения уставки *Разность напряжений*.
- Измеренная разность фазных углов меньше значения уставки *Разность углов*.
- Измеренная разность частот меньше заданного значения уставки *Разность частот*.
- Расчетный угол включения выключателя должен быть меньше значения уставки *Разность углов*.

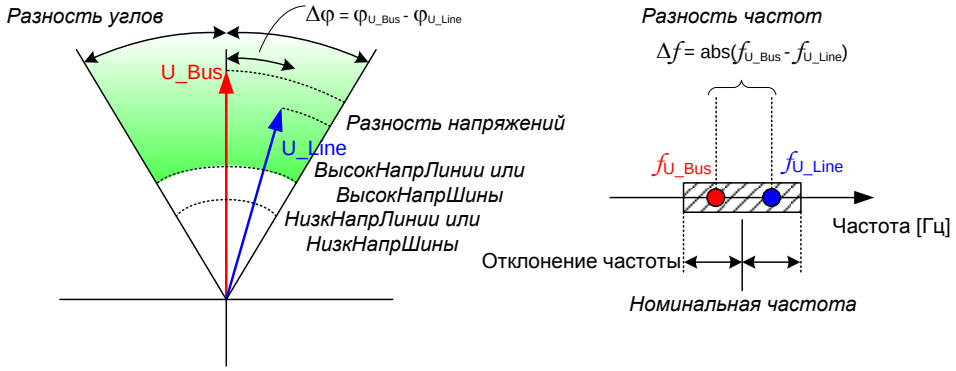


Рис. 522: Условия, которые должны выполняться при обнаружении синхронизма между системами

При выполнении условий по частоте, фазному углу и напряжению проверяется длительность условия синхронизма, чтобы убедиться, что условия все еще выполняются, когда это условие определено на основании измеренной частоты и сдвига фаз. В зависимости от выключателя и системы включения выдержка времени с момента выдачи сигнала на включение выключателя до включения выключателя составляет около 50...250 мс. Выбранное значение *Коэфф.времени вкл.* информирует функцию о том, как долго должны сохраняться эти условия. Функция контроля синхронизма компенсирует измеренное изменение частоты и выдержку времени на включение выключателя. Опережение по фазному углу рассчитывается непрерывно по следующей формуле.

$$\text{Угол включения} = \left|\left(\angle U_{\text{Шина}} - \angle U_{\text{Линия}}\right)° + \left(\left(f_{\text{Шина}} - f_{\text{Линия}}\right) \times \left(T_{CB} + T_{PL}\right) \times 360°\right)\right|$$

(Уравнение 186)

$\angle U_{\text{Шина}}$	Фазный угол измеренного напряжения шины
$\angle U_{\text{Линия}}$	Фазный угол измеренного напряжения линии
$f_{\text{Шина}}$	Измеренная частота шины
$f_{\text{Линия}}$	Измеренная частота линии
T_{CB}	Суммарная выдержка времени на включение выключателя, включая выдержку времени на выходных контактах ИЭУ, определяется значением уставки *Коэфф.времени вкл.*

Угол в момент включения – это расчетная разность углов по истечении выдержки времени на включение выключателя.

Значение уставки *МинВрСинхр* может, при необходимости, устанавливаться таким образом, чтобы требовалось минимальное время, в течение которого должны одновременно выполняться все условия, прежде чем станет активным выход SYNC_OK.

Значения измеренного напряжения, частоты и разности фазных углов по двум сторонам выключателя доступны как данные мониторинга U_DIFF_MEAS, FR_DIFF_MEAS и PH_DIFF_MEAS. Кроме того, индикации условий, которые не выполняются, и, следовательно, препятствуют включению выключателя, можно увидеть в данных мониторинга как значения U_DIFF_SYNC, PH_DIF_SYNC и FR_DIFF_SYNC. Эти значения мониторинга обновляются только при включении функции контроля синхронизма при помощи параметра *Режим контроля синхронизма* , при этом измеренное значение ENERG_STATE - "ЛНШН".

Режим улавливания синхронизма

Режим улавливания синхронизма активируется путем установки параметра *Режим синхронизма* в значение "Улавливание синхронизма. В режиме "Улавливание синхронизма" контроль синхронизма производится непрерывно. При обнаружении условия синхронизма (в соответствии с уставкой) выход SYNC_OK устанавливается в значение "Да" (логическая '1'), и остается в этом состоянии, пока выполняются условия. В этом режиме ввод команд игнорируется. Этот режим используется в ситуациях, когда контроль синхронизма только выдает разрешение на управляющий блок, производящий включение выключателя.

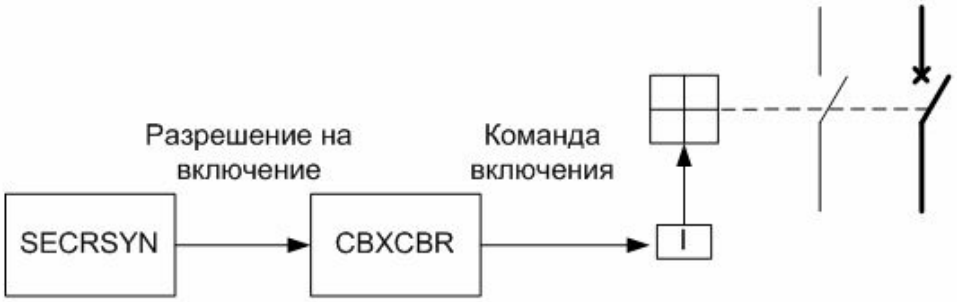


Рис. 523: Упрощенная логическая схема функции контроля синхронизма в режиме улавливания синхронизма

КонтрСинхр

Если параметр *Режим синхронизма* установлен в значение "КонтрСинхр", назначение функции контроля синхронизма в этом режиме заключается в том, чтобы найти момент, когда напряжения на обеих сторонах выключателя будут находиться в состоянии синхронизма. Условия синхронизма выполняются, когда напряжения на обеих сторонах выключателя имеют одинаковую частоту и находятся в фазе при величине напряжения, которое позволяет считать соответствующие шины или линии находящимися под напряжением.

В режиме контроля синхронизма для обеспечения сигнала на включение выключателя помимо обычных условий, которые требуются для включения выключателя, необходим внешний сигнал `CL_COMMAND`. В режиме контроля синхронизма функция контроля синхронизма сама включает выключатель через выход `SYNC_OK` при выполнении условий. В таком случае функциональный блок управления выдает сигнал на включение функции контроля синхронизма для выдачи импульса на включение выключателя. Если условия включения выполняются в течение допустимого времени проверки, заданного параметром *Макс время синхр*, функция проверки синхронизма подает сигнал на включение на выключатель после получения сигнала команды на включение.

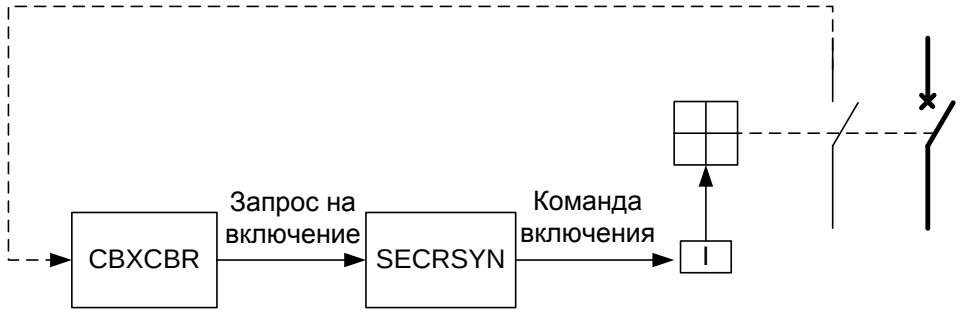


Рис. 524: Упрощенная логическая схема функции SECRSYN в режиме контроля синхронизма

Сигнал на включение выдается только один раз для каждого активированного внешнего сигнала на включение. Длительность импульса выдаваемого сигнала на включение определяется параметром *Импульс включения*.

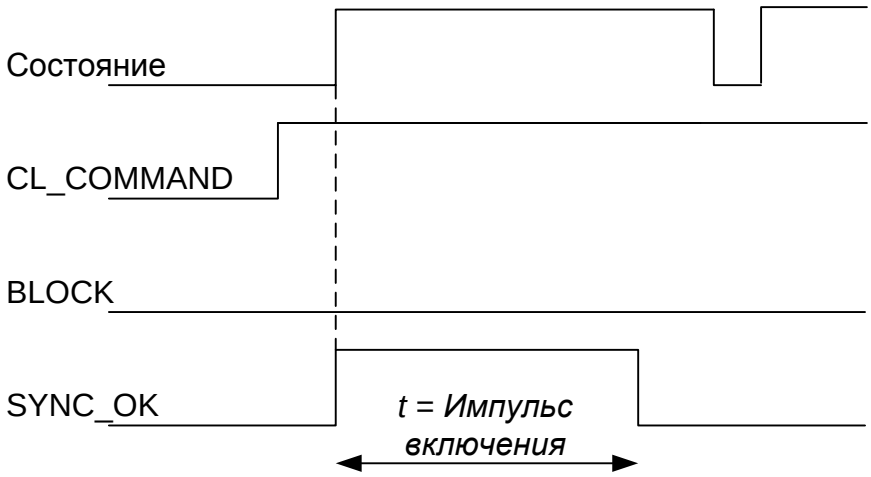


Рис. 525: Определение длительности импульса сигнала включения

В режиме контроля синхронизма имеются аварийные сигналы, сообщающие о неудачной попытке включения выключателя (CL_FAIL_AL) и о слишком большой длительности сигнала управления(CMD_FAIL_AL).

Если условия включения не выполняются в течение времени, заданного параметром *Макс время синхр*, подается аварийный сигнал сбоя попытки включения. Аварийный выходной сигнал CL_FAIL_AL — импульсный, продолжительность импульса составляет 500 мс. Если внешний управляющий сигнал будет снят слишком быстро, то есть, прежде чем будут выполнены условия и выдан импульс на включение, таймер аварийной сигнализации сбросится.

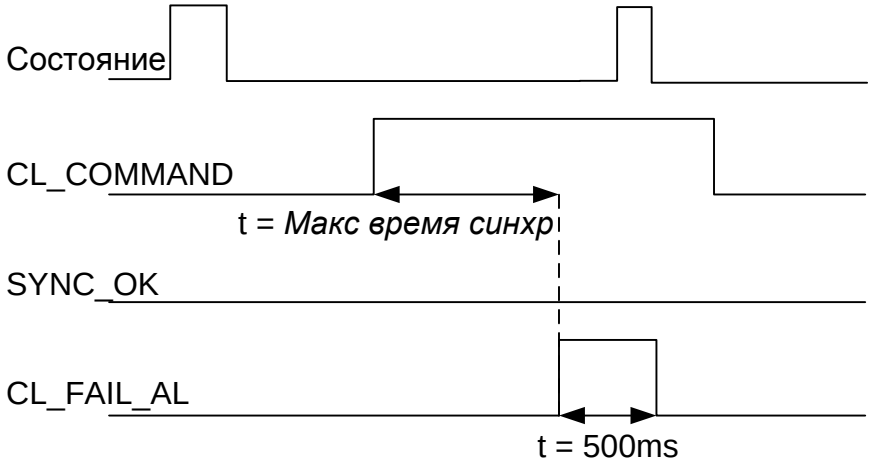


Рис. 526: Определение времени проверки для включения выключателя

Блок управления получает информацию о состоянии выключателя и, таким образом, может регулировать управляющий сигнал, который должен поступать в функцию контроля синхронизма. Если внешний управляющий сигнал CL_COMMAND будет активен дольше, чем требуется, становится активным выход аварийной сигнализации CMD_FAIL_AL. Этот аварийный сигнал указывает, что модуль управления не снял внешний управляющий сигнал после операции включения. Чтобы избежать ненужных аварийных сигналов, длительность управляющего сигнала должна устанавливаться таким образом, чтобы длительность сигнала всегда была меньше значения уставки *Макс время синхр* + 5 с.

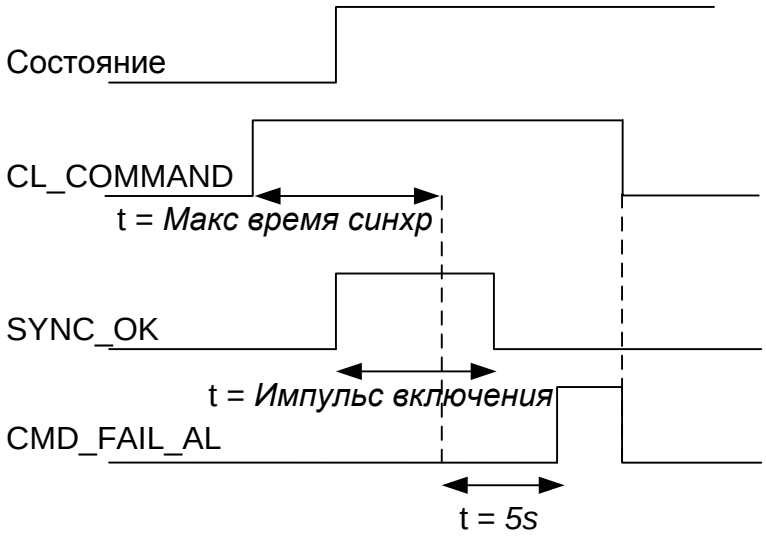


Рис. 527: Определение предела аварийного сигнала при слишком длительном управляющем сигнале

Включение разрешено в течение времени *Макс время синхр*, начиная с момента, когда становится активным сигнал внешней команды CL_COMMAND. Вход CL_COMMAND должен оставаться активным в течение всего периода времени ожидания выполнения условий включения. В противном случае процедура отменяется. Если условия команды включения выполняются в течение времени *Макс время синхр*, на выключатель подается импульс включения. Если условия на включение не выполняются в течение времени проверки, становится активным сигнал CL_FAIL_AL, который является индикацией неудачной попытки включения выключателя. Импульс на включение не выдается, если условия для включения выполняются по истечении времени, определяемого уставкой *Макс время синхр*. Импульс на включение выдается только один раз для каждого активированного внешнего управляющего сигнала, при этом невозможно запустить новую последовательность на включение выключателя, пока внешний управляющий сигнал не сбросится, а затем снова активируется. Выход SYNC_INPRO активен, когда последовательность команды на включение находится в процессе выполнения, и сбрасывается, когда сбрасывается вход CL_COMMAND или по истечении периода времени, определяемого уставкой *Макс время синхр*.

Режим игнорирования блокировок

Для функции SECRSYN можно установить режим обхода блокировки, задав для параметров *Контроль синхронизма* и *РежимПодачиНапр* значение "Откл." или активировав вход BYPASS.

В режиме обхода блокировок функция SECRSYN считает, что условия для включения выключателя выполнены всегда. В противном случае действие функции подобно ее действию в нормальном режиме.

Регулирование разности углов векторов напряжения

Когда силовой трансформатор находится между измерительными трансформаторами напряжения, а векторная группа соединения дает разницу напряжений между высокой и низкой сторонами, для достижения синхронизма можно использовать регулирование угла.

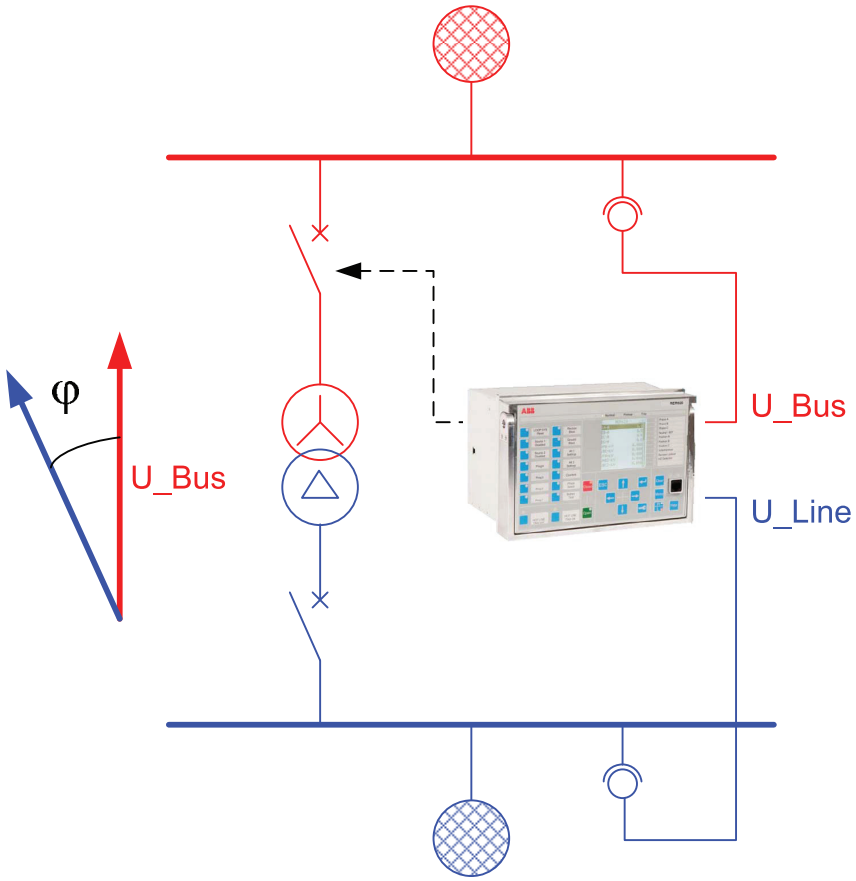


Рис. 528: Разница углов, если силовой трансформатор находится в зоне контроля синхронизма

Векторная группа силового трансформатора определяется группой соединения, где значение, определяемое часовой стрелкой, представляет собой вектор на стороне низкого напряжения, а вектор на стороне высокого напряжения всегда имеет фиксированное положение на 12-часовой отметке, что соответствует нулю. Угол между цифрами составляет 30 градусов. При сравнении фазных углов опорным всегда является вход `U_BUS`. Это означает, что при использовании силового трансформатора Yd11 вектор на стороне низкого напряжения опережает на 30 градусов вектор на стороне высокого напряжения или отстает от него на 330 градусов. Вращение векторов происходит против часовой стрелки.

Общее правило заключается в том, что вектор на стороне низкого напряжения отстает от вектора на стороне высокого напряжения на число, обозначающее часы, умноженное на 30º. Это называется регулированием разности фазных углов, и может определяться уставкой *Сдвиг фаз*.

9.3.5 Применение

Основное назначение функции контроля синхронизма заключается в том, чтобы обеспечить управление включением выключателя в энергосистемах, чтобы предотвратить включение выключателя при отсутствии синхронизма. Эта функция также используется для предотвращения повторного подключения двух систем, которые работают автономно после разделения на изолированную работу и трехфазного АПВ.

Функциональный блок контроля синхронизма включает в себя функцию контроля синхронизма и функцию контроля наличия напряжения, чтобы разрешить включение выключателя при отсутствии напряжения на одной стороне выключателя.

Сеть и генератор, работающий параллельно сети, соединены линией АВ. При возникновении повреждения между А и В функция защиты ИЭУ отключает выключатели А и В, таким образом, изолируя поврежденную часть сети, и гася дугу, которая и привела к повреждению. Первая попытка восстановить работу сети – это АПВ, которое происходит несколько секунд спустя. Затем функция АПВ DARREC выдает управляющий сигнал в функцию контроля синхронизма на включение выключателя А.. Функция SECRSYN выполняет проверку наличия напряжения, так как линия АВ отключена (U_BUS> *ВысокНапрШины*, U_LINE< *НизкНапрЛинии*). После подтверждения того, что линия АВ отключена, и направление постановки под напряжение правильное, ИЭУ подает напряжение в линию (U_BUS -> U_LINE) путем включения выключателя А.ПЛК электростанции обнаруживает наличие напряжения в линии и посылает сигнал в другую функцию контроля синхронизма на включение выключателя В. Так как обе стороны выключателя В находятся под напряжением, (U_BUS > *ВысокНапрШины*, U_LINE > *ВысокНапрШины*), функция контроля синхронизма, которая контролирует выключатель В, выполняет контроль синхронизма, и, если сеть и генератор находятся в состоянии синхронизма, включает выключатель.

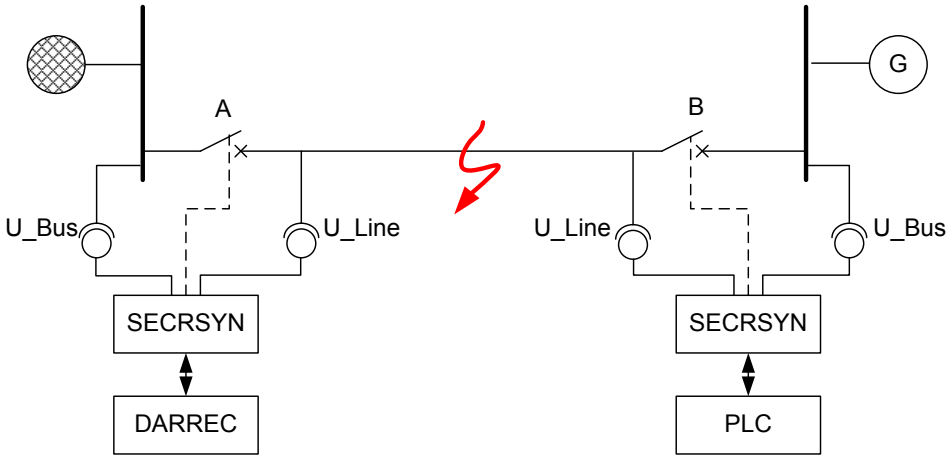


Рис. 529: Функция контроля синхронизма SECRSYN проверяет условие наличия напряжения и синхронизма

Соединения

Особое внимание следует уделять подключению ИЭУ. Кроме того, проверяется правильность монтажа на первичной стороне.

Неправильный монтаж входов напряжения ИЭУ приводит к неправильному действию функции контроля синхронизма. Если провода входа напряжения поменяются местами, изменится полярность входа напряжения (на 180°). В таком случае ИЭУ позволит включить выключатель, когда напряжения будут находиться в противофазе. Это может привести к повреждению электрических устройств в первичной сети. Следовательно, исключительно важно, чтобы монтаж от трансформаторов напряжения до выводов на задней панели ИЭУ согласовывался с входами воздействующих величин `U_BUS` (напряжение шины) и `U_LINE` (напряжение линии).

Правильность монтажа должна проверяться путем проверки угла сдвига фаз, измеренного между напряжениями `U_BUS` и `U_LINE` . Угол сдвига фаз, измеренный ИЭУ, должен быть близок к нулю и находиться в указанных допустимых пределах. Измеренные углы сдвига фаз отображаются на экране ЛИЧМ. Одновременно рекомендуется проверять разность напряжений и частот – эти данные представлены в Данных мониторинга. Эти значения должны находиться в указанных допустимых пределах, т.е. их значения должны быть близки к нулю.

Рисунке 530 показывает пример использования функции контроля синхронизма для включения выключателя между шиной и линией. Междуфазные напряжения измеряются на шине, а одно междуфазное напряжение измеряется на линии.

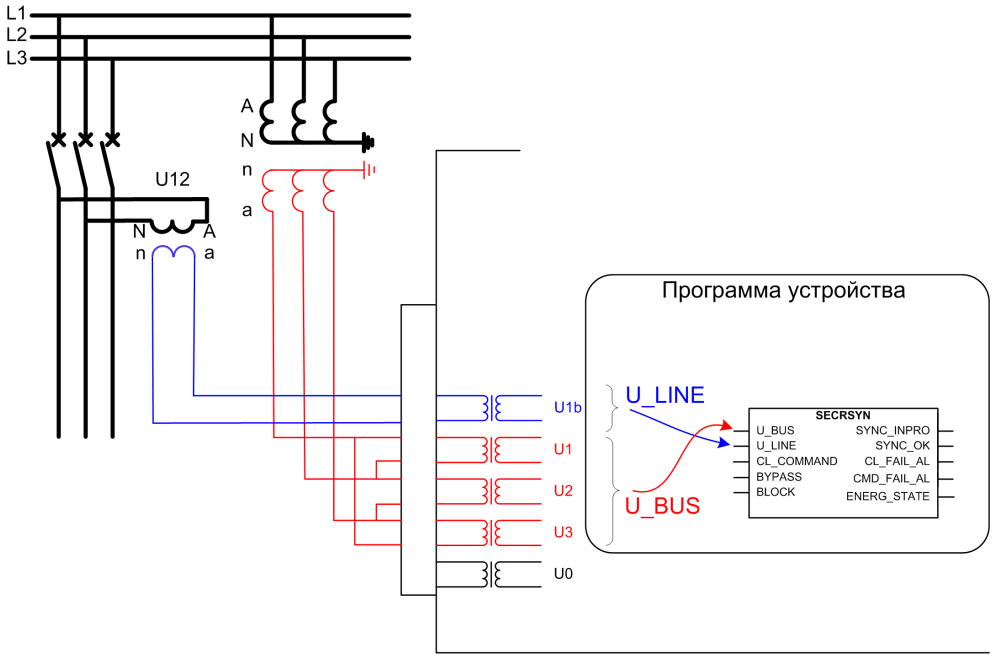


Рис. 530: Подключение напряжений к ИЭУ и сигналы, используемые функцией контроля синхронизма

9.3.6 Сигналы

Таблица 940: Входные сигналы функции SECRSYN

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_BUS	СИГНАЛ	0	Напряжение шины
U_LINE	СИГНАЛ	0	Напряжение линии
CL_COMMAND	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Внешний запрос на включение
BYPASS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Запрос на обход контроля синхронизма и наличия напряжения
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход блокировки функции контроля синхронизма и подачи напряжения

Таблица 941: Выходные сигналы функции SECRSYN

Название	Тип	Описание
SYNC_INPRO	ЛОГИЧЕСКИЙ	Выполняется синхронизация
SYNC_OK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Системы в синхронизме
CL_FAIL_AL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Ошибка включения выключателя
CMD_FAIL_AL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Ошибка запроса на включение выключателя
LLDB	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим ОШЛН
Продолжение таблицы на следующей странице		

Название	Тип	Описание
LLLB	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим ЛНШН
DLLB	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим ОЛШН
DLDB	ЛОГИЧЕСКИЙ	Режим ОЛОШ

9.3.7 Уставки

Таблица 942: Групповые уставки функции SECRSYN (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим под напряжением/без напряжения	-1=Откл. 1=ОЛОШ 2=Линия под напряжением - Обесточенная шина 3=Обесточенная линия-шина под напряжением 4=Обесточенная шина, линия-любое 5=Обесточеная линия, шина-любое 6=Одно под напряжением, обесточено 7=ОШОЛ / ОШЛН / ОЛШН			1=ОЛОШ	Режим контроля постановки под напряжение
Разность потенциалов	0.01...0.50	xUn	0.01	0.05	Верхний предел разности потенциалов
Разность частот	0.001...0.100	xFn	0.001	0.001	Максимальная разность частот
Разность углов	5...90	град.	1	5	Максимальная разность углов

Таблица 943: Общие уставки функции SECRSYN (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
РежимКонтрСинхр	1 = Выкл. 2=Синхронный 3=Асинхронный			3=Асинхронный	Режим работы функции контроля синхронизма
НизкНапрЛинии	0.1...0.8	xUn	0.1	0.2	Низкий уровень напряжения для контроля напряжения линии
ВысокНапрЛинии	0.2...1.0	xUn	0.1	0.8	Высокий уровень напряжения для контроля напряжения линии
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
НизкНапрШины	0.1...0.8	xUn	0.1	0.2	Низкий уровень напряжения для контроля напряжения шины
ВысокНапрШины	0.2...1.0	xUn	0.1	0.5	Низкий уровень напряжения для контроля напряжения шины
МаксНапряжПостан	0.50...1.15	xUn	0.01	1.05	Максимальное напряжение для постановки под напряжение

Таблица 944: Общие уставки функции SECRSYN (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Режим синхронизма	1=УлавлСинхр 2= КонтрСинхр			1 = Непрерывный	Выбор команды синхронизма или режим непрерывного управления
Импульс включения	200...60000	мс	10	200	Длительность импульса на включение выключателя
Сдвиг фаз	-180...180	град.	1	0	Коррекция разности фаз между измеренным напряжением U_BUS и U_LINE
Миним. время синхронизации	0...60000	мс	10	0	Минимальное время для приема синхронизации
Максим.время синхронизации	100...6000000	мс	10	2000	Максимальное время для приема синхронизации
Время постановки под напряжение	100...60000	мс	10	100	Выдержка времени для контроля постановки под напряжение
Время включения выключателя	40...250	мс	10	60	Время включения выключателя
Переключатель источника напряжения	0=Нет 1=Да			0=Нет	Переключатель источника напряжения

9.3.8 Контролируемые данные

Таблица 945: Контролируемые данные функции SECRSYN

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ENERG_STATE	Enum	0=Неизвестно 1=ЛНШН 2=ОШЛН 3=ОЛШН 4=ОЛОШ		Состояние подачи напряжения линии и шины
U_DIFF_MEAS	FLOAT32	0.00...1.00	xUn	Расчетная разность напряжений
FR_DIFF_MEAS	FLOAT32	0.000...0.100	xfном	Расчетная разность частот напряжений
PH_DIFF_MEAS	FLOAT32	0.00...180.00	град.	Расчетная разность углов напряжений
U_DIFF_SYNC	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Разность напряжений выходит за пределы
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
PH_DIF_SYNC	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Разность фаз выходит за пределы
FR_DIFF_SYNC	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Разность частот выходит за пределы
SECRSYN	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

9.3.9 Технические данные

Таблица 946: Технические характеристики функции SECRSYN

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	В зависимости от частоты измеряемого напряжения: $f_{ном}$ ±1 Гц
	Напряжение: ±3,0% уставки или ±0,01 × $U_{ном}$ Частота: ±10 мГц Фазный угол: ±3°
Время возврата	<50 мс
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96
Погрешность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени	±1,0% уставки или ±20 мс

9.3.10 Данные о технических изменениях

Таблица 947: Данные о технических изменениях функции SECRSYN

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Добавлена новая уставка *Переключатель источника напряжения* для переключения входных сигналов `U_BUS` (напряжение шины) и `U_LINE` (напряжение линии).

9.4 Функция автоматического повторного включения (АПВ) DARREC

9.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция автоматического повторного включения (АПВ)	DARREC	O -> I	79

9.4.2 Функциональный блок

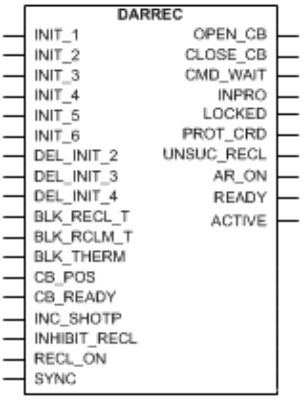


Рис. 531: Функциональный блок

9.4.3 Функциональные возможности

Примерно 80–85 % повреждений на воздушных линиях среднего напряжения – это кратковременные замыкания, которые автоматически устраняются путем отключения линии с последующим повторным включением. Остальные повреждения, составляющие от 15 до 20 %, можно устранить путем более продолжительного отключения линии. Отключение поврежденного участка на определенный промежуток времени, в течение которого повреждение может самоустраниться, реализовано в функции автоматического повторного включения.

При устойчивом повреждении после АПВ следует окончательное отключение. Устойчивое повреждение необходимо локализовать и устранить, пред тем как снова подавать напряжение на линию.

Функция АПВ DARREC может использоваться с любым выключателем, подходящим для автоматического повторного включения. Функция предоставляет пять программируемых попыток АПВ, во время которых

может выполняться от одной до пяти последовательностей АПВ требуемого типа и требуемой продолжительности, например: одно быстрое АПВ и одно АПВ с выдержкой времени.

Когда АПВ инициируется пуском защиты, функция АПВ может выполнить окончательное отключение выключателя в короткий промежуток времени при условии, что после выполнения последней попытки АПВ повреждение по-прежнему не устранено.

9.4.3.1 Определение сигнала защиты

Уставка *Входы управления* определяет, какие из инициирующих сигналов являются сигналами пуска и отключения, а какие – нет. При помощи этой уставки пользователь может отличить блокирующие сигналы от сигналов защиты. Уставка *Входы управления* – это битовая маска, то есть, самый младший бит контролирует вход INIT_1 , а самый старший бит – вход INIT_6 . В качестве примера можно привести некоторые комбинации уставки *Входы управления* :

Таблица 948: Определение уставки Входы управления

Входы управления .	INIT_1	INIT_2 DEL_INIT_2	INIT_3 DEL_INIT_3	INIT_4 DEL_INIT_4	INIT_5	INIT_6
0	другое	другое	другое	другое	другое	другое
1	защита	другое	другое	другое	другое	другое
2	другое	защита	другое	другое	другое	другое
3	защита	защита	другое	другое	другое	другое
4	другое	другое	защита	другое	другое	другое
5	защита	другое	защита	другое	другое	другое
...63	защита	защита	защита	защита	защита	защита

защита = сигнал защиты

другое = не является сигналом защиты

Если управляющий бит или биты в уставке *Входы управления* и на входе INIT_X имеют значение Да:

- Выход CLOSE_CB блокируется до тех пор, пока не произойдет возврат функции защиты
- Если вход INIT_X определенный как сигнал защиты, активируется в течение времени ограничения действия АПВ, функция АПВ блокируется
- Если вход INIT_X определенный как сигнал защиты, остается в активном состоянии в течение времени, превышающего значение уставки

Макс время отключения , функция АПВ блокируется (долгое отключение)
- Выход UNSUC_RECL активируется по истечении двух минут (сигнализация замыкания на землю).

9.4.3.2 Согласование зон действия

Согласование зон действия используется для согласования зон действия локальных устройств защиты и устройств защиты следующей зоны. По заднему фронту импульса на входе INC_SHOTP значение попытки АПВ увеличивается на единицу, если только попытка АПВ не находится в процессе выполнения или номер попытки АПВ уже имеет максимальное значение.

Задний фронт импульса на входе INC_SHOTP не будет зафиксирован в том случае, если происходит выполнение каких-либо попыток АПВ.

9.4.3.3 Схема "ведущий / ведомый"

Взаимодействие между функциями АПВ в одном или в разных устройствах релейной защиты позволяет пользователю добиться последовательного включения двух выключателей на концах линии в полуторной схеме, в схеме с двумя выключателями или схеме четырехугольника. Одно устройство определяется как ведущее, оно выполняет АПВ первым. Если АПВ выполнено успешно и отключения не было, второе устройство, являющееся ведомым, получает разрешение на выполнение попытки АПВ. При устойчивых повреждениях АПВ выключателя ограничивается первой попыткой.



Рис. 532: Схема "ведущий / ведомый"

Если функция АПВ определена как "Ведущий" путем задания высокого приоритета:

- Устройство активирует выход CMD_WAIT , идущий на ведомое устройство с низким приоритетом, в процессе выполнения попытки АПВ, при неуспешном АПВ или активном входе BLK_RCLM_T
- Через одну секунду после выдачи команды АПВ или в случае неуспешного выполнения последовательности АПВ по истечении времени восстановления выход CMD_WAIT сбрасывается.

Если функция АПВ определена как "Ведомый" (путем задания низкого приоритета):

- Устройство ожидает, пока Ведущий разблокирует вход BLK_RECL_T (выход CMD_WAIT Ведущего). Только после снятия этого сигнала запускается время АПВ Ведомого.
- Ведомый блокируется, если вход BLK_RECL_T не сбрасывается в течение периода времени, определенного уставкой *Макс время ожидания*, которое начинается вслед за пуском попытки АПВ.

Если приоритет функции АПВ в терминале установлен в значение "Нет", все эти действия функция АПВ пропускает.

9.4.3.4 Блокировка при тепловой перегрузке

Сигнал тревоги или пусковой сигнал функции защиты от тепловой перегрузки (T1PTTR) можно направить на вход BLK_THERM для блокировки и удерживания попытки АПВ. Сигнал BLK_THERM не влияет на пуск последовательности АПВ. Когда время АПВ истечет, а вход BLK_THERM будет активен, попытка АПВ не будет считаться завершенной до тех пор, пока блокируется входом BLK_THERM. Если вход BLK_THERM остается активным в течение времени, превышающего значение уставки *МаксВремяТермБлок*, функция АПВ переходит в состояние блокировки.

Если вход BLK_THERM активируется во время работы таймера времени ожидания, таймер времени ожидания сбрасывается, и таймер перезапускается, когда вход BLK_THERM становится неактивным.

9.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.". Если для параметра *Активизация* задать значение "Выкл.", счетчики в энергонезависимой памяти сбрасываются.

Работу АПВ можно включить или отключить при помощи уставки *Активизация*. Эта уставка блокирует не функцию полностью, а только подфункцию повторного включения. Этот параметр имеет три значения: "Введено", "По внешнему входу" и "Выведено". Значение параметра "Введено" разрешает операцию повторного включения, а значение "Выведено" — блокирует. При выборе значения параметра "По внешнему входу" подфункцией АПВ управляет вход RECL_ON. AR_ON активируется, если операция АПВ включена.

Работу функции DARREC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

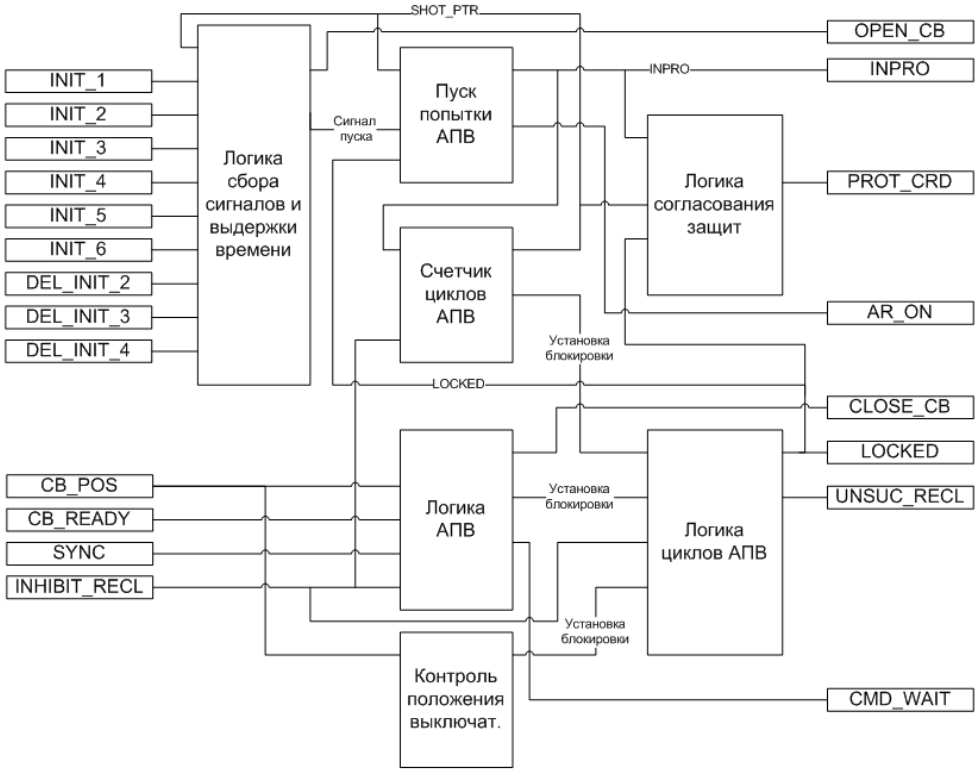


Рис. 533: Функциональная схема

9.4.4.1 Логика сбора сигналов и выдержки времени

При срабатывании защиты запуск попыток АПВ в большинстве случаев выполняется через входы `INIT_1...6`. В этом случае входы `DEL_INIT2...4` не используются. Однако в некоторых странах принято инициировать запуск АПВ по пуску ступени защиты. Только в таком случае используются входы `DEL_INIT`.

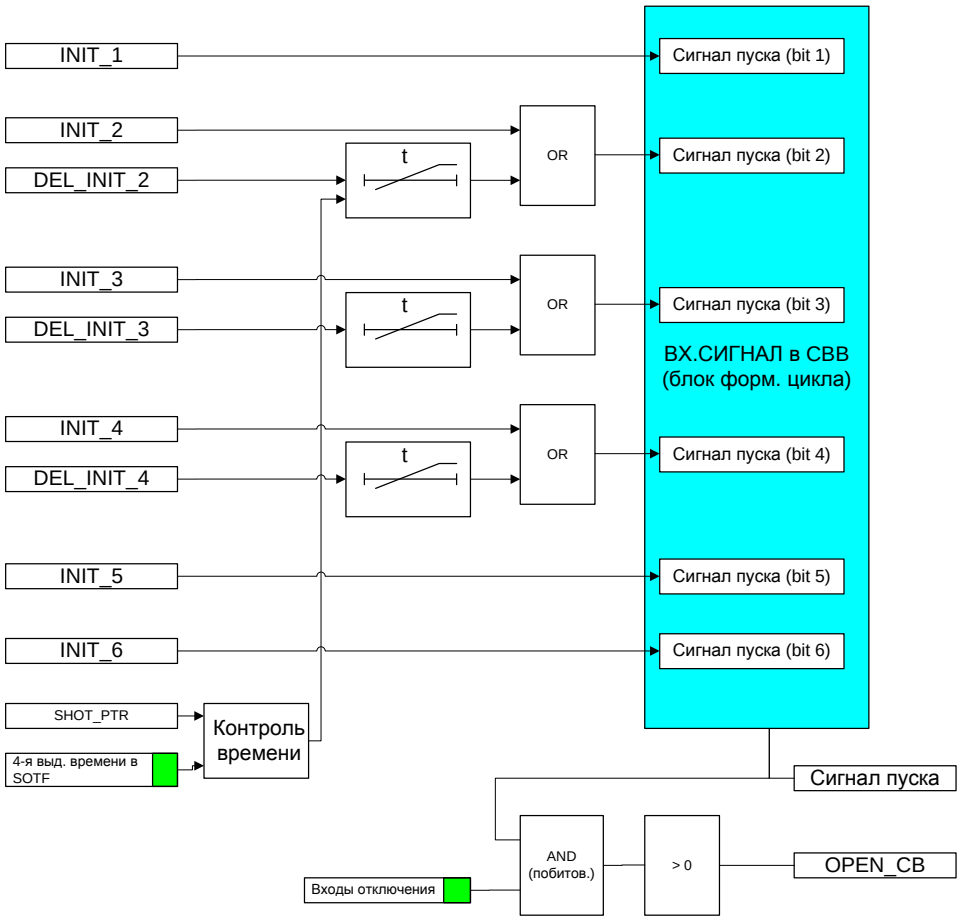


Рис. 534: Схема пуска входных сигналов с выдержкой времени

В функции АПВ имеется шесть отдельных пусковых входов, используемых для запуска или блокировки попыток выполнения АПВ. Эти входы делятся на каналы двух типов. В трех из этих каналов сигнал на функцию АПВ может иметь выдержку времени, тогда как для других трех каналов выдержка времени не предусмотрена.

Каждый канал, который может обеспечить выдержку времени для пускового сигнала, имеет четыре выдержки времени. Выдержка времени выбирается на основании указателя количества попыток функции АПВ. Для первой попытки АПВ выбирается первая выдержка времени; для второй попытки – вторая выдержка времени, и так далее. Для четвертой и пятой попыток АПВ выдержка времени одинакова.

Уставки выдержки времени для сигнала `DEL_INIT_2`

- *ВремяПуска2, 1 цикл*
- *ВремяПуска2, 2 цикл*
- *ВремяПуска2, 3 цикл*
- *ВремяПуска2, 4 цикл*

Уставки выдержки времени для сигнала DEL_INIT_3

- *ВремяПуска3, 1 цикл*
- *ВремяПуска3, 2 цикл*
- *ВремяПуска3, 3 цикл*
- *ВремяПуска3, 4 цикл*

Уставки выдержки времени для сигнала DEL_INIT_4

- *ВремяПуска4, 1 цикл*
- *ВремяПуска4, 2 цикл*
- *ВремяПуска4, 3 цикл*
- *ВремяПуска4, 4 цикл*

Обычно выполняется две или три попытки АПВ. Третья и четвертая попытки используются для обеспечения так называемого быстрого окончательного отключения с последующей блокировкой.

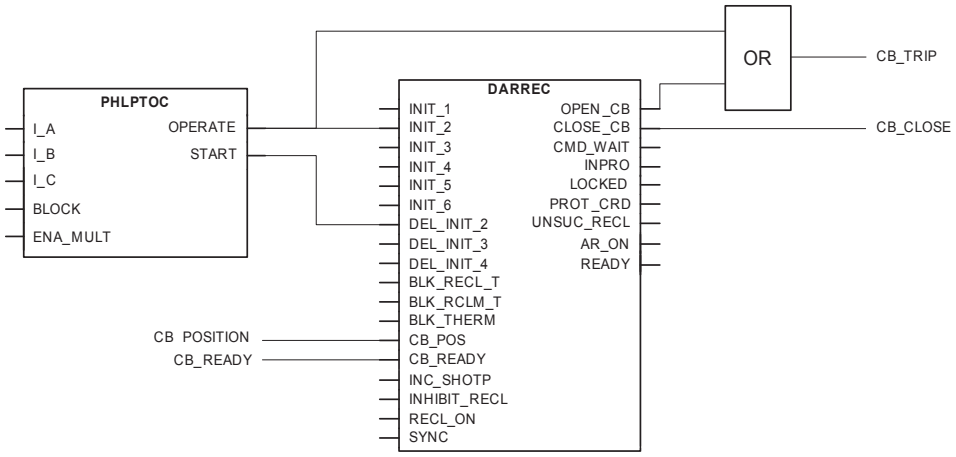


Рис. 535: Пример конфигурации АПВ

Сигналы с выдержкой времени DEL_INIT_2...4 используются только в том случае, когда попытка АПВ инициируется сигналом пуска ступени защиты. По истечении выдержки времени функция АПВ отключает выключатель и запускается попытка АПВ. Когда попытка АПВ запускается сигналом срабатывания защиты, функция защиты отключает выключатель и одновременно инициирует попытку АПВ.

Если выключатель включается вручную при наличии повреждения, т. е. используется SOTF (Логика автоматики при включении на повреждение), может автоматически включиться в работу четвертая выдержка времени. Это контролируется внутренней логикой функции АПВ и параметром *4-я выдерж.врем.SOTF*.

Типичная ситуация АПВ: одна попытка АПВ была выполнена после обнаружения повреждения. При этом возможны 2 варианта ситуации: запуск функции произошел от пускового сигнала защиты либо от сигнала отключения защиты. В обоих случаях последовательность АПВ выполняется успешно: время восстановления истекает, новый цикл АПВ не запускается.

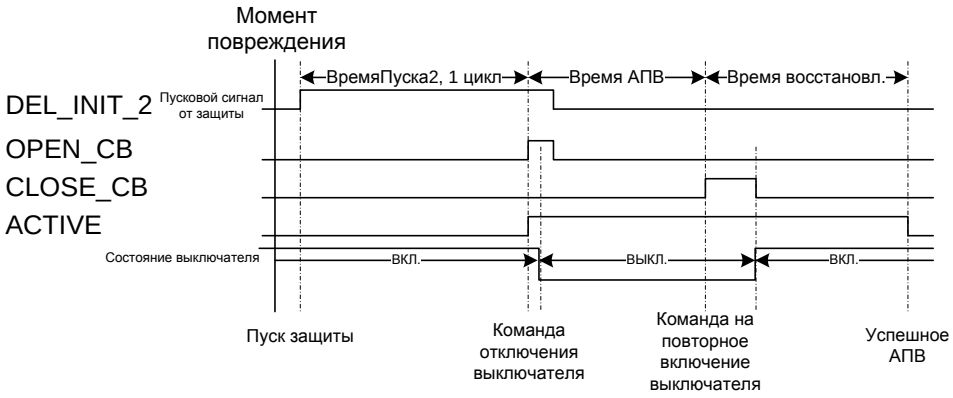


Рис. 536: Схема прохождение сигналов функции АПВ, включенной пусковым сигналом защиты

Цикл АПВ включается пусковым сигналом функции защиты по истечении выдержки времени. АПВ начинается по истечении времени *ВремяПуска2, 1 цикл*.

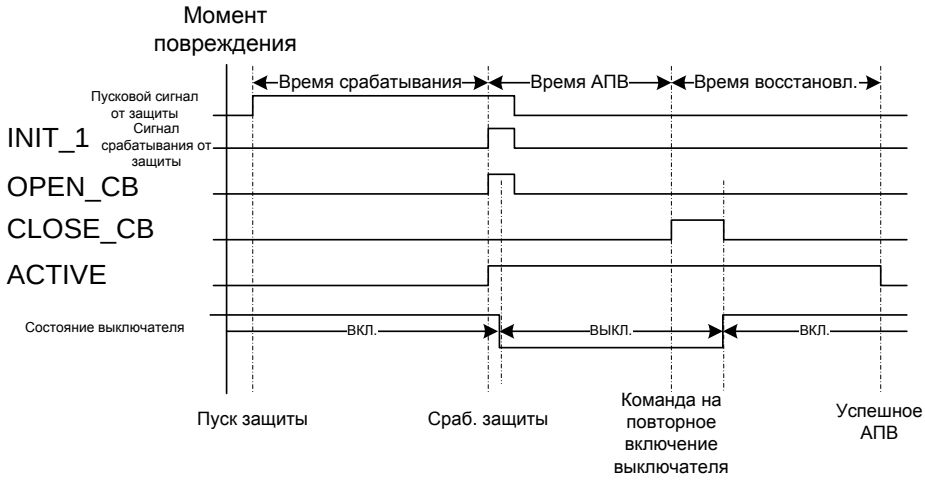


Рис. 537: Схема прохождения сигналов функции АПВ, включенной сигналом срабатывания защиты

Цикл АПВ запускается сигналом отключения от функции защиты. АПВ запускается по истечении выдержки времени защиты на срабатывание.

Обычно все сигналы отключения и пусковые сигналы используются для запуска цикла АПВ и отключения выключателя. Выход `ACTIVE` указывает на выполнение цикла АПВ. Если какие-либо из входных сигналов `INIT_X` или

DEL_INIT_X используются для блокировки, соответствующий бит уставки *Входы отключения* должен иметь значение "НЕТ". Это необходимо для того, чтобы выключатель не отключился от этого сигнала, т. е. чтобы этот сигнал не активировал выход OPEN_CB. По умолчанию используется значение уставки "63", что означает, что все пусковые сигналы включают выход OPEN_CB. Самый младший бит в уставке *Входы отключения* соответствует входу INIT_1, самый старший — входу INIT_6.

9.4.4.2 Пуск попытки АПВ

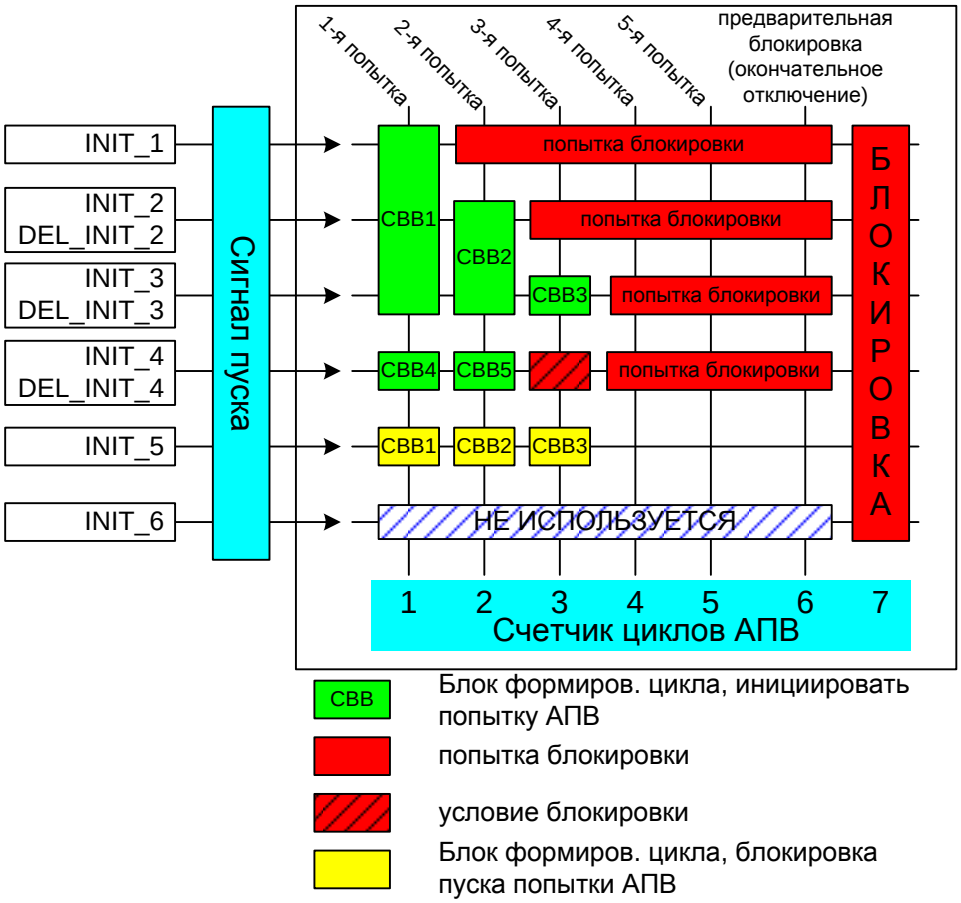


Рис. 538: Пример программы АПВ с матрицей схемы АПВ

В функции АПВ каждый цикл АПВ можно запрограммировать таким образом, чтобы он находился в любом месте матрицы схемы АПВ. Циклы АПВ подобны "строительным блокам", используемым для создания программы АПВ. Они называются блоками формирования цикла (СВВ). Все блоки подобны друг другу и имеют следующие уставки: номер цикла АПВ (число столбцов в матрице), пусковые или блокирующие сигналы (число строк в матрице) и время выполнения цикла.

Уставки, связанные с конфигурацией СВВ, перечислены ниже:

- *Время первой ... седьмой попытки*
- *Сигналы пуска СВВ1…СВВ7*
- *Сигналы блокир. СВВ1…СВВ7*
- *Номер попытки СВВ1…СВВ7*

Время АПВ определяет время отключения и время бестоковой паузы, т.е. время между командами OPEN_CB и CLOSE_CB . Уставка *Сигналы пуска СВВx* определяет пусковые сигналы. Уставка *Сигналы блокир. СВВx* определяет блокирующие сигналы, связанные с СВВ (строк в матрице). Уставка *Номер попытки СВВ1…СВВ7* sопределяет, какой цикл АПВ связан с СВВ (столбцов в матрице). Например, уставки СВВ1:

- *Время 1 попытки* = 1,0с
- *Сигналы пуска СВВ1* = 7 (три самых младших разряда: 111000 = 7)
- *Сигналы блокир. СВВ1* = 16 (пятый разряд: 000010 = 16)
- *Номер попытки СВВ1* = 1

Уставки СВВ2:

- *Время 2 попытки* = 10с
- *Сигналы пуска СВВ2* = 6 (второй и третий разряды: 011000 = 6)
- *Сигналы блокир. СВВ2* = 16 (пятый разряд: 000010 = 16)
- *Номер попытки СВВ2* = 2

Уставки СВВ3:

- *Время 3 попытки* = 30с
- *Сигналы пуска СВВ3* = 4 (третий разряд: 001000 = 4)
- *Сигналы блокир. СВВ3* = 16 (пятый разряд: 000010 = 16)
- *Номер попытки СВВ3* = 3

Уставки СВВ4:

- *Время 4 попытки* = 0,5с
- *Сигналы пуска СВВ4* = 8 (четвертый разряд: 000100 = 8)
- *Сигналы блокир. СВВ4* = 0 (блокирующих сигналов, относящихся в данному СВВ, нет)
- *Номер попытки СВВ4* = 1

Если цикл АПВ инициировался входом INIT_1 , перед блокировкой выключателя от включения разрешен только один цикл АПВ. ЗЕсли цикл АПВ инициировался входом INIT_3 , перед блокировкой выключателя от включения разрешено три цикла АПВ.

Запуск последовательности от входа INIT_4 приводит к блокировке выключателя от включения после выполнения двух циклов АПВ. В ситуации, когда запуск выполняется от входов INIT_3 и INIT_4 , разрешено выполнение третьего цикла АПВ, т.е. разрешен запуск СВВ3. Это называется

блокировкой выключателя от включения с определенными условиями. Если запуск идет от входов INIT_2 и INIT_3 имеет место немедленная блокировка выключателя от включения.

Вход INIT_5 используется для блокировки. Если вход INIT_5 активен во время запуска последовательности, попытка выполнения АПВ блокируется, и функция АПВ полностью блокируется.



Если при помощи счетчика попыток АПВ запускается несколько СВВ, всегда выбирается СВВ с наименьшим номером. Например, если входы INIT_2 и INIT_4 активны для выполнения второго цикла АПВ, т. е. счетчик циклов АПВ имеет значение 2, запускается СВВ2, а не СВВ5.

Даже если пусковые сигналы не получены от функций защиты, можно настроить функцию АПВ на продолжение начиная со второй до пятой попытки повторного включения. Функция АВП, например, может быть сконфигурирована на автоматическое продолжение последовательности, если автоматический выключатель не срабатывает. В таком случае функция АВП выдает команду CLOSE_CB. По истечению времени ожидания включения, т. е. при сбое выключателя, в автоматическом режиме запускается следующий цикл. Еще одним примером является встроенная выработка электрической энергии в линии электропередачи, которая может привести к сбою проверки синхронизма и препятствовать повторному включению. Если выполнение последовательности АПВ продолжится и перейдет ко второму циклу, успешное АПВ более вероятно, чем во время первого цикла, так как продолжительность второго цикла больше продолжительности первого.

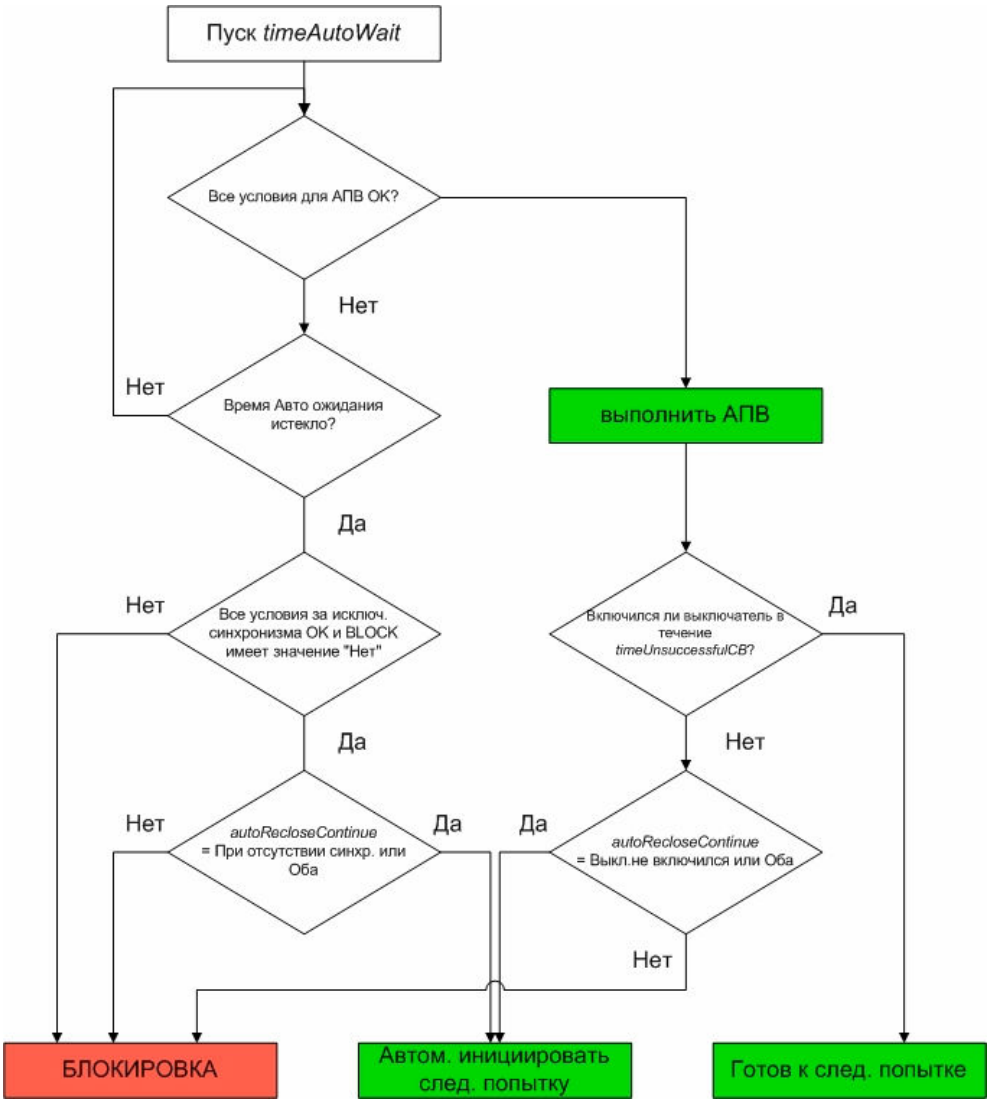


Рис. 539: Логическая схема обнаружения последовательности автоматического пуска

Автоматический пуск выбирается при помощи уставки *Условие автозапуска* :

- Запрещено: автоматический пуск не разрешен
- При отсутствии синхронизма автоматический пуск выполняется по истечении выдержки времени, и АПВ не может выполниться из-за сбоя при контроле синхронизма
- Когда выключатель не включается, автоматический пуск выполняется, если выключатель не включается в течение выдержки времени после выдачи команды на включение
- Оба условия: автоматический пуск разрешен при отсутствии синхронизма или в случае, если выключатель не включается.

Параметр *Автозапуск* определяет, какие входы INIT_X становятся активными при автоматическом пуске. Используемое по умолчанию значение этого параметра — "0", что означает отсутствие автоматического пуска.

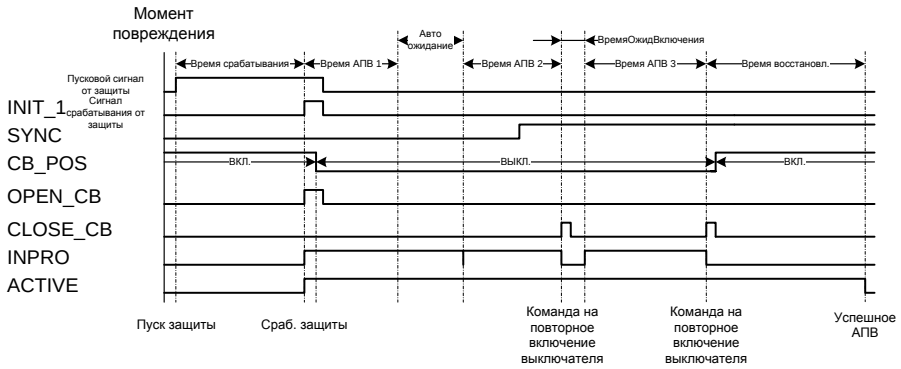


Рис. 540: Пример последовательности автоматического пуска. Сбой синхронизма во время первого цикла АПВ, неудача при включении выключателя во время второго цикла АПВ

Во время выполнения первого цикла АПВ не было выполнено условие синхронизма (SYNC имеет значение "Нет"). По истечении выдержки времени последовательность АПВ продолжается и переходит к выполнению второго цикла АПВ. Во время выполнения второго цикла АПВ условие синхронизма выполнено, и дается команда на включение выключателя по истечении второй выдержки времени.

После выполнения второго цикла АПВ выключатель по истечении выдержки времени не включается. Начинается выполнение третьего цикла АПВ, и по истечении третьей выдержки времени выдается новая команда на включение выключателя. Выключатель включается нормально, и начинается время восстановления. По истечении времени восстановления последовательность АПВ успешно завершена.

9.4.4.3 Счетчик циклов АПВ

Выполнение последовательности АПВ контролируется счетчиком циклов АПВ, который настраивается при помощи контролируемых данных SHOT_PTR.

Счетчик циклов АПВ начинает отсчет с начального значения "1" и в зависимости от уставок определяет, можно ли инициировать ту или иную попытку АПВ. После выполнения попытки АПВ значение счетчика АПВ увеличивается. Это происходит до тех пор, пока не произойдет успешная попытка АПВ или блокировка после выполнения полной последовательности АПВ, включающей в себя пять попыток.

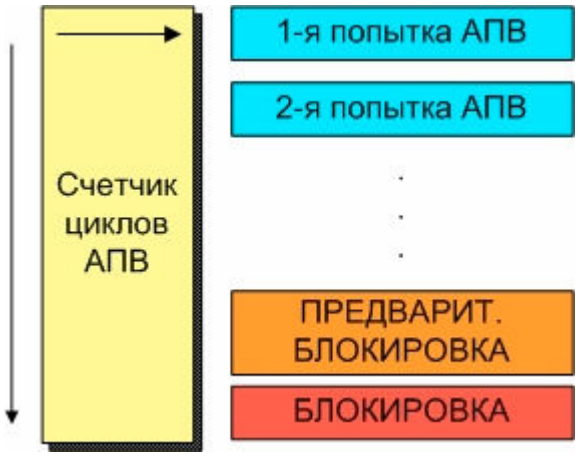


Рис. 541: Функция счетчика циклов АПВ

При каждом увеличении значения счетчика циклов АПВ начинается время возврата. По завершении времени возврата счетчик циклов АПВ возвращается к исходному значению, если только не будет инициирован новый цикл АПВ. Счетчик циклов АПВ увеличивает значение по истечении времени АПВ или по заднему фронту сигнала INC_SHOTP .

Когда SHOT_PTR имеет значение "шесть", функция АПВ переходит в так называемое состояние "предварительной блокировки". Если во время состояния предварительной блокировки инициируется новый цикл АПВ, функция АПВ переходит в состояние блокировки. Таким образом, инициировать новую попытку АПВ по время состояния предварительной блокировки невозможно.

Функция АПВ переходит в состояние предварительной блокировки в следующих случаях:

- При активизации функции SOTF SOTF (Логика автоматического включения на повреждение)
- Когда функция АПВ активна, она остается в состоянии предварительной блокировки в течение времени, определяемого как время восстановления
- После выполнения всех пяти попыток АПВ
- Когда будет достигнуто предельное значения счетчика. Запуск новой последовательности АПВ приведет к блокировке функции АПВ.

9.4.4.4 Логика АПВ

Логика АПВ рассчитывает значения времени повторного включения, избирательности и времени восстановления. Отсчет времени АПВ начинается, когда становится активным сигнал INPRO, то есть когда запускается последовательность АПВ и активный блок формирования цикла СВВ определяет время возврата.

По истечении времени АПВ выход CLOSE_CB не активируется до тех пор, пока не будут выполнены следующие условия:

- Вход SYNC должен находиться в состоянии "ДА", если какому-либо блоку формирования цикла (СВВ) потребуется информация о синхронизме.
- Все входы функции АПВ, которые определены как входы управления от функций защиты (определяются уставкой *Входы управления*), неактивны
- Выключатель отключен
- Выключатель должен быть готов к выполнению команды включения, т. е. вход CB_READY должен иметь значение "ДА". На это указывает активный выход READY.

Если хотя бы одно из этих условий на будет выполнено в течение времени, определяемого уставкой *Авто ожидание* , выполнение последовательности АПВ блокируется.

Требования к блокам СВВ по синхронизму определяются уставкой *КонтрольСинхронизма* , представляющей собой битовую маску. Самый младший бит в уставке *КонтрольСинхронизма* связан с блоком СВВ1, а самый старший – с блоком СВВ7. Например, если уставка имеет значение "1", синхронизм требуется только блоку СВВ1. Если уставка имеет значение "7", то вход SYNC блоков СВВ1, СВВ2 и СВВ3 должен иметь значение "Да", прежде чем будет выдана команды АПВ.

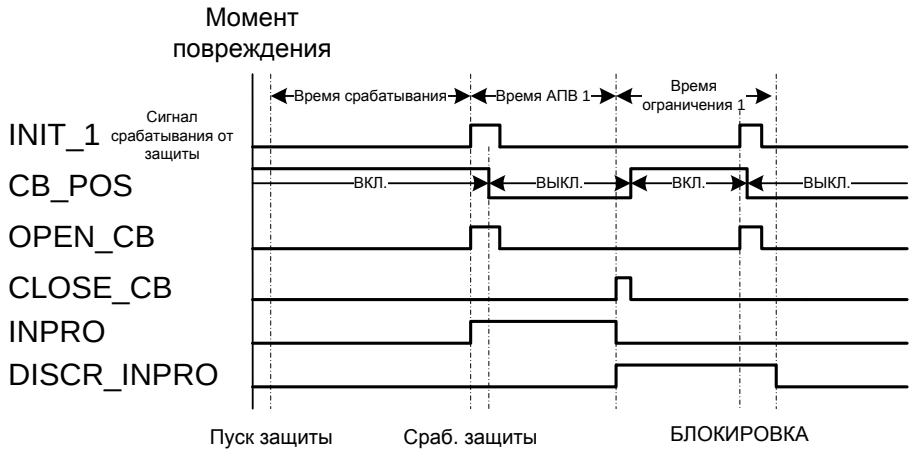


Рис. 542: Инициирование АПВ во время ограничения – Функция АПВ переходит в состояние блокировки

Отсчет времени ограничения начинается после выдачи команды на включение CLOSE_CB . Если пусковой вход активируется до того момента, как истечет время ограничения, функция АПВ переходит в состояние блокировки. Используемое по умолчанию значение времени ограничения

равно нулю. Время ограничения можно настраивать при помощи параметра *Время ограничения 1...4* .

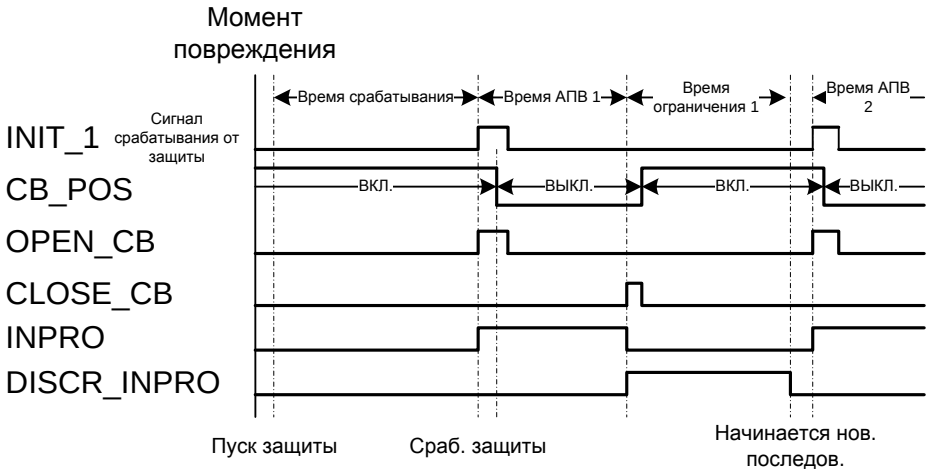


Рис. 543: Запуск попытки АПВ по истечении времени ограничения – начинается новый цикл АПВ

9.4.4.5 Логика циклов АПВ

Когда вход LOCKED активен, функция АПВ находится в состоянии блокировки. Это означает, что новые попытки АПВ невозможны, так как функция АПВ не воспринимает команды на включение. Вывести функцию из состояния блокировки можно следующими способами.

- Перевести функцию в исходное состояние можно при помощи параметра *RecRs*. Аналогичная функция предусмотрена в меню "Очистить" (сброс DARREC1).
- Блокировка сбрасывается автоматически по истечении времени возврата, если используется уставка *АвтСбросБлокировки* .

Если параметр *АвтСбросБлокировки* не используется, блокировку можно сбросить только при помощи параметра *RecRs*.

Функция АПВ может перейти в состояние блокировки по многим причинам.

- Активен вход INHIBIT_RECL.
- Выполнены все циклы АПВ, запуск нового цикла (окончательное отключение).
- Время, заданное с помощью параметра *Авто ожидание*, истекло, и автоматический запуск последовательности не разрешается из-за отсутствия синхронизации.

- Время, заданное с помощью параметра *ВремяОжидВключения*, истекло, т. е. выключатель не включается или автоматический запуск последовательности не разрешен из-за того, выключатель не включился.
- Новый цикл АПВ начался во время действия ограничения.
- Время, заданное с помощью параметра *Макс время ожидания*, истекло, т. е. ведущий не дает разрешения ведомому.
- Достигнуто предельное значение счетчика переключений, инициируется выполнение новой последовательности. Блокировка разрешается по истечении времени восстановления.
- Сигнал срабатывания (отключения от) защиты был активен в течение времени, превышающего значение уставки *Макс время ожидания* с момента запуска цикла АПВ.
- Выключатель включен вручную во время выполнения цикла АПВ, при этом режим ручного включения имеет значение "НЕТ".

9.4.4.6 Логика согласования защит

Для управления функциями защиты используется выход PROT_CRD . В некоторых применениях, где применяется контроль цепей переменного напряжения, срабатывание и запуск 1 цикла должен быть быстрым (мгновенным или с короткой выдержкой времени). При этом запуск и срабатывание 2 и 3 циклов АПВ, а также отключение с независимой выдержкой времени должны иметь выдержку времени.

В этом примере используются два органа максимальной токовой защиты: PHLPTOC и PHIPTOC. Орган PHIPTOC имеет быстродействующую характеристику срабатывания, а орган PHLPTOC имеет выдержку времени.

Выход PROT_CRD активируется, если значение SHOT_PTR равно значению, заданному уставкой *Предел согл.защит*, или превышает его и все сигналы инициализации были сброшены. Сброс выхода PROT_CRD осуществляется при следующих условиях.

- По истечении времени отключения
- По истечении времени восстановления и когда функция АПВ готова к выполнению новой последовательности АПВ
- Если функция АПВ находится в состоянии блокировки или выведена из работы, т.е., если параметр *Режим согл.защит* имеет значение "АПВ неисправно" или "АПВ неиспр.,РучнВкл".

Выходом PROT_CRD также может управлять параметр *Режим согл.защит* . Этот параметр имеет следующие режимы работы:

- "Нет условий": управление выходом PROT_CRD осуществляется только при помощи уставки *Предел согл.защит* .
- "АПВ неисправно": выход PROT_CRD активен, если функция АПВ выведена или находится в заблокированном состоянии, или если активен вход INHIBIT_RECL
- "РучнВклВыключателя": выход PROT_CRD активен только во время восстановления, если выключатель был включен вручную, т.е. функция АПВ не выдала команду на включение выключателя
- "АПВ неиспр.,РучнВкл": действуют оба режима: "АПВ неисправно" и "РучнВклВыключателя"
- "Всегда": выход PROT_CRD активен всегда

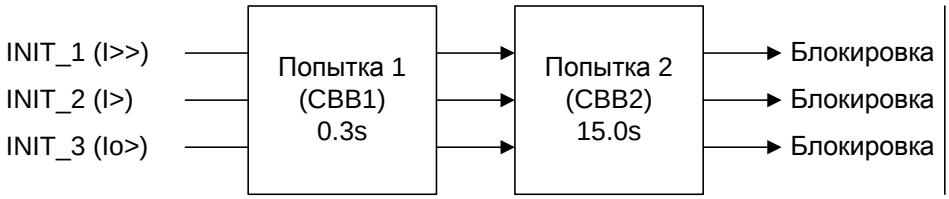


Рис. 544: Пример конфигурации выхода PROT_CRD для блокировки защиты

Если параметр *Предел согл.защит* имеет значение "1", быстродействующая трехфазная МТЗ PHIPTOC блокируется, или блокируется после первого цикла АПВ.

9.4.4.7 Контроль положения выключателя

Модуль контроля положения выключателя содержит две функции: SOTF и счетчик переключений. Функция SOTF защищает функцию АПВ при устойчивых повреждениях.

Информация о положении выключателя зависит от значения уставки *Выключатель включен*. Значение уставки "ДА" означает, что когда выключатель включен, выход CB_POS имеет значение "ДА". Когда уставка имеет значение "НЕТ", вход CB_POS имеет значение "НЕТ" при условии, что выключатель включен. Время импульса команды АПВ контролируется уставкой *Импульс включения*: выход CLOSE_CB активен в течение периода времени, определяемого уставкой *Импульс включения*. Выход CLOSE_CB блокируется также в том случае, когда выключатель находится во включенном состоянии, то есть когда вход CB_POS изменяет состояние с отключенного на включенное. Уставка *ВремяОжидВключения* определяет время после запуска команды CLOSE_CB, в течение которого выключатель должен быть включен. Если в течение этого времени выключатель не включился, функция АПВ переводится в состояние блокировки или же активируется автоматический пуск (если он разрешен).

В основе принципа работы функции АПВ лежит допущение, что повреждение по своей природе является кратковременным и что кратковременное отключение напряжения линии с последующим АПВ восстановит подачу энергии. Но если напряжение в линию подается вручную и сразу же происходит отключение от защиты, то весьма вероятно, что повреждение является устойчивым. Примером устойчивого повреждения может быть, например, подача напряжения в забытое заземление после ремонтных работ на линии электропередачи. В таких случаях активируется функция SOTF, но только на время восстановления после подачи напряжения в линию электропередачи и только когда выключатель включен вручную, а не функцией АПВ.

Функция SOTF блокирует пуск любого цикла АПВ. Подача напряжения в линию электропередачи определяется данными входа `CB_POS`.

Функция SOTF активируется, когда функция АПВ разрешена или запущена, и функция SOTF должна оставаться активной в течение всего времени восстановления.

При обнаружении SOTF параметр *SOTF* активен.

Если для уставки *Ручное включение* установлено значение "НЕТ", а выключатель был включен вручную во время цикла АПВ, устройство АПВ сразу же переходит в состояние блокировки.

Если для уставки *Ручное включение* установлено значение "ДА", а выключатель был включен вручную во время цикла АПВ, (сигнал `INPRO` активен), цикл АПВ считается выполненным.

При запуске функции SOTF отсчет времени восстановления начинается заново, при условии, что функция работает.

Счетчик переключений предназначен для блокировки функции АПВ в тех случаях, когда повреждение приводит к повторяющимся попыткам АПВ в течение короткого промежутка времени. Например, если дерево стало причиной короткого замыкания, в результате чего попытки АПВ повторяются с интервалом в несколько минут, пока продолжается буря. Такие типы повреждений могут привести к повреждению выключателя, если функция АПВ не будет заблокирована счетчиком переключений.

Счетчик переключений имеет три уставки:

- *КоличМнгВкл*
- *ВремяКонтрМнгкрВкл*
- *ВремВосстСчМнгВкл*

Уставка *КоличМнгВкл* определяет количество попыток АПВ, разрешенное в течение времени, определенного уставкой *ВремяКонтрМнгкрВкл* . Если заданное предельное значение будет достигнуто в течение периода времени, определенного уставкой *ВремяКонтрМнгкрВкл* , функция АПВ переходит в состояние блокировки, когда начинается новый цикл АПВ, при условии, что значение счетчика по-прежнему превышает заданное предельное значение. Деблокировка имеет место по истечении времени восстановления Время восстановления определяется уставкой *ВремВосстСчМнгВкл* .

Если выключатель включается вручную во время восстановления, отсчет времени восстановления запускается по истечении времени таймера восстановления.

9.4.5 Счетчики

В функции АПВ имеется шесть счетчиков. Значения счетчиков сохраняются в полупостоянной памяти. Значения счетчиков увеличиваются по переднему фронту импульса команды включения. Имеются указанные ниже счетчики.

- `COUNTER`: подсчитывается каждый пуск команды АПВ
- `CNT_SHOT1`: подсчитываются команды АПВ, выполняемые начиная с цикла 1
- `CNT_SHOT2`: подсчитываются команды АПВ, выполняемые начиная с цикла 2
- `CNT_SHOT3`: подсчитываются команды АПВ, выполняемые начиная с цикла 3
- `CNT_SHOT4`: подсчитываются команды АПВ, выполняемые начиная с цикла 4
- `CNT_SHOT5`: подсчитываются команды АПВ, выполняемые начиная с цикла 5

Счетчики блокируются параметром *DsaCnt* . Когда счетчики блокируются, значения не обновляются.

Счетчики сбрасываются с помощью параметра *CntRs*.Аналогичная функция предусмотрена в меню очистки (счетчики DARREC1).

9.4.6 Применение

Надежность современных энергосистем по доставке электроэнергии потребителям очень высока. Однако могут иметь место различные повреждения. Устройства защиты играют очень важную роль по обнаружению неисправностей или аварийных ситуаций в энергосистеме. Они

обнаруживают повреждения и выдают команды на соответствующие выключатели, чтобы отключить поврежденный компонент, прежде чем системе будет нанесен серьезный ущерб или произойдет крупномасштабная авария. Быстрое отключение также способно ограничить аварийные режимы в неповрежденных частях энергосистемы.

Повреждения могут быть временными, полупереходными или постоянными. Например, постоянное повреждение в кабелях питания означает наличие физического повреждения, которое сначала необходимо обнаружить и устранить, чтобы иметь возможность восстановить сетевое напряжение.

На воздушных линиях изолятором между фазными проводами является воздух. Большинство повреждений представляет собой перекрывающие дуговые повреждения, возникающие, например, в результате удара молнии. Для гашения дуги требуется кратковременное прерывание подачи электроэнергии. Эти повреждения по своей природе являются переходными.

Перемежающиеся повреждения могут возникнуть в результате падения на воздушную линию дерева или птицы. Повреждение исчезнет само по себе, если ток КЗ сожжет ветку или ее сдует ветром.

Переходные и перемежающиеся повреждения могут устраняться путем кратковременного отключения линии электропередачи. Использование функции АПВ минимизирует прерывание подачи питания в энергосистеме, быстро и без особых усилий восстанавливает энергоснабжение.

Основной принцип АПВ очень прост. На воздушных линиях, где высока вероятность самостоятельного устранения КЗ, функция АПВ пытается восстановить питание путем повторного включения выключателя. Это один из методов возврата энергосистемы к нормальной работе путем устранения переходных и перемежающихся повреждений. Выполняется несколько попыток АПВ. Если ни одна из этих попыток не будет успешной, и повреждение станет устойчивым, выполняется окончательное отключение.

Эта автоматического повторного включения функция может использоваться с любым автоматическим выключателем, рассчитанным на выполнение последовательности АПВ. Метод выполнения последовательности АПВ в функции DARREC запатентован компанией АББ.

Таблица 949: Важные определения, относящиеся к функции автоматического повторного включения

цикл АПВ	Операция, во время которой по истечении заданного времени выключатель включается после его отключения какой-либо защитой
последовательность АПВ	Определенный метод выполнения последовательности автоматического повторного включения (попыток АПВ) для восстановления работоспособности энергосистемы.
SOTF	Если повреждение было обнаружено защитой сразу же после отключения выключателя, это указывает на предшествующее наличие повреждения. Ним может быть, например, забытое заземление после сеанса технического обслуживания. Такое срабатывание автоматического выключателя называется включением на повреждение. В таких условиях автоматическое повторное включение запрещено.
окончательное отключение	Это происходит при постоянном повреждении, когда автоматический выключатель отключается в последний раз после выполнения всех запрограммированных действий по автоматическому повторному включению. Поскольку автоматическое повторное включение не происходит, автоматический выключатель остается в разомкнутом состоянии. Оно называется финальное или окончательное отключение.

9.4.6.1 Пуск попытки АПВ

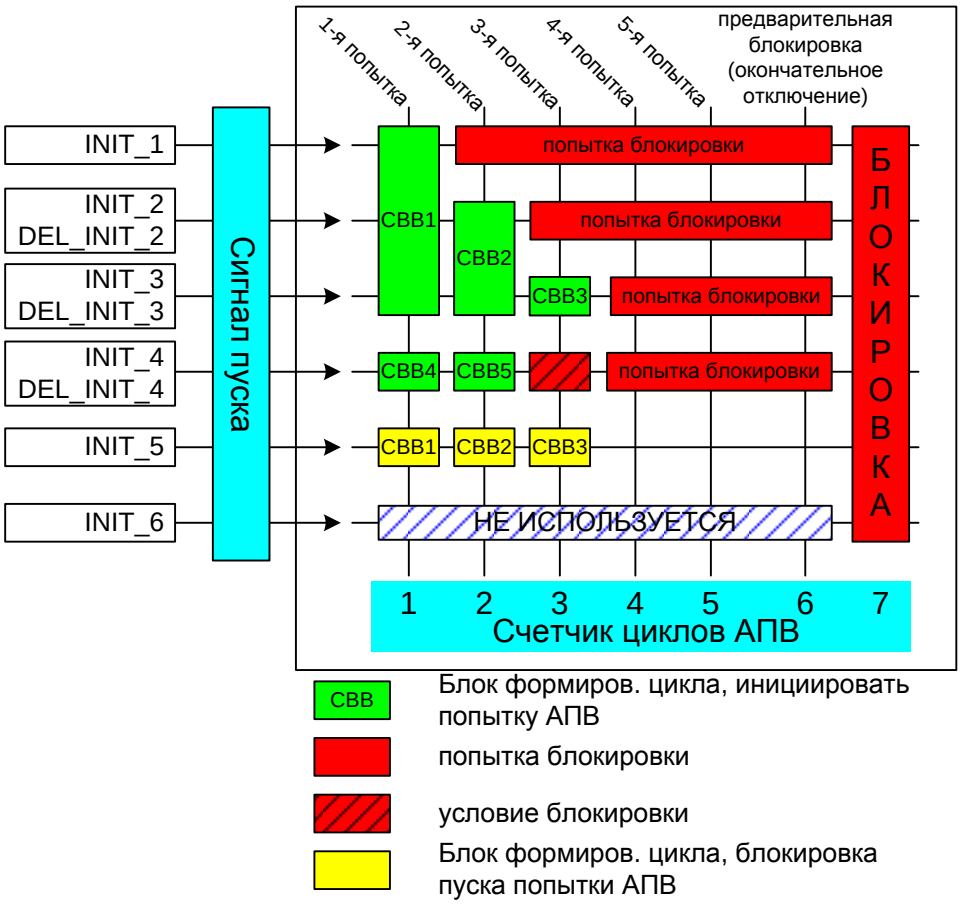


Рис. 545: Пример программы АПВ с матрицей схемы АПВ

В функции АПВ каждый цикл АПВ можно запрограммировать таким образом, чтобы он находился в любом месте матрицы схемы АПВ. Циклы АПВ подобны "строительным блокам", используемым для создания программы АПВ. Они называются блоками формирования цикла (СВВ). Все блоки подобны друг другу и имеют следующие уставки: номер цикла АПВ (число столбцов в матрице), пусковые или блокирующие сигналы (число строк в матрице) и время выполнения цикла.

Уставки, связанные с конфигурацией СВВ, перечислены ниже:

- *Время первой ... седьмой попытки*
- *Сигналы пуска СВВ1...СВВ7*
- *Сигналы блокир. СВВ1...СВВ7*
- *Номер попытки СВВ1...СВВ7*

Время АПВ определяет время отключения и время бестоковой паузы, т.е. время между командами `OPEN_CB` и `CLOSE_CB` . Уставка *Сигналы пуска*

CBBx определяет пусковые сигналы. Уставка *Сигналы блокир. CBBx* определяет блокирующие сигналы, связанные с СВВ (строк в матрице). Уставка *Номер попытки CBB1…CBB7* sопределяет, какой цикл АПВ связан с СВВ (столбцов в матрице). Например, уставки СВВ1:

- *Время 1 попытки* = 1,0с
- *Сигналы пуска CBB1* = 7 (три самых младших разряда: 111000 = 7)
- *Сигналы блокир. CBB1* = 16 (пятый разряд: 000010 = 16)
- *Номер попытки CBB1* = 1

Уставки СВВ2:

- *Время 2 попытки* = 10с
- *Сигналы пуска CBB2* = 6 (второй и третий разряды: 011000 = 6)
- *Сигналы блокир. CBB2* = 16 (пятый разряд: 000010 = 16)
- *Номер попытки CBB2* = 2

Уставки СВВ3:

- *Время 3 попытки* = 30с
- *Сигналы пуска CBB3* = 4 (третий разряд: 001000 = 4)
- *Сигналы блокир. CBB3* = 16 (пятый разряд: 000010 = 16)
- *Номер попытки CBB3* = 3

Уставки СВВ4:

- *Время 4 попытки* = 0,5с
- *Сигналы пуска CBB4* = 8 (четвертый разряд: 000100 = 8)
- *Сигналы блокир. CBB4* = 0 (блокирующих сигналов, относящихся в данному СВВ, нет)
- *Номер попытки CBB4* = 1

Если цикл АПВ инициировался входом `INIT_1` , перед блокировкой выключателя от включения разрешен только один цикл АПВ. ЗЕсли цикл АПВ инициировался входом `INIT_3` , перед блокировкой выключателя от включения разрешено три цикла АПВ.

Запуск последовательности от входа `INIT_4` приводит к блокировке выключателя от включения после выполнения двух циклов АПВ. В ситуации, когда запуск выполняется от входов `INIT_3` и `INIT_4` , разрешено выполнение третьего цикла АПВ, т.е. разрешен запуск СВВ3. Это называется блокировкой выключателя от включения с определенными условиями. Если запуск идет от входов `INIT_2` и `INIT_3` имеет место немедленная блокировка выключателя от включения.

Вход `INIT_5` используется для блокировки. Если вход `INIT_5` активен во время запуска последовательности, попытка выполнения АПВ блокируется, и функция АПВ полностью блокируется.

Если при помощи счетчика попыток АПВ запускается несколько СВВ, всегда выбирается СВВ с наименьшим номером. Например, если входы INIT_2 и INIT_4 активны для выполнения второго цикла АПВ, т. е. счетчик циклов АПВ имеет значение 2, запускается СВВ2, а не СВВ5.

Даже если пусковые сигналы не получены от функций защиты, можно настроить функцию АПВ на продолжение начиная со второй до пятой попытки повторного включения. Функция АВП, например, может быть сконфигурирована на автоматическое продолжение последовательности, если автоматический выключатель не срабатывает. В таком случае функция АВП выдает команду CLOSE_CB. По истечению времени ожидания включения, т. е. при сбое выключателя, в автоматическом режиме запускается следующий цикл. Еще одним примером является встроенная выработка электрической энергии в линии электропередачи, которая может привести к сбою проверки синхронизма и препятствовать повторному включению. Если выполнение последовательности АПВ продолжится и перейдет ко второму циклу, успешное АПВ более вероятно, чем во время первого цикла, так как продолжительность второго цикла больше продолжительности первого.

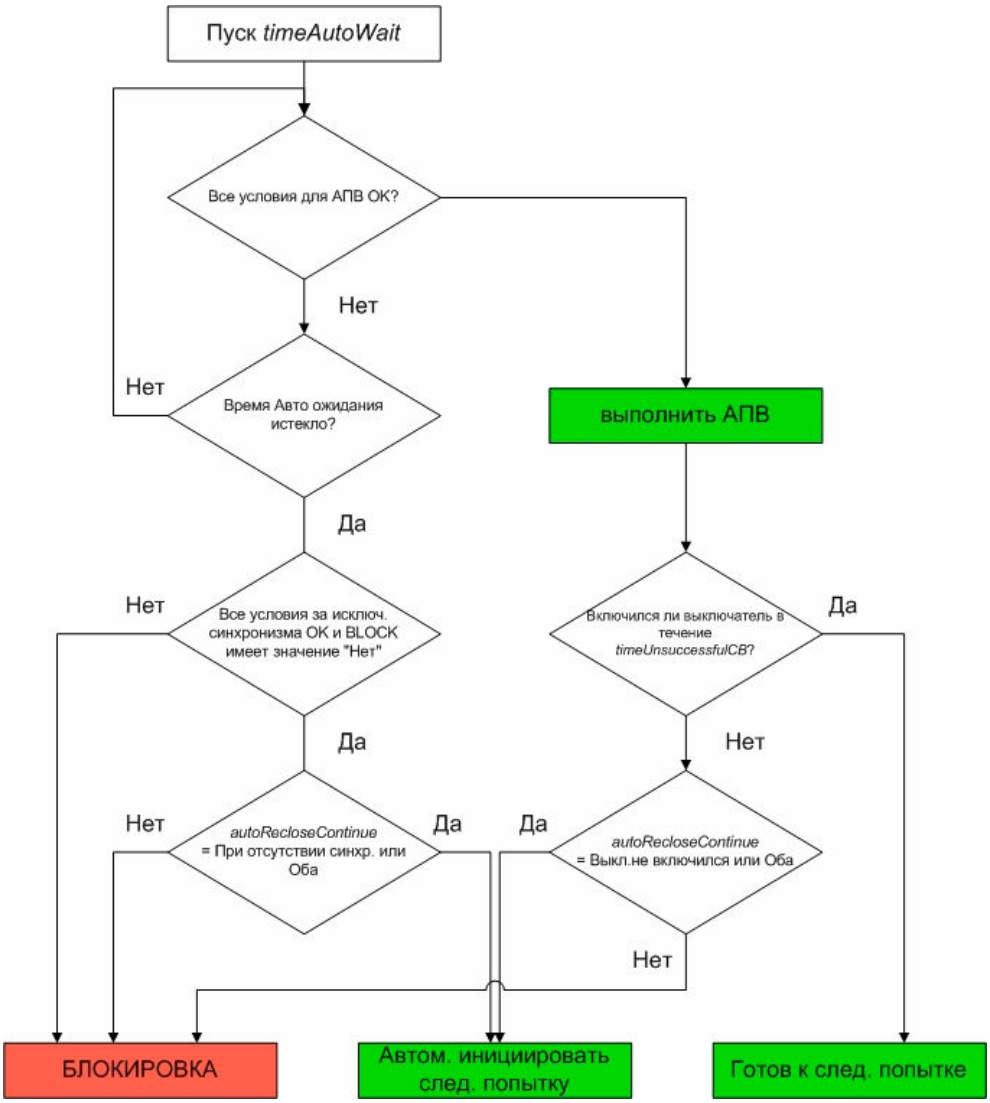


Рис. 546: Логическая схема обнаружения последовательности автоматического пуска

Автоматический пуск выбирается при помощи уставки *Условие автозапуска* :

- Запрещено: автоматический пуск не разрешен
- При отсутствии синхронизма автоматический пуск выполняется по истечении выдержки времени, и АПВ не может выполниться из-за сбоя при контроле синхронизма
- Когда выключатель не включается, автоматический пуск выполняется, если выключатель не включается в течение выдержки времени после выдачи команды на включение
- Оба условия: автоматический пуск разрешен при отсутствии синхронизма или в случае, если выключатель не включается.

Параметр *Автозапуск* определяет, какие входы INIT_X становятся активными при автоматическом пуске. Используемое по умолчанию значение этого параметра — "0", что означает отсутствие автоматического пуска.

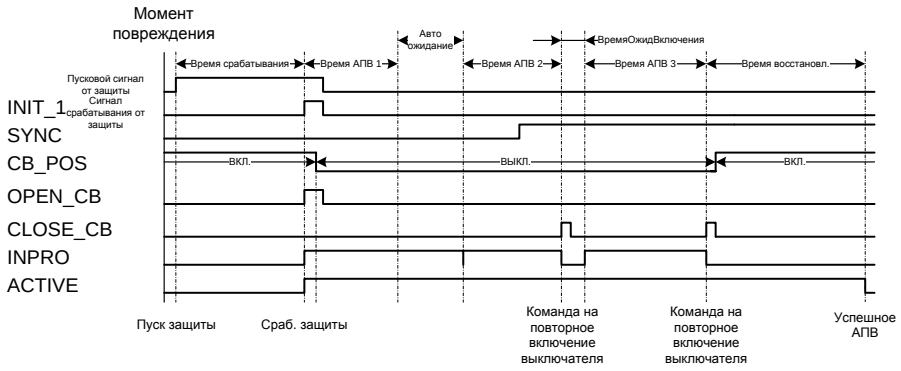


Рис. 547: Пример последовательности автоматического пуска. Сбой синхронизма во время первого цикла АПВ, неудача при включении выключателя во время второго цикла АПВ

Во время выполнения первого цикла АПВ не было выполнено условие синхронизма (SYNC имеет значение "Нет"). По истечении выдержки времени последовательность АПВ продолжается и переходит к выполнению второго цикла АПВ. Во время выполнения второго цикла АПВ условие синхронизма выполнено, и дается команда на включение выключателя по истечении второй выдержки времени.

После выполнения второго цикла АПВ выключатель по истечении выдержки времени не включается. Начинается выполнение третьего цикла АПВ, и по истечении третьей выдержки времени выдается новая команда на включение выключателя. Выключатель включается нормально, и начинается время восстановления. По истечении времени восстановления последовательность АПВ успешно завершена.

9.4.6.2 Цикл выполнения АПВ

Цикл выполнения АПВ реализуется путем использования блоков формирования цикла (CBB). Наибольшее количество блоков формирования цикла – семь. Если пользователь хочет иметь, например, цикл АПВ, состоящий из трех последовательных попыток, нужны только три первых CBB. Использование блоков формирования цикла вместо фиксированных попыток АПВ расширяет гибкость, позволяя использовать и адаптировать множество последовательностей.

Все CBB идентичны. Параметр *Номер попытки CBB_* определяет, в какой точке последовательности АПВ необходимо выполнить CBB, т.е. какой

конкретный СВВ должен быть первой, второй, третьей, четвертой или пятой попыткой АПВ.

При запуске СВВ проверяются условия запуска и блокировки. Это выполняется для всех СВВ одновременно. Каждый СВВ, который выполняет условия запуска, делает запрос на выполнение.

Функция также отслеживает количество уже выполненных попыток АПВ, т.е. в какой точке находится последовательность АПВ, начиная с попытки 1 и до блокировки выключателя. Например, если попытки 1 и 2 уже были выполнены, разрешается выполнение только попыток 3 – 5.

Кроме того, параметр *Разреш. след.цикла* имеет две возможности:

- Для выполнения принимаются только те блоки формирования цикла, которые установлены на выполнение следующей попытки АПВ в последовательности. Например, если следующая попытка в последовательности должна быть попыткой 2, запрос от СВВ на выполнение попытки 3 будет отклонен.
- Любой СВВ, который устанавливается на выполнение следующей попытки или любой из следующих попыток, может быть принят для выполнения. Например, если следующая попытка в последовательности должна быть второй попыткой, принимаются также СВВ, которые настроены на выполнение попыток 3, 4 и 5. Другими словами, попытку 2 можно игнорировать.

При использовании нескольких СВВ, разрешенных для выполнения, выбирается СВВ с самым маленьким номером. Например, если запрос на выполнение идет от СВВ2 и СВВ4, попытка АПВ будет выполнена блоком СВВ2.

Функция АПВ может выполнить до пяти попыток или циклов АПВ.

9.4.6.3 Примеры конфигурации

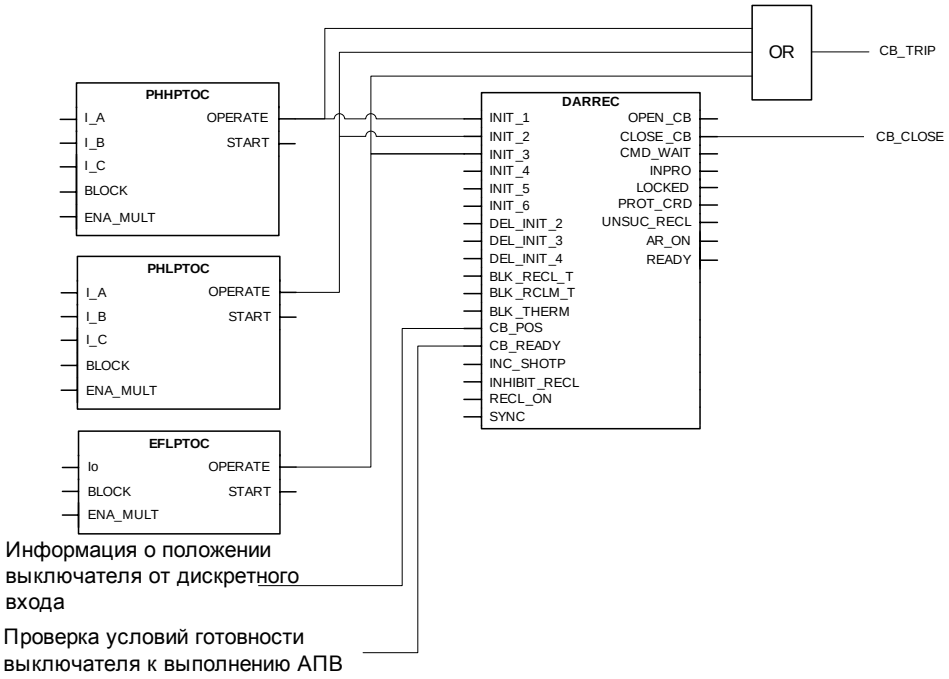


Рис. 548: Пример подключения функций защиты и АПВ в конфигурации ИЭУ

В конфигурации можно создать несколько последовательностей.

Последовательности АПВ для максимальной токовой защиты и ненаправленной защиты от замыканий на землю, где требуется и быстродействующее АПВ, и АПВ с выдержкой времени, могут быть следующими:

Пример 1.

Последовательность АПВ реализована двумя попытками, имеющими одинаковое время АПВ для всех функций защиты, а именно, I>>, I> и Io>. Запуск выполнения попыток АПВ выполняется путем активации сигналов срабатывания функций защиты.

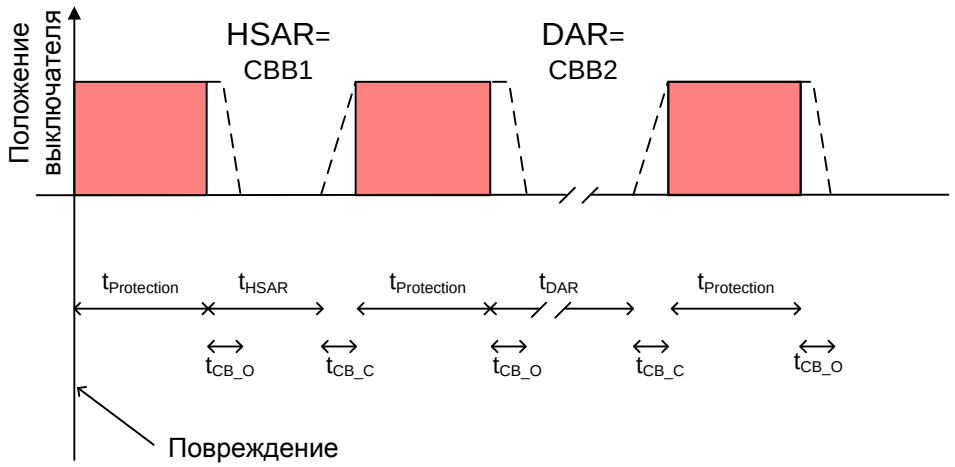


Рис. 549: Последовательность АПВ с двумя попытками

t_{HSAR}	Выдержка времени быстродействующего АПВ, здесь: *Время 1 попытки*
t_{DAR}	Выдержка времени АПВ с выдержкой времени, здесь: *Время 2 попытки*
$t_{Защиты}$	Время срабатывания ступени защиты для устранения повреждения
t_{CB_O}	Время отключения выключателя
t_{CB_C}	Время включения выключателя

В таком случае, эта последовательность АПВ требует использования двух СВВ. Значения времени выполнения попытки 1 и попытки 2 различны, но каждая функция защиты запускает одну и ту же последовательность. Последовательность СВВ показана в Таблице 950 :

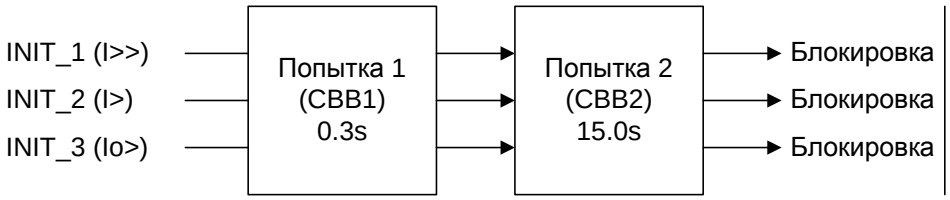


Рис. 550: Две попытки АПВ, три входа управления

Таблица 950: Параметры конфигурации, пример 1

Наименование параметра	Значение параметра
Номер попытки CBB1	1
Сигналы пуска CBB1	7 (входы 1, 2 и 3 = 1+2+4 = 7)
Время 1 попытки	0,3с (пример)
Продолжение таблицы на следующей странице	

Наименование параметра	Значение параметра
Номер попытки CBB2	2
Сигналы пуска CBB2	7 (входы 1, 2 и 3 = 1+2+4 = 7)
Время 2 попытки	15,0с (пример)

Пример 2

Две отдельных последовательности реализованы тремя попытками АПВ. Попытка 1 реализована при помощи CBB1, он запускается грубой ступенью максимальной токовой защиты (I>>). Попытка 1 устанавливается как быстродействующее АПВ с короткой выдержкой времени. Попытка 2 реализована при помощи CBB2, и должна быть первой попыткой последовательности АПВ, которая запускается чувствительной ступенью максимальной токовой защиты (I>) и чувствительной ступенью ненаправленной защиты от замыканий на землю (Io>). В обеих ситуациях время выполнения АПВ одинаково. Оно установлено как быстродействующее АПВ при соответствующих повреждениях. Третья попытка, которая является второй попыткой в последовательности АПВ, запускаемой ступенью I> или Io>, установлена как АПВ с выдержкой времени, и выполняется после неуспешной попытки быстродействующего АПВ соответствующей последовательности.

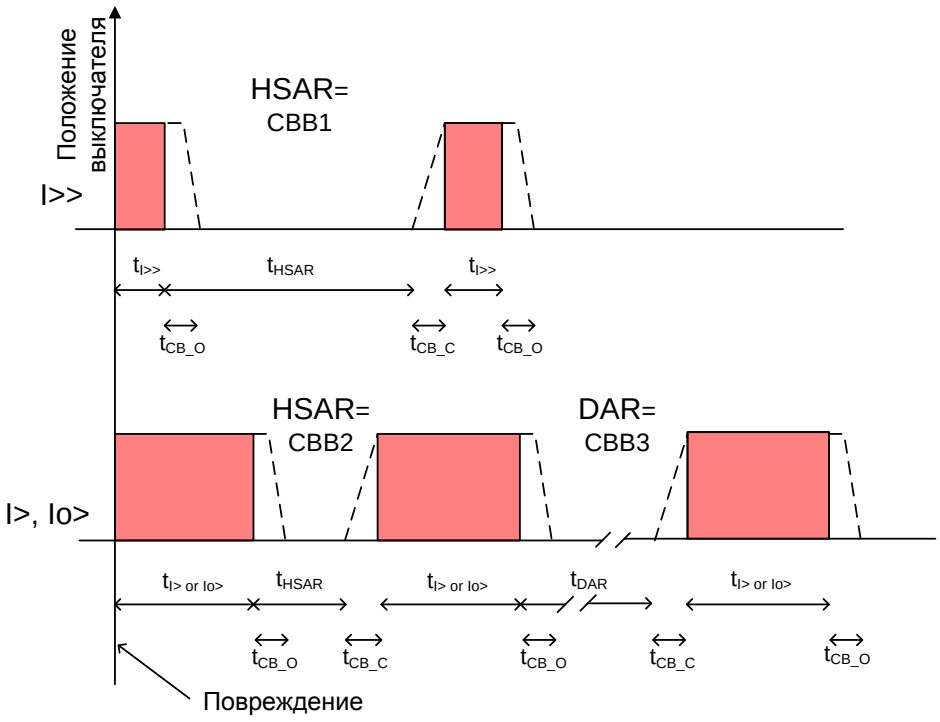


Рис. 551: Последовательность АПВ, две попытки с различными параметрами в зависимости от сигнала запуска

t_{HSAR}	Выдержка времени быстродействующего АПВ, здесь: *Время 1 попытки*
t_{DAR}	Выдержка времени АПВ с выдержкой времени, здесь: *Время 2 попытки*
$t_{I>>}$	Время срабатывания ступени защиты I>> для устранения повреждения
$t_{I>}$ или $_{Io>}$	Время срабатывания ступени защиты I> или Io> для устранения повреждения
t_{CB_O}	Время отключения выключателя
t_{CB_C}	Время включения выключателя

В таком случае требуется три СВВ, т.е. время первой попытки АПВ зависит от сигнала запуска.

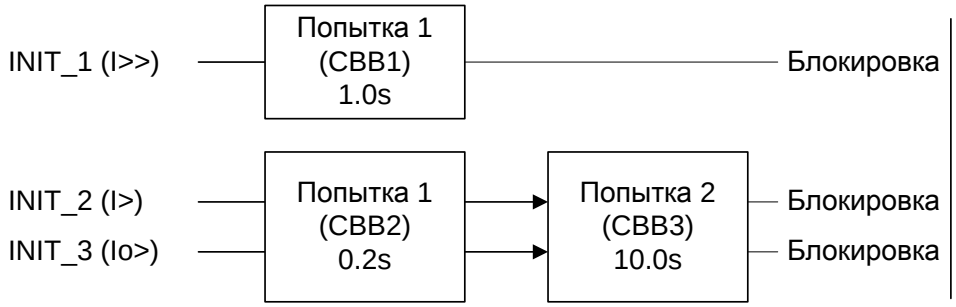


Рис. 552: Три попытки АПВ, три входа управления

Если последовательность запускается от входа `INIT_1` , то есть, грубой ступени МТЗ, последовательность состоит из одной попытки. Если последовательность запускается от входа `INIT_2` или `INIT_3` , последовательность состоит из двух попыток.

Таблица 951: Параметры конфигурации, пример 2

Наименование параметра	Значение параметра
Номер попытки СВВ1	1
Сигналы пуска СВВ1	1 (строка 1)
Время 1 попытки	0,0с (пример)
Номер попытки СВВ2	1
Сигналы пуска СВВ2	6 (входы 2 и 3 = 2+4 = 6)
Время 2 попытки	0,2с (пример)
Номер попытки СВВ3	2
Сигналы пуска СВВ3	6 (входы 2 и 3 = 2+4 = 6)
Время 3 попытки	10,0с

9.4.6.4 Пусковые входы с выдержкой времени

Функция АПВ состоит из шести отдельных пусковых входов INIT_1...INIT_6 и трех пусковых входов с выдержкой времени:

- DEL_INIT_2
- DEL_INIT_3
- DEL_INIT_4

Входы DEL_INIT_2 и INIT_2 соединены логическим элементом ИЛИ, так же, как и входы 3 и 4. Входы 1, 5 и 6 не имеют выдержки времени. С точки зрения АПВ не имеет значения, какой вход, INIT_x или DEL_INIT_x используется для запуска или блокировки попытки АПВ.

Функция АПВ также может отключить выключатель при помощи любого из пусковых входов. Эта возможность выбирается при помощи параметра *Входы отключения* . По умолчанию пусковые входы активируют выход OPEN_CB .

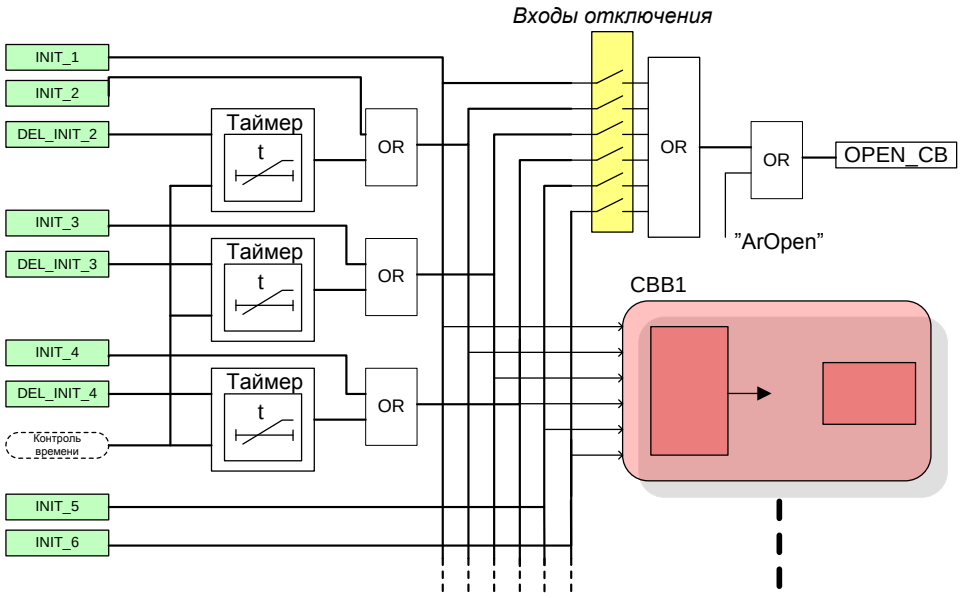


Рис. 553: Упрощенная логическая схема пусковых входов

Каждый пусковой вход с выдержкой времени имеет четыре различных параметра:

Таблица 952: Параметры пусковых входов с выдержкой времени

Наименование параметра	Описание и назначение параметра
Выд.вр.пускх,1попытка	Выдержка времени входа DEL_INIT_x , где x - номер входа: 2, 3 или 4. Используется для попытки 1.
Выд.вр.пускх,2попытка	Выдержка времени входа DEL_INIT_x , используется для попытки 2.
Выд.вр.пускх,3попытка	Выдержка времени входа DEL_INIT_x , используется для попытки 3.
Выд.вр.пускх,4попытка	Выдержка времени входа DEL_INIT_x , используемая для попыток 4 и 5. Также может использоваться с функцией SOTF.

9.4.6.5 Запуск АПВ сигналом пуска защиты

Проще всего, когда все попытки АПВ запускаются срабатыванием защит. В результате все значения времен отключения в последовательности одинаковы. Поэтому использование сигналов отключения защит не может быть оптимальным решением. Использование пусковых сигналов защит вместо сигналов отключения для запуска попыток АПВ сокращает значения времени отключения.

Пример 1

При использовании последовательности, состоящей из двух попыток АПВ, информация о запуске от функции защиты направляется на входDEL_INIT 2 , а информация о срабатывании - на вход INIT_2 . Должны выполняться следующие условия:

- время срабатывания защиты = 0,5с
- *ВремяПуска2, 1 цикл* = 0,05с
- *ВремяПуска2, 2 цикл* = 60с
- *ВремяПуска2, 3 цикл* = 60с

Срабатывание при устойчивом повреждении:

1. Защита запускается и активирует вход DEL_INIT 2 .
2. Через 0,05 секунд запускается выполнение первой попытки АПВ. Функция отключает выключатель: активируется выход OPEN_CB . Общее время отключения составляет: выдержка времени на пуск защиты + 0,05 с + время отключения выключателя.
3. После первой попытки происходит повторное включение выключателя, и защита запускается снова.
4. Так как выдержка времени второй попытки АПВ составляет 60 секунд, защита работает быстрее, и срабатывает по истечении заданного

времени, активируя вход INIT 2. Запускается выполнение второй попытки АПВ.

5. После второй попытки происходит повторное включение выключателя, и защита запускается снова.
6. Так как выдержка времени второй попытки АПВ составляет 60 секунд, защита работает быстрее, и срабатывает по истечении заданного времени После окончательного отключения больше никаких попыток АПВ не запрограммировано. Функция отключила выключатель, и последовательность АПВ считается неуспешной.

Пример 2

Выдержки времени также могут использоваться для быстрого окончательного отключения. Условия такие же, как и в примере 1, за исключением того, что *ВремяПуска2, 3 цикл* = 0,10 секунд.

Срабатывание при устойчивом повреждении такое же, как в примере 1, за исключением того, что после второй попытки, когда защита запустится снова, *ВремяПуска2, 3 цикл* истечет до времени срабатывания защиты, и последует окончательное отключение. Общее время отключения составляет: выдержка времени на пуск защиты + 0,10 с + время отключения выключателя.

9.4.6.6 Быстрое отключение при включении на повреждение

Уставки *ВремяПуска_, 4 цикл* также могут использоваться для того, чтобы добиться быстрого срабатывания защиты с ускорением от функции SOTF. Для этого параметр *4-я выдерж.врем.SOTF* устанавливается в значение "1", а данные о пуске защиты заводятся на соответствующий вход DEL_INIT_ .

Когда функция обнаружит включение выключателя, которое не является результатом действия функции АПВ, она всегда запрещает запуск попытки АПВ на время, определяемое уставкой *Время восстановл.* . Кроме того, если параметр *4-я выдерж.врем.SOTF* имеет значение "1", становятся активными также выдержки времени параметра *ВремяПуска_, 4 цикл* .

Пример 1

Время срабатывания защиты составляет 0,5 секунды, параметр *4-я выдерж.врем.SOTF* установлен в значение "1", а значение параметра *ВремяПуска2, 4 цикл* равно 0,05 секунд. Пусковой сигнал защиты заведен на вход DEL_INIT_2 .

Если пуск защиты происходит после включения выключателя, по истечении заданных 0,05 секунд происходит быстродействующее отключение. Общее время отключения составляет: выдержка времени на пуск защиты + 0,05 с + время отключения выключателя.

9.4.7 Сигналы

Таблица 953: Входные сигналы функции DARREC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
INIT_1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 1 пуска/блокировки АПВ
INIT_2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 2 пуска/блокировки АПВ
INIT_3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 3 пуска/блокировки АПВ
INIT_4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 4 пуска/блокировки АПВ
INIT_5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 5 пуска/блокировки АПВ
INIT_6	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 6 пуска/блокировки АПВ
DEL_INIT_2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 2 с задержкой пуска/блокировки АПВ
DEL_INIT_3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 3 с задержкой пуска/блокировки АПВ
DEL_INIT_4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал 4 с задержкой пуска/блокировки АПВ
BLK_RECL_T	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка и сброс времени АПВ
BLK_RCLM_T	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка и сброс времени восстановления
BLK_THERM	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка цикла АПВ при тепловой перегрузке
CB_POS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход положения выключателя
CB_READY	ЛОГИЧЕСКИЙ	1=Да	Сигнал состояния выключателя
INC_SHOTP	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал согласования устройств
INHIBIT_RECL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Прерывание и запрет цикла АПВ
RECL_ON	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход ввода АПВ в работу
SYNC	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Условие синхронизма выполнено

Таблица 954: Выходные сигналы функции DARREC

Название	Тип	Описание
OPEN_CB	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда отключения выключателя
CLOSE_CB	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда (повторного) включения выключателя
CMD_WAIT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Ожидание Ведущего устройства
Продолжение таблицы на следующей странице		

Название	Тип	Описание
INPRO	ЛОГИЧЕСКИЙ	АПВ в действии, активизируется в течение времени бестоковой паузы
LOCKED	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал, указывающий на то, что АПВ заблокировано
PROT_CRD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнал согласования АПВ и защит
UNSUC_RECL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Указывает на неуспешное АПВ
AR_ON	ЛОГИЧЕСКИЙ	АПВ разрешено
READY	ЛОГИЧЕСКИЙ	Готовность АПВ к последующему циклу, т. е. вход CB_READY активен
ACTIVE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Цикл АПВ в действии

9.4.8 Уставки

Таблица 955: Общие уставки функции DARREC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Ввод АПВ	1 = Выкл. 2=По внешнему входу 3=Вкл.			1 = Выкл.	Ввод АПВ (Выведено, По внешнему входу, Введено)
Импульс включения	10...10000	мс	10	200	Длительность импульса включения
Время восстановл.	100...1800000	мс	100	10000	Время восстановл.
Приоритет	1=Нет 2=Низкий (Ведомый) 3=Высокий (Ведущий)			1=Нет	Приоритет
КонтрольСинхронизма	0...127		1	0	Проверка условий синхронизма для повторного включения
Условие автозапуска	1=Запрещено 2=Отсутствие синхр. 3=Выкл.не включился 4=Оба			2=Отсутствие синхр.	Условие автозапуска
Входы отключения	0...63		1	0	Определяет входы INIT, действующие на OPEN_CB (отключение выключателя)
4-я выдерж.врем.SOTF	0=Нет 1=Да			0=Нет	Задает 4-ю выдержку времени для всех сигналов DEL_INIT во время SOTF
Время 1 попытки	0...300000	мс	10	5000	Время бестоковой паузы для СВВ1
Время 2 попытки	0...300000	мс	10	5000	Время бестоковой паузы для СВВ2
Время 3 попытки	0...300000	мс	10	5000	Время бестоковой паузы для СВВ3
Время 4 попытки	0...300000	мс	10	5000	Время бестоковой паузы для СВВ4
Время 5 попытки	0...300000	мс	10	5000	Время бестоковой паузы для СВВ5

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время 6 попытки	0...300000	мс	10	5000	Время бестоковой паузы для СВВ6
Время 7 попытки	0...300000	мс	10	5000	Время бестоковой паузы для СВВ7
Сигналы пуска СВВ1	0...63		1	0	Сигналы пуска для СВВ1
Сигналы пуска СВВ2	0...63		1	0	Сигналы пуска для СВВ2
Сигналы пуска СВВ3	0...63		1	0	Сигналы пуска для СВВ3
Сигналы пуска СВВ4	0...63		1	0	Сигналы пуска для СВВ4
Сигналы пуска СВВ5	0...63		1	0	Сигналы пуска для СВВ5
Сигналы пуска СВВ6	0...63		1	0	Сигналы пуска для СВВ6
Сигналы пуска СВВ7	0...63		1	0	Сигналы пуска для СВВ7
Номер попытки СВВ1	0...5		1	0	Номер попытки для СВВ1
Номер попытки СВВ2	0...5		1	0	Номер попытки для СВВ2
Номер попытки СВВ3	0...5		1	0	Номер попытки для СВВ3
Номер попытки СВВ4	0...5		1	0	Номер попытки для СВВ4
Номер попытки СВВ5	0...5		1	0	Номер попытки для СВВ5
Номер попытки СВВ6	0...5		1	0	Номер попытки для СВВ6
Номер попытки СВВ7	0...5		1	0	Номер попытки для СВВ7
КоличМнгВкл	0...250		1	0	Предельное значение счетчика многократных включений для блокировки
ВремяКонтрМнгкрВкл	1...250	мин	1	1	Время контроля многократных включений
ВремВосстСчМнгВкл	1...250	мин	1	1	Время восстановления счетчика многократных включений
Автозапуск	0...63		1	0	Определяет входы INIT, активируемые при автозапуске

Таблица 956: Общие уставки функции DARREC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Ручное включение	0=Нет 1=Да			0=Нет	Ручное включение
ВремяОжидВключения	50...10000	мс	50	250	Допустимое время включения выключателя после подачи команды на включение
Макс время ожидания	100...1800000	мс	100	10000	Максимальное время ожидания разрешения BLK_RECL_T
Макс время отключения	100...10000	мс	100	10000	Максимальное время ожидания сброса сигнала срабатывания защит
МаксВремяТермБлок	100...1800000	мс	100	10000	Максимальное время ожидания сброса сигнала тепловой блокировки
Время прерывания	0...1800000	мс	100	10000	Время прерывания для согласования защит
Время ограничения 1	0...10000	мс	100	0	Время ограничения 1 цикла АПВ

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время ограничения 2	0...10000	мс	100	0	Время ограничения 2 цикла АПВ
Время ограничения 3	0...10000	мс	100	0	Время ограничения 3 цикла АПВ
Время ограничения 4	0...10000	мс	100	0	Время ограничения 4 цикла АПВ
Авто ожидание	0...60000	мс	10	2000	Ожидание выполнения условий АПВ
АвтСбросБлокировки	0=Нет 1=Да			1=Да	Автоматический сброс блокировки
Предел согл.защит	1...5		1	1	Предел цикла АПВ для согласования с защитами
Режим согл.защит	1=Нет условий 2=АПВ неисправно 3=РучнВклВыключателя 4=АПВ неиспр.,РучнВкл 5=Всегда			4=АПВ неиспр.,РучнВкл	Режим согласования защит
Входы управления	0...63		1	63	Определяет входы INIT, являющиеся сигналами защит
Разреш. след.цикла	0=Нет 1=Да			1=Да	Разрешение перехода на следующий цикл
Выключатель включен	0=Нет 1=Да			0=Нет	Состояние выключателя включено
Сигналы блокир. СВВ1	0...63		1	0	Сигналы блокировки для СВВ1
Сигналы блокир. СВВ2	0...63		1	0	Сигналы блокировки для СВВ2
Сигналы блокир. СВВ3	0...63		1	0	Сигналы блокировки для СВВ3
Сигналы блокир. СВВ4	0...63		1	0	Сигналы блокировки для СВВ4
Сигналы блокир. СВВ5	0...63		1	0	Сигналы блокировки для СВВ5
Сигналы блокир. СВВ6	0...63		1	0	Сигналы блокировки для СВВ6
Сигналы блокир. СВВ7	0...63		1	0	Сигналы блокировки для СВВ7
ВремяПуска2, 1 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска2, 1 цикл
ВремяПуска2, 2 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска2, 2 цикл
ВремяПуска2, 3 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска2, 3 цикл
ВремяПуска2, 4 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска2, 4 цикл
ВремяПуска3, 1 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска3, 1 цикл
ВремяПуска3, 2 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска3, 2 цикл
ВремяПуска3, 3 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска3, 3 цикл
ВремяПуска3, 4 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска3, 4 цикл
ВремяПуска4, 1 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска4, 1 цикл
ВремяПуска4, 2 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска4, 2 цикл
ВремяПуска4, 3 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска4, 3 цикл
ВремяПуска4, 4 цикл	0...300000	мс	10	0	Выдержка времени пуска4, 4 цикл

9.4.9 Контролируемые данные

Таблица 957: Контролируемые данные функции DARREC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
DISA_COUNT	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал блокировки счетчика включений
FRQ_OPR_CNT	INT32	0...2147483647		Счетчик включений
FRQ_OPR_AL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнализация счетчика включений
STATUS	Enum	-1=Не определено 1=Готовность 2=ВПроцессе 3=Успешное 4=ОжиданиеОтключения 5=ОтключениеОтЗащиты 6=ПовреждениеИсчезло 7=ОжиданиеЗавершения 8=АвтВыклЗамкнут 9=НеуспешныйЦикл 10=Неуспешное 11=Прервано		Сигнал о состоянии АПВ для МЭК61850
INPRO_1	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		АПВ в действии, 1 попытка
INPRO_2	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		АПВ в действии, 2 попытка
INPRO_3	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		АПВ в действии, 3 попытка
INPRO_4	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		АПВ в действии, 4 попытка
INPRO_5	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		АПВ в действии, 5 попытка
DISCR_INPRO	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал индикации о наборе выдержки времени ограничения
CUTOUT_INPRO	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Сигнал индикации набора выдержки времени cut-out
SUC_RECL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Указывает на успешное АПВ
UNSUC_CB	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Указывает на неуспешное АПВ
CNT_SHOT1	INT32	0...2147483647		Счетчик операций с возможностью сброса, попытка 1
CNT_SHOT2	INT32	0...2147483647		Счетчик операций с возможностью сброса, попытка 2

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
CNT_SHOT3	INT32	0...2147483647		Счетчик операций с возможностью сброса, попытка 3
CNT_SHOT4	INT32	0...2147483647		Счетчик операций с возможностью сброса, попытка 4
CNT_SHOT5	INT32	0...2147483647		Счетчик операций с возможностью сброса, попытка 5
COUNTER	INT32	0...2147483647		Счетчик операций с возможностью сброса, все попытки
SHOT_PTR	INT32	1...7		Значение счетчика попыток
MAN_CB_CL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Указывает на ручное включение выключателя в течение цикла АПВ
SOTF	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Включение на повреждение
DARREC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

9.4.10 Технические данные

Таблица 958: DARREC Технические данные

Характеристика	Значение
Погрешность времени срабатывания	±1,0% уставки или ±20 мс

9.4.11 Данные о технических изменениях

Таблица 959: Данные о технических изменениях функции DARREC

Версия	Изменение
B	Удален выход PROT_DISA и связанные с ним уставки
C	Используемое по умолчанию значение параметра *Выключатель включен* изменено с "Да" на "Нет"
D	Диапазон значений выхода SHOT_PTR установлен на уровне 0–7 (ранее: 0–6).
E	Контролируемые данные ACTIVE перенесены в видимый выход ACT. Диапазон значений выхода SHOT_PTR стал 1...7.
F	Внутреннее улучшение

9.5 Управление РПН с регулятором напряжения OLATCC

9.5.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция управления РПН	OLATCC	COLTC	90V

9.5.2 Функциональный блок

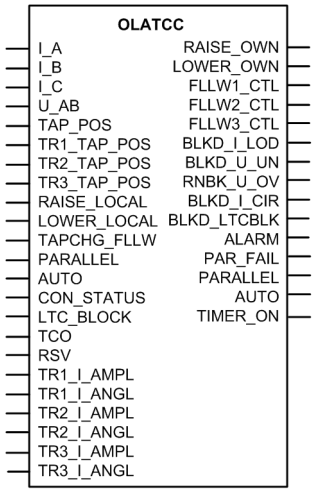


Рис. 554: Функциональный блок

9.5.3 Функциональные возможности

Функция переключения обмоток трансформатора под нагрузкой с регулятором напряжения OLATCC (контроллер переключения обмоток трансформатора под нагрузкой) предназначена для регулирования напряжения силовых трансформаторов с РПН на распределительных подстанциях. Функция OLATCC обеспечивает ручное или автоматическое регулирование напряжения силового трансформатора путем посыла на РПН сигналов "Повысить" и "Понизить".

Автоматическое регулирование напряжения может использоваться на одном трансформаторе или на параллельно работающих трансформаторах. Параллельная работа может основываться на принципе Ведущий/Ведомый (M/F), принципе с использованием реактивного сопротивления (NRP) или принципе минимизации уравнительного тока (MCC).

Функция OLATCC включает в себя возможность компенсации падения напряжения в линии (LDC), и снижение нагрузки возможно при помощи динамического снижения напряжения.

Между операциями повышения и понижения напряжения может быть выбрана независимая (DT) или обратнозависимая (IDMT) выдержка времени.

Функция содержит блокировку. Операции по регулированию напряжения можно блокировать внешним сигналом или при помощи средства контроля самой функции.

9.5.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции OLATCC можно описать при помощи функциональной схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

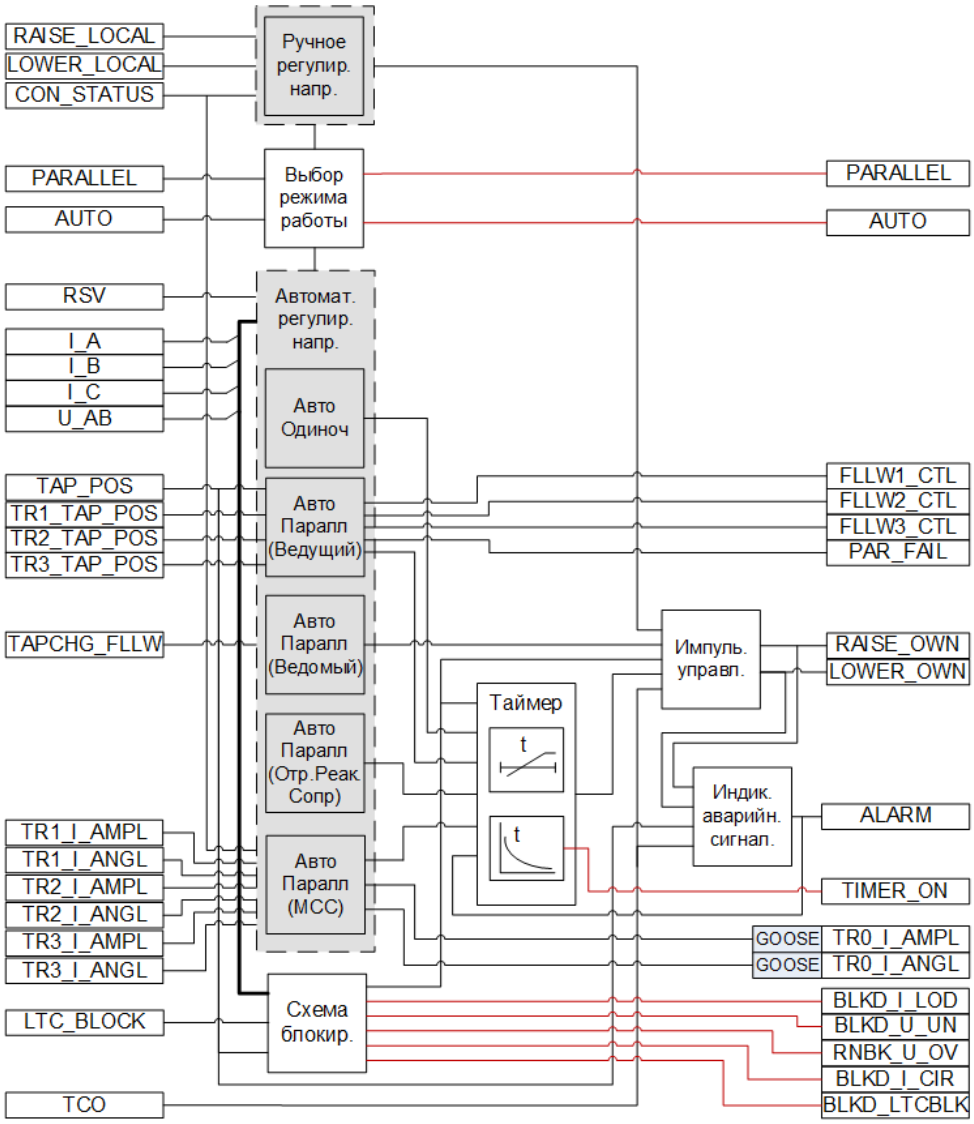


Рис. 555: Функциональная схема

9.5.4.1 Измерение тока и напряжения

Измеряется междуфазное напряжение на стороне регулируемого напряжения. Обычно это междуфазное напряжение U_AB на стороне вторичной обмотки силового трансформатора. Если измеряются фазные напряжения, напряжение U_AB рассчитывается в ИЭУ.

Токи со стороны вторичной обмотки силового трансформатора (I_A – I_C) могут иметь несколько применений.

- Для блокировки по максимальному току используется самое высокое значение фазного тока.
- Токи со стороны вторичной обмотки силового трансформатора используются для компенсации падения напряжения в линии (среднее значение подключенных входов).
- Токи со стороны вторичной обмотки силового трансформатора используются для расчета уравнительного тока при использовании принципа реактивного сопротивления (NRP) и минимизации уравнительного тока (MCC).

И напряжение U_AB, и фазные токи на стороне вторичной обмотки (I_x, где x – фаза A, B или C) всегда измеряются с использованием значения фильтрованной составляющей основной частоты (DFT/Фурье). Следовательно, всегда имеет место подавление гармоник. Более того, измеренное значение напряжения непрерывно фильтруется по среднему значению со скользящим окном на восемь значений, в котором полученная задержка фильтрации не компенсируется. В расчетах всегда используется фазокомпенсированное напряжение U_A, хотя оно не подключено. U_m – это усредненное значение, используемое для управления, его величину можно увидеть в "Данных мониторинга" как U_MEAS.

Подобным образом, величина фазного тока собственного трансформатора, I_x, и разность фазных углов между фазокомпенсированным в устройстве напряжением U_A и фазным током I_x также фильтруются по среднему значению в том же окне фиксированного размера. Значение фазного угла можно увидеть в "Данных мониторинга" ANGL_UA_IA. Эти токи и разность фазных углов используются исключительно при расчетах с использованием принципа уравнительных токов.



Разность фазных углов используется в Уравнении 189, Уравнении 190 и Уравнении 192.

Существуют минимальные пределы величин тока и напряжения, что ведет к тому, что значения величин и разности фазных углов отличаются от нуля. Величина напряжения должна превышать три процента U_n , а ток I_A должен превышать два процента от I_n.

9.5.4.2 Входы положения РПН

Значение положения РПН можно передать в функцию OLATCC как значение сопротивления, как миллиамперный сигнал или как двоично-кодированный сигнал. Более подробные сведения о реализации каждого из указанных выше интерфейсов (сопротивления, мА-сигнала или двоично-кодированного) см. в описании функции TPOSYLTC в техническом руководстве на ИЭУ.

Указанное положение РПН "своего" трансформатора подключается внутренним путем к входу TAP_POS , а положения РПН параллельных трансформаторов подаются на другие входы TRx_TAP_POS . Этим также определяется обозначение соединения, т.е. ведомый 1 подключается к TR1_TAP_POS, ведомый 2 подключается к TR2_TAP_POS , а ведомый 3 – к TR3_TAP_POS. Данные о положении "своего" трансформатора можно увидеть в "Данных мониторинга" TAP_POS. Данные о положении РПН ведомого можно также найти во входных данных TRx_TAP_POS, где x - значение от 1 до 3.

Значение положения РПН дается в круглых скобках. Например, (0) означает, что сигнал положения РПН не подключен или качество значения РПН плохое. Обычно, если сигнал положения РПН не подключен, все дискретные входы TPOSYLTC по умолчанию имеют значение "НЕТ", при этом отображается значение (0). Значение, отличное от нуля, означает низкое качество. Низкое качество значения положения РПН связано с тем, что функция OLATCC воспринимает это как неподключенную информацию о положении.

9.5.4.3 Для выбора требуемого режима функции OLATCC имеется два параметра

Для выбора требуемого режима работы функции OLATCC предусмотрены уставки *Режим работы* и *РежАвтоПарал*. Параметр *Режим работы* может принимать любое из следующих значений: "Ручной", "АвтоОдиноч", "АвтоПаралл", "По входу" и "Команда". Если для параметра *Режим работы* установлено значение "По входу", то действующий режим функции определяется входами PARALLEL и AUTO. Если для параметра *Режим работы* задано значение "Команда", действующий режим работы определяется пунктами данных команд МЭК 61850 "Авто" и "ParOp". Вход PARALLEL и "ParOp" определяют одиночный или параллельный режим трансформатора (регулятора напряжения). Вход AUTO определяет состояние работы в одиночном режиме. Контролируемые данные PARALLEL и AUTO представляют, соответственно, действующий режим: "Параллельное или одиночное регулирование" и "Индикация Автоматическое/Ручное".

Таблица 960: Действующий режим работы, определяемый входами режимов работы и сигналами команд

PARALLEL	AUTO	Режим работы
0	0	Ручной
0	1	АвтоОдиноч
1	0 или 1	АвтоПаралл

Кроме того, если параметр *Режим работы* установлен в значение *АвтоПаралл* , второй параметр определяет параллельный режим и его

варианты: "АвтоВедущий", "АвтоВедомый", "МинимЦиркТока" или "ОтрицРеактСопр".

Действующий рабочий режим можно увидеть в Данных мониторинга OPR_MODE_STS.

Исключение команды

Изменение действующего режима с использованием двух входов (PARALLEL и AUTO) и изменение группы уставок (при помощи входа или меню) требуется тогда, когда действующий режим нужно изменять автоматически, то есть, существует логическая схема, управляющая этими двумя входами и изменением группы уставок на основании данных о положении выключателей.

Исключение при помощи ключа Местное/Дистанционное (L/R) касается ввода команд "Повысить" и "Понизить" функции OLATCC, то есть, внутренним путем обеспечивается механизм исключения для предотвращения ввода удаленных команд (от системы SCADA), когда ИЭУ находится в режиме местного управления, и наоборот.

9.5.4.4 Ручное регулирование напряжения

Ручной ввод команд "Повысить" и "Понизить" осуществляется через входы конфигурации LOWER_LOCAL и RAISE_LOCAL, через локальный ИЧМ интеллектуального электронного устройства или при помощи команд дистанционного управления. Действующий режим функции OLATCC должен устанавливаться в значение "Ручной", а положение ключа Местное/Дистанционное ИЭУ должно быть установлено в значение "Местное" для ручного выполнения команд управления с ЛИЧМ или через входы конфигурации. Когда функция OLATCC установлена в значение "Ручное", но при этом "Состояние LR" имеет значение "Выкл" или "Дистанционное", команды ручного управления выдаваться не могут.

Для удаленных команд действующий режим функции OLATCC также должен устанавливаться в значение "Ручное", а "Состояние LR" контролируемых данных должно иметь значение "Дистанционное".

Команды ручного управления "Повысить" или "Понизить" могут выдаваться локально либо при помощи значения параметра *Ручное управление* ("Отмена"/"Повысить"/"Понизить") в меню локального ИЧМ **Управление/ OLATCC1** лмибо через входы конфигурации LOWER_LOCAL или RAISE_LOCAL.

Команда "Повысить" выдается посредством выбора числового значения команды "Повысить" а команда "Понизить" 0 посредством выбора числового значения команды "Понизить". Допустимое значение уставки команда "Повысить/Понизить" позволяет активировать соответствующий вход RAISE_OWN или LOWER_OWN для управления напряжением "своего" трансформатора.

Управление напряжением/ направление движения РПН

Функция OLATCC имеет параметры управления *НизшБлокОтп* и *ВысшБлокОтп*. Параметры *НизшБлокОтп* и *ВысшБлокОтп* должны давать данные о положении РПН, в результате определяя самое низкое или самое высокое контролируемое напряжение (обычно на стороне низкого напряжения трансформатора). Значение уставки *ВысшБлокОтп* должно быть выше значения уставки *НизшБлокОтп* , а значение *НизшБлокОтп* - выше значения уставки *ВысшБлокОтп* .

Когда значение уставки *ВысшБлокОтп* превышает значение *НизшБлокОтп* , команда "Повысить" активирует выход RAISE_OWN . Это приводит к повышению положения РПН и росту измеряемого напряжения. Кроме того, выход RAISE_OWN устанавливается в значение "Да". Если положение собственного РПН подключено, (то есть, качество данных собственного РПН хорошее), аварийный сигнал РПН становится активным, если РПН не перемещается вверх после активации импульса в течение периода времени, определяемого уставкой *ВыдВрОшибкиКом* , что приводит к тому, что ALARM_REAS в контролируемых данных содержит ошибку выполнения команды. Уставка *ВыдВрОшибкиКом* по умолчанию имеет значение 20 секунд.

Подобным же образом контролируется понижение, как показано на Рисунке 556. В выходных данных значение на выходе LOWER_OWN - "Да". Аварийный сигнал выдается в том случае, если РПН не перемещается вверх в течение периода времени *ВыдВрОшибкиКом* после активации импульса, при условии, что положение РПН подключено.

Во втором случае параметры устанавливаются так, чтобы значение уставки *НизшБлокОтп* превышало значение уставки *ВысшБлокОтп*. При управлении повышением становится активным выход RAISE_OWN . Результатом должно являться понижение положения РПН и увеличение измеряемого напряжения Кроме того, выход RAISE_OWN устанавливается в значение "Да" в выходных данных. Если положение собственного РПН подключено, аварийный сигнал РПН становится активным, если РПН не перемещается вниз после активации импульса в течение периода времени, определяемого уставкой *ВыдВрОшибкиКом* , что приводит к тому, что ALARM_REAS в контролируемых данных содержит ошибку выполнения команды.

9.5.4.5 Автоматическое регулирование напряжения одного трансформатора

Функция OLATCC предназначена для управления силовым трансформатором с РПН с приводом от двигателя. Функция предназначена для регулирования напряжения на стороне вторичной обмотки силового трансформатора. Этот метод управления использует пошаговый принцип, означающий, что на механизм РПН единовременно выдается один управляющий импульс, чтобы переместить РПН ровно на одну позицию вверх или вниз. Однако когда

промежуточные действия для РПН не индицируются, при вводе более одного ступенчатого изменения аварийная сигнализация срабатывать не будет.

Назначение регулятора заключается в том, чтобы поддерживать стабильное вторичное напряжение силового трансформатора. В основе этой операции находится уставка *Опорное напряжение* . Увеличивая или уменьшая различные коэффициенты компенсации, регулятор рассчитывает управляющее напряжение на основании центральной части диапазона, как показано в Уравнении 187. Следовательно, управляющее напряжение – это необходимое вторичное напряжение трансформатора, которое должен поддерживать регулятор. Управляющее напряжение сравнивается с измеренным напряжением, а разность между ними образует погрешность процесса регулирования.

Так как РПН изменяет напряжение ступенчато, должна допускаться определенная погрешность. Погрешность, которая называется *Диапазон напряжения*, также определяется пользователем. Рекомендуемое значение уставки *Диапазон напряжения* должно близким к удвоенному шагу напряжения трансформатора ΔU_{step} , и, как минимум, никогда не должно быть ниже этого значения. Например, *Диапазон напряжения* - вдвое больше значения ΔU_{step} , как показано на Рисунке 556.

Если измеренное напряжение колеблется в пределах управляющего напряжения ± половина величины уставки *Диапазон напряжения* , регулятор неактивен. Если измеренное напряжение выходит за пределы значения, равного половине диапазона напряжения, включается регулируемая выдержка времени T1 (*ВыдВр1Имп*) , как показано на Рисунке 556, где в качестве примера используется функция понижения. Выдержка времени T1 остается активной, пока значение измеренного напряжения находится вне пределов гистерезиса половины значения уставки *Диапазон напряжения*. Заводская уставка гистерезиса равна 10% уставки *Диапазон напряжения*.

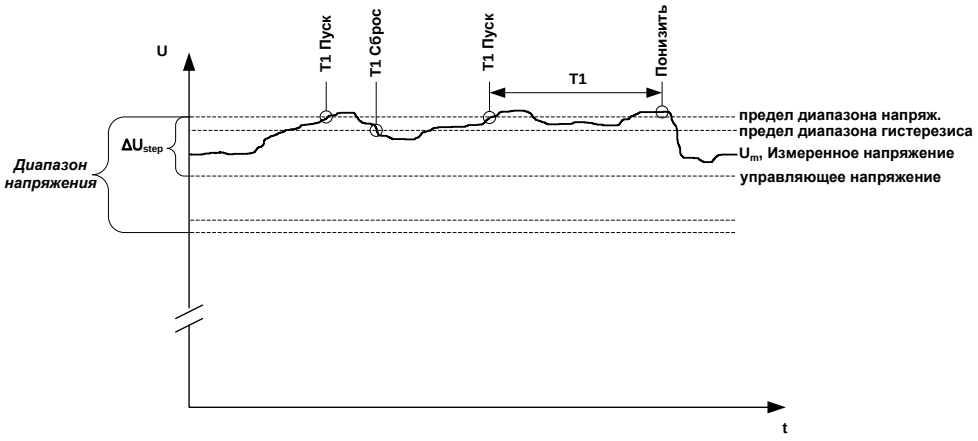


Рис. 556: *Функция регулирования напряжения. Управляющий импульс на понижение напряжения выдается по истечении выдержки времени T1.*

Если измеренное напряжение выходит за пределы гистерезиса в момент, когда таймер выдержки времени T1 достигнет заданного значения уставки, становится активным выход устройства, действующий на повышение или понижение напряжения. При этом активируется выходной импульс RAISE_OWN или LOWER_OWN, и срабатывает электропривод РПН. Состояние этих выходов можно увидеть в выходных данных RAISE_OWN или LOWER_OWN.

Если измеренное напряжение опустится или повысится до величины в пределах гистерезиса во время срабатывания, таймер выдержки времени сбрасывается.

Длительность импульса определяется уставкой *Импульс управления* . По умолчанию используется значение 1,5 секунды.

Небольшая выдержка времени, как типовое время срабатывания РПН, активируется до того как станет возможным следующий запуск таймера. Для функции OLATCC выдержка времени установлена на 6 секунд. Если одной операции РПН недостаточно для регулирования напряжения трансформатора в пределах гистерезиса, включается вторая регулируемая выдержка времени T2 (*ВыдВр2Имп*), которая обычно бывает короче выдержки T1. Эта выдержка используется для команд управления в той же самой последовательности, пока не произойдет восстановление напряжения. Выдержки времени T1 и T2 могут выбираться как независимые или обратнозависимые. В режиме с обратнозависимой характеристикой время срабатывания зависит от разности управляющего и измеренного напряжения, как показано на Рисунке 194. Чем больше разность напряжений, тем меньше время срабатывания. Более подробные данные об обратнозависимой характеристике смотрите в главе, посвященной характеристикам таймера функции OLATCC .

Уравнение регулирования

Этот простой принцип регулирования часто дополняется вспомогательными функциями, позволяющими учитывать падение напряжения в линиях (компенсация напряжения линии), координировать регулирование параллельных трансформаторов и изменять уровень напряжения в зависимости от состояния нагрузки сети. Управляющее напряжение U_p рассчитывается в соответствии со следующим уравнением

$$U_p = U_s + U_z + U_{ci} - U_{rsv}$$

(Уравнение 187)

U_p	Управляющее напряжение
U_s	Заданный уровень напряжения *Опорное напряжение*
U_z	Предел компенсации падения напряжения в линии
U_{ci}	Предел компенсации уравнительного тока
U_{rsv}	Параметр снижения напряжения

U_p можно увидеть непосредственно в контролируемых данных U_CTL.

Предел компенсации уравнительного тока рассчитывается только в режимах "ОтрицРеактСопр" и "МинимЦиркТока".

Компенсация падения напряжения в линии (LDC)

Функция компенсации падения напряжения в линии используется для компенсации падения напряжения в линии или сети, питаемой трансформатором. Параметры компенсации можно рассчитать теоретически, если известны величины активного и реактивного сопротивления линии, или эти величины измерены при падении напряжения в линии.

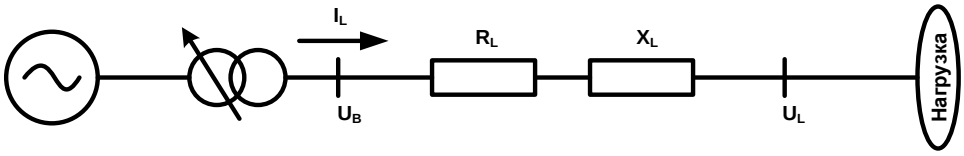


Рис. 557: Эквивалентная электрическая схема расчета предела компенсации падения напряжения в линии

Параметры компенсации *КоэфКомпАктU* (U_r) и *КоэфКомпРеактU* (U_x), представляют собой процентные величины U_n, согласно уравнениям.

$$КоэфКомпАктU = U_r\,[\%] = \frac{\sqrt{3}\cdot I_{TT_n1}\cdot R}{U_{TH_n1}}\cdot 100 \quad [\%U_n]$$

$$КоэфКомпРеактU = U_x\,[\%] = \frac{\sqrt{3}\cdot I_{TT_n1}\cdot X}{U_{TH_n1}}\cdot 100 \quad [\%U_n]$$

(Уравнение 188)

I_{CT_n1}	Номинальный ток первичной обмотки ТТ
U_{VT_n1}	Номинальное напряжение первичной обмотки ТН (междуфазное напряжение)
R	Активное сопротивление линии, Ом/фазу
X	Реактивное сопротивление линии, Ом/фазу

Общее уравнение для компенсации падения напряжения в линии.

$$U_z = \frac{I_{injected}}{I_n} \cdot \frac{\left(U_r[\%]\cos\varphi + U_x[\%]\sin\varphi\right)}{100} \quad [\mathrm{xU_n}]$$

(Уравнение 189)

$I_{injected}$	Среднее значение токов I_A, I_B и I_C
U_r	Уставка *КоэфКомпАктU*
U_x	Уставка *КоэфКомпРеактU*
φ	Фазный угол между U_A и I_A (ANGL_UA_IA в данных мониторинга)

По умолчанию функция компенсации падения напряжения в линии (LDC) неактивна. Функция LDC активируется путем установки параметра *КомпПадНапр* в значение "Да". Чтобы предел компенсации находился в допустимых пределах в любой ситуации, функция OLATCC имеет уставку *Предел КПН*, которая по умолчанию имеет значение 0,10 xU_n. В результате это дает максимальное значение U_z , смотрите Уравнение 187.

Если к шине низкого напряжения подключено более одной линии, эквивалентное полное сопротивление рассчитывается и дается в качестве уставки параметра, как показано на Рисунке 557эквивалентной электрической схемы расчета компенсации падения напряжения в линии (LDC). Например, если на подстанции имеется N идентичных линий с идентичными нагрузками, значения R- и X-, необходимые для уставок *КоэфКомпРеактU* и *КоэфКомпАктU* можно получить путем деления активного и реактивного сопротивления линии на N. Так как в различных линиях, имеющих разные величины полного сопротивления и токов нагрузки, падение напряжение разное, необходимо добиться компромисса при задании уставок *КоэфКомпРеактU* и *КоэфКомпАктU* . Повышение напряжения в точке с самым низким уровнем напряжения не должно привести к перенапряжению в других местах.

По умолчанию компенсация падения напряжения действует только при нормальном направлении активной мощности. Если поток активной мощности в трансформаторе изменяет направление на обратное, то есть, с регулируемой стороны в направлении системы верхнего уровня, предел компенсации LDC игнорируется, то есть, устанавливается в ноль. В таком случае считается, что питающие устройства на регулируемой стороне трансформаторов поддерживают соответствующие уровни напряжения. Если трансформатор попытается снизить напряжение на подстанции, это может привести к возникновению конфликта. Кроме того, в таком случае очень сложно прогнозировать фактические уровни напряжения на питающих линиях, и снижение напряжения на подстанции может иметь неблагоприятное воздействие на дальний конец сети. Однако уставка *ОбратнПротекМощн* позволяет также вводить в уравнение отрицательное значение предела LDC.

Изменение топологии сети может привести к изменению значения эквивалентного полного сопротивления сети. Если это изменение

существенно, для переключения между различными значениями *КоэфКомпРеактU* и *КоэфКомпАктU*можно использовать группы уставок. На практике это означает, что информация логического типа, полученная в результате изменения топологии, подключается к изменению активной группы уставок.

Применение уравнения LDC при использовании параллельных трансформаторов описано в разделе Автоматическое регулирование напряжения параллельных трансформаторов.

Вход уменьшения уставки напряжения (RSV)

Частота системы уменьшается, когда производство активной мощности в сети меньше потребления мощности. Для восстановления баланса необходимо увеличить выработку мощности либо отключить часть нагрузки.

Самый простой способ снижения нагрузки – это уменьшение уровня напряжения за счет подачи на регуляторы меньшего опорного напряжения. Для этой цели функция OLATCC имеет групповую уставку *ШагУменьшУставки*. При активации входа RSV напряжение снижается. Если этот вход установлен в значение "Да", заданное целевое значение напряжения снижается на величину уставки *ШагУменьшУставки*. Если требуется более одного шага по снижению напряжения RSV, нужно использовать изменение группы уставок, где поддерживаются другие значения параметра *ШагУменьшУставки* . Уменьшенное значение сохраняется как целевое значение в течение всего периода времени, пока вход RSV имеет значение "Да".

Так как снижение частоты указывает на необходимость снижения нагрузки, будет целесообразным подключить пусковой сигнал функционального блока защиты от понижения частоты к дискретному входу RSV.

Уровень снижения нагрузки при падении напряжения зависит от характеристик нагрузки. Например, чисто активные нагрузки пропорциональны квадрату напряжения, тогда как электроприводы с контроллерами частоты могут давать постоянную мощность, несмотря на небольшие изменения напряжения.

Данные о состоянии входа RSV можно считать на входе RSV.

9.5.4.6 Автоматическое регулирование напряжения параллельных трансформаторов

При параллельном использовании двух или более трансформаторов, коэффициенты трансформации которых незначительно отличаются друг от друга, весьма вероятным будет появление уравнительных токов между трансформаторами. Это происходит в результате небаланса полных сопротивлений повреждения параллельных трансформаторов. Чтобы избежать появления таких токов, необходимо так отрегулировать РПН трансформаторов, чтобы добиться баланса. Если трансформаторы

идентичны, ступени напряжения и положения отпаек также должны совпадать. В таком случае можно использовать принцип Ведущий/Ведомый. Однако можно подключать параллельно и трансформаторы с разными номинальными параметрами и с различным шагом регулирования, и этими конфигурациями можно управлять при помощи функции управления РПН. Для таких конфигураций нужно использовать принцип минимизации уравнительного тока (режим MCC) или режим с использованием реактивного сопротивления (NRP). Режимы MCC и NRP также подходят для идентичных трансформаторов.

Уравнительный ток, который является практически чисто индуктивным, определяется как ток обратной последовательности, если он течет по направлению к трансформатору. U_{ci} в Уравнении 187 является положительным, а управляющее напряжение U_p в результате повышается после активации сигнала `RAISE_OWN`, при достаточном уровне уравнительного тока и неизменных остальных параметрах (Уравнение 190 и Уравнение 192). В результате уравнительный ток можно уменьшить за счет повышения напряжения.

Уравнение компенсации падения напряжения в линии (LDC) и параллельное соединение

Другая проблема, связанная с компенсацией падения напряжения на линии при параллельном соединении, – это необходимость знать суммарный ток, протекающий через параллельные трансформаторы.

В режиме Ведущий/Ведомый определить суммарный ток проще, чем в других параллельных режимах, так как считается, что номинальные параметры трансформаторов идентичны, то есть, суммарный ток ($I_{injected}$ в Уравнении 189) можно получить путем умножения измеренного тока нагрузки (среднее значение вторичных токов I_A, I_B и I_C подключенного собственного трансформатора) на количество параллельных трансформаторов. OLATCC может внутренним путем определить количество параллельных трансформаторов на основании количества подключенных входов положений РПН. Но если нет информации о подключенных положениях РПН от других параллельных трансформаторов, правильное количество параллельных трансформаторов, за исключением собственного трансформатора, необходимо устанавливать при помощи параметра *ПаралТрансф* .

В режиме «МинимЦиркТока» по горизонтальной связи передается информация по измеренным токам нагрузки между регуляторами, чтобы можно было точно суммировать общий (суммарный) ток, необходимый для компенсации падения напряжения в линии. Здесь $I_{injected}$ определяется как сумма векторов вторичных токов всех параллельных силовых трансформаторов. Токи от других трансформаторов должны подаваться через входы `TRx_I_AMPL` b `TRx_I_ANGL` .

В режиме «ОтрицРеактСопр» параллельные трансформаторы имеют разные номинальные параметры, а между регуляторами отсутствует связь. Таким образом, при задании уставок *КоэфКомпРеактU* и *КоэфКомпАктU*используемое в уравнении I_{CT_n1} должно представлять собой сумму токов всех параллельно работающих трансформаторов. Здесь $I_{injected}$ также определяется как среднее подключенных вторичных токов (I_A, I_B и I_C). Расчетная компенсация падения напряжения в линии доступна в данных мониторинга LDC.

Режим работы Ведущий/Ведомый (M/F)

Режим работы Ведущий/Ведомый (M/F) подходит для силовых трансформаторов с одинаковыми номинальными параметрами и шагом регулирования напряжения. Один регулятор напряжения (ведущий) измеряет и управляет, а остальные регуляторы (ведомые) повторяют действия ведущего, то есть, все параллельно подключенные РПН синхронизированы. Эта параллельная работа достигается за счет подключения выхода `FLLWx_CTL` Ведущего к соответствующему входу `TAPCHG_FLL` ведомых по горизонтальной связи GOOSE.

Значения команд `FLLWx_CTL` : 1=Понизить ведомый x и 2=Повысить ведомый x. Соответственно, значения команды `TAPCHG_FLLW` таковы: 1=Понизить и 2=Повысить.

Если несколько регуляторов действуют как ведущие (по одному), их выходы также должны быть заведены на входы других регуляторов. Чтобы начать параллельную работу, ведущий регулятор необходимо установить в режим "АвтоВедущий", а ведомые регуляторы – в режим "АвтоВедомый". Для реализации этого параметра необходимо запланировать изменение группы уставок.

Чтобы удержать все РПН в одном положении, ведущее устройство должно иметь информацию о положении отпаек всех ведомых. Таким образом, уравнительный ток удерживается на минимальном значении. Значения положений отпаек ведомых устройств передаются ведущему по горизонтальной связи GOOSE либо при помощи функции TPOSYLTC.

Если невозможно использовать горизонтальную связь между интеллектуальными устройствами, и данные о положении нельзя передать от параллельных трансформаторов, режим M/F все-таки можно использовать для регулирования двух или неограниченного числа параллельных трансформаторов. Так как ведущий не может определить положения отпаек параллельных трансформаторов, он просто активирует все выходы, работающие на повышение и понижение, всех ведомых, когда он управляет собственным РПН. Это называется "слепым управлением". В таком случае ряд параллельных трансформаторов регулируется как один блок. Входы положения отпаек 1…3 (`TR1_TAP_POS..TR3_TAP_POS`) должны быть оставлены неподключенными, чтобы ведущий знал, что положения отпаек ведомых неизвестны. Выдержка времени между последовательными

командами определяется уставкой *ВыдВрВедом* . Используемое по умолчанию значение – 6 секунд

Когда вводится в работу отключенный трансформатор и положение отпайки неизвестно, ведомый должен быть переведен вручную в то же положение, в котором находится ведущий. Это также можно выполнить в режиме "Ведущий/Ведомый". Сначала ведущий выдает команду управления на собственный трансформатор, то есть, сигнал затем отражается ведомым (положения отпаек ведомых должны быть подключены). Затем последовательно выдается ряд управляющих команд, до тех пор, пока ведущий и ведомые не будут иметь одинаковые положения отпаек.

Функция защиты от несинхронного действия

Функция защиты от несинхронного действия обычно используется только в режимах M/F. Функция защиты от несинхронного действия означает, что ведущий способен определить положения ведомых и вывести их в такое положение, в котором находится ведущий. В таком случае ведущий полагает, что уставки ведомых таковы: *ВысшБлокОтп* выше *НизшБлокОтп* или *НизшБлокОтп* выше *ВысшБлокОтп* так как это определяет командный импульс, который выдается ведомому. Если у ведущего *ВысшБлокОтп* выше *НизшБлокОтп* , а у ведомого *НизшБлокОтп* выше *ВысшБлокОтп*, соответствующие управляющие сигналы `TAPCHG_FLLW` должны быть подключены крестообразно. Для этого требуется дополнительная логика, где двухпозиционные командные биты должны конвертироваться, т.е. 0=>0, [01]=1=>[10]=2 и [10]=2=>[01]=1.

Режим Ведущий/Ведомый – единственный параллельный режим, имеющий функцию защиты от несинхронного действия. В режимах МинимЦиркТока и ОтрицРеактСопр уравнительный ток минимизируется, что, по всей вероятности, означает разное положение отпаек параллельных трансформаторов. Кроме того, эти режимы допускают использование трансформаторов с разными номинальными параметрами и различными ступенями регулирования напряжения. Таким образом, функцию защиты от несинхронного действия целесообразно применять только в режиме M/F.

Функция защиты от несинхронного действия включается, когда ведущий обнаруживает разницу как минимум в один шаг между позициями РПН ведомого и ведущего. В таком случае ведущий посылает специальные команды "Повысить" или "Понизить" ведомому, на котором определено расхождение положений отпаек. Если две последовательно посланных команды не смогут изменить положение РПН ведомого в правильном направлении, ведущий активирует выход `PAR_FAIL` , т.е. выход `PAR_FAIL` устанавливается в значение "Да" и и прекращает попытки по восстановлению синхронного действия. Однако при каждом управляющем действии, посланном позднее на собственный РПН, он всегда посылает управляющий импульс также и на ведомого с отклонением по расположению отпаек. Более того, если ведущий замечает правильное изменение положения после посылки импульса, он возобновляет попытки привести РПН ведомого к соответствующему положению, и блокирует выход `PAR_FAIL` , т.е.

устанавливает PAR_FAIL в значение "Нет". Однако при наличии других ведомых с отличными положениями РПН сброс не индицируется. Индикация возможна только при отсутствии ведомых, на которых имеется отклонение в положении РПН. Мониторинг, и, следовательно, индикация отсутствия параллельного действия, при слепом управлении невозможны. Данные по ведомым с нарушением параллельной работы можно прочитать в данных мониторинга FAIL_FLLW. Например, если нарушение параллельного действия имеет место только на ведомом 3, FAIL_FLLW имеет значение "Ведомый 3". Если нарушение параллельного действия имеет место на ведомом 1 и ведомом 2, FAIL_FLLW имеет значение «Ведомые 1 и 2». При отсутствии отказов ведомых по умолчанию используется значение "Нет отказа ведомых".

Режим с использованием реактивного сопротивления (NRP)

Такая схема параллельного управления подходит для трансформаторов с различными номинальными параметрами и различным шагом регулирования напряжения. Так как связь между регуляторами не требуется, этот принцип может использоваться даже в том случае, когда параллельные трансформаторы расположены на разных подстанциях. Чтобы начать параллельную работу, действующий режим нужно установить в значение "ОтрицРеактСопр" для всех регуляторов соединения. Действующий режим можно изменить через входы функционального блока или путем установки в этот режим, локально или дистанционно.

При использовании этого принципа каждый регулятор имеет уставку фазного угла φ_{Load} (уставка *Угол нагрузки*) в направлении которой он пытается регулировать ток. Значение уставки выбирается в зависимости от ожидаемого коэффициента мощности нагрузки (положительное значение уставки равно индуктивной нагрузке). Когда действующее значение фазного угла тока нагрузки равно значению уставки, а трансформаторы и положения РПН идентичны, токи двух или более трансформаторов находятся в той же фазе, что и суммарный ток нагрузки. Если положения РПН различны, при протекании уравнительного тока токи различных трансформаторов либо отстают от тока нагрузки, либо опережают ток нагрузки. На Рисунке 558 показано, что уравнительный ток – это реактивная составляющая, на которую отличается вектор измеренного тока от вектора тока нагрузки.

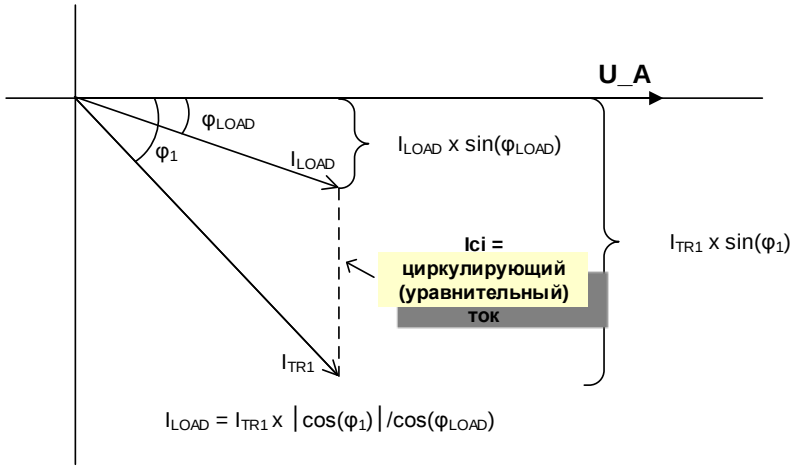


Рис. 558: Ожидаемый фазный угол тока нагрузки параллельно работающих трансформаторов вводится в виде уставки φ_{Load}

Регуляторы рассчитывают уравнительный ток по уравнению

$$I_{ci} = (\sin\varphi_1 - \tan\varphi_{Load} \cdot |\cos\varphi_1|) \cdot I_{TR1}$$

(Уравнение 190)

I_{TR1}	Среднее значение токов I_A, I_B и I_C
φ_1	Фазный угол между U_A и I_A
φ_{Load}	Уставка фазного угла тока нагрузки

В режиме с использованием реактивного сопротивления уравнительный ток минимизируется за счет изменения управляющего напряжения в зависимости от величины измеренного уравнительного тока. Регулятор рассчитывает предел компенсации уравнительного тока U_{ci} по уравнению

$$U_{ci} = \frac{-I_{ci}}{I_n} \cdot \frac{Устойчивость}{100} \cdot U_n$$

(Уравнение 191)

I_{ci}	Циркулирующий (уравнительный) ток
Устойчивость	Уставка Устойчивость (рекомендуемое значение зависит от полного сопротивления контура)

Если номинальные токи параллельно работающих трансформаторов различны, значение уставки *КоэфУстойч* регулятора должно быть

пропорционально номинальным токам, т.е. выше номинального тока, т.е. чем выше номинальный ток, тем выше значение уставки *КоэфУстойч* .

Сравнивая реактивные составляющие токов, измеренных различными регуляторами, можно выяснить, был ли минимизирован уравнительный ток. Уравнительный ток минимизирован, когда реактивные составляющие равны.

Метод с использованием реактивного сопротивления обратной последовательности дает удовлетворительные результаты только в том случае, если фазный угол тока нагрузки известен относительно точно. Если фактический фазный угол имеет отклонение от уставки фазного угла, имеет место ошибка регулирования. Однако для тех случаев, когда происходит периодическое ступенчатое изменение фазного угла тока нагрузки, погрешность регулирования может блокироваться логикой. Такой тип ступенчатого изменения может произойти, например, при включении батареи конденсаторов для компенсации потока реактивной мощности.

Еще одна возможность – это использование изменения активной группы уставок в условиях различной нагрузки. В этом случае группы уставок имеют разные уставки фазного угла нагрузки.

Принцип минимизации уравнительного тока (режим МинимЦиркТока)

Режим МинимЦиркТока – это оптимальное решение для управления параллельными трансформаторами с различными номинальными параметрами или шагом регулирования на подстанциях с изменяющимися реактивными нагрузками. Так как эта схема управления разрешает обмен данными между регуляторами, уравнительный ток можно рассчитать более точно, чем при использовании других схем. Но можно подключать параллельно не более четырех регуляторов. Для запуска параллельного действия необходимо установить действующий режим в значение "МинимЦиркТока" для всех регуляторов, используемых в соединении. Кроме того, сигнал CON_STATUS должен показывать, что трансформаторы подключены к сети. Устройство, минимизирующее уравнительный ток, должно быть установлено в режим "МинимЦиркТока". Но устройства, установленные в режим "Ручной" сами не выполняют никаких действий по минимизации уравнительного тока.

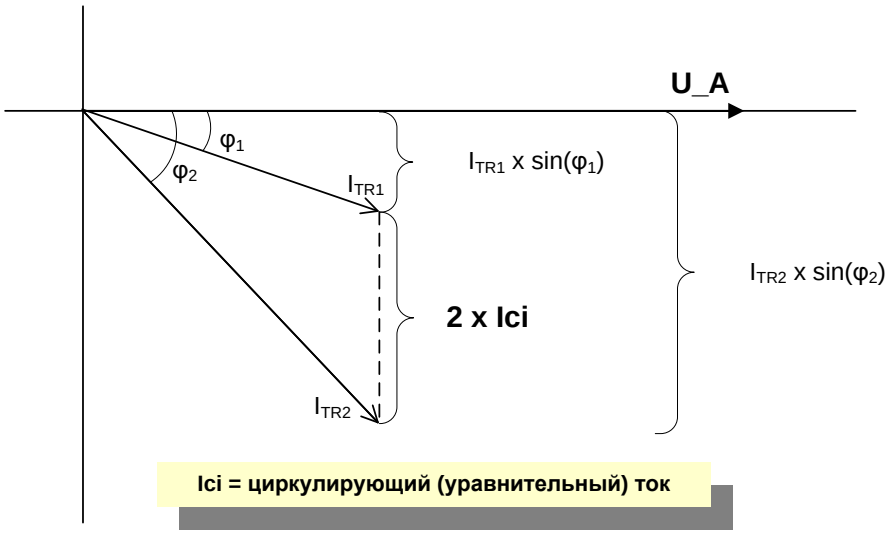


Рис. 559: Уравнительный ток между двумя параллельными трансформаторами

В таком случае уравнительный ток рассчитывается по уравнению

$$I_{ci} = \frac{(\sin\phi_1 \cdot I_{TR1} - \sin\phi_2 \cdot I_{TR2})}{2}$$

(Уравнение 192)

I_{TR1}	Среднее первичное значение токов I_A, I_B и I_C, измеренное регулятором 1
I_{TR2}	Среднее первичное значение токов I_A, I_B и I_C, измеренное регулятором 2
φ_1	Фазный угол между U_A и I_A в регуляторе 1
φ_2	Фазный угол между U_A и I_A в регуляторе 2

Уравнительный ток можно увидеть в контролируемых данных I_CIR

Предел компенсации U_{ci} можно рассчитать при помощи уравнительного тока согласно уравнению

$$U_{ci} = \frac{-I_{ci}}{I_{TT_n1}} \cdot \frac{\text{Устойчивость}}{100} \cdot U_n$$

(Уравнение 193)

I_{ci}	Уравнительный ток, первичное значение
I_{CT_n1}	Номинальный ток первичной обмотки ТТ
КоэфУстойч	Уставка Устойчивость (рекомендуемое значение зависит от полного сопротивления контура)

Предел компенсации U_{ci} можно рассчитать при помощи уравнительного тока согласно Уравнению 191. Значение U_{ci}, которое может быть положительным или отрицательным, прибавляется к уставке *Опорное напряжение* U_s (Уравнение 187). Согласно Рисунку 559 и Уравнению 192, требуется информация о векторах от других ИЭУ.

Обнаружение параллельных устройств и режим МинимЦиркТока

Для режима МинимЦиркТока информация о статусе соединения сети является очень существенной. Для обеспечения правильности расчета минимального уравнительного тока в случае, когда трансформатор отключен, но функция OLATCC остается в режиме МинимЦиркТока, статус "Нет" должен подключаться к входу CON_STATUS. Таким образом, отключенный трансформатор исключается из расчетов уравнительного тока.

Вход CON_STATUS используется для определения способности контроллера определенного трансформатора посылать текущую информацию контроллерам других трансформаторов для минимизации уравнительного тока. В результате этот вход действует только в режиме минимизации уравнительного тока или в ручном режиме. В этиз режимах, если вход CON_STATUS установлен в значение "Да", начинается передача информации. Прием данных об уравнительном токе разрешен только в действующем режиме МинимЦиркТока, когда вход CON_STATU имеет значение "Да". Данные PAR_UNIT_MCC можно увидеть в контролируемых данных.

Связь и режим МинимЦиркТока

Информация о векторах от параллельных устройств требуется для расчета уравнительного тока. Таким образом, при использовании принципа минимизации уравнительного тока между интеллектуальными устройствами должна быть горизонтальная связь по GOOSE.

Передаваемый вектор тока содержит первичное значение измеренного тока. Полученную информацию о векторе тока можно прочитать во входных данных TRx_I_AMPL и TRx_I_ANGL (величину и угол соответственно). Значение "x" означает номер подключенного параллельного трансформатора, значение от 1 до 3.

Посланная информация о векторе всегда представляет собой разность между вектором напряжения *U_A* и вектором тока *I_A*. Эту информацию, касающуюся вектора тока, можно прочитать в выходных данных TR0_I_AMPL и TR0_I_ANGL. Разрешенные действующие режимы посылки данных – это режим минимизации уравнительного тока или ручной режим, в обоих случаях вход CON_STATUS активируется. Активность связи видна в тех случаях, когда величина посылаемого и принимаемого вектора напряжения не привязана к нулю. Если же величина пересылаемого вектора равна нулю, действующий рабочий режим может быть отклонен либо величина сигнала слишком мала (смотрите раздел Измерение тока и напряжения). Активный вход CON_STATUS указывает, что соответствующий трансформатор подключен к сети, и его ток оказывает

воздействие на уравнительный ток других трансформаторов, даже если сам трансформатор находится в ручном режиме.

9.5.4.7 Характеристики таймера

Функция таймера срабатывания

Выдержка времени может представлять собой независимую или обратнозависимую характеристику, и выбирается при помощи параметра *ХарактВыдВр* . По умолчанию выбирается "Независимая" выдержка времени. Режим таймера не может изменяться между циклами T1 и T2: только до начала периода T1 и по завершении периода T2.

Таблица 961: Действующий режим, определяемый входами режима срабатывания

Режим таймера	Уставка	Описание
T1	*ВыдВр1Имп*	Первая выдержка времени, когда измеренное напряжение превышает предельное значение или опускается ниже предельного значения.
T2	*ВыдВр2Имп*	Вторая выдержка времени, задаваемая после того как первое управляющее воздействие не вывело измеренное напряжение на требуемый уровень.

Выдержка времени после активации импульса команды и перезапуска таймера составляет шесть секунд. Эта выдержка времени считается выдержкой на срабатывание РПН. Состояние таймера можно прочитать в контролируемых данных TIMER_STS, где активная выдержка T1 имеет значение"Таймер1Пониж Вкл" или "Таймер1Повыш Вкл", а активная выдержка T2 имеет значение "Таймер2Пониж Вкл" или "Таймер2Повыш Вкл". Кроме того, значение "ТаймБыстрПониж Вкл" указывает, что активна функция быстрого понижения (глава "Схема блокировки").

При включении таймера срабатывания становится активным выход `TIMER_ON` .

Срабатывание с обратнозависимой выдержкой времени (IDMT)

Таймер обратнозависимой выдержки времени может выбираться при помощи параметра *ХарактВыдВр* , который устанавливается в значение "Инверсная". Минимальное время срабатывания при использовании обратнозависимой характеристики не превышает 1,0 секунды. Но минимальные рекомендуемые значения выдержки времени на управление T1 и T2 составляет 10 секунд при использовании независимой выдержки времени и 25 секунд при использовании обратнозависимой выдержки времени.

Обратнозависимая выдержка времени определяется уравнениями:

$$B = \frac{U_d}{(U_{BW} / 2)}$$

(Уравнение 194)

U_d $|U_m – U_p|$, дифференциальное напряжение

U_{BW} Уставка *Диапазон напряжения*

$$t = \frac{T}{2^{(B-1)}}$$

(Уравнение 195)

T T1 или T2

Значение дифференциального напряжения $U_m – U_p$ можно увидеть в контролируемых данных UD_CTL. Если значение превышает половину значения уставки *Диапазон напряжения* и имеет отрицательный знак, выдается импульс на повышение. Контролируемые данные UD_CTL также можно увидеть в режиме таймера независимой выдержки времени.

Подход с использованием гистерезиса представлен на Рисунке 556.

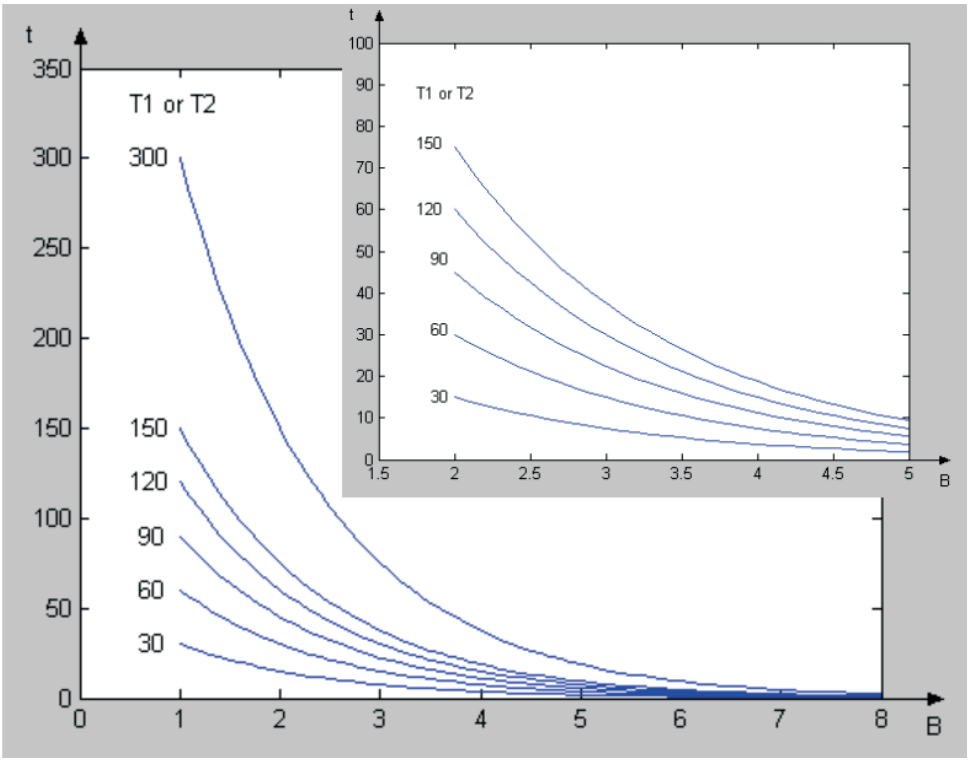


Рис. 560: Обратнозависимая характеристика при различных значениях T1 или T2 (Меньший рисунок – это детализация большего рисунка)

9.5.4.8 Управление импульсом

Когда процесс регулирования напряжения под нагрузкой активен, РПН генерирует активный сигнал срабатывания. Этот сигнал должен подключаться к входу TCO . Этот сигнал используется для сигнализации. Если сигнал активен (=Да) в течение более 15 секунд после блокировки управляющего импульса, генерируется аварийный сигнал (глава Индикация неисправности). Если вход TCO не подключен, аварийный сигнал генерироваться не будет.

Операция управления блокируется, когда активен входной сигнал TCO , если при этом не будет обнаружено заедание РПН (глава Индикация неисправности). Таким образом, контроллер не может посылать новые импульсы на РПН, когда РПН уже работает. Это происходит потому, что РПН, когда они работают, обычно нечувствительны к новым импульсам. Более того, так как импульсы не воспринимаются, счетчик импульсов РПН контроллера не изменяет своего значения.

Во время активного импульса ввод команды невозможен. Следовательно, длительность импульса команды (уставка *Импульс управления*) должна

выбираться очень тщательно, хотя активный вход TCO используется внутренним путем для предотвращения попадание в РПН новых команд.

Чтобы быть более уверенным в том, что, когда РПН в работе, новые импульсы посылаться не будут, сигнал срабатывания РПН можно также подключить к входу LTC_BLOCK . В таком случае это будет внешняя блокировка, когда автоматический импульс посылается на работающий РПН. Внешний вход LTC_BLOCK по умолчанию не действует, когда действующий режим – "Ручной".

Данные о состоянии входа TCO можно прочитать во входных данных TCO .

9.5.4.9 Схема блокировки

Действие регулятора напряжения может быть заблокировано по нескольким причинам. Назначение блокировки заключается в том, чтобы предотвратить срабатывание РПН в условиях, которые могут повредить РПН или привести к выходу других характеристик энергосистемы за допустимые пределы. Контролируемые данные BLK_STATUS не подразумевают никакой фактической блокировки, но выявляют, был ли выдан ожидаемый командный импульс. Блокирование происходит, когда активен соответствующий бит в сигнале BLK_STATUS и командный импульс выдан по истечении выдержки времени либо по месту. Это необходимо для того, чтобы избежать ненужной посылки события.

Контролируемые данные BLK_STATUS также упаковываются. Они содержат информацию о состоянии блокировки в виде выхода с битовой кодировкой. Выход состояния блокировки указывает не на фактическую блокировку, а на то, является ли ожидаемая команда успешной. На фактическую блокировку указывают соответствующие контролируемые данные (BLK_I_LOD, BLK_U_UN, RNBK_U_OV, BLK_LTCBLOCK, BLK_I_CIR, BLK_RAISE и BLK_LOWER). Таблице 962 показывает, что означают различные значения контролируемых данных. Например, состояние блокировки 9 означает, что имеются условия для блокировки циркулирующих токов и токов нагрузки (8 + 1 = 9). По умолчанию состояние имеет значение "0".

Таблица 962: Состояние блокировки с битовой кодировкой и назначение различных битов

Бит	Фактическое значение	Причина блокировки
6 (старший значащий бит)	64	Достигнуто самое нижнее положение
5	32	Достигнуто самое верхнее положение
4	16	Внешний сигнал LTC_BLOCK
3	8	Высокий ток в цепи
Продолжение таблицы на следующей странице		

Бит	Фактическое значение	Причина блокировки
2	4	Повышенное напряжение — сброс повышения напряжения
1	2	Пониженное напряжение — блокировка команд на понижение напряжения
0 (младший значащий бит)	1	Повышенный ток — ток нагрузки

Крестик (X) в таблице означает, что операция заблокирована (если соответствующий бит в BLK_STATUS активен). Например, повышенное напряжение (напряжение отката) приводит к блокировке только тогда, когда работа ведется в режиме ручного управления и выдается команда "Повысить".

Таблица 963: Используемые схемы блокировки функции OLATCC

Действующий режим	Команда	Ток нагрузки	Блокировка по понижению напряжения	Напряжение отката	Высокий уравнительный ток	Внешняя блокировка	Крайние положения
Ручной	Повысить	X		X			X
	Понизить	X					X
АвтоВедомый	Повысить	X	X			X	X
	Понизить	X	X			X	X
АвтоОдиноч, АвтоВедущий, ОтрицРеактСопр, МинимЦиркТока	Повысить	X	X		X[1)]	X	X[2)]
	Понизить	X	X		X[1)]	X	X[2)]

1) Так как уравнительный ток рассчитывается только в режимах ОтрицРеактСопр (NRP) и МинимЦиркТока (MCC), блокировка может быть только в этих режимах.
2) В этих случаях при полностью автоматической работе функция выявляет факт достижения крайнего положения и отсутствие необходимости активировать сигнал для посылки события набора данных. Здесь случай ведомого можно сравнить со случаем ручного регулирования, и можно послать сообщение о событии, при этом активируется соответствующий выход.

Помимо стандартной блокировки добавлен параметр *Ручная блокировка*, позволяющий учесть различные варианты выдачи команд блокировки в ручном режиме. Этот параметр может использоваться для адаптации ручных блокировок по максимальному току, по понижению напряжения или внешних блокировок. (Блокировки указаны в таблице в столбцах "Ток нагрузки", "Блокировка по понижению напряжения" и "Внешняя блокировка" для ручного режима.) По умолчанию параметр имеет значение "I>". Это означает, что действует стандартная схема блокировки, рассмотренная в

таблице. Однако существуют и другие варианты, которые приводят к другим действиям, чем указано в таблице.

Таблица 964: Ручная блокировка по выбору

Тип ручной блокировки	Перечень	Описание
1	Выведена	Блокировка по току нагрузки, блокировка понижения напряжения (по минимальному напряжению) или внешняя блокировка в ручном режиме не действуют.
2	I>	Блокировка по току нагрузки в ручном режиме действует
3	U<	Блокировка понижения напряжения (по минимальному напряжению) в ручном режиме действует
4	I>, U<	Условия 2 и 3 вместе: Блокировка по току нагрузки и блокировка понижения напряжения (по минимальному напряжению) в ручном режиме действуют
5	ВНЕШН	Внешняя блокировка в ручном режиме действует
6	I>, ВНЕШН	Условия 2 и 5 вместе: Блокировка по току нагрузки и внешняя блокировка в ручном режиме действуют
7	U<, ВНЕШН	Условия 3 и 5 вместе: Блокировка понижения напряжения (по минимальному напряжению) и внешняя блокировка в ручном режиме действуют
8	I>, U<, ВНЕШН	Условия 2, 3 и 5 вместе: Блокировка по току нагрузки и блокировка понижения напряжения (по минимальному напряжению), и внешняя блокировка в ручном режиме действуют

Если параметр *Ручная блокировка* имеет значение "Выведена", Таблица 965 содержит указание на схему блокировки в ручном режиме. Другие рабочие режимы действуют по стандартной схеме.

Таблица 965: Схема блокировки при выборе параметра "Выведена"

Действующий режим	Команда	Ток нагрузки	Блокировка по понижению напряжения	Напряжение отката	Высокий уравнительный ток	Внешняя блокировка	Крайние положения
Ручной	Повысить			X			X
	Понизить						X

Таблица 966: Схема блокировке при выборе параметра "I>, U<, ВНЕШН"

Действующий режим	Команда	Ток нагрузки	Блокировка по понижению напряжения	Напряжение отката	Высокий уравнительный ток	Внешняя блокировка	Крайние положения
Ручной	Повысить	X	X	X		X	X
	Понизить	X	X			X	X

Таблица 967: Схема блокировке при выборе параметра "U<, ВНЕШН"

Действующий режим	Команда	Ток нагрузки	Блокировка по понижению напряжения	Напряжение отката	Высокий уравнительный ток	Внешняя блокировка	Крайние положения
Ручной	Повысить		X	X		X	X
	Понизить		X			X	X

Блокировка по току нагрузки

Блокировка по току нагрузки используется, главным образом, для предотвращения срабатывания РПН в условиях максимального тока. Например, ток может быть недостаточно высоким для активации устройства защиты подстанции, но при этом может оказаться губительным для контактора РПН. Эта блокировка может регулироваться уставкой параметра *ПределТокаНагр*. Для блокировки используются максимальные величины, измеренные в фазах на стороне вторичной обмотки. При превышении заданного предельного значения по умолчанию блокируются режимы автоматического и ручного регулирования (Таблица 963).

Состояние блокировки можно увидеть в данных мониторинга BLKD_I_LOD.

Блокировка команд на понижение напряжения

Эта функция блокирует команды на повышение и понижение напряжения, если измеренное напряжение слишком низкое и не может быть скорректировано действием РПН. Такие ситуации могут происходить из-за повреждения в измерительной схеме, из-за замыкания на землю или максимального тока. По умолчанию, если выполняется условие понижения напряжения, блокируется только автоматическое действие (а также АвтоВедомый) (Таблица 963). Эта блокировка может регулироваться уставкой параметра *УБлокирПониз*.

Состояние блокировки можно увидеть в контролируемых данных BLKD_U_UN.

Однако в блокировке по понижению напряжения не существует минимального предела. Блокировка разрешена даже в том случае, когда измеряемое напряжение не подключено или временно его значение очень мало. Имеется минимальное предельное значение для расчета фазного угла на основании величины вектора напряжения.

Напряжение отката

Команда "Повысить", введенная вручную, блокируется при превышении предела повышения напряжения (Table 963). Но в режиме автоматического регулирования при повышении напряжения включается функция быстрого понижения напряжения. Более подробные данные об этом смотрите в главе Ручное регулирование напряжения . Эта блокировка может регулироваться уставкой параметра *НапряжОткатаПОВЫШ*.

Состояние блокировки можно увидеть в контролируемых данных RNBK_U_OV.

Высокий уравнительный ток

Значение уравнительного тока рассчитывается в таких режимах как режим с использованием реактивного сопротивления (ОтрицРеактСопр) и режим минимизации уравнительного тока (МинимЦиркТока). В этих режимах при измерении высокого уравнительного тока блокируется только автоматическое регулирование. (Таблица 963). Эта блокировка может регулироваться уставкой параметра *Предел циркул тока*.

Состояние блокировки можно увидеть в данных мониторинга BLKD_I_CIR.

LTC_BLOCK – вход внешней блокировки

При помощи возможностей по конфигурированию, имеющихся в программном обеспечении PCM600, можно создать необходимое условие блокировки, которое необходимо подключить к этому входу. Состояние блокировки можно увидеть в данных мониторинга BLKD_LTCBLK. При активации этот вход по умолчанию блокирует только автоматическое действие регулятора. (Таблица 963). В режимах полностью автоматического регулирования при активации сигнала сбрасывается таймер, и контролируемые данные BLKD_LTCBLK не активируются.

Крайние положения

Эта функция блокировки контролирует крайние положения РПН. Эти крайние положения можно настраивать с помощью параметров *ВысшБлокОтп* и *НизшБлокОтп*. Когда РПН достигает одного из этих положений, команды в соответствующем направлении блокируются (Таблица 963). Блокируемое направление определяется по результатам сравнения значений параметров *ВысшБлокОтп* и *НизшБлокОтп* (см. раздел Управление напряжением/ направление движения РПН). Эта блокировка оказывает воздействие как на автоматический, так и на ручной режим работы.

Но, как показано в Таблице 963, в автоматических режимах индикация блокировки не генерируется. Здесь "АвтоВедомый" не является полностью автоматическим режимом. Неподключенная информация о положении не приводит к полной блокировке функции OLATCC, блокируются только крайние положения.

Состояние блокировки можно увидеть в генерируемых событиях.

Управление быстрым понижением напряжения

Функция OLATCC обеспечивает управление быстрым понижением напряжения в режимах автоматического регулирования. Когда будет превышено заданное значение уставки *НапряжОткатаПОВЫШ* регулятор выдает управляющие импульсы на быстрое понижение напряжения, до тех пор, пока напряжение не опустится ниже заданной предельной величины. Такое быстрое понижение напряжения можно увидеть в контролируемых данных TIMER_STS, где значение "ТаймБыстрПониж Вкл" указывает, что эта функция активна.

Чтобы разрешить выполнение операции быстрого понижения напряжения, уставка *НапряжОткатаПОВЫШ* всегда должна быть выше напряжения регулирования (U_CTL) плюс половина величины уставки *Диапазон напряжения*.

Обычно блокировки сбрасываются, когда соответствующий предел с гистерезисом выше или ниже заданного значения. Хотя блокировка сбрасывается после того как значение выходит за нижний предел, операция по быстрому снижению напряжения продолжается до тех пор, пока разность сигналов измеренного напряжения не достигнет половины значения предела гистерезиса уставки *Диапазон напряжения* (Рисунок 556). В результате нормальный режим автоматического регулирования будет невозможен, пока это не произойдет.

При управлении быстрым понижением напряжения выдается ряд последовательных импульсов `LOWER_OWN`. Интервал времени между началом каждого из последовательных импульсов равен длительности импульса плюс 1,5 секунды.

- Во время этого цикла не учитывается выдержка времени на срабатывание РПН (в противном случае она составляет шесть секунд) (что означает, что некоторые командные импульсы безрезультатны из-за работы РПН, как описано в разделе "Управление импульсами")
- Режим таймера, определяемый параметром *ХарактВыдВр* , здесь не действует (так как всегда используется независимая (DT) выдержка времени). Так как минимальная длительность импульса (уставка *Импульс управления*) составляет 0,5 секунды, самый короткий интервал между последовательно выдаваемыми импульсами может составлять две секунды.

В режиме автоматического регулирования быстрое понижение напряжения не включается. Таким образом, можно избежать разброса значений положения на различных устройствах. Решение о быстром понижении напряжения всегда принимает ведущий от имени ведомых. Более того, ведущий и ведомый должны измерять равный уровень напряжения и иметь подобные уставки для блокировки по максимальному напряжению.

9.5.4.10 Индикации аварийной сигнализации

Мониторинг работы РПН

Функция OLATCC контролирует работу РПН и выдает аварийный сигнал при обнаружении аварийного условия. Включение аварийного сигнала означает, что становится активным выход ALARM , и причину аварийного сигнала можно прочитать в контролируемых данных ALARM_REAS. Аварийные сигналы по умолчанию имеют атрибут *Сигнализация введена* , но они могут быть выведены из использования, для чего параметр "Сигнализация введена" необходимо установить в значение "Нет. Функция OLATCC может обнаружить три различных аварийных условия и их сочетания.

Ошибка команды

При выдаче импульса функция OLATCC контролирует информацию о положении РПН собственного трансформатора. Если функция OLATCC не видит правильного изменения положения (направление зависит от сравнения уставок *ВысшБлокОтп* и *НизшБлокОтп*) в течение выдержки времени *ВыдВрОшибкиКом* после начала импульса, выдается аварийный сигнал.

Если данные о положении не подключены, аварийный сигнал не генерируется. Аварийный сигнал сбрасывается, если правильное изменение положения будет обнаружено после выдачи импульса или после выдачи нового командного импульса.

Во время аварийного сигнала станут доступными контролируемые данные ALARM_REAS. Это означает, что в случае, когда причина аварийного сигнала существует, ALARM_REAS имеет значение "Ошибка команды".

Сбой сигнала TCO

Если сигнал срабатывания РПН TCO остается активным более 15 секунд после блокировки выходного импульса, функция OLATCC начинает рассматривать это как аварийное условие, и считает, что РПН застрял. Аварийный сигнал сбрасывается при отключении выходного сигнала TCO . Во время аварийного сигнала станут доступными контролируемые данные ALARM_REAS. Это означает, что ALARM_REAS будет иметь значение "Ошибка TCO" только в том случае, если причина сигнала продолжает существовать.

Если входной сигнал TCO не подключен (индикация "плохое качество"), этот тип аварийного сигнала невозможен.

Частые переключения регулятора

Существует вероятность, что неправильно заданные уставки приведут к тому, что регулятор будет слишком часто выдавать управляющие импульсы. Например, слишком малая уставка параметра *Диапазон напряжения* (Рисунок 556) может привести к частым переключениям, когда регулятор сталкивается с проблемами при выводе регулируемого напряжения на требуемый уровень. Для обнаружения такого условия функция OLATCC имеет параметр *МаксОпер1час*, уставки которого определяют разрешенное количество операций повышения и понижения в течение одного часа. Обнаружение этого условия активно и в режиме ручного регулирования, и в режиме автоматического регулирования. Аварийный сигнал сбрасывается, если заданное количество операций в течение 1 часа меньше установленного значения. Количество выполненных операций за последний час доступно в контролируемых данных OP_TM_NUM_H. Но этот параметр обновляется только с интервалом 3 минуты. И вновь, во время аварийного сигнала контролируемые данные ALARM_REAS будут доступны Это означает, что ALARM_REAS имеет значение "ЧастыеПерекл" только в том случае, когда причина аварийного сигнала продолжает существовать.

Во время аварийной ситуации действие функции OLATCC не блокируется, но все описанные выше аварийные сигналы приводят к задержке автоматического срабатывания. На практике это означает, что заданные выдержки времени T1 и T2 удваиваются.

В дополнение к обнаружению аварийных сигналов, функция OLATCC предусматривает параметр постоянного (энергонезависимого) счетчика операций (контролируемые данные OPR_CNT) для определения рабочих интервалов РПН. Счетчик дает общее количество команд "Повысить" и "Понизить", выдаваемых в режимах ручного и автоматического управления. Все команды, даже те, которые РПН пропускает из-за выполняемой последовательности операций, рассчитываются в суммирующем счетчике. Эти данные можно сбросить при помощи уставки параметра *Счетчик OLATCC*в меню "Сброс".

9.5.5 Применение

Функция OLTACC используется для регулирования напряжения на стороне нагрузки силового трансформатора. На основании измеренного напряжения и тока функциональный блок определяет, нужно ли повысить или понизить напряжение. Напряжение регулируется путем ввода команд "Повысить" и "Понизить" в РПН.

Основной принцип регулирования напряжения заключается в том, что регулирование не выполняется, пока напряжение находится в пределах заданного диапазона. Измеренное напряжение всегда сравнивается с расчетным управляющим напряжением U_p. Как только измеренное напряжение выходит за пределы диапазона, начинается выдержка времени T1. По истечении заданной выдержки времени на РПН выдается импульс на

повышение или понижение напряжения. Если после первой операции переключения РПН измеренное напряжение все еще находится вне заданного диапазона, начинается выдержка времени T2. Обычно выдержка T2 задается короче, чем T1.

При определенных обстоятельствах автоматический регулятор напряжения должен быть расширен за счет дополнительных функций, таких как Функция компенсации падения напряжения в линии (LDC) и Функция уменьшения заданного напряжения (RSV). Для случаев, когда к одной шине одновременно подключены два или более силовых трансформаторов, возможны различные параллельные режимы работы. Параллельные режимы работы функции OLATCC – это режим "Ведущий/Ведомый", Режим минимизации уравнительного тока (МинимЦиркТока) и режим с использованием принципа реактивного сопротивления обратной последовательности (ОтрицРеактСопр)

Пример конфигурации режимов "Ручной" и "АвтоОдиноч"

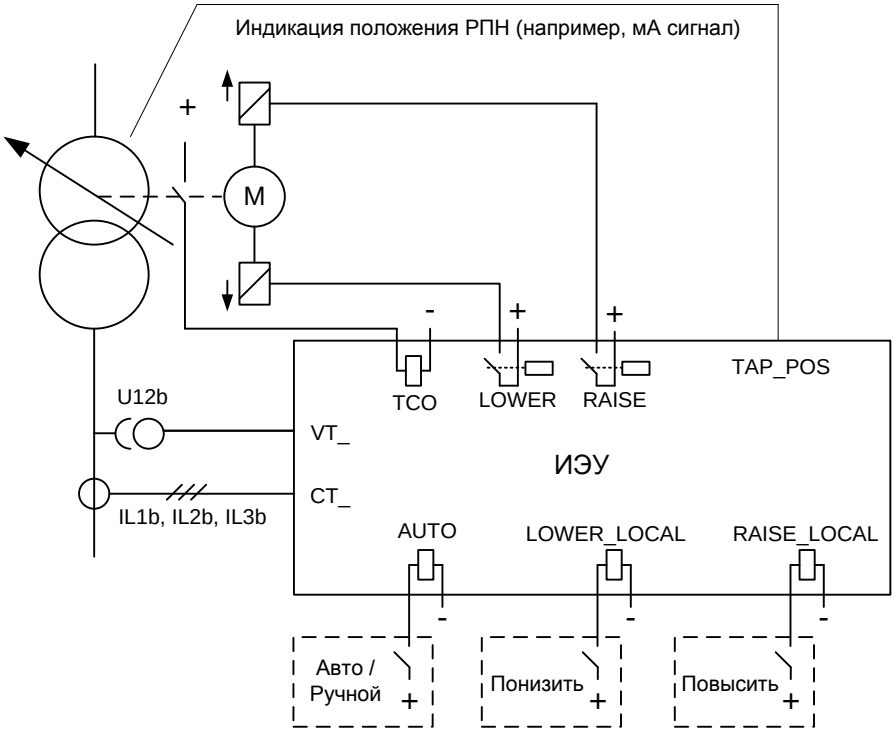


Рис. 561: Основная схема подключения регулятора напряжения

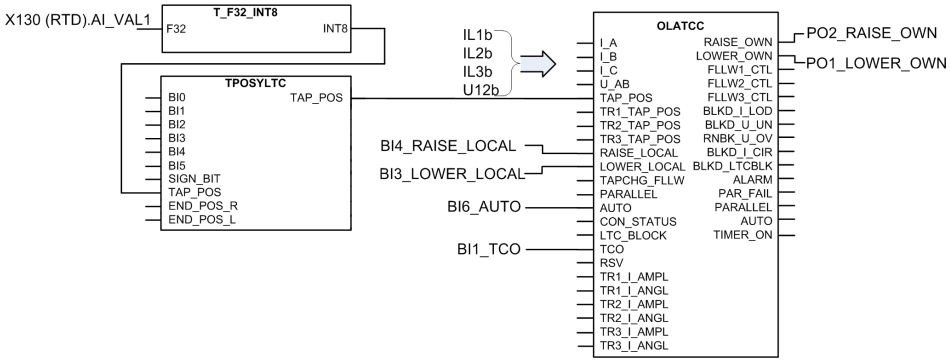


Рис. 562: Пример конфигурации режимов "Ручной" и "АвтоОдиноч"

Для индикации текущего положения отпайки РПН локального трансформатора в данном примере конфигурации используется миллиамперный сигнал. Чтобы передать информацию о положении в функцию OLATCC, измеренный миллиамперный сигнал сначала масштабируется блоком RTD (X130). Затем масштабированное значение преобразуется в целочисленное значение при помощи функции T_F32_INT8. Это целочисленное значение подключается к входу `TAP_POS` функции TPOSYLTC. Значение положения отпайки автоматически передается из функции TPOSYLTC в функцию OLATCC без соединения конфигурации в схеме логики.

Пример конфигурации РежАвтоПарал (Ведущий/Ведомый)

В примере конфигурации "Ведущий/Ведомый" описывается, как данные о положении отпайки РПН передаются от ведомого ведущему по горизонтальной связи GOOSE. Для изменения режима через входы ведущего и ведомого может использоваться информация о состоянии выключателей и дополнительная логика (*Режим работы* = "По входу").

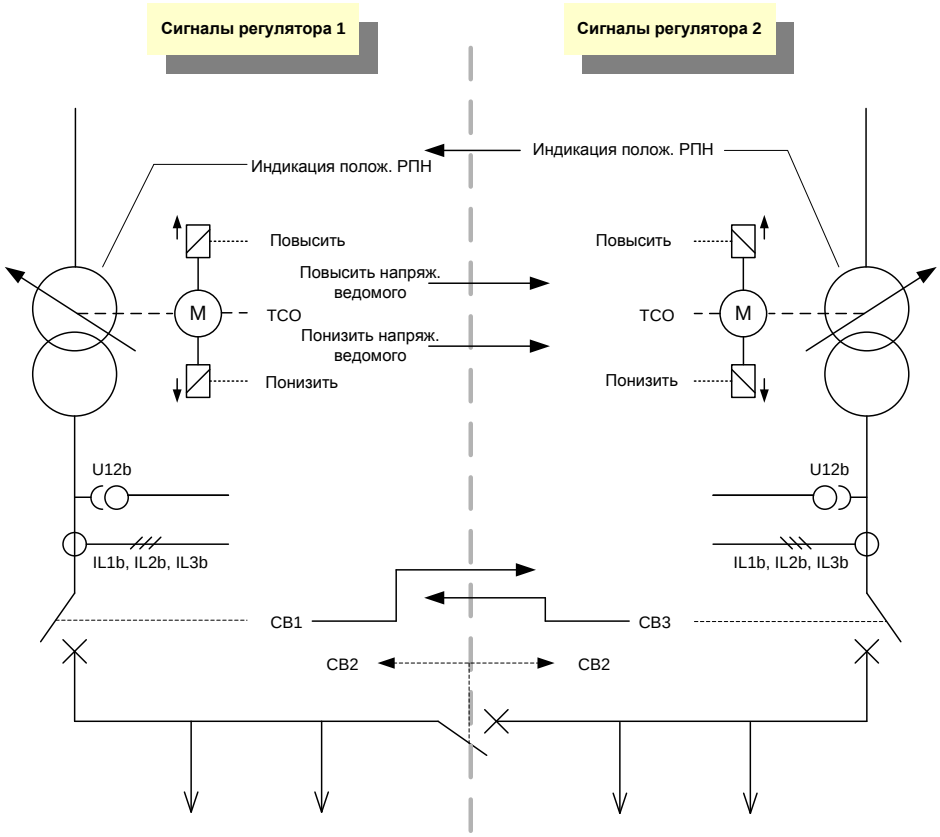


Рис. 563: Пример конфигурации РежАвтоПарал (Ведущий/Ведомый) (Ведущему известно положение ведомого)

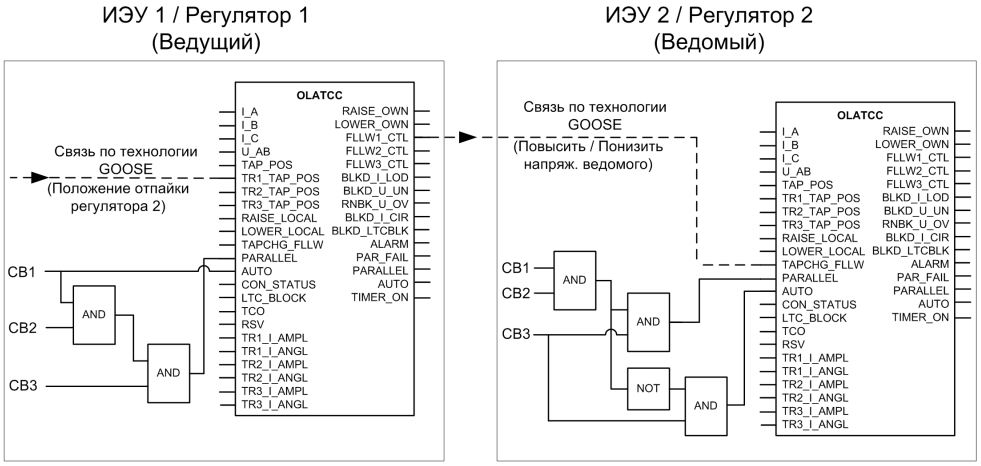


Рис. 564: Упрощенный пример конфигураций регуляторов 1 и 2, Ведущий/Ведомый

Таблица 968: Автоматический выбор режимов работы регуляторов в примере Ведущий/Ведомый

Выключатель CB1	Выключатель CB2	Выключатель CB3	Регулятор 1	Регулятор 2
Отключено	Отключено	Отключено	Ручной	Ручной
Отключено	Отключено	Включено	Ручной	АвтоОдиноч
Отключено	Включено	Отключено	Ручной	Ручной
Отключено	Включено	Включено	Ручной	АвтоОдиноч
Включено	Отключено	Отключено	АвтоОдиноч	Ручной
Включено	Отключено	Включено	АвтоОдиноч	АвтоОдиноч
Включено	Включено	Отключено	АвтоОдиноч	Ручной
Включено	Включено	Включено	АвтоПаралл (Ведущий) *Параллельный автоматический режим* = "АвтоВедущий"	АвтоПаралл (Ведомый) *РежАвтоПарал* = "АвтоВедомый"

Пример конфигурации АвтоПарал для режима РежАвтоПарал (МинимЦиркТока)

Цель режима РежАвтоПарал (МинимЦиркТока) заключается в минимизации уравнительного тока между параллельными трансформаторами. Обмен данными между регуляторами может выполняться по горизонтальной связи GOOSE.

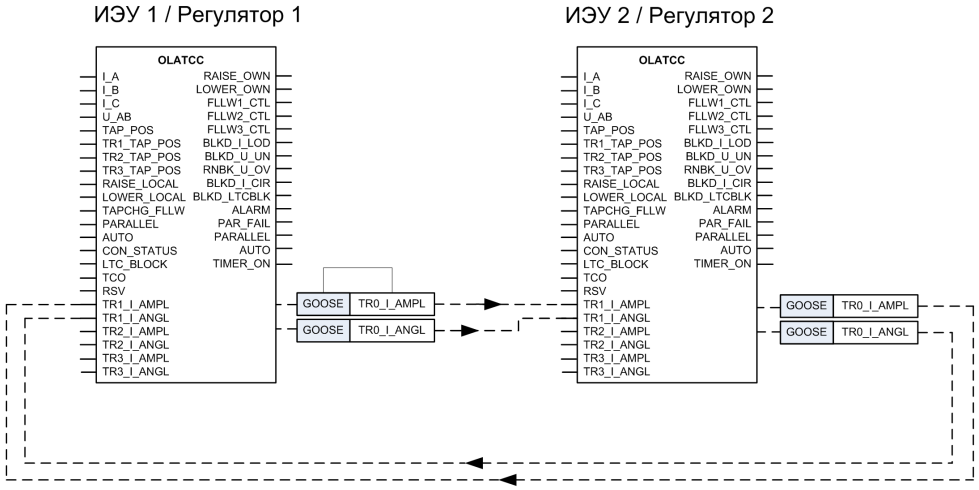


Рис. 565: Два параллельных трансформатора и горизонтальная связь по GOOSE для передачи данных по току и фазному углу при использовании принципа МинимЦиркТока.

Пример конфигурации режима АвтоПарал (ОтрицРеактСопр)

Преимущество режима с использованием принципа отрицательного реактивного сопротивления (ОтрицРеактСопр) заключается в отсутствии

необходимости монтажа и связи между интеллектуальными устройствами. Регуляторы напряжения работают независимо. Но в случаях с периодическими ступенчатыми изменениями фазного угла нагрузки погрешность регулирования может подавляться посредством автоматической смены группы уставок или путем изменения в логике рабочего режима.

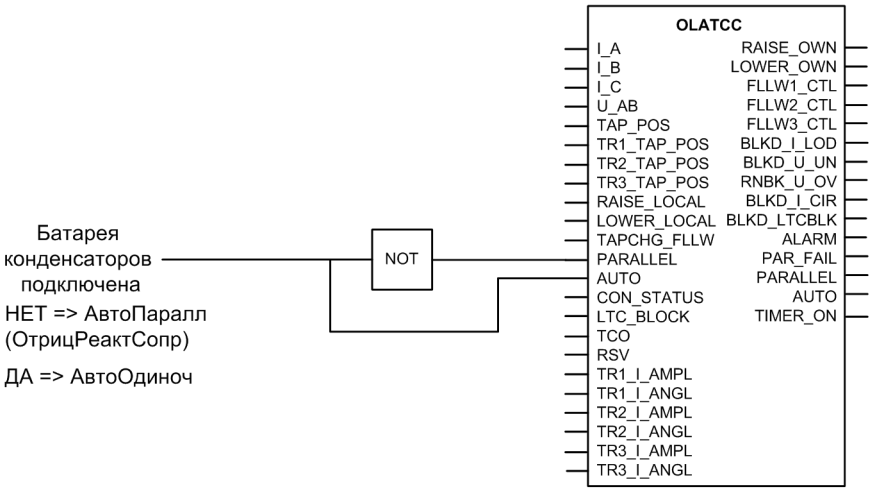


Рис. 566: Автоматическое изменение рабочего режима функции OLATCC, батарея конденсаторов подключена

Сравнение параллельных режимов работы

Параллельные режимы работы необходимы, так как, если параллельные регуляторы работают независимо друг от друга, в какой-то момент трансформаторы начинают работать асинхронно.

Уравнительный ток увеличится, и, таким образом, для трансформатора, дающего самое высокое напряжение, увеличится компенсация падения напряжения в линии. Соответственно, увеличение уравнительного тока приведет к тому, что напряжение трансформатора, дающего самое низкое напряжение, снизится в результате воздействия компенсации падения напряжения в линии. Другими словами, трансформаторы будут воздействовать друг на друга.

Но это применяется в конкретных случаях, когда параллельные режимы работы являются наиболее целесообразными.

Таблица 969: Различные параллельные режимы работы

Параллельные режимы работы	Описание
Ведущий/Ведомый (положения РПН ведомого ведущему неизвестны)	Требуются силовые трансформаторы с идентичными номинальными параметрами и ступенями регулирования напряжения - Требуются дополнительные работы по монтажу: команды Повысить/Понизить (вход TAPCHG_FLLW подключен от выхода FLLWx_CTL) от ведущего к ведомому - Сначала требуется ручное регулирование - "Слепое" регулирование: положения ведомого после регулирования контролировать невозможно. Следует лишь полагаться на то, что ведомые выполняют команды. + Параллельно работающие трансформаторы регулируются как один блок + Поддерживается параллельная работа неограниченного количества трансформаторов
Ведущий/Ведомый (положения РПН ведомого ведущему известны)	Требуются силовые трансформаторы с идентичными номинальными параметрами и ступенями регулирования напряжения - Дополнительные работы по монтажу: команды "Повысить"/"Понизить" (вход TAPCHG_FLLW подключен от выхода FLLWx_CTL) от ведущего к ведомому Соединения TAP_POS от ведомых к ведущему - Поддерживается параллельная работа до четырех трансформаторов.
Принцип отрицательного реактивного сопротивления (ОтрицРеактСопр)	Отклонение фактической величины фазного угла от значения уставки фазного угла приводит к ошибке регулирования. При использовании компенсации падения напряжения в линии уставку следует изменить при изменении количества параллельно работающих трансформаторов. + Ступени регулирования напряжения и полное сопротивление повреждения трансформаторов не обязательно должны быть идентичны. + Не требуется монтаж или связь между регуляторами, что означает, что этот принцип можно применять даже в том случае, когда параллельно работающие трансформаторы расположены на разных подстанциях. + Поддерживается параллельная работа неограниченного количества трансформаторов
Продолжение таблицы на следующей странице	

Параллельные режимы работы	Описание
Принцип минимизации уравнительного тока (режим МинимЦиркТока)	- Требуются дополнительные усилия по конфигурированию, так как при использовании настоящего принципа требуется горизонтальная связь между регуляторами (входы TRx_I подключены от выхода TR0_I параллельно работающего трансформатора). + Ступени регулирования напряжения и полное сопротивление повреждения трансформаторов не обязательно должны быть идентичны. + Фазный угол тока нагрузки может меняться, не оказывая воздействия на точность регулирования. + Автоматическое регулирование ряда трансформаторов (для точного расчета предела компенсации падения напряжения в линии)

9.5.6 Сигналы

Таблица 970: Входные сигналы функции OLATCC

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
U_AB	СИГНАЛ	0	Междуфазное напряжение AB
TAP_POS	INT8	0	Целочисленное значение, отображающее положение регулятора отпаек своего трансформатора
TR1_TAP_POS	INT32	0	Целочисленное значение, отображающее положение регулятора отпаек трансформатора 1
TR2_TAP_POS	INT32	0	Целочисленное значение, отображающее положение регулятора отпаек трансформатора 2
TR3_TAP_POS	INT32	0	Целочисленное значение, отображающее положение регулятора отпаек трансформатора 3
RAISE_LOCAL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды "Повысить" из конфигурации
LOWER_LOCAL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход команды "Понизить" из конфигурации
TAPCHG_FLLW	Enum	0=Нет	Изменить положение РПН Ведомого (стоп, понизить, повысить)
PARALLEL	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Параллельное или одиночное регулирование
AUTO	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Индикация Автоматическое/Ручное

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	По умолчанию	Описание
CON_STATUS	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Состояние подключения собственного трансформатора к системе
LTC_BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Внешний сигнал блокировки автоматического регулирования
TCO	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход регулятора отпаек
RSV	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Уменьшение уставки по напряжению
TR1_I_AMPL	FLOAT32	0.00	Полученное значение тока трансформатора 1
TR1_I_ANGL	FLOAT32	0.00	Полученное значение фазы тока трансформатора 1
TR2_I_AMPL	FLOAT32	0.00	Полученное значение тока трансформатора 2
TR2_I_ANGL	FLOAT32	0.00	Полученное значение угла тока трансформатора 2
TR3_I_AMPL	FLOAT32	0.00	Полученное значение тока трансформатора 3
TR3_I_ANGL	FLOAT32	0.00	Полученное значение угла тока трансформатора 3

Таблица 971: Выходные сигналы функции OLATCC

Название	Тип	Описание
RAISE_OWN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда ПОВЫСИТЬ для своего трансформатора
LOWER_OWN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Команда ПОНИЗИТЬ для своего трансформатора
FLLW1_CTL	INT32	Команда Понизить/Повысить для трансформатора 1 в режиме работы Ведущий/Ведомый
FLLW2_CTL	INT32	Команда Понизить/Повысить для трансформатора 2 в режиме работы Ведущий/Ведомый
FLLW3_CTL	INT32	Команда Понизить/Повысить для трансформатора 3 в режиме работы Ведущий/Ведомый
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Состояние сигнализации
PAR_FAIL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сбой параллельной работы
PARALLEL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Параллельное или одиночное регулирование
AUTO	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация Автоматическое/Ручное
BLKD_I_LOD	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация блокировки по максимальному току
BLKD_U_UN	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация блокировки по минимальному напряжению
RNBK_U_OV	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация блокировки отката повышения напряжения
BLKD_I_CIR	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация блокировки по высокому значению циркулирующего тока
BLKD_LTCBLK	ЛОГИЧЕСКИЙ	Индикация внешней блокировки

9.5.7 Уставки

Таблица 972: Групповые уставки функции OLATCC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
РежАвтоПарал	2=АвтоВедущий 3=АвтоВедомый 5=ОтрицРеактСопр 7=МинимЦиркТока			2=АвтоВедущий	Выбор режима параллельной работы
Опорное напряжение	0.000...2.000	xUn	0.001	1.000	Контролируемое напряжение Us
КоэфКомпАктU	0.0...25.0	%	0.1	0.0	Коэффициент компенсации падения активного напряжения
КоэфКомпРеактU	0.0...25.0	%	0.1	0.0	Коэффициент компенсации падения реактивного напряжения
ШагУменьшУставки	0.00...9.00	%Un	0.01	0.00	Размер шага уменьшения уставки Us (RSV)
КоэфУстойч	0.0...70.0	%	0.1	0.0	Коэффициент устойчивости при параллельной работе
Угол нагрузки	-89...89	град.	1	0	Сдвиг фаз нагрузки, используется только для принципа отрицательного реактивного сопротивления
ВыдВр1Имп	1000...300000	мс	100	60000	Выдержка времени первого импульса управления
ВыдВр2Имп	1000...300000	мс	100	30000	Выдержка времени второго импульса управления

Таблица 973: Общие уставки функции OLATCC (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Режим работы	1=Ручной 2=АвтоОдиноч 3=АвтоПаралл 4=По входу 5=Командный			5=Командный	Режим работы
Ручная блокировка	1=Отключено 2=I> 3=U< 4=I>, U< 5=ВНЕШН 6=I>, ВНЕШН 7=U<, ВНЕШН 8=I>, U<, ВНЕШН			2=I>	Ручная блокировка по выбору
ПаралТрансф	0...10		1	0	Число трансформаторов, работающих параллельно с защищаемым
ХарактВыдВр	0=Инверсная 1=Независимая			1=Независимая	Выбор характеристики выдержки времени
Диапазон напряжения	1.20...18.00	%Un	0.01	3.00	Разрешенное отклонение контролируемого напряжения

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
ПределТокаНагр	0.10...5.00	xIn	0.01	2.00	Предельное значение тока нагрузки для блокировки
UБлокирПониз	0.10...1.20	xUn	0.01	0.70	Предельное значение напряжения, при котором блокируются все дальнейшие команды на понижение
НапряжОткатаПОВЫШ	0.80...2.40	xUn	0.01	1.25	Значение напряжения, при котором выполняется быстрое понижение
Предел циркул тока	0.10...5.00	xIn	0.01	0.15	Предел блокировки высокого циркулирующего тока
Предел КПН	0.00...2.00	xUn	0.01	0.10	Максимальный предел компенсации напряжения линии
НизшБлокОтп	-36...36		1	0	Крайнее положение регулятора отпаек, соответствующее самому низшему напряжению регулируемой стороны
ВысшБлокОтп	-36...36		1	17	Крайнее положение регулятора отпаек, соответствующее самому высокому напряжению регулируемой стороны
Импульс управления	500...10000	мс	100	1500	Длительность выходного импульса команд Повысить/Понизить
КомпПадНапр	0=Нет 1=Да			1=Да	Выбор компенсации падения напряжения

Таблица 974: Общие уставки функции OLATCC (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
МаксОпер1час	0...10000		1	100	Допустимое число операций в течение 1 часа
ВыдВрОшибкиКом	10...50	с	1	20	Выдержка времени выдачи сообщения об ошибке команды
ВыдВрВедом	6...20	с	1	6	Выдержка времени между подачей команды Ведущим и ее исполнением Ведомым
Сигнализация введена	0=Нет 1=Да			1=Да	Выбор сигнализации
ОбратнПротекМощн	0=Нет 1=Да			0=Нет	Разрешение обратного протекания мощности

9.5.8 Контролируемые данные

Таблица 975: Контролируемые данные функции OLATCC

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
TR0_I_AMPL	FLOAT32	0.00...15000.00	A	Переданный ток
TR0_I_ANGL	FLOAT32	-180,00...180,00	град.	Переданная фаза тока
U_MEAS	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Междуфазное напряжение, среднее
ANGL_UA_IA	FLOAT32	-180...180	град.	Измеренный угол между напряжением и током фазы A
TIMER_STS	Enum	0=Выключены 1=Таймер1Пониж Вкл 2=Таймер1Повыш Вкл 3=Таймер2Пониж Вкл 4=Таймер2Повыш Вкл 5=ТаймБыстрПониж Вкл		Активны таймеры T1, T2 или таймер быстрого снижения
OPR_MODE_STS	Enum	0=Не используется 1=Ручной 2=АвтоОдиноч 3=АвтоВедущий 4=АвтоВедомый 5=МинимЦиркТока 6=ОтрицРеактСопр		Режим работы функционального блока
U_CTL	FLOAT32	0.000...3.000	xUn	Контролируемое напряжение
UD_CTL	FLOAT32	-2.000...2.000	xUn	Разность между измеренным и контролируемым напряжением: Um - Up
I_CIR	FLOAT32	-10,00...10,00	xIn	Расчетный циркулирующий ток - вычисляется в режимах работы МинимЦиркТока и ОтрицРеактСопр
LDC	FLOAT32	-2,00...2,00	xUn	Расчетное значение компенсации падения напряжения линии
BLK_STATUS	INT32	0...127		Двоично-кодированное значение, показывающее статус блокировки следующей операции

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ALARM_REAS	Enum	0=Нет сигнализации 1=Ошибка команды 2=Ошибка TCO 3=ОшКоманды +TCO 4=ЧастыеПерекл 5=ЧастыеПерекл + ОшКом 6=ЧастыеПерекл + Ош.TCO 7=ЧастПер + Ош.TCO+Ком		Состояние и причина сигнализации
OP_TM_NUM_H	INT32	0...2147483647		Число операций своего регулятора отпаек за последний час
FAIL_FLLW	Enum	0=Нет отказа ведомых 1=Ведомый 1 2=Ведомый 2 3=Ведомые 1+2 4=Ведомый 3 5=Ведомые 1+3 6=Ведомые 2+3 7=Ведомые 1+2+3		Отказ ведомых
PAR_UNIT_MCC	Enum	0=Нет парал. объектов 1=Тр-р 1 2=Тр-р 2 3=Тр-ры 1 и 2 4=Тр-р 3 5=Тр-ры 1 и 3 6=Тр-ры 2 и 3 7=Тр-ры 1+2+3		Параллельные объекты, включенные в расчет циркулирующего тока
OPR_CNT	INT32	0...2147483647		Общее число команд ПОВЫСИТЬ и ПОНИЗИТЬ, выданных в ручном и автоматическом режиме
OLATCC	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

9.5.9 Технические данные

Таблица 976: Технические данные OLATCC

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания[1)]	В зависимости от частоты измеряемого тока: $f_{ном}$ ±2 Гц
	Дифференциальное напряжение U_d = ±0,5 % от измеренной величины или ±0,005 × $U_{ном}$ (измеряемого напряжения <2,0 × $U_{ном}$) Значение параметра срабатывания = ±1,5% от U_d при Us = 1,0 × $U_{ном}$
Точность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени[2)]	+4,0%/-0% уставки
Погрешность времени срабатывания в режиме с обратнозависимой выдержкой времени[2)]	+8,5%/-0% уставки (при теоретическом B — в диапазоне 1,1… 5,0) Также учитывается минимальное время срабатывания (IDMT) 1 с.
Коэффициент возврата для операции управления Коэффициент возврата при блокировках по аналоговым значениям (кроме блокировки при повышении напряжения отката)	Типовое: 0,80 (1,20) Типовое: 0,96 (1,04)

1) Используются значения уставок, принятые по умолчанию
2) Напряжение до отклонения = уставка *Напряжение центра полосы частот*

9.5.10 Данные о технических изменениях

Таблица 977: Данные о технических изменениях функции OLATTC

Версия	Изменение
B	Добавлен новый выход TIMER_ON (для этого — новые данные по стандарту 61850). Изменения в интерфейсе ACT, обмен уже имеющимися данными между контролируемыми данными и выходным интерфейсом. Используемое по умолчанию значение параметра *Режим работы* изменено на "4=По входу" (прежде было "Ручной").
C	Внутреннее улучшение.
D	Добавлен вход TAP_POS. Добавлен командный режим для уставки *Режим работы*.

1234

Раздел 10 Функции измерения для контроля качества электроэнергии

10.1 Функция контроля суммарного среднего искажения (TDD) тока CMHAI

10.1.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция контроля искажения синусоидальности кривой тока	CMHAI	PQM3I	PQM3I

10.1.2 Функциональный блок

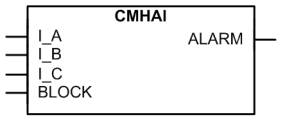


Рис. 567: Функциональный блок

10.1.3 Функциональные возможности

Функция контроля суммарного среднего искажения тока CMHAI используется для мониторинга коэффициента искажения синусоидальности кривой тока TDD.

10.1.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции CMHAI можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

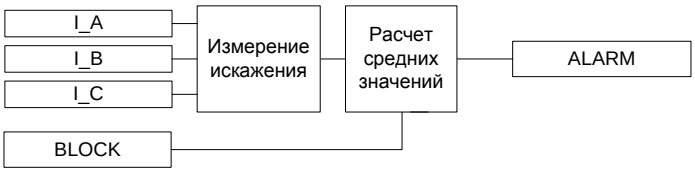


Рис. 568: Функциональная схема

Измерение искажения

Модуль измерения искажений измеряет гармоники вплоть до 11-й. Суммарное среднее искажения TDD рассчитывается на основании измеренных гармонических составляющих по следующей формуле:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{N} I_k^2}}{I_{max_demand}}$$

(Уравнение 196)

I_k k-яth гармоническая составляющая

I_{max_demand} Максимальный средний ток, измеренный функцией CMMXU

Если функции CMMXU в конфигурации нет, или максимальный средний ток меньше значения уставки *Начальн средн ток* , в *качестве* I_{max_demand} используется уставка Начальн средн ток.

Расчет средних значений

Среднее значение для TDD рассчитывается отдельно по каждой фазе. Если какие-либо из расчетных значений суммарного среднего искажения превышают сигнальный уровень уставки *Сигн уровень ОбщСрИск*, активируется выход ALARM.

Окно измерения для расчета усредненных значений определяется параметром *Интервал измерения* . Семь окон измерения могут иметь значение от "1 минуты" до "180 минут". Тип окна определяется параметром *Окно измерения* . Имеются такие опции как "Скользящее" и "Нескользящее".

При активации входа BLOCK выход ALARM блокируется.

10.1.5 Применение

В стандартах качество электроэнергии определяется характеристиками напряжения питания сети. Основными характеристиками качества электроэнергии является наличие переходных режимов, кратковременные и длительные колебания напряжения, несимметрия, а также искажение формы сигнала. Качество энергии представляет собой проблему, которая более всего

волнует заказчика Можно сказать, что любые проблемы, связанные с изменением токов и напряжений, которые могут привести к выходу из строя или неправильной работе оборудования, представляют собой проблему качества электроэнергии

Гармонические искажения в энергосистеме вызваны наличием в системе устройств с нелинейными характеристиками. В энергосистеме основным классом нелинейных нагрузок являются силовые электронные преобразователи. Импульсные источники питания в ряде однофазных электронных устройств, таких как персональные компьютеры, принтеры и копиры имеют очень высокое содержание третьей гармоники в токе. Трехфазные электронные преобразователи, такие как приводы постоянного/переменного тока, не генерируют токи третьей гармоники. Тем не менее, они тоже могут быть существенными источниками гармоник.

Мониторинг качества электроэнергии - исключительно важная услуга, которую электростанции могут предоставить своим основным клиентам и промышленным потребителям. Система мониторинга не только может предоставлять данные об аварийных режимах в энергосистеме и их возможных причинах, она также может обнаруживать проблемные состояния энергосистемы до того как от потребителей поступят жалобы на сбои в работе оборудования, или даже на повреждение или поломку оборудования. Проблемы качества электроэнергии не ограничиваются только проблемами энергосистемы. На самом деле, большинство проблем, связанных с качеством электроэнергии, локализуется на объектах потребителя. Таким образом, мониторинг качества электроэнергии - это не только эффективная стратегия работы с потребителями, но также и способ защиты репутации энергокомпании в отношении качества электроэнергии и обслуживания.

Функция CMHAI представляет собой метод мониторинга качества электроэнергии по гармоническому искажению формы кривой тока Функция CMHAI обеспечивает среднее значение для суммарного среднего искажения за короткий (3 секунды) и длительный интервал расчета TDD

10.1.6 Сигналы

Таблица 978: Входные сигналы функции CMHAI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Ток в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Ток в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Ток в фазе C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов

Таблица 979: Выходные сигналы функции CMHAI

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация по TDD

10.1.7 Уставки

Таблица 980: Общие уставки функции CMHAI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Интервал измерения	0=1 минута 1=5 минут 2=10 минут 3=15 минут 4=30 минут 5=60 минут 6=180 минут			2=10 минут	Интервал времени расчета средних значений
Окно измерения	1=Скользящее 2=Нескользящее			1=Скользящее	Тип окна при расчете усредненных значений
Сигн уровень ОбщСрИск	1.0...100.0	%	0.1	50.0	Сигн уровень ОбщСрИск

Таблица 981: Общие уставки функции CMHAI (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Начальн средн ток	0.10...1.00	xIn	0.01	1.00	Начальн средн ток

10.1.8 Контролируемые данные

Таблица 982: Контролируемые данные функции CMHAI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Макс среднее TDD Ia	FLOAT32	0.00...500.00	%	Максимальное среднее значение TDD, фаза A
Макс среднее TDD Ib	FLOAT32	0.00...500.00	%	Максимальное среднее значение TDD, фаза B
Макс среднее TDD Ic	FLOAT32	0.00...500.00	%	Максимальное среднее значение TDD, фаза C
Время МаксСрд TDD Ia	Метка времени			Метка времени запроса максимального TDD по фазе A
Время МаксСрд TDD Ib	Метка времени			Метка времени запроса максимального TDD по фазе B
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Время МаксСрд TDD Ic	Метка времени			Метка времени запроса максимального TDD по фазе C
3SMHTDD_A	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее за 3 с значение TDD, фаза A
DMD_TDD_A	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее значение TDD, фаза A
3SMHTDD_B	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее за 3 с значение TDD, фаза B
DMD_TDD_B	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее значение TDD, фаза B
3SMHTDD_C	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее за 3 с значение TDD, фаза C
DMD_TDD_C	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее значение TDD, фаза C

10.1.9 Данные о технических изменениях

Таблица 983: Данные о технических изменениях функции CMHAI

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Внутреннее улучшение.
D	Внутреннее улучшение.

10.2 Функция контроля общего гармонического искажения напряжения VMHAI

10.2.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция контроля искажения синусоидальности кривой напряжения (THD)	VMHAI	PQM3U	PQM3V

10.2.2 Функциональный блок

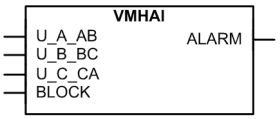


Рис. 569: Функциональный блок

10.2.3 Функциональные возможности

Функция контроля общего гармонического искажения напряжения VMHAI используется для контроля общего гармонического искажения напряжения THD.

10.2.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции VMHAI можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

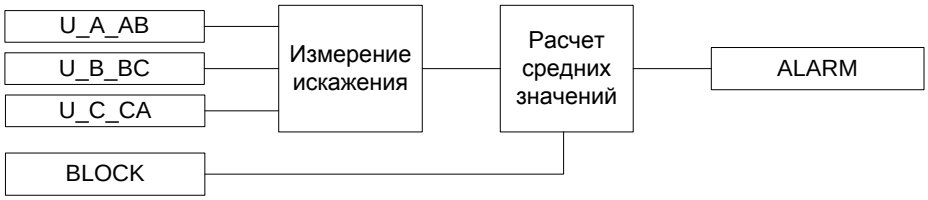


Рис. 570: Функциональная схема

Измерение искажения

Модуль измерения искажений измеряет гармоники вплоть до 11-й. Суммарное среднее гармоническое искажение THD рассчитывается на основании измеренных гармонических составляющих по следующей формуле

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{N} U_k^2}}{U_1}$$

(Уравнение 197)

U_k k^{th} гармоническая составляющая k

U_1 основная гармоника напряжения

Расчет средних значений

Среднее значение для THD рассчитывается отдельно по каждой фазе. Если какие-либо из расчетных значений суммарного среднего искажения THD превышают сигнальный уровень уставки *Сиган уровень THD*, активируется выход ALARM.

Окно измерения для расчета усредненных значений определяется параметром *Интервал измерения* . Семь окон измерения могут иметь значение от "1 минуты" до "180 минут". Тип окна определяется параметром *Окно измерения* . Имеются такие опции как "Скользящее" и "Нескользящее".

При активации входа BLOCK выход ALARM блокируется.

10.2.5 Применение

Функция VMHAI представляет собой метод мониторинга качества электроэнергии по гармоническому искажению формы кривой напряжения. Функция VMHAI обеспечивает среднее значение для суммарного среднего искажения за короткий (3 секунды) и длительный интервал расчета THD.

10.2.6 Сигналы

Таблица 984: Входные сигналы функции VMHAI

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_A_AB	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение A или междуфазное напряжение AB
U_B_BC	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение B или междуфазное напряжение BC
U_C_CA	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение C или междуфазное напряжение CA
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Сигнал блокировки всех дискретных выходов

Таблица 985: Выходные сигналы функции VMHAI

Название	Тип	Описание
ALARM	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация по THD

10.2.7 Уставки

Таблица 986: Общие уставки функции VMHAI (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Интервал измерения	0=1 минута 1=5 минут 2=10 минут 3=15 минут 4=30 минут 5=60 минут 6=180 минут			2=10 минут	Интервал времени расчета средних значений
Окно измерения	1=Скользящее 2=Нескользящее			1=Скользящее	Тип окна при расчете усредненных значений
Сигн уровень THD	1.0...100.0	%	0.1	50.0	Сигн уровень THD

10.2.8 Контролируемые данные

Таблица 987: Контролируемые данные функции VMHAI

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Макс среднее THD Ua	FLOAT32	0.00...500.00	%	Максимальное среднее значение THD, фаза A
Макс среднее THD Ub	FLOAT32	0.00...500.00	%	Максимальное среднее значение THD, фаза B
Макс среднее THD Uc	FLOAT32	0.00...500.00	%	Максимальное среднее значение THD, фаза C
Время МаксСрд TDD Ua	Метка времени			Метка времени запроса максимального THD по фазе A
Время МаксСрд THD Ub	Метка времени			Метка времени запроса максимального THD по фазе B
Время МаксСрд THD Uc	Метка времени			Метка времени запроса максимального THD по фазе C
3SMHTHD_A	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее за 3 с значение THD, фаза A
DMD_THD_A	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее значение THD, фаза A
3SMHTHD_B	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее за 3 с значение THD, фаза B
DMD_THD_B	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее значение THD, фаза B
3SMHTHD_C	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее за 3 с значение THD, фаза C
DMD_THD_C	FLOAT32	0.00...500.00	%	Среднее значение THD, фаза C

10.2.9 Данные о технических изменениях

Таблица 988: Данные о технических изменениях функции VMHAI

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение.
C	Внутреннее улучшение.

10.3 Функция контроля колебаний напряжения PHQVVR

10.3.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция контроля колебаний напряжения	PHQVVR	PQMU	PQMV

10.3.2 Функциональный блок

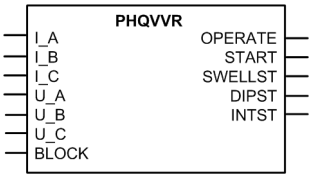


Рис. 571: Функциональный блок

10.3.3 Функциональные возможности

Функция контроля колебаний напряжения PHQVVR используется для измерения кратковременных колебаний напряжения в распределительных сетях.

Качество энергии оценивается по форме сигнала напряжения путем измерения скачков, провалов и прерываний напряжения. Функция PHQVVR включает в себя однофазный и трехфазный режимы колебаний напряжения.

Обычно кратковременными колебаниями напряжения считаются колебания, длящиеся более половины периода основной частоты и не превышающие 1 минуты. Максимальную величину (при скачке напряжения) или глубину (при провале или прерывании напряжения), а также продолжительность колебания напряжения можно получить путем измерения среднеквадратического значения напряжения по каждой фазе. Международный стандарт 61000-4-30

определяет расчет колебания напряжения при помощи среднеквадратического (RMS) значения напряжения. Стандарт IEEE 1159-1995 дает рекомендации по мониторингу качества энергии в однофазных или многофазных энергосистемах переменного тока.

Функция PHQVVR содержит блокировку. При необходимости можно блокировать ряд выходов функции или всю функцию полностью.

10.3.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции PHQVVR можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

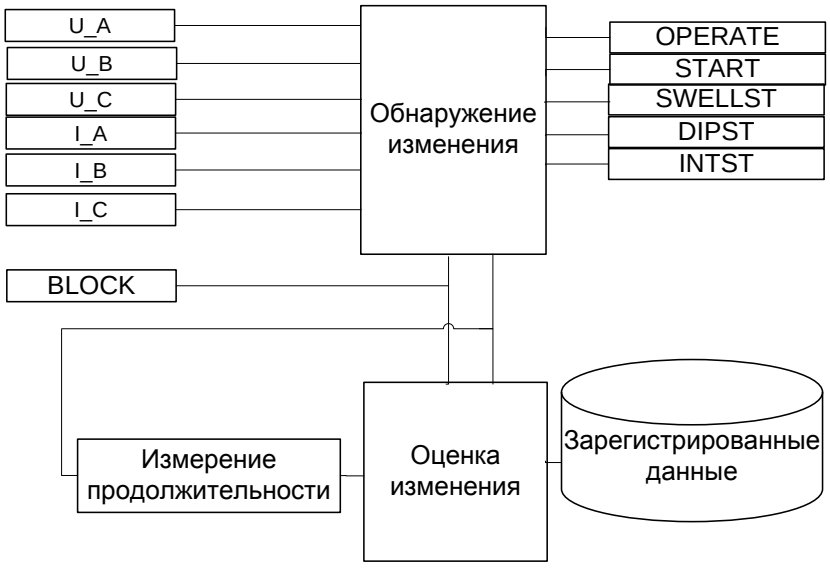


Рис. 572: Функциональная схема

10.3.4.1 Задание фазного режима

Функция PHQVVR предназначена для использования в однофазных и трехфазных энергосистемах переменного тока, и выбор осуществляется при помощи параметра *фазный режим* , который может устанавливаться в значение "Однофазный" либо "Трехфазный". По умолчанию используется значение "Однофазный".

Основное различие между этими двумя вариантами зависит от того, сколько фаз нужно для активизации функции контроля колебаний напряжения. Если *Фазный режим* - "Однофазный", функция активируется непосредственно. Пуск производится при колебании напряжения в любой из фаз. Выход START становится активным, и происходит пуск по соответствующей фазе, когда

значение выходит за пределы в большую или меньшую сторону. Блокировка пуска по соответствующей фазе происходит в случае выхода за пределы (включая небольшой гистерезис) в большую или меньшую сторону. Выход START блокируется при отсутствии других активных фаз.

Но когда параметр *фазный режим* имеет значение "Трехфазный", все контролируемые величины фазных сигналов, определенные при помощи уставки *Контроль фаз*, должны быть выше или ниже предельного значения, чтобы активировать выход START и соответствующий фазный выход, т.е все контролируемые фазы должны быть активированы. Соответственно, блокировка происходит при невыполнении требований по активации, т.е., когда одна или более контролируемых величин возвращаются в заданные пределы. Для активации выхода START фазы не нужно активировать по одному и тому же типу изменения Если же контролируется только одна или две фазы, для активации выхода START этого будет достаточно.

10.3.4.2 Обнаружение колебаний

Модуль сравнивает измеренное напряжение с заданными пределами Если напряжение постоянно понижено или повышено, на этот уровень напряжения можно задать уставку *Опорное напряжение* , чтобы избежать нежелательной индикации провалов или бросков напряжения. Для этого нужно изменить пределы изменения уставки параметра *Опорное напряжение* в модуле обнаружения колебаний, т.е. при напряжении, отличном от номинального, уставку *Опорное напряжение* нужно задать на это напряжение.

Уставка *Разрешение отклонения* используется для активации или блокировки типов колебаний. По умолчанию значение этого параметра – "Выбр+Прос +Прер", и указаны все альтернативные типы изменения напряжения. Например, при выборе значения "Выброс+Провал" обнаружение прерывания неактивно, и индикация есть только по таким событиям как броски напряжения или провалы напряжения.

Если параметр *Режим фаз* установлен в значение "Однофазный", и активна функция обнаружения провалов напряжения, выход DIPST становится активным, когда измеренное истинное среднеквадратическое значение в одной фазе опустится ниже значения уставки *Уставка провала напряжения 3* , но при этом останется выше значения уставки *Уставка прерывания напряжения* . Если напряжение опустится ниже значения *Уставки прерывания напряжения* становится активным выход INTST . Выход INTST блокируется, когда значение напряжения поднимется выше значения *Уставки прерывания напряжения*. Когда среднеквадратическое значение поднимется выше значения уставки *Уставка 3 выброса U*, активируется выход SWELLST .

Можно задать три предельных значения активации для провала (*Уставка 1–3 провала напряжения*) и выброса напряжения (*Уставка 1–3 выброса U*), а также одно предельное значение для прерывания.

Если для уставки *Режим фаз* выбрано значение "Три фазы", выходы DIPST и INTST активируются при условии, что уровни напряжения во всех контролируемых фазах, определяемые параметром *Контроль фаз*, будет ниже значения *Уставки прерывания напряжения*. Пример обнаружения трехфазного прерывания также иллюстрирует принцип выявления прерывания напряжения в режиме «Три фазы», когда значением уставки *Контроль фаз* выбрано «Ph A + B + C», а также соответствующие пусковые сигналы, если *Режим фаз* = «Однофазный».

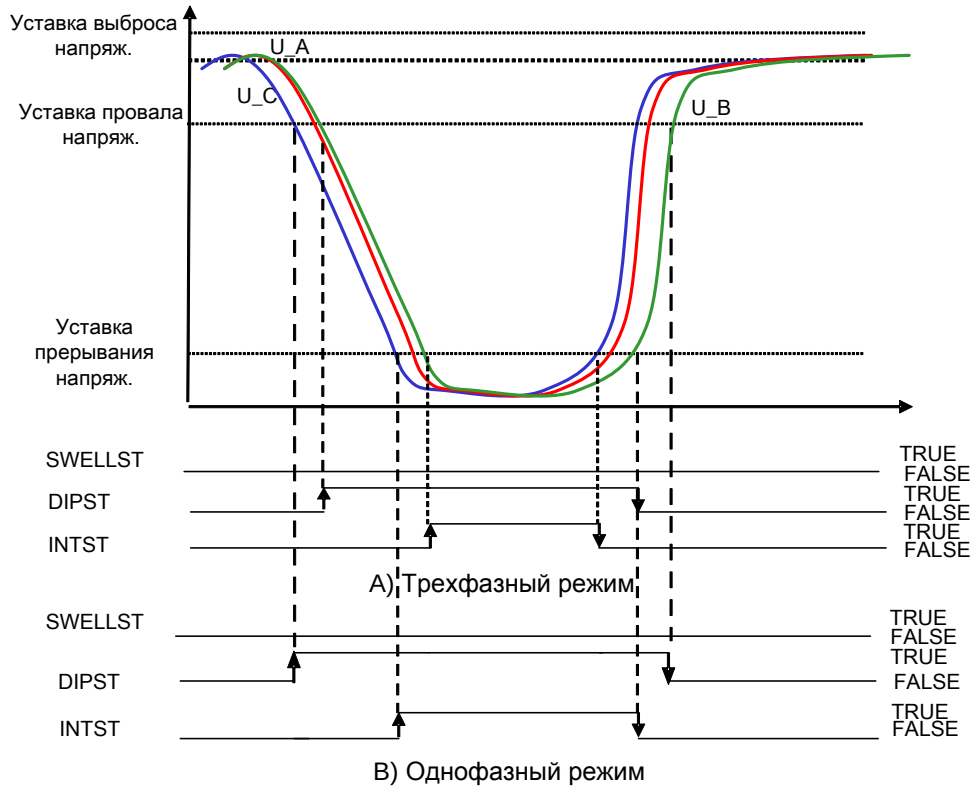


Рис. 573: Обнаружение трехфазного прерывания напряжения

Модуль измеряет величину колебаний напряжения отдельно по каждой фазе, т.е. имеются пофазные выходы ST_A, ST_B и ST_C для индикации колебаний напряжения. Параметр конфигурации *Контроль фаз* определяет, какая фаза или какие фазы напряжения контролируются. Если для контроля выбрана какая-либо фаза напряжения, функция полагает, что эта фаза подключена к каналу измерения напряжения. Другими словами, если контролируется неподключенная фаза, функция ошибочно обнаруживает прерывание напряжения в этой фазе.

Максимальная величина и глубина определяются в виде процентных значений, рассчитанных на основании разности опорного и измеренного напряжения. Например, провал напряжения 70% означает, что минимальная величина изменения провала напряжения составляет 70 процентов от величины опорного напряжения.

При активации входа BLOCK происходит сброс функции и выходов.

10.3.4.3 Оценка изменения

Критерий оценки изменения напряжения заключается в том, чтобы измеренная длительность изменения напряжения находилась между заданными значениями минимальной и максимальной длительности (*Время 1 провала U*, *Время 1 выброса U* или *Время 1 прерыван U*, в зависимости от типа колебания, и *Макс время отклон U*). Уставка максимальной длительности изменения одинакова для всех типов изменения.

На Рисунке 574 показаны области срабатывания защиты от провала напряжения. На Рисунке 573, показана только одна уставка провала/выброса/прерывания напряжения, тогда как на этом рисунке видно три предела срабатывания защиты от провала напряжения. Когда параметр *Уставка провала напряжения 3* ниже заданной, становятся активными соответствующие выходы ST_x , а также выходы DIPST . Когда величина напряжения (TRMS) остается в пределах между *Уставка провала напряжения 2* и *Уставка провала напряжения 1* в течение периода времени, превышающего значение уставки *Время 2 провала U* меньше значения *Время 3 провала U*), происходит событие обнаружения провала напряжения. Более того, если величина сигнала остается в этом промежутке в течение периода времени, превышающего значение уставки *Время 3 провала U* (меньше значения *Макс время отклон U*), обнаруживается временный провал напряжения. Если напряжение остается ниже значения *Уставки провала напряжения 1* в течение периода времени, превышающего значение уставки *Время 1 провала U* , но меньше значения *Время 2 провала U*, обнаруживается событие моментального провала напряжения.

При обнаружении события выход OPERATE всегда активируется на один цикл выполнения задачи. Только один из соответствующих счетчиков (INSTDIPCNT, MOMDIPCNT или TEMPDIPCNT) увеличивает значение на одну единицу. Если длительность провала напряжения, когда предельное значение ниже заданного, меньше значения *Время 1 провала U*, *Время 1 выброса U* или *Время 1 прерыван U*, событие провала не обнаруживается, если длительность превышает значение *Макс время отклон U*, MAXDURDIPCNT увеличивается на единицу, но не происходит обнаружения события, которое приводит к активации выхода OPERATE и обновлению записи данных. Эти счетчики доступны в данных мониторинга в локальном ИЧМ или эти данные можно получить при помощи специальных инструментов по каналам связи. Здесь нет пофазных счетчиков, но все обнаруженные колебания регистрируются общим счетчиком и классифицируются по времени/величине. Следовательно, событие,

происходящее одновременно в другой или других фазах, т.е. момент времени обнаружения события изменения напряжения, будет одинаков для двух или более фаз, будет считаться только один раз также для однофазных систем.

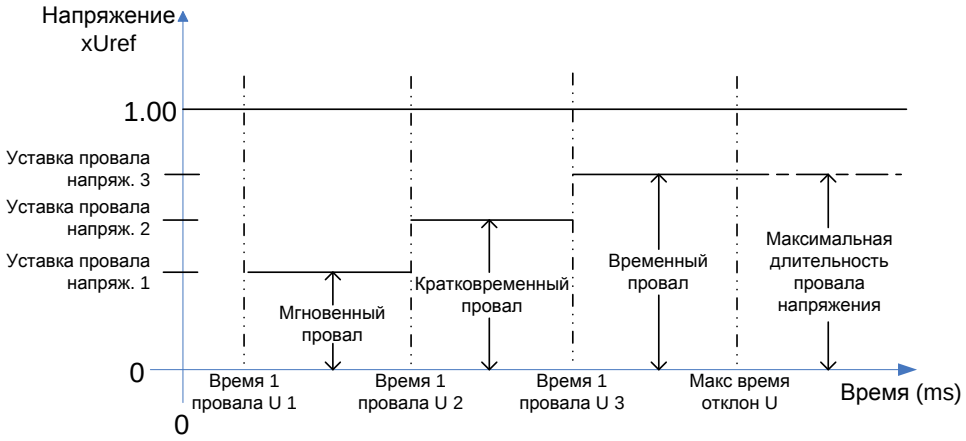


Рис. 574: Области срабатывания защиты от провалов напряжения

На Рисунке 575 соответствующие пределы срабатывания при выбросе напряжения имеют собственную разность пределов величин. Принцип действия защиты от выброса напряжения – тот же, что и принцип защиты от провалов напряжения, другими являются пределы величины и времени сигнала, а также меняется зона срабатывания (здесь применяется *Уставка x выброса U* > 1,0 xUn) .

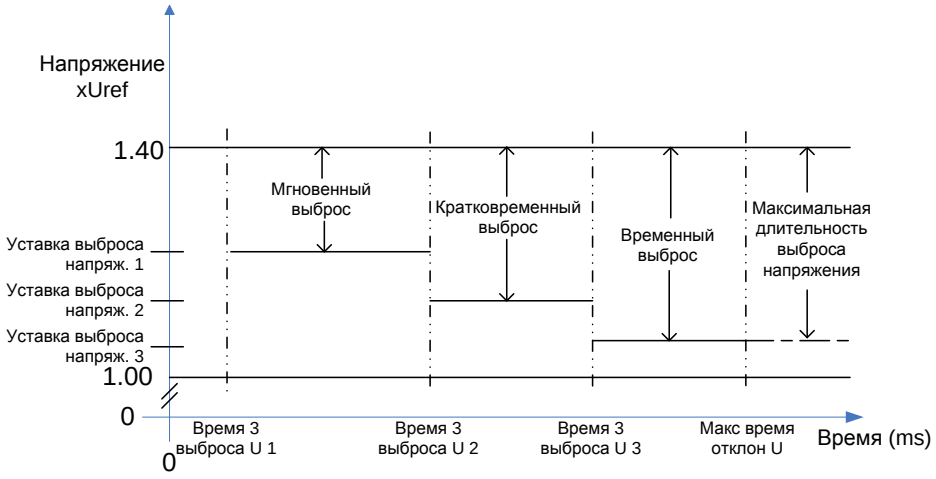


Рис. 575: Области срабатывания защиты от выбросов напряжения

Что касается защиты от прерывания напряжения, как показано на Рисунке 576, имеется только один предел величины, но четыре предела длительности прерываний. Теперь тип события и тип счетчика зависит только от времени продолжительности изменения.

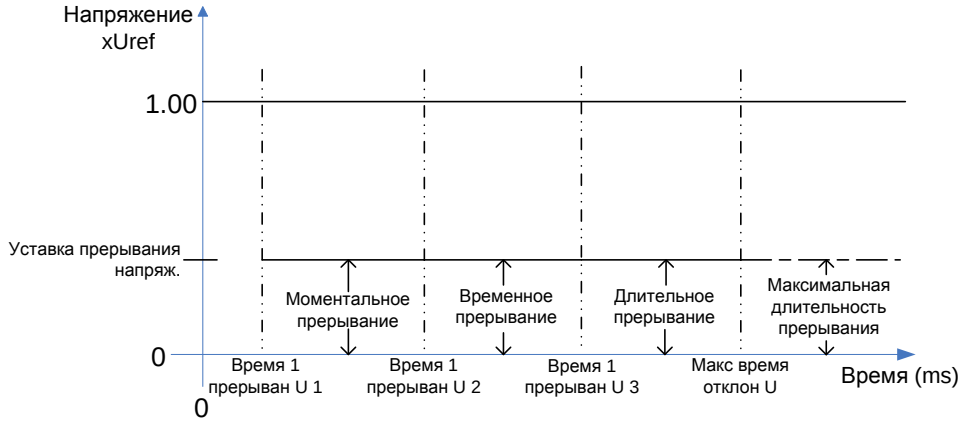


Рис. 576: Области срабатывания защиты от прерывания напряжения

Обычно обнаружения события не происходит в том случае, когда не выполняются оба требования – по величине и по длительности. Например, отсутствует индикация провала напряжения, если величина напряжения (TRMS) остается в промежутке между значениями *Уставки провала напряжения 3* и *Уставки провала напряжения 2* в течение периода времени, не превышающего значение уставки *Время 3 провала U* прежде чем напряжение снова поднимется выше *Уставки провала напряжения 3*.

Индикация события заканчивается, и, возможно, обнаружение происходит в случае, когда значение напряжения (TRMS) возвращается к значению выше (защита от провалов и прерываний) или ниже (защита от выброса) предельного для активации значения. Например, после мгновенного провала напряжения не будет немедленной индикации (и регистрации) события, когда величина уставки превысит значение *Уставки провала напряжения 1* , а только в том случае, если больше нет индикации провала по тому же самому провалу напряжения, а максимальная длительность провала напряжения не превышает заданного значения, прежде чем величина сигнала превысит значение *Уставки провала напряжения 3*. Во избежание колебаний при активации выхода имеется небольшой гистерезис для всех этих предельных значений. Благодаря наличию гистерезиса здесь не применяется подход, связанный с возвратом.

Следовательно, одно изменение напряжения одного типа может повлечь обнаружение и фиксацию только одного события изменения напряжения, т.е. будет обнаруживаться самое долгое показанное изменение напряжения по каждому типу изменения. Более того, также возможна замена уже индицируемого события мгновенного провала напряжения другим событием, если величина *Уставки провала напряжения 1* будет ниже заданной величины в течение заданного периода времени после первого обнаружения, опять же, в случае выполнения требований по величине и времени. Еще один вариант: при обнаружении мгновенного провала напряжения не выполняется условие по времени, но сигнал поднимается выше значения *Уставки провала напряжения 1*, уже истекшее время включается в период времени работы

таймера моментального провала напряжения. Время прерывания напряжения включается во время провала напряжения. Если сигнал не превышает значения *Уставки провала напряжения 2* до истечения *Время 2 провала U* , когда запускается таймер моментального провала напряжения в случае понижения величины ниже значения *Уставки провала напряжения 2*, вместо этого обнаруживается событие моментального провала напряжения. Следовательно, один и тот же провал напряжения с изменяющейся глубиной изменения может, в результате, дать несколько индикаций событий, но обнаружение будет только одно. Например, если величина ниже значения *Уставки провала напряжения 1* но остается выше *Уставки прерывания напряжения* течение периода времени, не превышающего значение уставки *Время 1 провала U* , при этом величина сигнала находится между значениями *Уставки провала напряжения 1* и *Уставки провала напряжения 2* чтобы общая продолжительность активации защиты от провалов напряжения была больше уставки *Время 2 провала U* а максимальное время не превышено, это обнаруживается как моментальный провал напряжения, несмотря на то, что был включен короткий период мгновенного провала напряжения. В тексте термины "глубже" и "выше" используются для обозначения провала или прерывания напряжения.

Хотя примеры приведены по событиям провалов напряжения, такие же правила могут применяться к защитам от выбросов и прерываний напряжения. Что касается индикации выброса напряжения, "глубже" означает, что сигнал поднимается еще выше, а "выше" означает, что величина сигнала, соответственно, опускается ниже.

Регулируемые пороги напряжения соответствуют следующим отношениям:

Время 1 провала U ≤ *Время 2 провала U* ≤ *Время 3 провала U*.

Время 1 выброса U ≤ *Время 2 выброса U* ≤ *Время 3 выброса U*.

Время 1 прерыван U ≤ *Время 2 прерыван U* ≤ *Время 3 прерыван U*.

Имеется встроенная функция оценки, которая проверяет соответствие этому отношению, если уставка *Время 1 прерыван/провала/выброса U* больше значения уставки *Время 2 прерыван/провала/выброса U* или *Время 3 прерыван/провала/выброса U*, *Время 2 прерыван/провала/выброса U* и *Время 3 прерыван/провала/выброса U* задаются равными новому значению *Время 1 прерыван/провала/выброса U*. Если уставка *Время 2 прерыван/провала/выброса U* больше значения уставки *Время 3 прерыван/провала/выброса U*, *Время 3 прерыван/провала/выброса U* задается равным новому значению *Время 2 прерыван/провала/выброса U*. Если уставка *Время 2 прерыван/провала/выброса U* задана ниже значения уставки *Время 1 прерыван/провала/выброса U*, вводимое значение *Время 2 прерыван/провала/выброса U* не принимается. Если уставка *Время 3 прерыван/провала/выброса U* задана ниже значения уставки *Время 2 прерыван/провала/выброса U*, вводимое значение *Время 3 прерыван/провала/выброса U* не принимается.

10.3.4.4 Измерение длительности

Длительность по каждой фазе напряжения соответствует периоду времени, в течение которого измеренные истинные среднеквадратические значения (TRMS) остаются выше (при выбросе напряжения) или ниже (при провале или прерывании напряжения) соответствующего предельного значения.

Кроме трех уставок пределов для всех типов провалов и выбросов напряжения также имеется специальная уставка длительности для каждой уставки предела. Что касается прерывания, имеется только одна уставка предела, общая для трех уставок длительности. Максимальная уставка длительности является общей для всех типов отклонений.

Модуль измерения длительности измеряет длительность отклонения напряжения отдельно в каждой фазе, когда параметр *Режим фаз* имеет значение "Однофазный". Длительность изменения напряжения в каждой фазе измеряется независимо. Но когда параметр *Режим фаз* имеет значение "Трехфазный", измерение длительности отклонения напряжения может начаться только тогда, когда активны все контролируемые фазы. Пример длительности отклонения, когда параметр *Режим фаз* имеет значение "Однофазный", можно увидеть на Рисунке 577. Отклонение напряжения в этом примере обнаруживается как прерывание напряжения в фазе B и провал напряжения в фазе A, а длительность отклонения интерпретируется как два независимых значения, `U_B` и `U_A`. При однофазном прерывании выход `DIPST` активен, когда активен `ST_A` или `ST_B`. Измеренные значения длительности отклонения – это значения времени, измеренные между активацией выходов `ST_A` или `ST_B` и блокировкой выходов `ST_A` или `ST_B`. Если параметр *Режим фаз* имеет значение "Трехфазный", случай, приведенный в примере, не приведет к активации.

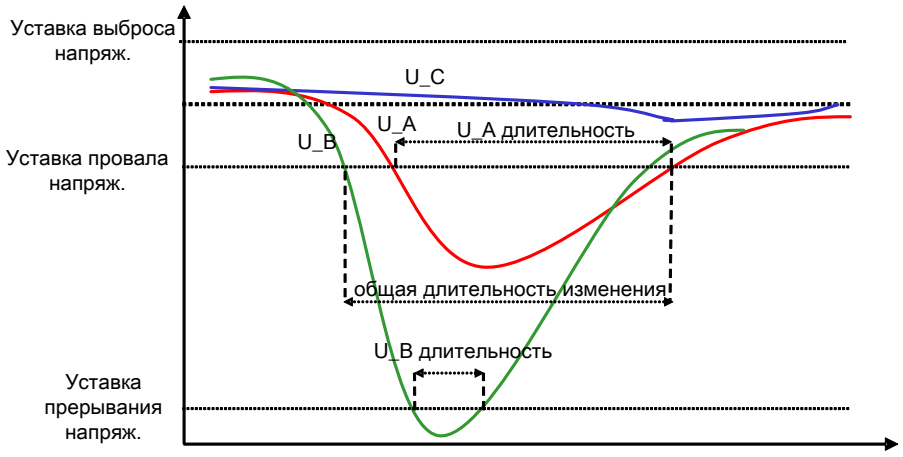


Рис. 577: Однофазное прерывание, параметр Режим фаз имеет значение "Однофазный"

10.3.4.5 Примеры отклонений при выборе трехфазного/однофазного режима

Имеющиеся правила всегда применяются для однофазных энергосистем (*Режим фаз* - "Однофазный"). Но для трехфазных энергосистем (когда параметр *Режим фаз* имеет значение "Трехфазный") необходимо, чтобы все фазы были активированы до активации выхода START. Для индикации прерывания необходимо, чтобы во всех трех фазах одновременно значение *Уставки прерывания напряжения* было ниже заданного, как показано на Рисунке 573. Когда требования по прерыванию для режима "Трехфазный" более не выполняются , отклонение напряжения указывается как провал напряжения до тех пор, пока будут активны все фазы.

В случае однофазного прерывания (показано на Рисунке 577), когда имеет место индикация провала напряжения в другой фазе, но при этом третья фаза неактивна, то индикация отклонения не запустится, когда *Режим фаз* имеет значение "Трехфазный". В этом случае, только если *Режим фаз* имеет значение "Однофазный", на ST_B будет индикация прерывания, а на ST_A - индикация провала напряжения.

Также возможна ситуация, когда одновременно имеет место провал напряжения в одной фазе, и выброс напряжения – в остальных фазах. Соответствующая индикация события с одной неактивной фазой показана на Рисунке 578. Здесь тип отклонения имеет значение «Выброс+Провал», *Режим фаз* имеет значение "Однофазный". Если параметр *Режим фаз*установлен в значение "Трехфазный", не будет никакой индикации и никакой активации, из-за того, что одна фаза неактивна.

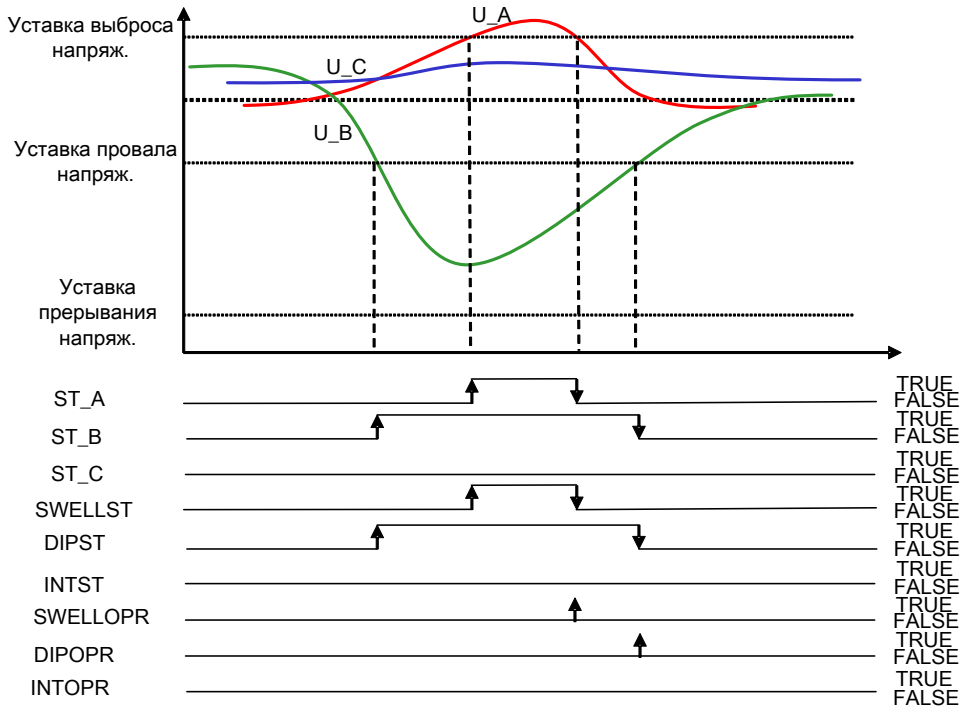


Рис. 578: Одновременный провал и выброс напряжения в условиях, когда Режим фаз - "Однофазный".

На Рисунке 579 показана индикация провала напряжения в одной фазе, и индикация выброса напряжения в двух других фазах. Если *Режим фаз* имеет значение "Трехфазный", активация имеет место только в том случае, когда все три фазы активны. Более того, обнаружение события отклонения напряжения как выброса или провала напряжения происходит одновременно. Если одновременно происходит провал и выброс напряжения, оба счетчика (SWELLCNT и DIPCNT) увеличивают значения на единицу.

Также на Рисунке 579 показано, что значение параметра *Режим фаз* - "Трехфазный", имеет место обнаружение двух событий выброса напряжения в разные моменты времени, и, следовательно счетчик, DIPCNT увеличит значение на единицу, а счетчик SWELLCNT – на две единицы. На Рисунке 578 и Рисунке 579 предполагается, что значения длительности отклонений достаточны для того, чтобы произошло обнаружение.

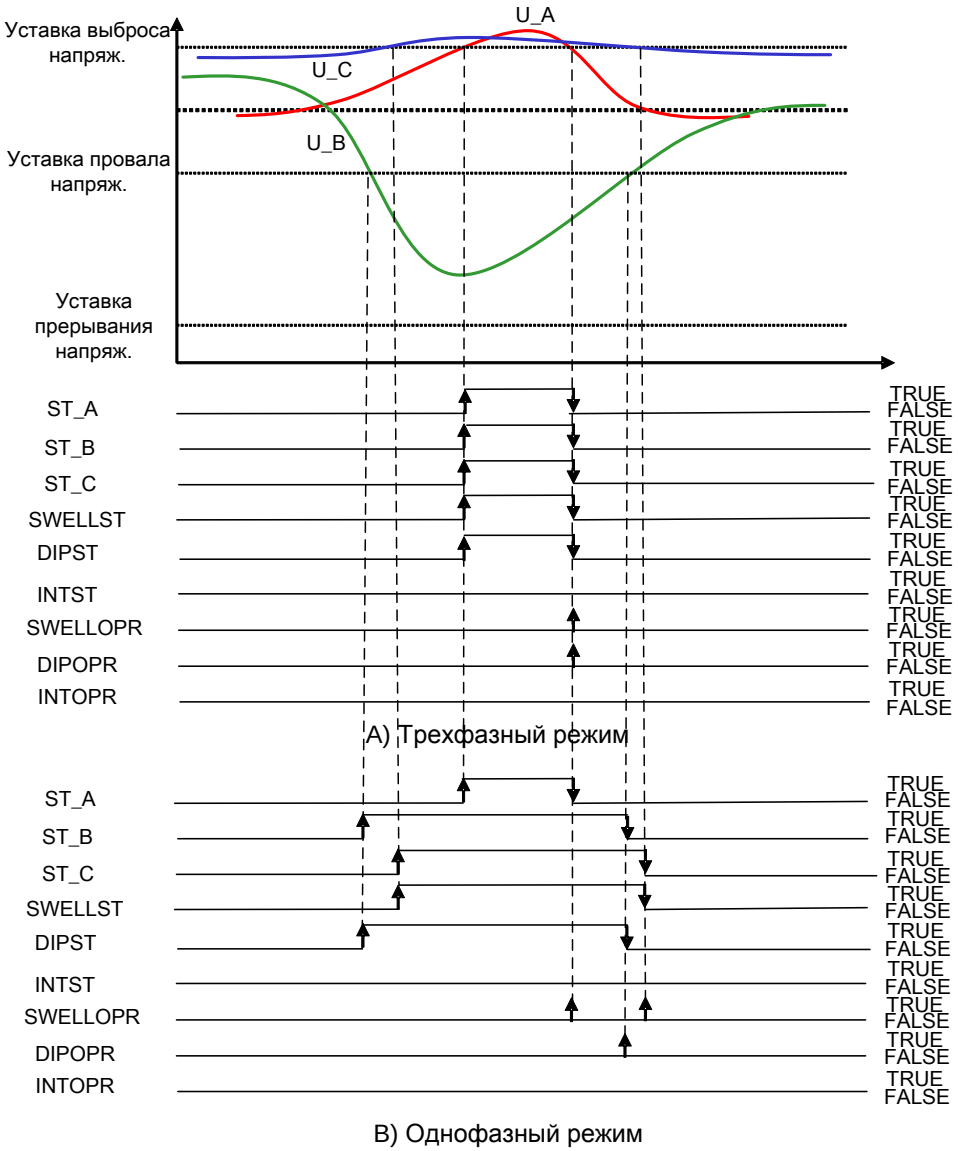


Рис. 579: Одновременный провал напряжения в одной фазе и выброс напряжения в двух других фазах

10.3.5 Зарегистрированные данные

Помимо увеличения значений счетчиков, после обнаружения отклонений напряжения сохраняется и другая информация, необходимая для последующего анализа повреждений.

Информация о зарегистрированных данных

Когда начинается отклонение напряжения, сохраняются величины фазных токов до момента активации функции. Также временно сохраняются начальные величины напряжения в момент начала отклонения. Если

отклонение представляет собой, например, провал напряжения в двух фазах, будет сохраняться и величина напряжения неактивной фазы с того же момента времени, как показано на Рисунке 580. Функция отслеживает каждую активную фазу напряжения, в которой имеет место отклонение; минимальная и максимальная величина, соответствующая провалу/ прерыванию или выбросу напряжения, сохраняется во временной памяти. Если при отслеживании будет найден минимум или максимум, и будет сохранена новая величина, в тот же момент будут сохранены напряжения неактивной фазы, т.е. отслеживание по величине напряжения в неактивных фазах не производится. Момент времени (метка времени), в который измеряется максимальная или минимальная величина, также временно сохраняется для каждой фазы напряжения, в которой имело место отклонение. И, наконец, при обнаружении отклонения включается обновление записи данных, когда завершается активация отклонения и при этом не будет превышена максимальная длительность.

Объекты данных, которые должны регистрироваться для функции PHQVVR, приводятся в Таблице 989. Всего имеется три банка данных, и представленная в таблице информация относится к содержимому одного банка данных.

Три набора зарегистрированных данных сохраняются в банках данных 1-3. В банке данных 1 всегда хранятся самые последние данные, более старые данные переносятся в следующие банки данных (1→2 и 2→3), когда будет обнаружено отклонение напряжения. После того как все три банка данных будут иметь сохраненные данные, и будет обнаружено новое отклонение напряжения, самые новые данные буду записаны в банк 1, а данные из банка 3 будут перезаписаны данными из банка 2.

На Рисунке 580 показано одно достоверное прерывание напряжения и два провала напряжения, когда *Режим фаз* - "Однофазный". Длительность первого провала напряжения основана на длительности `U_A`тогда как длительность второго провала напряжения основана на разности времен прекращения провала напряжения и начала провала напряжения. Первое обнаруженное событие – это прерывание напряжения на базе длительности `U_B`, показанном на Рисунке 580. Пунктирными стрелками показана маркировка по времени, прежде чем будет сделана окончательная метка времени для записи, которая показана сплошной стрелкой. Здесь отметка времени `U_B` не фиксируется, когда начинается активация `U_A`.

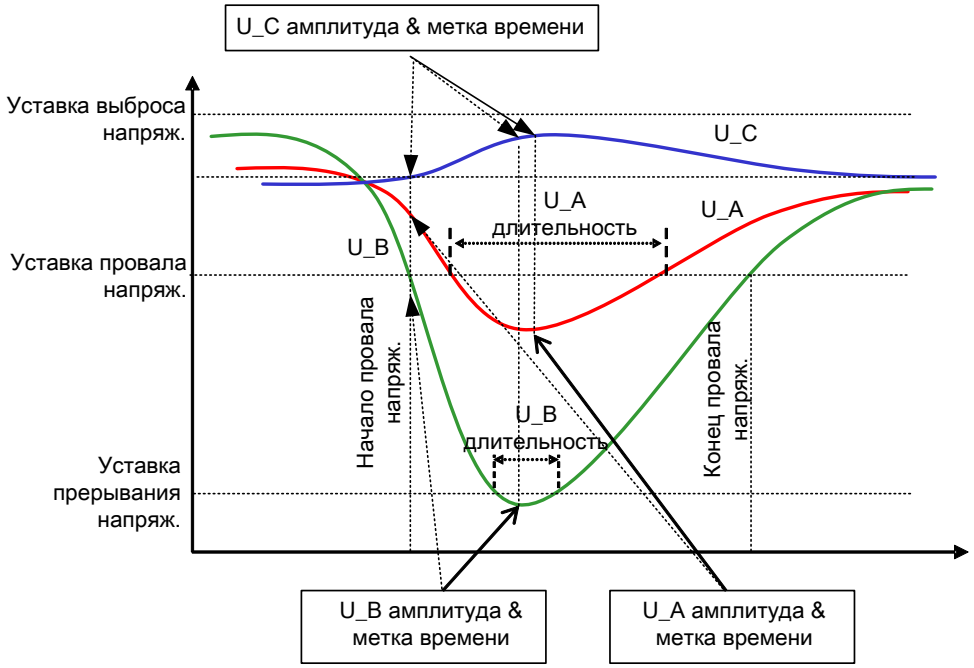


Рис. 580: Достоверное зарегистрированное прерывание напряжения и два провала напряжения

Таблица 989: Параметры банка данных функции PHQVVR

Описание параметра	Наименование параметра
Метка времени запуска обнаружения события	Время
Вид отклонения	Вид отклонения
Величина отклонения по фазе A	Отклонение по фA
Метка времени отклонения по величине по фазе A (момент времени измерения максимальной/минимальной величины во время отклонения напряжения)	Время отклон фA
Величина отклонения по фазе B	Отклонение по фB
Метка времени отклонения по величине по фазе B (момент времени измерения максимальной/минимальной величины во время отклонения напряжения)	Время отклон фB
Величина отклонения по фазе C	Отклонение по фC
Метка времени отклонения по величине по фазе C (момент времени измерения максимальной/минимальной величины во время отклонения напряжения)	Время отклон фC
Длительность отклонения по фазе A	Длит отклонения фA
Метка времени начала отклонения по фазе A (момент времени начала отклонения по фазе A)	t начала отклон фA
Длительность отклонения по фазе B	Длит отклонения фB
Продолжение таблицы на следующей странице	

Описание параметра	Наименование параметра
Метка времени начала отклонения по фазе B (момент времени начала отклонения по фазе B)	t начала отклон фB
Длительность отклонения по фазе C	Длит отклонения фC
Метка времени начала отклонения по фазе C(момент времени начала отклонения по фазе C)	t начала отклон фC
Значение тока до отклонения, фаза A	Ток до отклонения фA
Значение тока до отклонения, фаза B	Ток до отклонения фB
Значение тока до отклонения, фаза C	Ток до отклонения фC

Таблица 990: Перечисляемые значения параметров зарегистрированных данных

Наименование параметра	Название отклонения	Значение
Вид отклонения	Выброс	1
Вид отклонения	Провал	2
Вид отклонения	Выброс+Провал	3
Вид отклонения	Прерывание	4
Вид отклонения	Выброс+Прерыв	5
Вид отклонения	Провал+Прерыв	6
Вид отклонения	Выбр+Прос+Прер	7

10.3.6 Применение

Отклонения по напряжению – это наиболее типичные отклонения по качеству электроэнергии в электрических сетях общего назначения. Обычно кратковременными отклонениями по напряжению считаются отклонения, длящиеся от половины периода основной частоты до одной минуты (Европейский стандарт EN 50160 и стандарт IEEE Std 1159-1995).

Эти кратковременные отклонения напряжения почти всегда вызваны состоянием повреждения. В зависимости от места повреждения они могут вызвать временное повышение (выброс) напряжения либо падение (провал) напряжения. Как особый случай рассматривается полная потеря (прерывание) напряжения.

Функция PHQVVR используется для измерения кратковременных отклонений напряжения в распределительных сетях. Качество электроэнергии оценивается по форме сигнала напряжения путем измерения выбросов, провалов и прерываний напряжения.

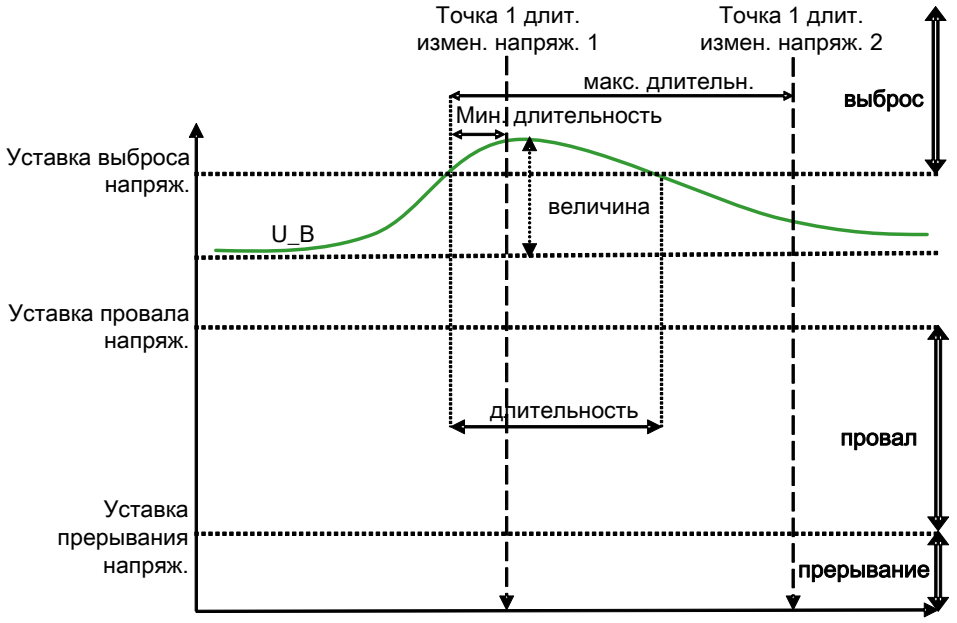


Рис. 581: Пределы длительности и величины напряжения при измерении выброса, провала и прерывания напряжения

Провалы напряжения нарушают работу подключенного к энергосистеме чувствительного оборудования, такого как компьютеры, и могут привести к выходу оборудования из строя. Провалы напряжения обычно являются результатом повреждений в распределительной сети. Типичными причинами повреждений являются разряды молнии и контакт проводов с деревьями. Кроме повреждений к возникновению провалов напряжения может привести переключение больших нагрузок и пуск мощных двигателей.

Выбросы напряжения являются причиной дополнительной нагрузки на компоненты и устройства, подключенные к энергосистеме. Выбросы напряжения обычно являются результатом замыканий на землю в распределительной сети.

Прерывания напряжения обычно ассоциируются с работой распределительного устройства, связанной с возникновением и прекращением коротких замыканий. Выключатель отключает часть системы от источника энергии. Если речь идет о сети с воздушными линиями, на выключатель, отключающий ток КЗ, часто подается команда на выполнение последовательности АПВ. Все эти действия приводят к внезапному уменьшению напряжений во всех фазах.

Из-за природы колебаний напряжения в стандартах качества энергии не указаны никакие допустимые пределы отклонения. Например, в стандарте EN 50160 указаны только приблизительные значения провалов напряжения. Однако в таких стандартах качества энергии как международный стандарт МЭК 61000-4-30 указано, что событие колебания напряжения характеризуется его длительностью и величиной. Более того, в стандарте

IEEE Std 1159-1995 дается рекомендуемая практика мониторинга качества электроэнергии/

Измерение колебаний напряжения может выполняться как между фазой и землей, так и между фазами. Стандарты качества энергии не указывают, измерение каких напряжений – фазных или междуфазных – должно проводиться. Но в некоторых случаях для измерения желательно использовать фазные напряжения. Режим измерения всегда имеет значение TRMS.

10.3.7 Сигналы

Таблица 991: Входные сигналы функции PHQVVR

Название	Тип	По умолчанию	Описание
I_A	СИГНАЛ	0	Величина тока в фазе A
I_B	СИГНАЛ	0	Величина тока в фазе B
I_C	СИГНАЛ	0	Величина тока в фазе C
U_A	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение, фаза A
U_B	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение, фаза B
U_C	СИГНАЛ	0	Фазное напряжение, фаза C
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Вход активации режима блокировки

Таблица 992: Выходные сигналы функции PHQVVR

Название	Тип	Описание
OPERATE	ЛОГИЧЕСКИЙ	Обнаружено отклонение напряжения
START	ЛОГИЧЕСКИЙ	Наличие отклонения напряжения
SWELLST	ЛОГИЧЕСКИЙ	Происходит выброс напряжения
DIPST	ЛОГИЧЕСКИЙ	Происходит просадка напряжения
INTST	ЛОГИЧЕСКИЙ	Происходит прерывание напряжения

10.3.8 Уставки

Таблица 993: Групповые уставки функции PHQVVR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Опорное напряжение	10.0...200.0	%Un	0.1	57.7	Опорное напряжение питания в %
Уставка провала напряжения 1	10.0...100.0	%	0.1	80.0	Предел 1 просадки напряжения в % от заявленного уровня напряжения
Время 1 провала U	0.5...54.0	период	0.1	3.0	Длительность 1 провала напряжения
Уставки провала напряжения 2	10.0...100.0	%	0.1	80.0	Предел 2 просадки напряжения в % от заявленного уровня напряжения
Продолжение таблицы на следующей странице					

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время 2 провала U	10.0...180.0	период	0.1	30.0	Длительность 2 провала напряжения
Уставки провала напряжения 3	10.0...100.0	%	0.1	80.0	Предел 3 просадки напряжения в % от заявленного уровня напряжения
Время 3 провала U	2000...60000	мс	10	3000	Длительность 3 провала напряжения
Уставка 1 выброса U	100.0...140.0	%	0.1	120.0	Предел 1 выброса напряжения в % от опорного уровня напряжения
Время 1 выброса U	0.5...54.0	период	0.1	0.5	Длительность 1 выброса напряжения
Уставка 2 выброса U	100.0...140.0	%	0.1	120.0	Предел 2 выброса напряжения в % от опорного уровня напряжения
Время 2 выброса U	10.0...80.0	период	0.1	10.0	Длительность 2 выброса напряжения
Уставка 3 выброса U	100.0...140.0	%	0.1	120.0	Предел 3 выброса напряжения в % от опорного уровня напряжения
Время 3 выброса U	2000...60000	мс	10	2000	Длительность 3 выброса напряжения
Уставка прерывания напряж.	0.0...100.0	%	0.1	10.0	Предел просадки напряжения в % от заявленного уровня напряжения
Время 1 прерыван U	0.5...30.0	период	0.1	3.0	Длительность 1 прерывания напряжения
Время 2 прерыван U	10.0...180.0	период	0.1	30.0	Длительность 2 прерывания напряжения
Время 3 прерыван U	2000...60000	мс	10	3000	Длительность 3 прерывания напряжения
Макс время отклон U	100...3600000	мс	100	60000	Максимальная продолжительность отклонения напряжения

Таблица 994: Общие уставки функции PHQVVR (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Разрешение отклонения	1=Выброс 2=Провал 3=Выброс +Провал 4=Прерывание 5=Выброс +Прерыв 6=Провал +Прерыв 7=Выбр+Прос +Прер			7=Выбр+Прос +Прер	Вид отклонения напряжения

Таблица 995: Общие уставки функции PHQVVR (расширенные)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Контроль фаз	1=Фаза A 2=Фаза B 3=Фазы A + B 4=Фаза C 5=Фазы A + C 6=Фазы B + C 7=Фазы A + B + C			7=Фазы A + B + C	Контролируемая фаза напряжения
Режим фаз	1=Трехфазный 2=Однофазный			2=Однофазный	Трех/Однофазный режим

10.3.9 Контролируемые данные

Таблица 996: Контролируемые данные функции PHQVVR

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
ST_A	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Пуск по фазе A (Имеет место событие отклонения напряжения)
ST_B	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Пуск по фазе B (Имеет место событие отклонения напряжения)
ST_C	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет 1=Да		Пуск по фазе C (Имеет место событие отклонения напряжения)
INSTSWELLCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик мгновенных выбросов
MOMSWELLCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик кратковременных выбросов
TEMPSWELLCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик временных выбросов
MAXDURSWELLCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик максимальной длительности выброса напряжения
INSTDIPCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик мгновенных провалов
MOMDIPCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик кратковременных провалов
TEMPDIPCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик временных провалов
MAXDURDIPCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик максимальной длительности провала напряжения
Продолжение таблицы на следующей странице				

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
MOMINTCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик моментальных прерываний напряжения
TEMPINTCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик временных прерываний напряжения
SUSTINTCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик длительных прерываний напряжения
MAXDURINTCNT	INT32	0...2147483647		Счетчик максимальной длительности прерывания напряжения
PHQVVR	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние
Время	Метка времени			Время
Вид отклонения	Enum	0=Нет отклонения 1=Выброс 2=Провал 3=Выброс +Провал 4=Прерывание 5=Выброс +Прерыв 6=Провал +Прерыв 7=Выбр+Прос +Прер		Вид отклонения
Отклонение по фA	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе A
Время отклон фA	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе A
Отклонение по фB	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе B
Время отклон фB	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе B
Отклонение по фC	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе C
Время отклон фC	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе C
Длит отклонения фA	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе A

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
t начала отклон фA	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе A
Длит отклонения фB	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе B
t начала отклон фB	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе B
Длит отклонения фC	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе C
t начала отклон фC	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе C
Ток до отклонения фA	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза A
Ток до отклонения фB	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза B
Ток до отклонения фC	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза C
Время	Метка времени			Время
Вид отклонения	Enum	0=Нет отклонения 1=Выброс 2=Провал 3=Выброс +Провал 4=Прерывание 5=Выброс +Прерыв 6=Провал +Прерыв 7=Выбр+Прос +Прер		Вид отклонения
Отклонение по фA	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе A
Время отклон фA	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе A
Отклонение по фB	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе B
Время отклон фB	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе B
Отклонение по фC	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе C
Время отклон фC	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе C
Длит отклонения фA	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе A
t начала отклон фA	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе A
Длит отклонения фB	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе B

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
t начала отклон фB	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе B
Длит отклонения фC	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе C
t начала отклон фC	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе C
Ток до отклонения фA	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза A
Ток до отклонения фB	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза B
Ток до отклонения фC	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза C
Время	Метка времени			Время
Вид отклонения	Enum	0=Нет отклонения 1=Выброс 2=Провал 3=Выброс +Провал 4=Прерывание 5=Выброс +Прерыв 6=Провал +Прерыв 7=Выбр+Прос +Прер		Вид отклонения
Отклонение по фA	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе A
Время отклон фA	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе A
Отклонение по фB	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе B
Время отклон фB	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе B
Отклонение по фC	FLOAT32	0.00...5.00	xUn	Величина отклонения по фазе C
Время отклон фC	Метка времени			Метка времени отклонения по величине по фазе C
Длит отклонения фA	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе A
t начала отклон фA	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе A
Длит отклонения фB	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе B
t начала отклон фB	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе B
Длит отклонения фC	FLOAT32	0.000...3600.000	c	Длительность отклонения по фазе C

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
t начала отклон фC	Метка времени			Метка времени начала отклонения по фазе C
Ток до отклонения фA	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза A
Ток до отклонения фB	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза B
Ток до отклонения фC	FLOAT32	0.00...60.00	xIn	Значение тока до отклонения, фаза C

10.3.10 Технические данные

Таблица 997: Технические данные функции PHQVVR

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	±1,5% уставки или ±0,2% опорного напряжения
Коэффициент возврата	Типовой 0,96 (выброс), 1,04 (провал, прерывание)

10.3.11 Данные о технических изменениях

Таблица 998: Данные о технических изменениях функции PHQVVR

Версия	Изменение
B	Внутреннее улучшение
C	Внутреннее улучшение
D	Внутреннее улучшение

10.4 Функция контроля небаланса напряжения VSQVUB

10.4.1 Обозначение

Наименование функции	Обозначение МЭК 61850	Обозначение МЭК 60617	Номер устройства ANSI/ IEEE C37.2
Функция контроля несимметрии напряжения	VSQVUB	PQUUB	PQVUB

10.4.2 Функциональный блок

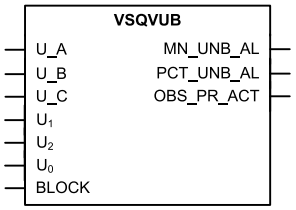


Рис. 582: Функциональный блок

10.4.3 Функциональные возможности

Функция контроля несимметрии напряжения VSQVUB контролирует условия несимметрии напряжения в сетях передачи электроэнергии и в распределительных сетях. Эта функция может использоваться для определения несимметрии характеристик сети и нагрузки, что может привести к постоянной несимметрии напряжения. Функция VSQVUB также используется для постоянного контроля обязательств энергоснабжающего предприятия по обеспечению высокого качества подаваемого напряжения, т. е. постоянной подачи симметричного напряжения.

Функция VSQVUB использует пять различных методов расчета несимметрии напряжения. Это метод расчета по величине напряжения обратной последовательности, напряжения нулевой последовательности, по отношению величины напряжения обратной последовательности к величине напряжения прямой последовательности, по отношению величины напряжения нулевой последовательности к величине напряжения прямой последовательности и по отношению максимального отклонения величины фазного напряжения от средней величины напряжения к средней величине фазного напряжения.

Функция VSQVUB предоставляет статистические данные, которые можно использовать для проверки соответствия качества электроэнергии европейскому стандарту EN 50160 (2000). В число статистических данных входит произвольно выбираемый процентиль несимметрии. Функция VSQVUB также предусматривает аварийную сигнализацию с указанием максимальной величины несимметрии, а также даты и времени события.

Функция содержит блокировку. Это позволяет при необходимости блокировать набор выходов функции или функцию полностью.

10.4.4 Принцип действия

Функцию можно включить и отключить при помощи параметра *Активизация* . Соответствующие значения параметра: "Вкл." и "Выкл.".

Работу функции VSQVUB можно описать с помощью схемы. Пояснения ко всем модулям схемы приведены в следующих разделах.

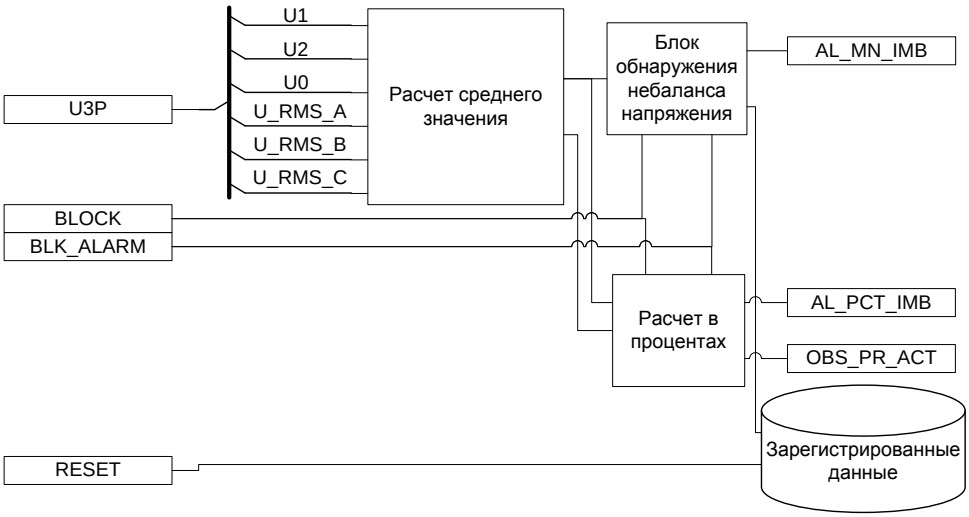


Рис. 583: Функциональная схема

Расчет среднего значения

Функция VSQVUB рассчитывает два набора измеренных значений несимметрии напряжения, среднее значение за 3 секунды и нескользящее среднее значение за 10 минут. Среднее значение за 3 секунды используется для непрерывного мониторинга. Среднее значение за 10 минут используется для расчета процентиля за более продолжительный период.

Модуль расчета среднего значения использует пять различных методов расчета среднего. Необходимый метод можно выбрать при помощи параметра *Обнаруж несиметрии* .

Когда для параметра *Обнаруж несиметрии*выбирается значение "Обрат посл", несимметрия напряжения рассчитывается на основании величины напряжения обратной последовательности. Так же, при выборе режима "Нулев посл" несимметрия напряжения рассчитывается на базе величины напряжения нулевой последовательности. При выборе режима "Обр/прям посл" несимметрия напряжения рассчитывается на основании отношения величины напряжения обратной последовательности к величине напряжения прямой последовательности. При выборе режима "Нулев/прям посл" несимметрия напряжения рассчитывается на основании отношения величины напряжения нулевой последовательности к величине напряжения прямой последовательности. При выборе режима "Сравн фазн векг" для расчета несимметрии напряжения используется отношение отклонения максимальной величины фазного напряжения от величины среднего напряжения к величине среднего фазного напряжения.

Расчетное значение за 3 секунды и расчетное значение за 10 минут поступают на выходы 3S_MN_UNB и 10MN_MN_UNB.

Для случая, когда параметр Подключение ТН = "Треугольник", расчетное напряжение нулевой последовательности всегда равно нулю, поэтому настройка *Обнаруж несиметрии* = "Нулев посл" не применима в этой конфигурации ТН.

Блок обнаружения несимметрии напряжения

Среднее значение за 3 секунды постоянно рассчитывается и сравнивается с заданным значением уставки *Пусковое знач несимм*. Если несимметрия напряжения превышает эту предельную величину, становится активным выход MN_UNB_AL.

При активации входа BLOCK выход MN_UNB_AL блокируется.

Расчет процентиля

Модуль расчета процентиля производит расчет статистических данных по уровню несимметрии напряжения в течение заданного периода времени. Работу модуля расчета процентиля можно описать при помощи схемы.

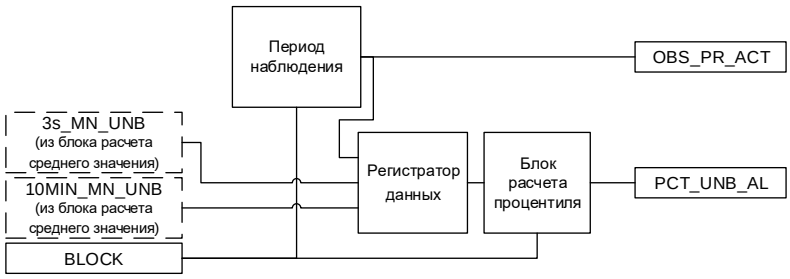


Рис. 584: Расчет процентиля

Период наблюдения

Модуль "Период наблюдения" рассчитывает продолжительность периода наблюдения для вспомогательного модуля Регистратора данных и определяет возможный запуск нового периода. Новый период может быть запущен при использовании активации с планированием по времени с помощью уставок календарного времени *Время нач наблюд, год*, *Время нач наблюд, месяц*, *Время нач наблюд, день* и *Время нач наблюд, час*.

Уставки, определяющие начало периода наблюдения, *Время нач наблюд, год*, *Время нач наблюд, месяц*, *Время нач наблюд, день* и *Время нач наблюд, час* используются для указания календарного времени в UTC. Эти уставки должны быть

скорректированы по местному времени с учетом перехода на летнее время.

Можно выбрать требуемый период непрерывного наблюдения (количество месяцев, лет). С помощью уставки *Запуск наблюдения* можно выбрать возможный режим следующей активации наблюдения после завершения предыдущего.

Таблица 999: Значения времени наблюдения для режимов запуска наблюдения

Запуск наблюдения	Время наблюдения
Одинарный	Активизируется только один период времени наблюдения.
Периодический	Период времени между двумя сигналами запуска составляет семь дней.
Длительно	Следующий период начинается сразу же по завершении предыдущего периода.

Продолжительность периода наблюдения определяется параметрами *Период наблюдения* и *Польз период наблюд*. Выход `OBS_PR_ACT` - это сигнал индикации; передний фронт сигнала (TRUE) свидетельствует о начале периода наблюдения, задний фронт (FALSE) - завершение периода наблюдения.

Если уставка *Величина несимметрии*, *Запуск наблюдения* или *Продолжительность периода наблюдения* изменяется при активном сигнале `OBS_PR_ACT`, сигнал `OBS_PR_ACT` немедленно деактивируется.

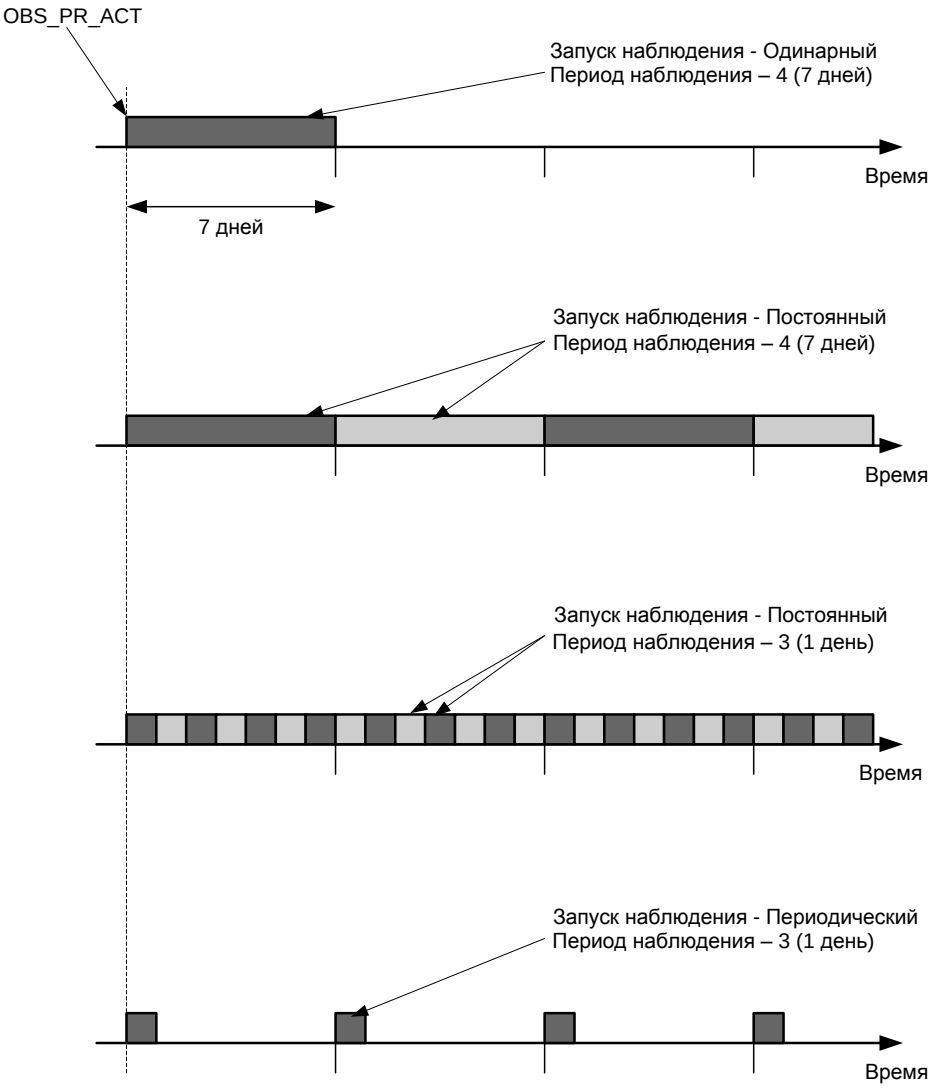


Рис. 585: Периоды наблюдения регистратора данных с различными режимами наблюдения и уставками периодов

Вход блокировки BLOCK блокирует выход OBS_PR_ACT, который затем блокирует расчет максимального значения в модуле регистратора. При выборе режима запуска "Периодический" или "Длительно" и отключении блокировки перед началом следующего периода наблюдения, запланированный период начнется как обычно.

Регистратор данных

Модуль Регистратора данных предоставляет рассчитанные данные по выбранной фазе за три секунды или за десять минут в модуль расчета процентного значения в зависимости от продолжительности активного периода наблюдения. Если период наблюдения менее одного дня, берутся

средние значения за три секунды. Если период наблюдения более одного дня, берутся средние значения за десять минут.

Максимальное среднее значение несимметрии за три секунды или за десять минут регистрируется во время активного периода наблюдения. Время начала периода наблюдения *PR_STR_TIME*, время завершения периода наблюдения *PR_END_TIME*, максимальное значение несимметрии напряжения во время активного периода наблюдения *MAX_UNB_VAL* и время события *MAX_UNB_TIME* отображаются в окне контролируемых данных. Значения на этих выходах обновляются сразу же после блокировки выхода OBS_PR_ACT.

Блок расчета процентиля

Модуль расчета процентиля предназначен для поиска уровня несимметрии напряжения, с тем чтобы во время периода наблюдений 95 процентов (используемое по умолчанию значение уставки *Величина несимметрии*) всех измеренных величин несимметрии напряжения не превышало рассчитанный процентиль.

Рассчитанное выходное значение PCT_UNB_VAL, ниже которого находится процентиль значений, отображается в окне контролируемых данных. Выходное значение PCT_UNB_VAL обновляется в конце периода наблюдения.

Если выходное значение PCT_UNB_VAL в конце периода наблюдения выше заданной уставки *Пусковое знач несимм* , активируется выход PCT_UNB_AL. Выход PCT_UNB_AL остается активным в течение всего периода, до завершения следующего периода.

Вход BLOCK блокирует выход PCT_UNB_VAL.

Зарегистрированные данные

Информация, необходимая для последующего анализа повреждений, сохраняется в модуле зарегистрированных данных при пуске этого модуля. Это происходит при обнаружении несимметрии напряжения модулем Обнаружения несимметрии напряжения.

Всего имеется три набора зарегистрированных данных. Эти три набора данных сохраняются в банках данных 1...3. В банке данных 1 находятся самые последние данные. При обнаружении несимметрии более старые данные перемещаются в следующие банки данных (1 в 2 и 2 в 3). После того как все три банка данных будут содержать сохраненные данные и при этом будет обнаружено новое отклонение напряжения, самые новые данные буду записаны в банк 1, а данные из банка 3 будут перезаписаны данными из банка 2.

Сброс зарегистрированных данных можно выполнить при помощи дискретного входного сигнала RESET, выбрав в меню ИЧМ (**Главное меню/**

Сброс/Сброс записанных данных/VSQVUBx) или при помощи специальных инструментальных средств по каналам связи.

При обнаружении в системе несимметрии напряжения, функция VSQVUB реагирует выдачей аварийного сигнала MN_UNB_AL. При возникновении аварийной ситуации функция VSQVUB сохраняет максимальную величину, время регистрации и продолжительность аварийного сигнала MN_UNB_AL. Сохранение зарегистрированных данных выполняется после блокировки MN_UNB_AL.

Таблица 1000: Зарегистрированные данные

Параметр	Описание
Alarm high mean Dur	Продолжительность аварийного сигнала высокого среднего значения несимметрии
Макс U небаланса	Максимальное напряжение за 3 секунды
МеткаВр Макс U неб	Метка времени несимметрии напряжения

10.4.5 Применение

Несимметрия напряжения - один из основных параметров качества электроэнергии.

В идеале, в трехфазной или в многофазной энергосистеме величина частоты и напряжения всех фаз должна быть одинаковой, а сдвиг фаз между двумя последовательными фазами тоже должен быть одинаковым. Это называется симметричным источником питания. Помимо симметричного источника питания в энергосистеме должны также быть симметричные нагрузки, что подразумевает, что полное сопротивление сети и полное сопротивление нагрузки в каждой фазе будут одинаковыми. В некоторых случаях условие симметрии в сети и симметрии нагрузки выполняется не полностью, что приводит к несимметрии тока и напряжения в системе. Подача несимметричного напряжения может оказать разрушительное воздействие на работу нагрузки. Например, подача небольшого напряжения обратной последовательности на индукционный двигатель может привести к его значительному нагреву.

Симметричные характеристики источника питания, сети и нагрузки — это залог высокого качества электроэнергии. При нарушении хотя бы одного из этих условий качество электроэнергии ухудшается. Функция VSQVUB контролирует возникновение условий несимметрии напряжения в сетях передачи электроэнергии и в распределительных сетях. Функция VSQVUB рассчитывает два набора измеренных значений, среднее значение за 3 секунды и нескользящее среднее за 10 минут. Среднее значение за три секунды используется для постоянного мониторинга, тогда как значение за десять минут используется для расчета процентиля за более продолжительный период времени. Эта функция может использоваться для выявления несимметрии сети и несимметрии нагрузки, которые могут

привести к постоянной несимметрии напряжения. К несимметрии сети или нагрузки могут привести однофазные или междуфазные повреждения, но так как повреждения обычно отключаются в течение небольшого периода времени, несимметрия напряжения не бывает длительной. Таким образом, функция VSQVUB может и не выявить несимметрию напряжения.

Еще одно важное применение функции - длительный мониторинг качества электроэнергии. Это можно использовать для подтверждения соответствия стандартам качества электроэнергии. Функция обеспечивает уровень несимметрии напряжения, соответствующий $95^{му}$ процентилю среднего значения несимметрии напряжения за 10 минут, зарегистрированному за период времени до одной недели. Это означает, что 95 процентов времени в течение периода наблюдений несимметрия напряжения была меньше или равна рассчитанному процентилю. Аварийный сигнал выдается в случае, когда это значение превышает значение, которое можно задать.

Функция использует пять различных методов расчета несимметрии напряжения.

- По величине напряжения обратной последовательности
- По величине напряжения нулевой последовательности
- По отношению величины напряжения обратной последовательности к величине напряжения прямой последовательности
- По отношению величины напряжения нулевой последовательности к величине напряжения прямой последовательности
- По отношению максимального отклонения величины фазного напряжения от средней величины напряжения к средней величине фазного напряжения.

Обычно для мониторинга несимметрии напряжения выбирается отношение величины напряжения обратной последовательности к величине напряжения прямой последовательности. Но при необходимости могут использоваться и другие методы.

10.4.6 Сигналы

Таблица 1001: Входные сигналы функции VSQVUB

Название	Тип	По умолчанию	Описание
U_A	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы A
U_B	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы B
U_C	СИГНАЛ	0	Напряжение фазы C
U_1	СИГНАЛ	0	Напряжение прямой последовательности
U_2	СИГНАЛ	0	Напряжение обратной последовательности
U_0	СИГНАЛ	0	Напряжение нулевой последовательности
BLOCK	ЛОГИЧЕСКИЙ	0=Нет	Блокировка выходов, кроме измеренных значений

Таблица 1002: Выходные сигналы функции VSQVUB

Название	Тип	Описание
MN_UNB_AL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация, когда значение несимметрии напряжения (3 сек) превышает предел
PCT_UNB_AL	ЛОГИЧЕСКИЙ	Сигнализация, когда процентная несимметрия превышает предел
OBS_PR_ACT	ЛОГИЧЕСКИЙ	Период наблюдения активен

10.4.7 Уставки

Таблица 1003: Общие уставки функции VSQVUB (базовые)

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Активизация	1=Вкл 5=Выкл			1=Вкл	Активизация, Выкл / Вкл
Обнаруж несиметрии	1=Обрат посл 2=Нулев посл 3=Обр/прям посл 4=Нулев/прям посл 5=Сравн фазн вект			3=Обр/прям посл	Выбор режима расчета несимметрии напряжения
Пусковое знач несимм	1...100	%	1	1	Пусковое значение несимметрии по напряжению
Запуск наблюдения	1=Одинарный 2=Периодический 3=Постоянный			3=Постоянный	Определяет режим запуска периода наблюдения
Величина несимметрии	1...100	%	1	95	Процент, по отношению к которому вычисляется значение PCT_UNB_VAL
Период наблюдения	1=1 час 2=12 часов 3=1 день 4=7 дней 5=Задано пользователем			5=Задано пользователем	Период наблюдения для расчета небаланса
Польз период наблюд	1...168	ч	1	168	Заданный пользователем период наблюдения для расчета
Время нач наблюд, год	2008...2076			2011	Календарное время начала наблюдения в формате ГГГГ

Продолжение таблицы на следующей странице

Параметр	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Шаг	По умолчанию	Описание
Время нач наблюд, месяц	0=резерв 1=Январь 2=Февраль 3=Март 4=Апрель 5=Май 6=Июнь 7=Июль 8=Август 9=Сентябрь 10=Октябрь 11=Ноябрь 12=Декабрь			1=Январь	Календарное время начала наблюдения, месяц
Время нач наблюд, день	1...31			1	Календарное время начала наблюдения, день
Время нач наблюд, час	0...23	ч		0	Календарное время начала наблюдения, час

10.4.8 Контролируемые данные

Таблица 1004: Контролируемые данные функции VSQVUB

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
3S_MN_UNB	FLOAT32	0,00...150,00	%	Среднее значение небаланса напряжения за нескользящий 3-секундный интервал времени
10MIN_MN_UNB	FLOAT32	0,00...150,00	%	Среднее значение небаланса напряжения за скользящий 10-минутный интервал времени
PCT_UNB_VAL	FLOAT32	0,00...150,00	%	Предел, ниже которого находится процентное значение небаланса
MAX_UNB_VAL	FLOAT32	0,00...150,00	%	Максимальное измеренное значение небаланса напряжения в течение периода наблюдения
MAX_UNB_TIME	Метка времени			Момент времени, в который было измерено максимальное значение небаланса напряжения в течение периода наблюдения
PR_STR_TIME	Метка времени			Момент начала предыдущего периода наблюдения
PR_END_TIME	Метка времени			Момент конца предыдущего периода наблюдения

Продолжение таблицы на следующей странице

Название	Тип	Значения (Диапазон)	Ед. изм.	Описание
Alarm high mean Dur	FLOAT32	0,000...3600,000	c	Продолжительность аварийного сигнала высокого среднего значения небаланса
Макс U небаланса	FLOAT32	0,00...150,00	%	Максимальное несимметричное напряжение в течение 3 секунд
МеткаВр Макс U неб	Метка времени			Момент времени максимума небаланса напряжения
Alarm high mean Dur	FLOAT32	0,000...3600,000	c	Продолжительность аварийного сигнала высокого среднего значения небаланса
Макс U небаланса	FLOAT32	0,00...150,00	%	Максимальное несимметричное напряжение в течение 3 секунд
МеткаВр Макс U неб	Метка времени			Момент времени максимума небаланса напряжения
Alarm high mean Dur	FLOAT32	0,000...3600,000	c	Продолжительность аварийного сигнала высокого среднего значения небаланса
Макс U небаланса	FLOAT32	0,00...150,00	%	Максимальное несимметричное напряжение в течение 3 секунд
МеткаВр Макс U неб	Метка времени			Момент времени максимума небаланса напряжения
VSQVUB	Enum	1=Вкл 2=Заблокировано 3=Тестирование 4=Тест/ Заблокировано 5=Выкл		Состояние

10.4.9 Технические данные

Таблица 1005: Технические данные функции VSQVUB

Характеристика	Значение
Погрешность срабатывания	± 1,5 % уставки или ±0,002 × U_n
Коэффициент возврата	Типовой: 0,96

Раздел 11 Общие характеристики функций и защит

11.1 Характеристика срабатывания с независимой выдержкой времени

11.1.1 Срабатывание с независимой выдержкой времени

Режим DT активируется при выборе для уставки *Тип кривой срабатывания* значения "ANSI Независимая" или "МЭК Независимая". В режиме с независимой выдержкой времени выход OPERATE функции становится активным, когда значение времени превысит значение, определяемое уставкой *Время срабатывания*.

Пользователь может определить возврат с независимой выдержкой времени, для чего используется уставка *Время возврата* , которая обеспечивает возврат с заданной выдержкой времени там, где это необходимо.



Уставка *Тип кривой возврата* не имеет никакого значения, если выбрано срабатывание с независимой выдержкой времени, при этом возврат определяется только значением уставки *Время возврата* .

Выдержка сброса по времени способствует оперативному устранению перемежающихся сбоев, например, самогерметизирующихся повреждений изоляции и серьезных отказов, которые могут привести к высоким асимметричным токам замыкания, частично насыщающие трансформаторы тока. Для перемежающихся сбоев характерно, что ток замыкания содержит так называемые периоды спада, в течение которых он снижается ниже заданного пускового значения, включая гистерезис. Без выдержки на возврат набор времени таймер срабатывания будет сбрасываться при каждом случае уменьшении тока Аналогичным образом набор времени срабатывания может сбрасываться и во время периода кажущегося уменьшения вторичного тока насыщенного ТТ

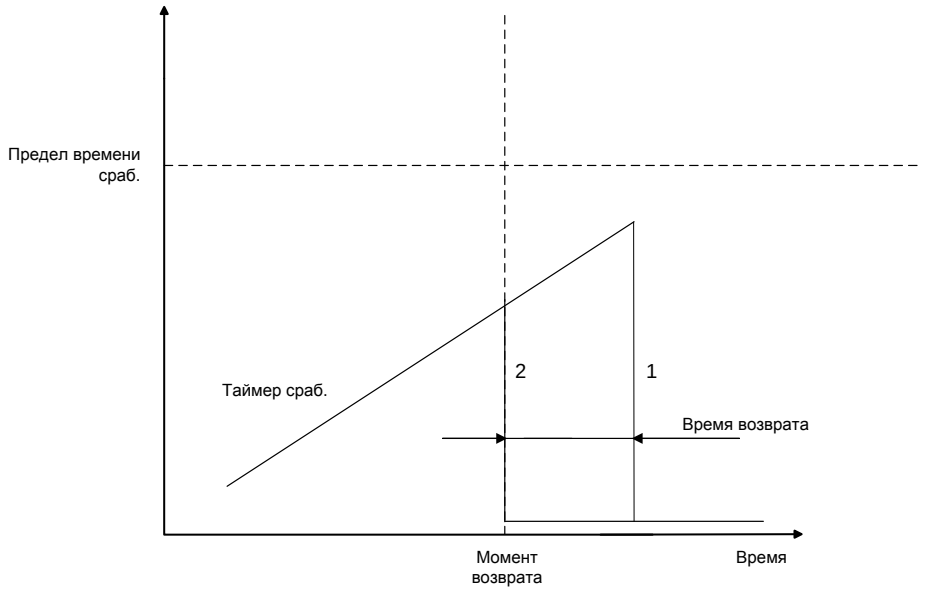


Рис. 586: Срабатывание счетчика при возврате

В первом случае возврат имеет выдержку времени, определяемую уставкой *Время возврата* , а во втором случае счетчик сбрасывается сразу же, так как значение уставки *Время возврата* равно нулю.

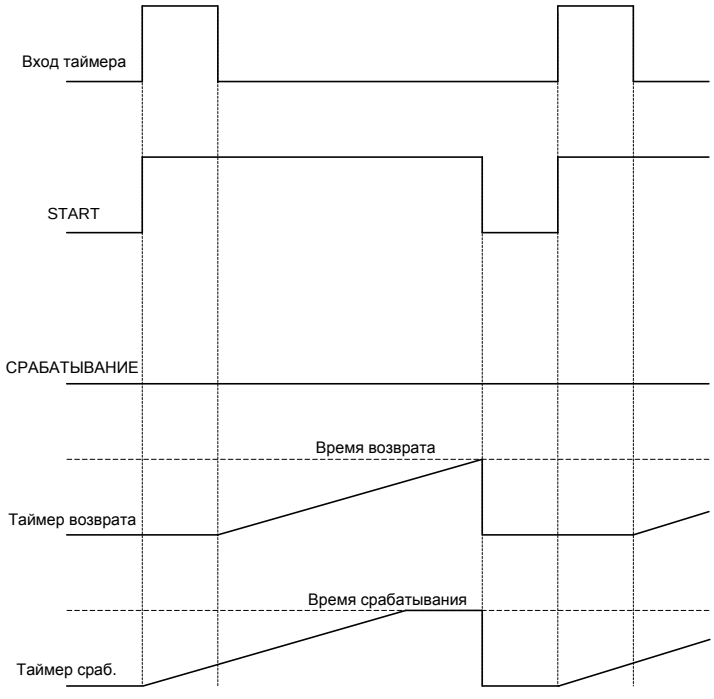


Рис. 587: Время между пусками превышает заданное значение уставки Время возврата

Когда период возврата превышает значение уставки *Время возврата*, как показано на Рисунке 587, входной сигнал таймера независимой выдержки времени (здесь: вход таймера) будет активен, при условии, что величина тока превышает значение уставки *Пусковое значение*. Входной сигнал неактивен, когда величина тока ниже заданного значения уставки *Пусковое значение* и заданной области гистерезиса. Вход таймера активируется при обнаружении тока повреждения. Таймер независимой выдержки времени активирует выход START, и таймер срабатывания начинает свой отсчет. Таймер возврата запускается, когда вход таймера отключается, т.е. при исчезновении повреждения. По истечении времени таймера возврата, таймер срабатывания сбрасывается. Так как это происходит до того как произойдет еще один пуск, выход OPERATE не активируется.

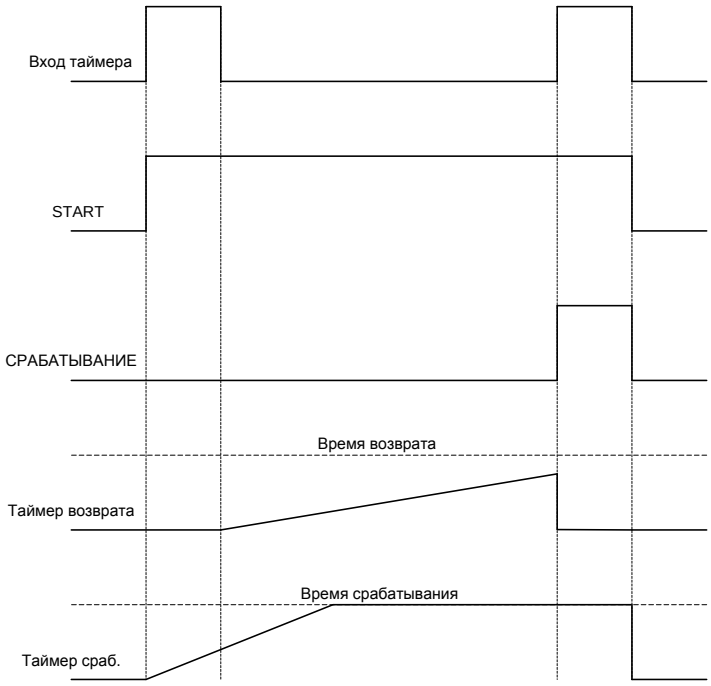


Рис. 588: Период возврата короче значения уставки Время возврата

Когда период возврата меньше значения уставки *Время возврата*, как показано на Рисунке 588, входной сигнал таймера независимой выдержки времени (здесь: вход таймера) будет активен, при условии, что величина тока превышает значение уставки *Пусковое значение*. Входной сигнал неактивен, когда величина тока ниже заданного значения уставки *Пусковое значение* и заданной области гистерезиса. Вход таймера активируется при обнаружении тока повреждения. Таймер независимой выдержки времени активирует выход START, и таймер срабатывания начинает свой отсчет. Таймер возврата запускается, когда вход таймера отключается, т.е. при исчезновении повреждения. Прежде чем истечет время таймера возврата, возникает еще одно повреждение. При этом активируется выход OPERATE, так как время таймера срабатывания уже истекло.

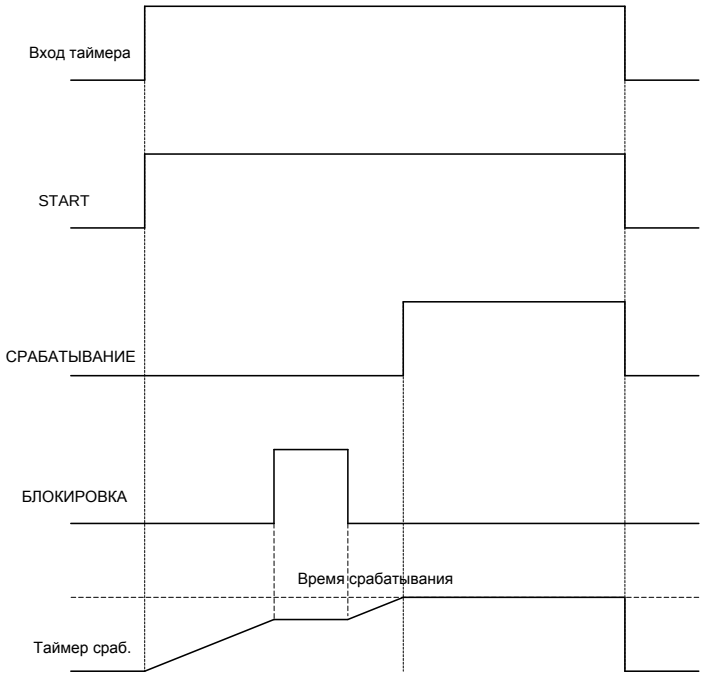


Рис. 589: Влияние срабатывания входа BLOCK при выборе режима блокировки "Останов таймера"

Если вход BLOCK становится активным во время набора времени срабатывания, как показано на Рисунке 589, таймер останавливается на тот период времени, пока активен вход BLOCK. Если вход таймера неактивен в течение времени, определяемого уставкой *Время возврата* , таймер срабатывания сбрасывается так же, как показано на Рисунке 587, независимо от состояния входа BLOCK.

Выбранный режим блокировки – "Останов таймера".

11.2 Токовые обратнозависимые характеристики выдержки времени

11.2.1 Обратнозависимые характеристики для максимальной токовой защиты

В режимах с использованием обратнозависимых характеристик время срабатывания определяется величиной тока: чем она выше, тем быстрее

происходит срабатывание. Расчет времени срабатывания или интегрирование начинается сразу же после того, как значение тока превысит заданное значение уставки *Пусковое значение* и активируется выход START.

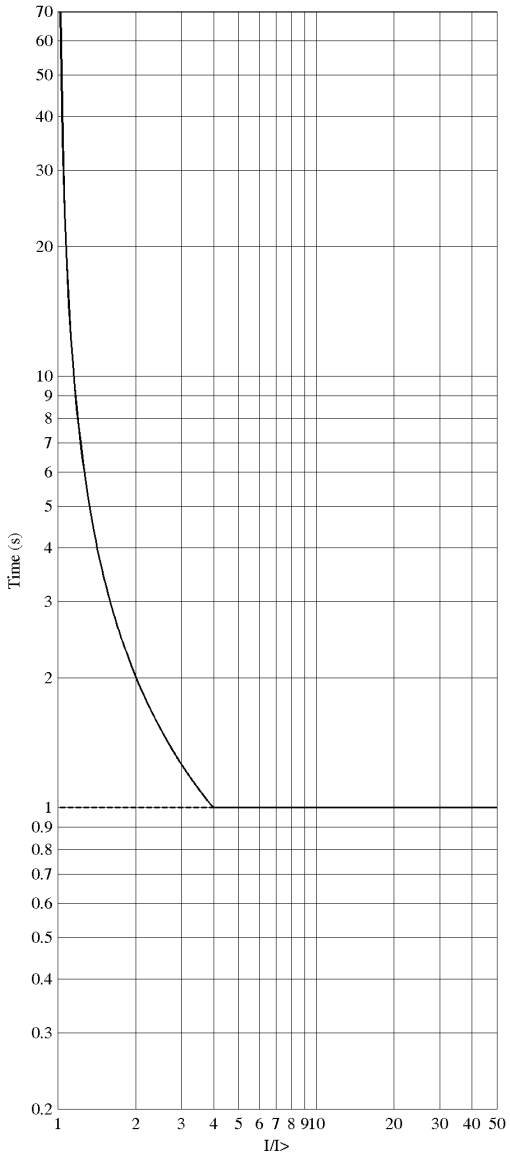
Выход OPERATE компонента активируется, когда накопленная сумма интегратора, вычисляющего ситуацию перегрузки по току, превышает значение, установленное в режиме обратнозависимых характеристик. Заданное значение зависит от выбранного типа кривой и значений уставок. Масштаб кривой определяется уставкой *Множитель времени*.

Существует два способа выравнивания обратнозависимой характеристики.

- Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное время срабатывания, возможное в режиме IDMT, т.е. время срабатывания всегда не меньше значения уставки *Мин время срабат* .
- Можно также использовать уставку *Точка насыщ IDMT*, чтобы получить точку выравнивания как кратное уставки *Пусковое значение*. (Глобальная уставка: **Конфигурация/Система/*Точка насыщ IDMT***). По умолчанию значение уставки равно 50. Эта уставка оказывает воздействие только на таймеры обратнозависимой выдержки времени максимальной токовой защиты и защиты от замыканий на землю



При токах свыше 50 x Iном время срабатывания характеристики IDMT не гарантируется.


70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
Time (s)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
I/I>
Рис. 590:
Для кривой времени срабатывания, основанной на характеристике IDMT, отрегулированной по уставке Минимальное время срабатывания, задано значение 1000 мс (для Точка насыщ IDMT установлено максимальное значение).

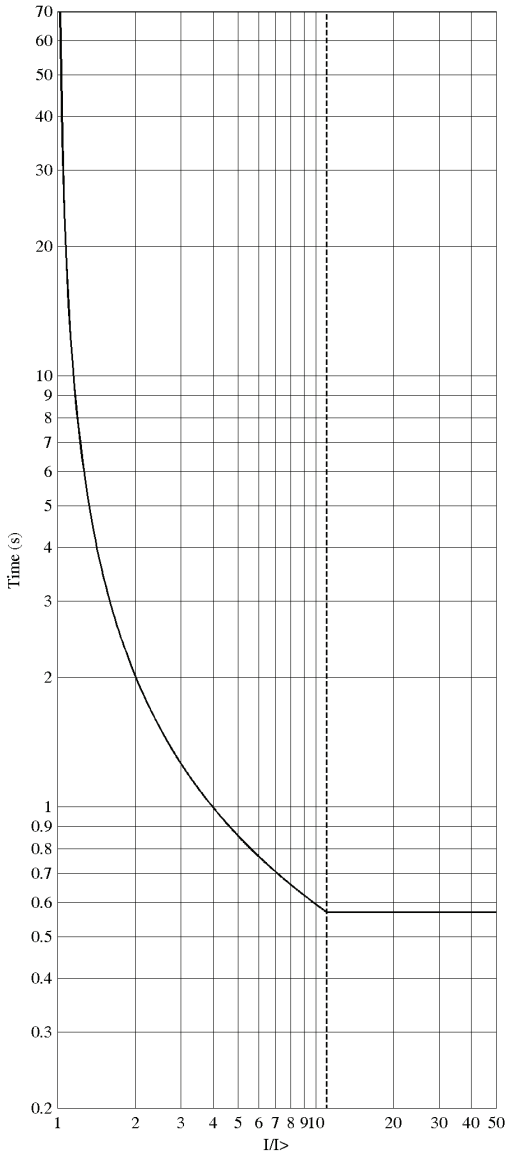


Рис. 591: Для кривой времени срабатывания, основанной на характеристике IDMT, отрегулированной по уставке Точка насыщ IDMT, задано значение 11 (для уставки Минимальное время срабатывания установлено минимальное значение).

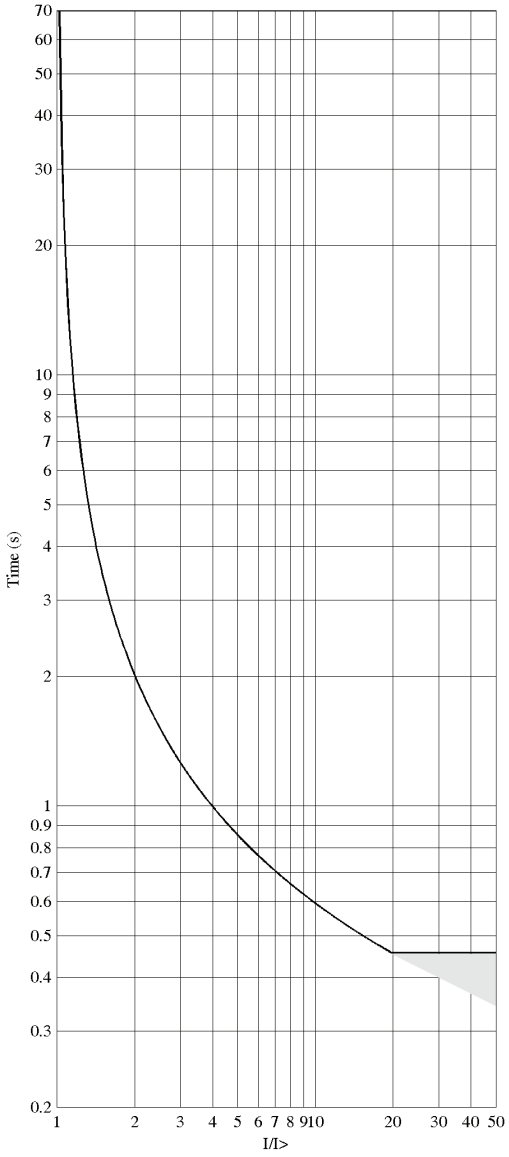


Рис. 592: Пример регулирования обратнозависимой характеристики времени по току, превышающему 50 x In и значение «2,5 x In» уставки «Пусковое значение» (для уставки Точка насыщ IDMT задано максимальное значение, для уставки Минимальное время срабат – минимальное).

Серая зона на Рисунке 592 показывает поведение характеристики, когда измеренный ток выходит за пределы гарантированного диапазона измерения. Кроме того, максимальный измеренный ток 50 x Iном дает точку выравнивания 50/2,5 = 20 x I/I>.

11.2.1.1 Стандартные обратнозависимые характеристики выдержки времени

Поддерживается два типа стандартных обратнозависимых характеристик: МЭК и ANSI/IEEE.

Значения времени срабатывания IDMT-характеристик ANSI и МЭК определяются коэффициентами A, B и C.

Значения коэффициентов можно рассчитать по следующей формуле:

$$t[s] = \left(\frac{A}{\left(\frac{I}{I>} \right)^{c} - 1} + B \right) \cdot k$$

(Уравнение 198)

t[s] Время срабатывания в секундах

I измеренный ток

I> уставка *Пусковое значение*

k заданное значение уставки *Множитель времени*

Таблица 1006: Параметры обратнозависимых характеристик ANSI и МЭК

Наименование характеристики	A	B	C
(1) ANSI Чрезвычайно инверсная	28.2	0.1217	2.0
(2)ANSI Сильно инверсная	19.61	0.491	2.0
(3) ANSI Нормально инверсная	0.0086	0.0185	0.02
(4) ANSI Умеренно инверсная	0.0515	0.1140	0.02
(6) Длительная Чрезвычайно Инверсная	64.07	0.250	2.0
(7) Длительно сильно Инверсная	28.55	0.712	2.0
(8) Длительно Инверсная	0.086	0.185	0.02
(9) МЭК Нормально инверсная	0.14	0.0	0.02
(10) МЭК Сильно инверсная	13.5	0.0	1.0
(11) МЭК Инверсная	0.14	0.0	0.02
Продолжение таблицы на следующей странице			

Наименование характеристики	A	B	C
(12) МЭК Чрезвычайно инверсная	80.0	0.0	2.0
(13) МЭК Кратковременно Инверсная	0.05	0.0	0.04
(14) МЭК Длительно Инверсная	120	0.0	1.0

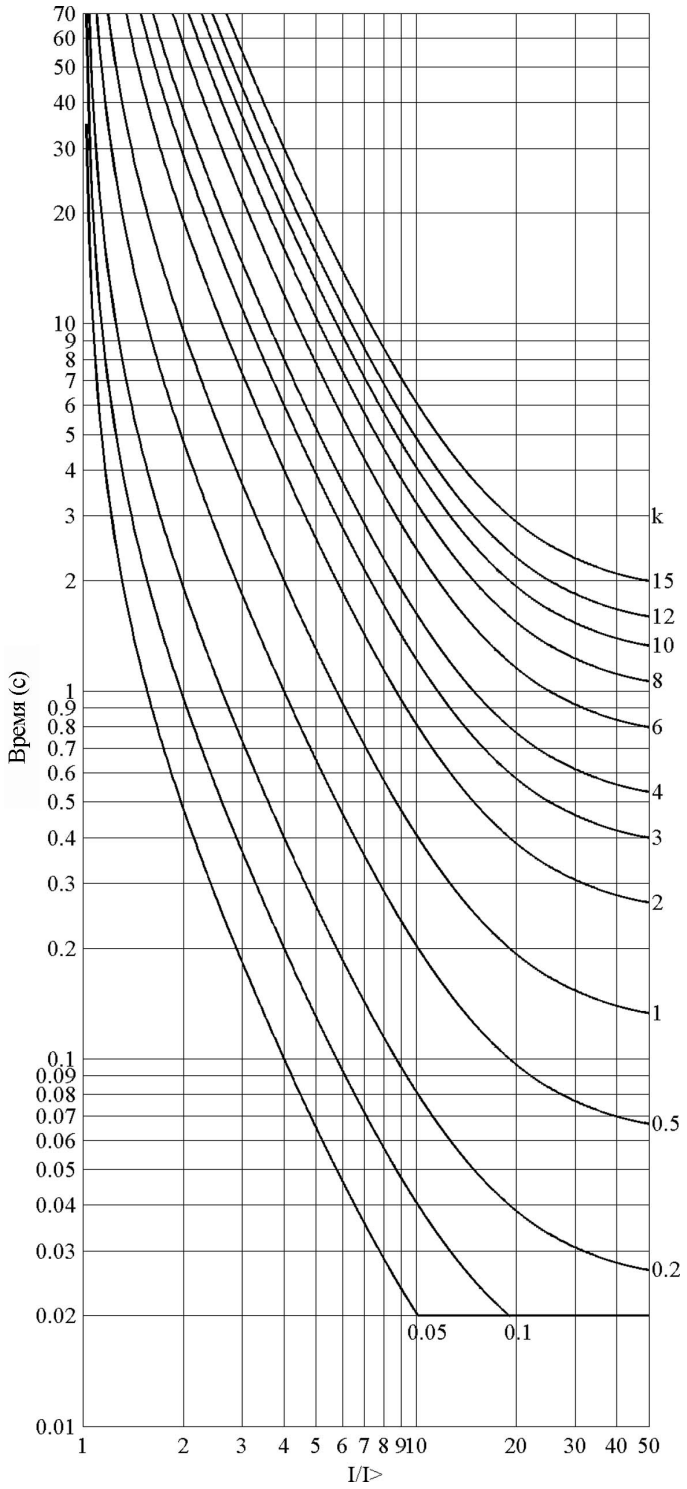


Рис. 593: ANSI чрезвычайно инверсные характеристики

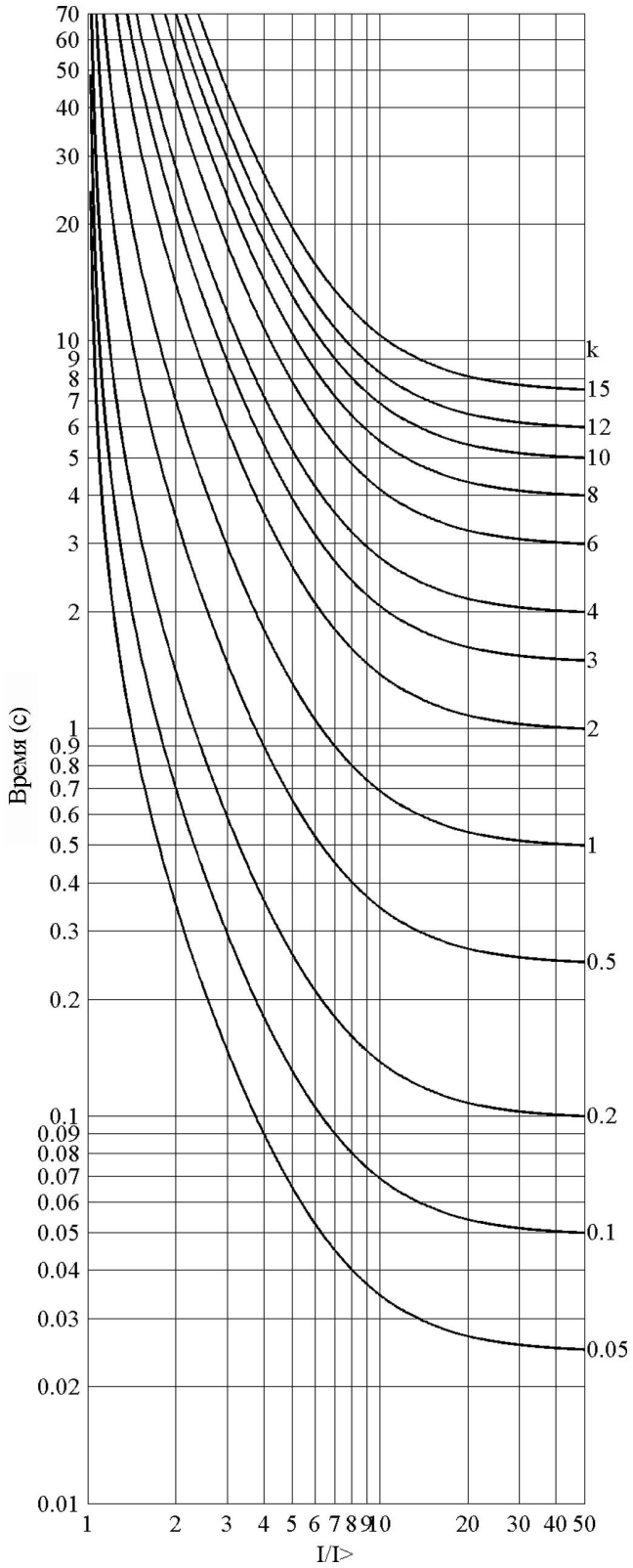


Рис. 594: ANSI сильно инверсные характеристики

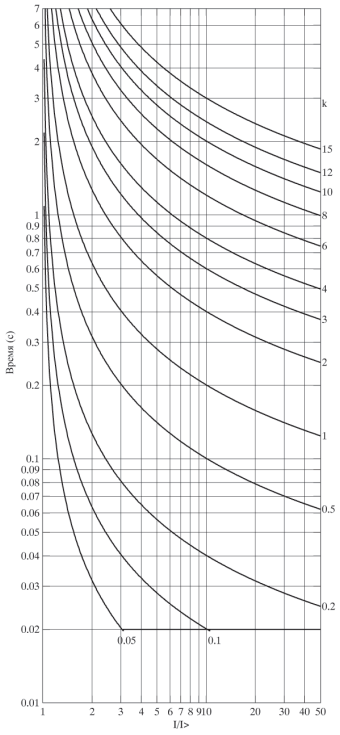


Рис. 595: ANSI нормально инверсные характеристики

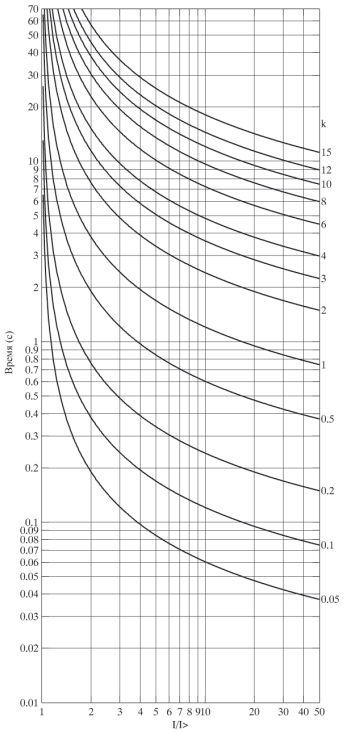


Рис. 596: ANSI умеренно инверсные характеристики

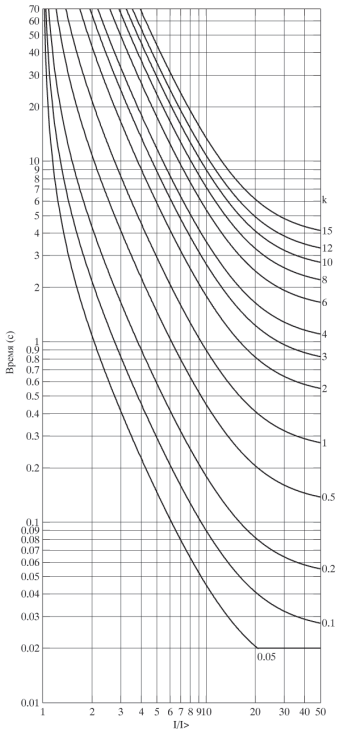


Рис. 597: ANSI длительные чрезвычайно инверсные характеристики

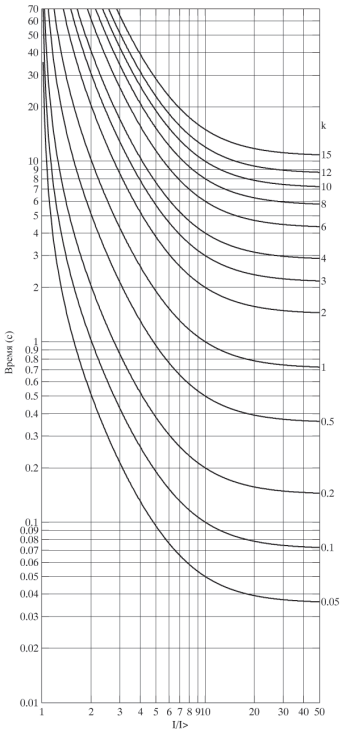


Рис. 598: ANSI длительные сильно инверсные характеристики

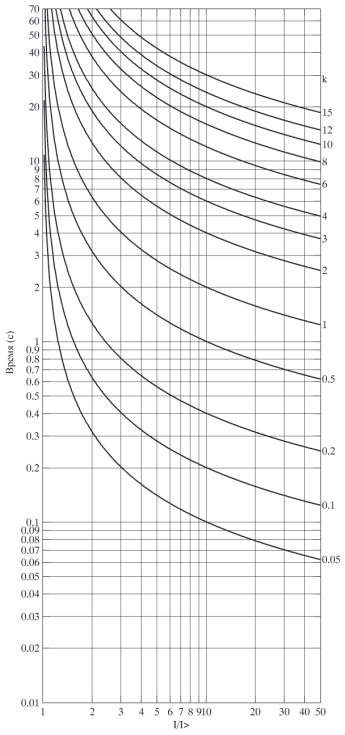


Рис. 599: ANSI длительные инверсные характеристики

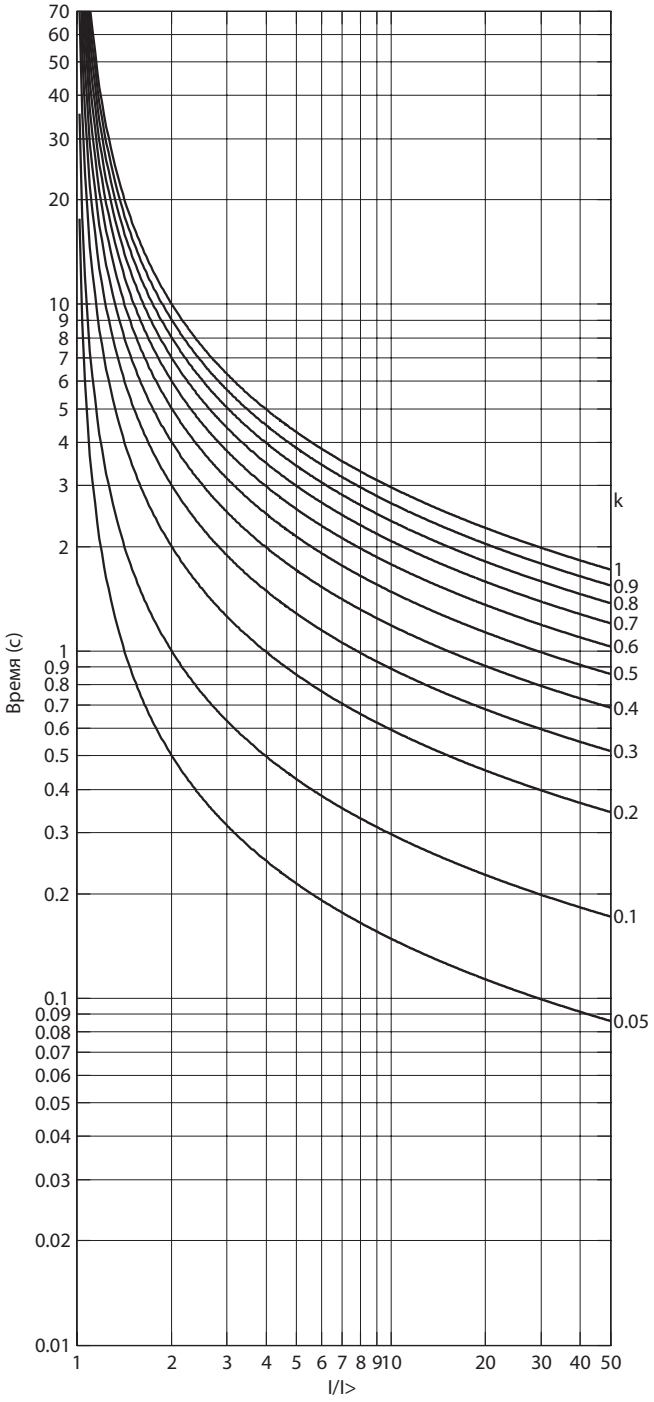


Рис. 600: ANSI нормально инверсные характеристики

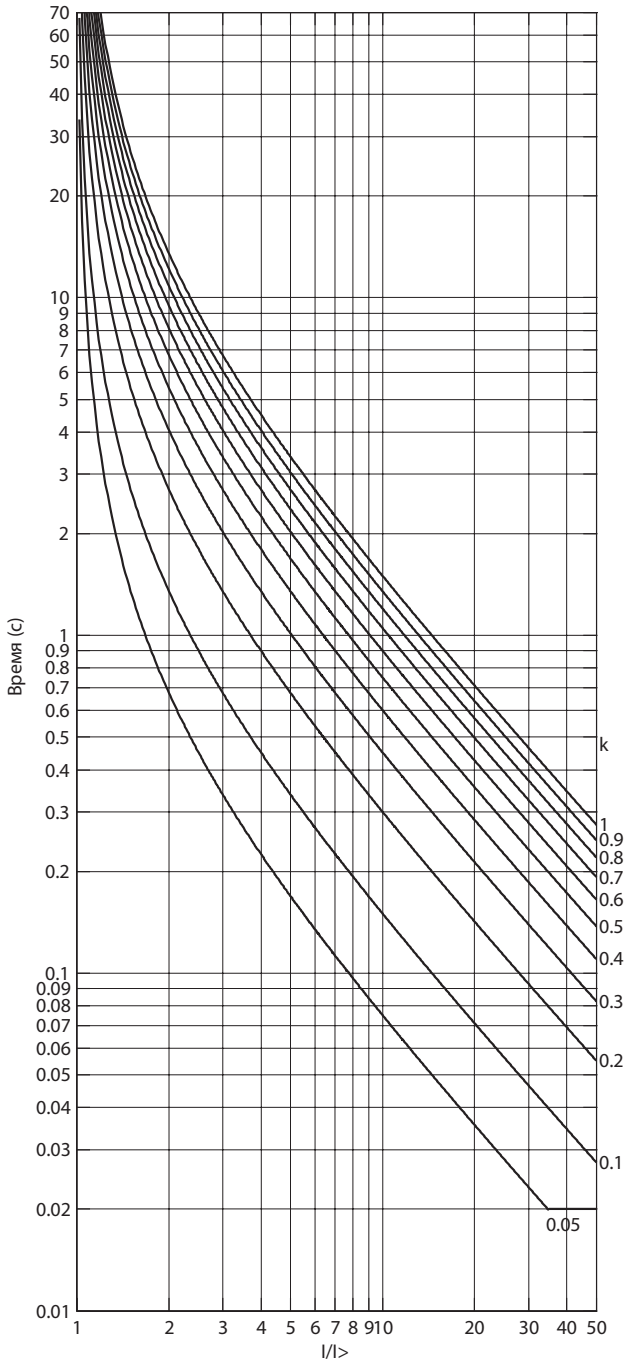


Рис. 601: МЭК сильно инверсные характеристики

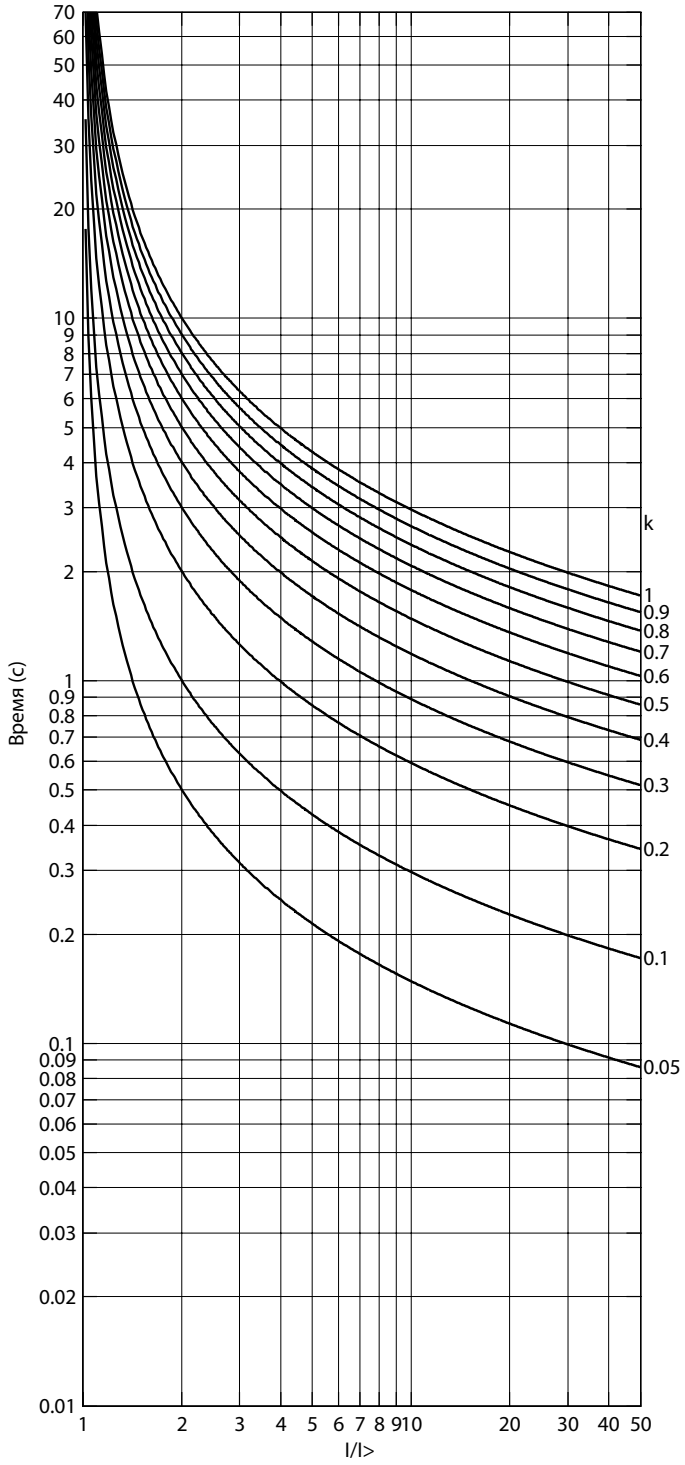


Рис. 602: МЭК инверсные характеристики

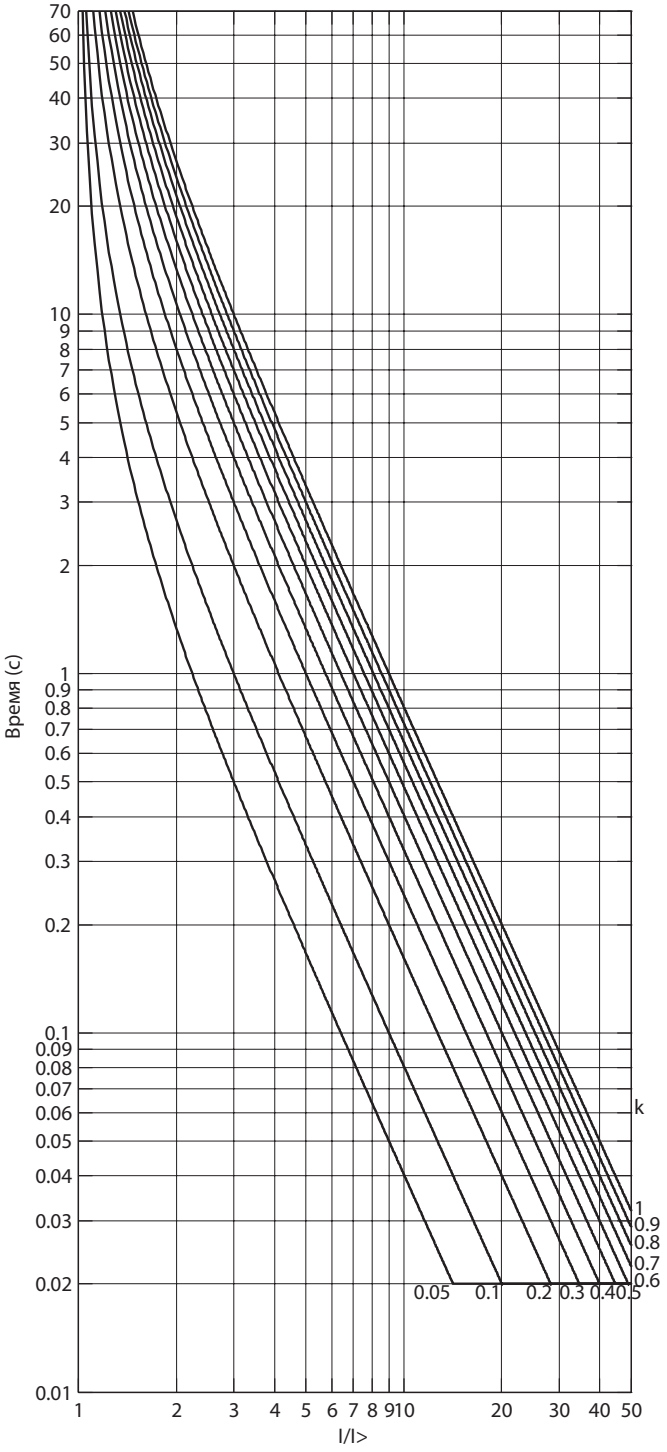


Рис. 603: МЭК чрезвычайно инверсные характеристики

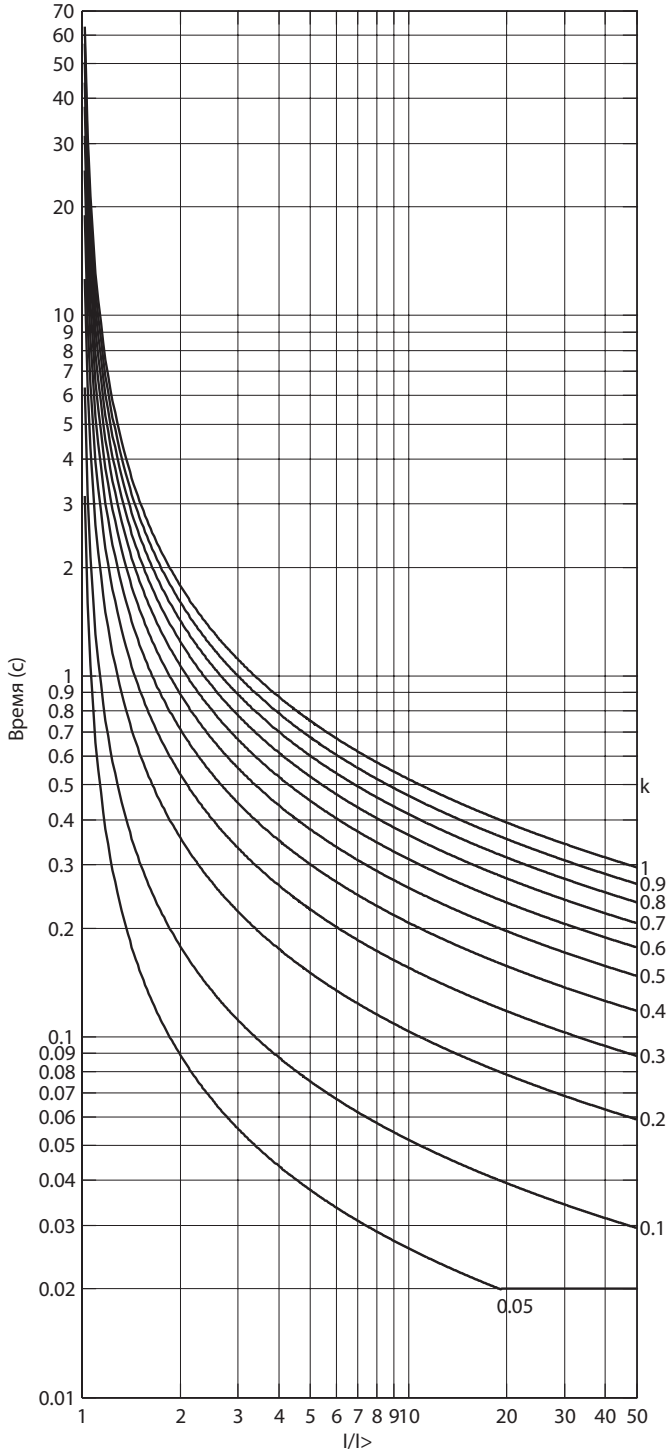


Рис. 604: МЭК кратковременные инверсные характеристики

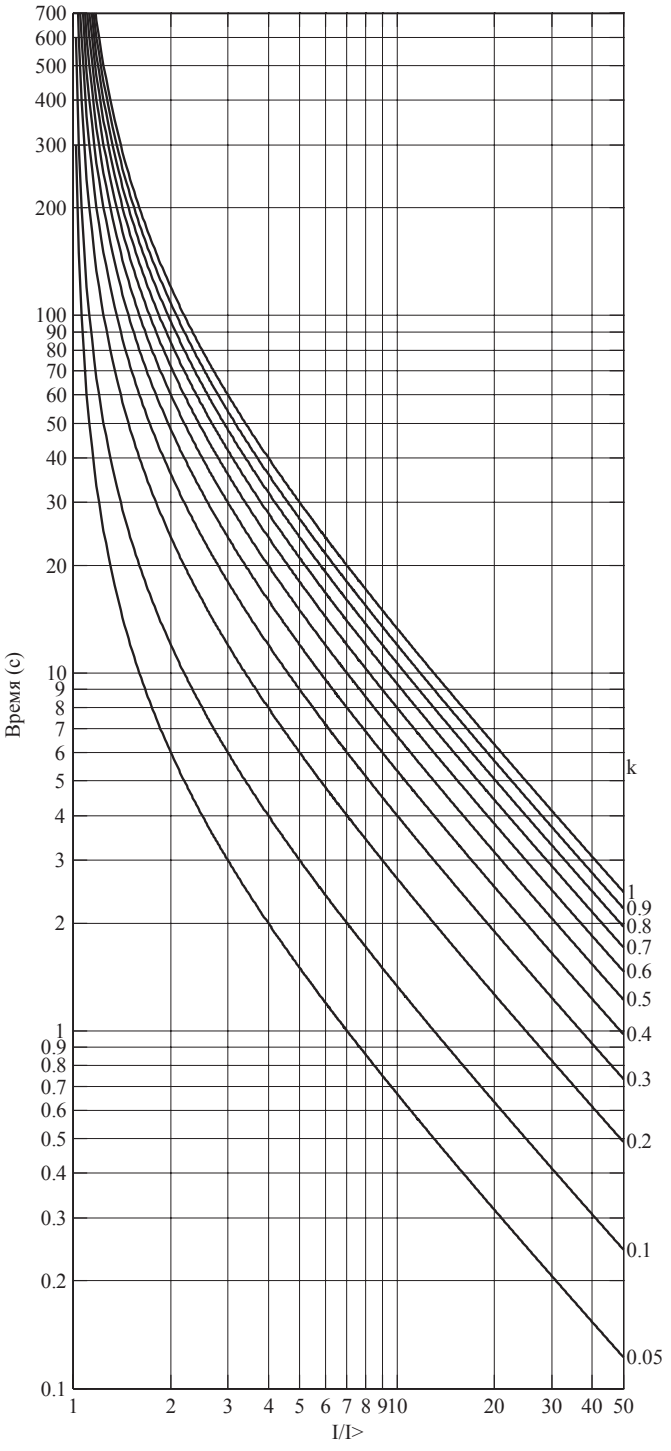


Рис. 605: МЭК длительные инверсные характеристики

11.2.1.2 Программируемые пользователем инверсные характеристики

Пользователь может определить свои характеристики срабатывания путем ввода параметров в следующую стандартную формулу:

$$t[s] = \left(\frac{A}{\left(\frac{I}{I>} \right)^{c} - E} + B \right) \cdot k$$

(Уравнение 199)

t[s]	Время срабатывания (в секундах)
A	заданное значение уставки *Параметр кривой A*
B	заданное значение уставки *Параметр кривой B*
C	заданное значение уставки *Параметр кривой C*
E	заданное значение уставки *Параметр кривой E*
I	Измеренный ток
I>	заданное значение уставки *Пусковое значение*
k	заданное значение уставки *Множитель времени*

11.2.1.3 Инверсные характеристики типа RI и RD

Характеристика типа RI моделирует поведение электромеханических реле. Тип RD – специальная характеристика, применяемая при замыканиях на землю.

Характеристика типа RI рассчитывается по формуле

$$t[s] = \left(\frac{k}{0.339 - 0.236 \times \frac{I>}{I}} \right)$$

(Уравнение 200)

Характеристика типа RD рассчитывается по формуле

$$t[s] = 5.8 - 1.35 \times \ln\left(\frac{I}{k \times I>} \right)$$

(Уравнение 201)

t[s] Время срабатывания (в секундах)

k заданное значение уставки *Множитель времени*

I Измеренный ток

I> уставка *Пусковое значение*

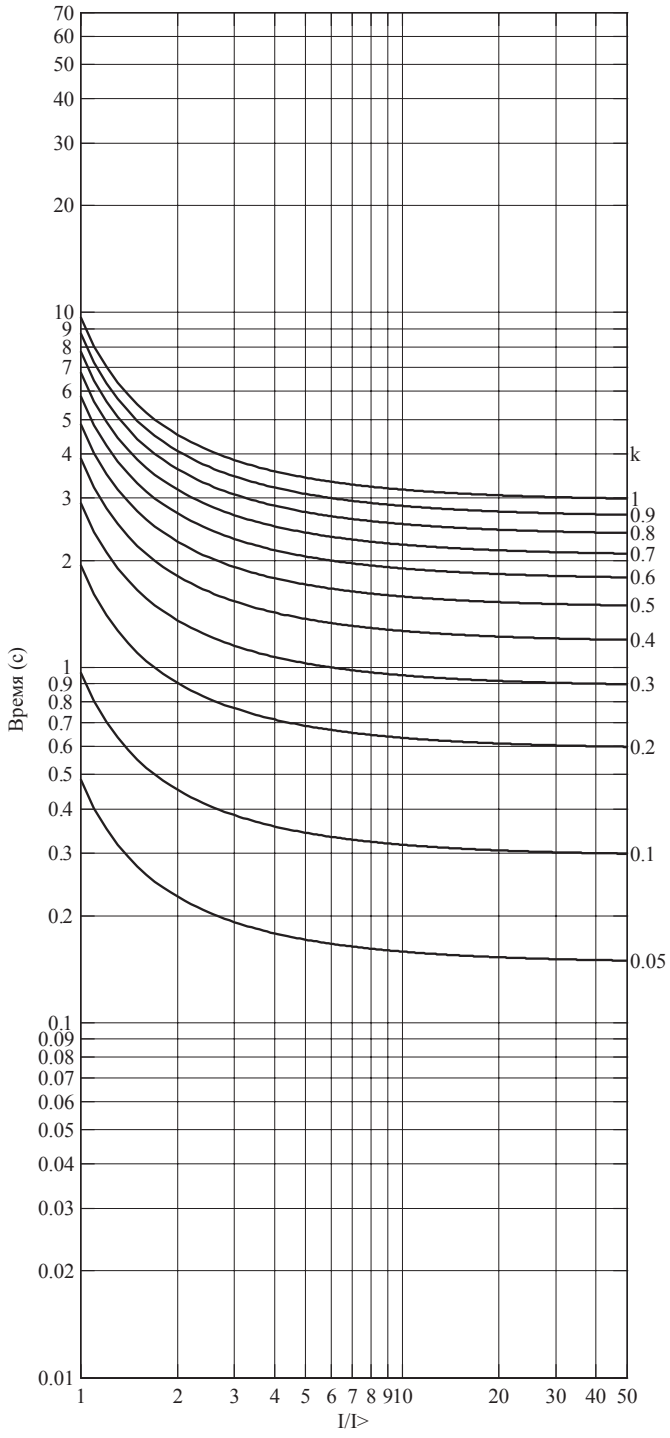


Рис. 606: Инверсная характеристика типа RI

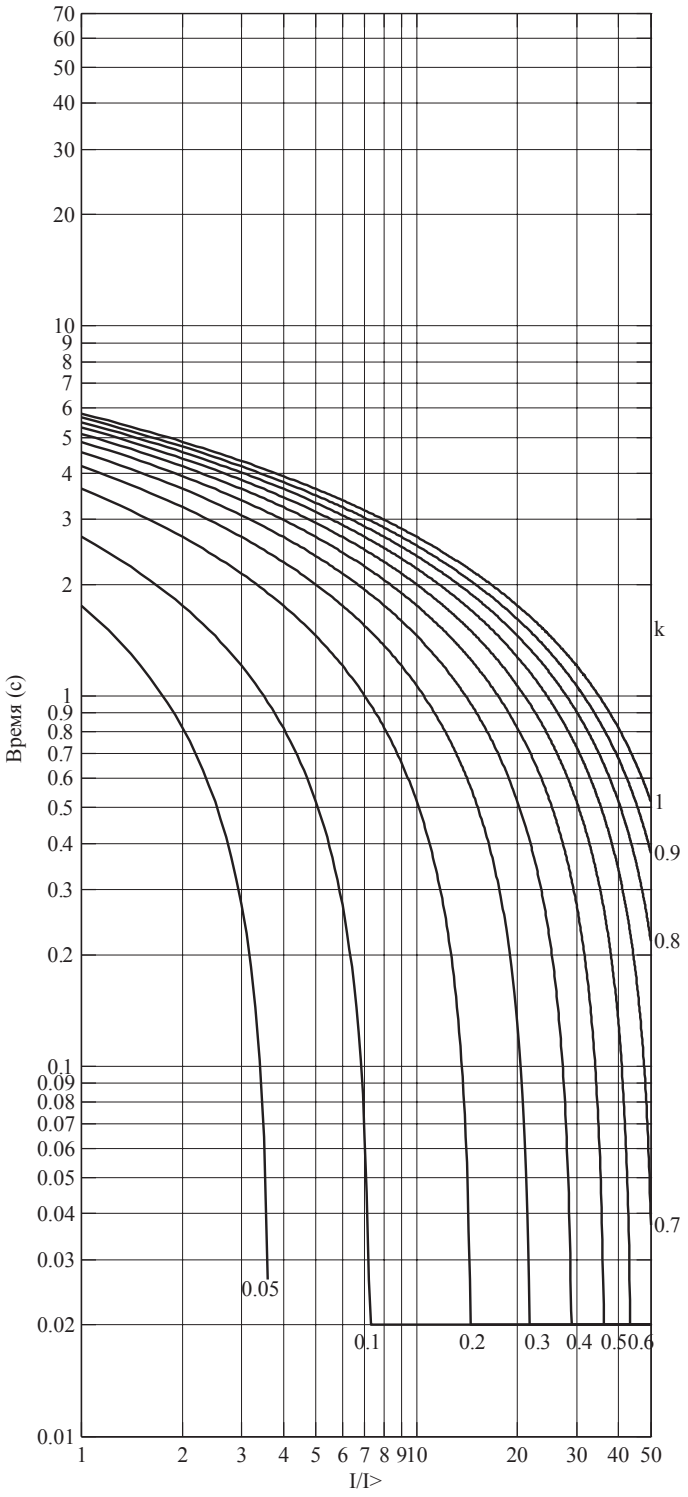


Рис. 607: Инверсная характеристика типа RD

11.2.2 Возврат в режимах с обратнозависимой выдержкой времени

Пользователь может выбрать характеристики возврата при помощи параметра *Тип кривой возврата* .

Таблица 1007: Значения для режима возврата

Наименование параметра	Возможные значения
Тип кривой возврата	1=Мгновенная 2=Независимая 3=Инверсная

Мгновенный возврат

Если в случае пропадания воздействующей величины параметр *Тип кривой возврата* имеет значение "Мгновенная", таймер обратнозависимой выдержки времени сбрасывается незамедлительно.

Возврат с независимой выдержкой времени

Возврат с независимой выдержкой времени в инверсном режиме может быть реализован, если параметр *Тип кривой возврата* установить в значение "Независимая". В результате таймер обратнозависимой выдержки времени фиксируется на времени, определенном уставкой *Время возврата*, после того как ток опустится ниже уставки *Пусковое значение* с учетом гистерезиса.Показания таймера обратнозависимой выдержки времени сбрасываются, если в течение выдержки времени на возврат не произошло следующего запуска.

Если параметр *Тип кривой возврата* установлен в значение "Независимая", уровень тока на характеристику возврата не влияет.

Возврат с инверсной характеристикой

Характеристики инверсного возврата имеются только для характеристик ANSI и программируемых пользователем характеристик. Если выбран другой тип характеристики, выполняется немедленный возврат.

Инверсный возврат с типовой выдержкой времени

Характеристика возврата, необходимая в обратнозависимых режимах по стандарту ANSI (IEEE), обеспечивается заданием параметра *Тип кривой возврата* в значение "Инверсная" В этом режиме выдержка времени на

возврат определяется следующей формулой, в которой используется коэффициент D, значения которого приведены в таблице ниже.

$$t[s] = \left(\frac{D}{\left(\frac{I}{I>} \right)^2 - 1} \right) \cdot k$$

(Уравнение 202)

t[s] Время возврата (в секундах)

k заданное значение уставки *Множитель времени*

I Измеренный ток

I> уставка *Пусковое значение*

Таблица 1008: Коэффициенты характеристик возврата с обратнозависимой выдержкой времени по ANSI

Наименование характеристики	D
(1) ANSI Чрезвычайно инверсная	29,1
(2)ANSI Сильно инверсная	21,6
(3) ANSI Нормально инверсная	0,46
(4) ANSI Умеренно инверсная	4,85
(6) Длительная Чрезвычайно Инверсная	30
(7) Длительная сильно Инверсная	13,46
(8) Длительная Инверсная	4,6

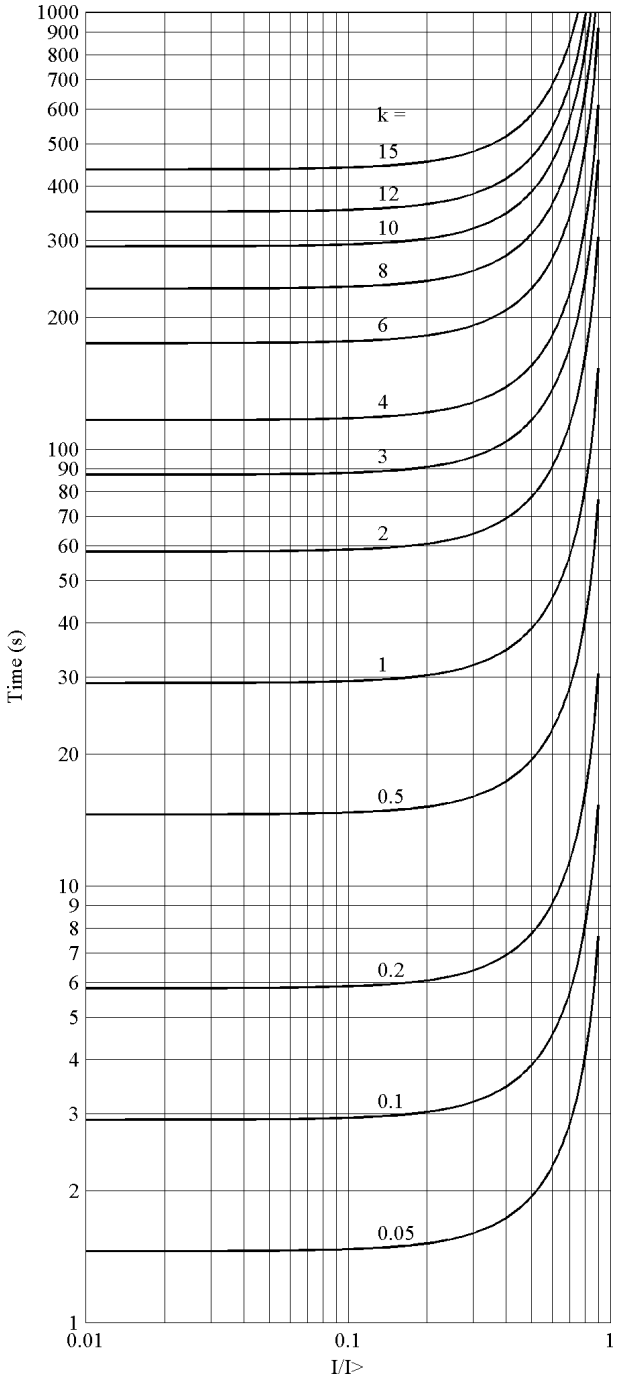


Рис. 608: ANSI чрезвычайно инверсные характеристики возврата

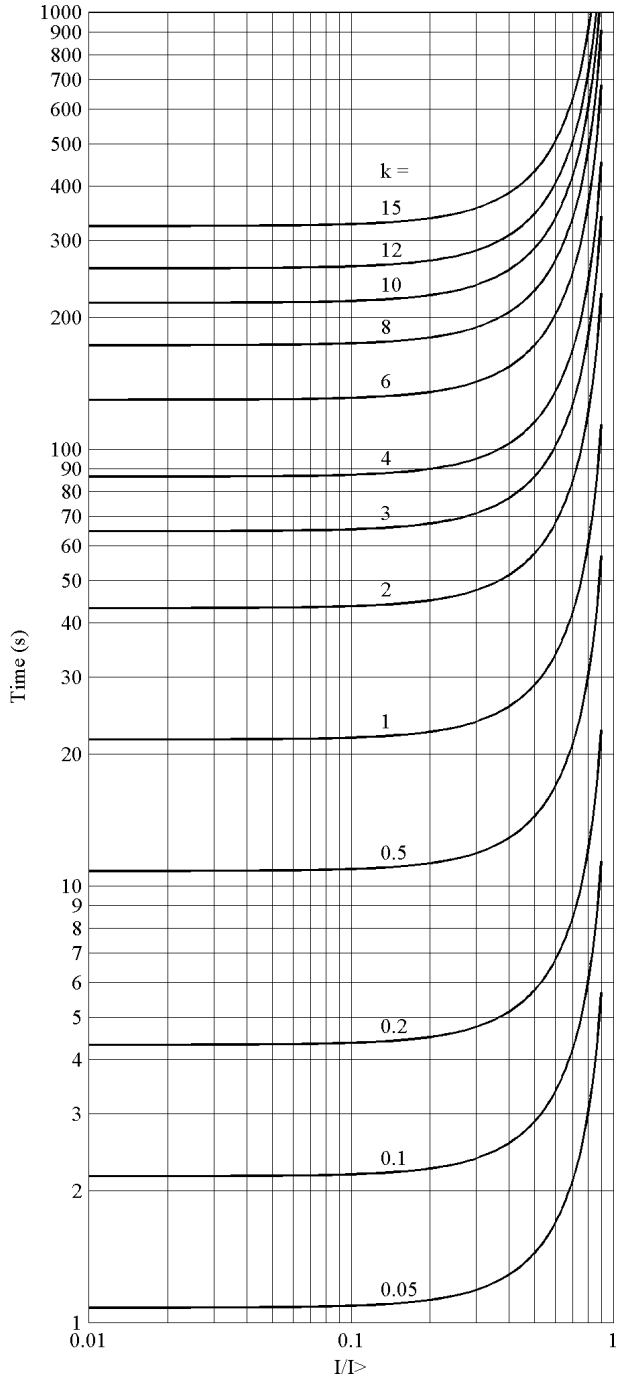
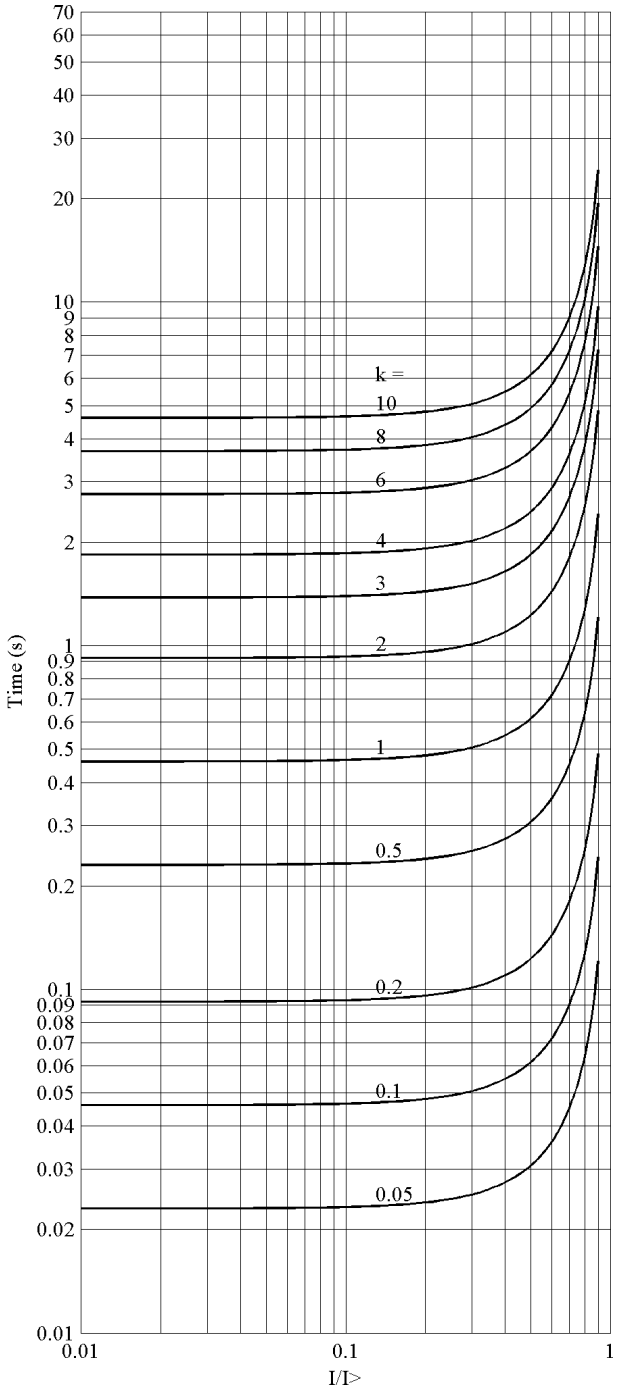


Рис. 609: ANSI сильно инверсные характеристики возврата


70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
Time (s)
k =
10
8
6
4
3
2
1
0.5
0.2
0.1
0.05
0.01
0.1
1
I/I>
Рис. 610: ANSI нормально инверсные характеристики возврата

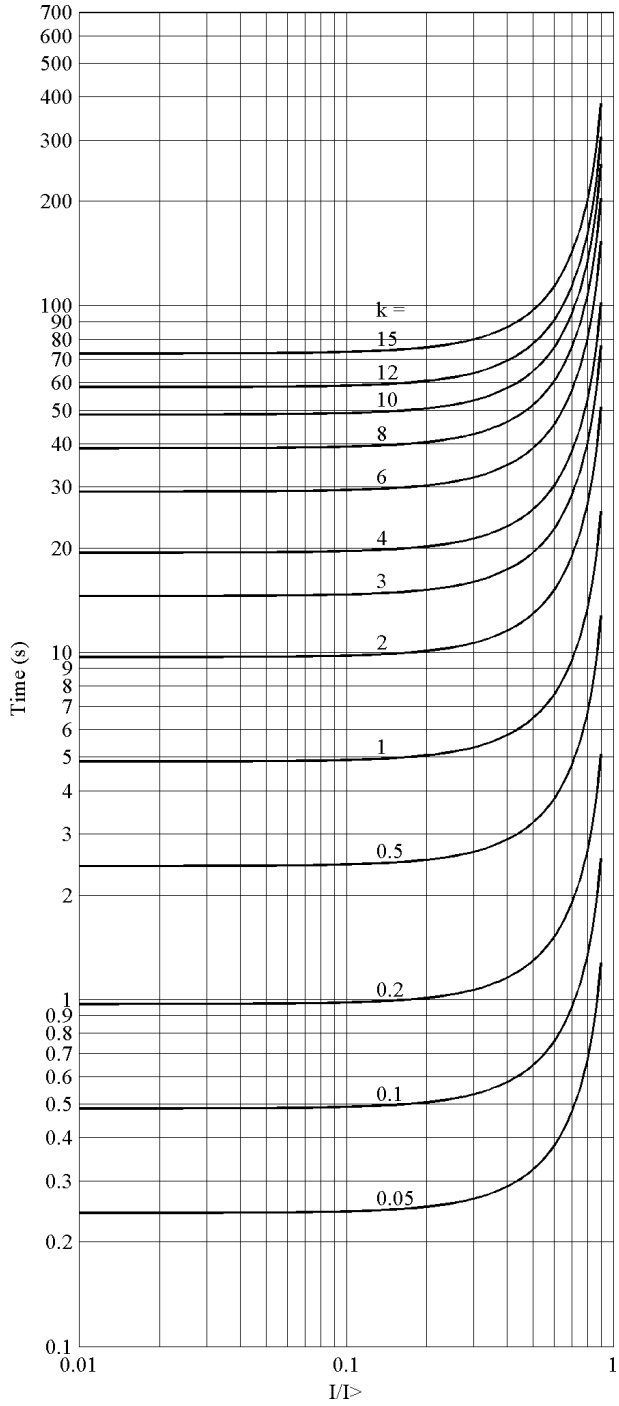


Рис. 611: ANSI умеренно инверсные характеристики возврата

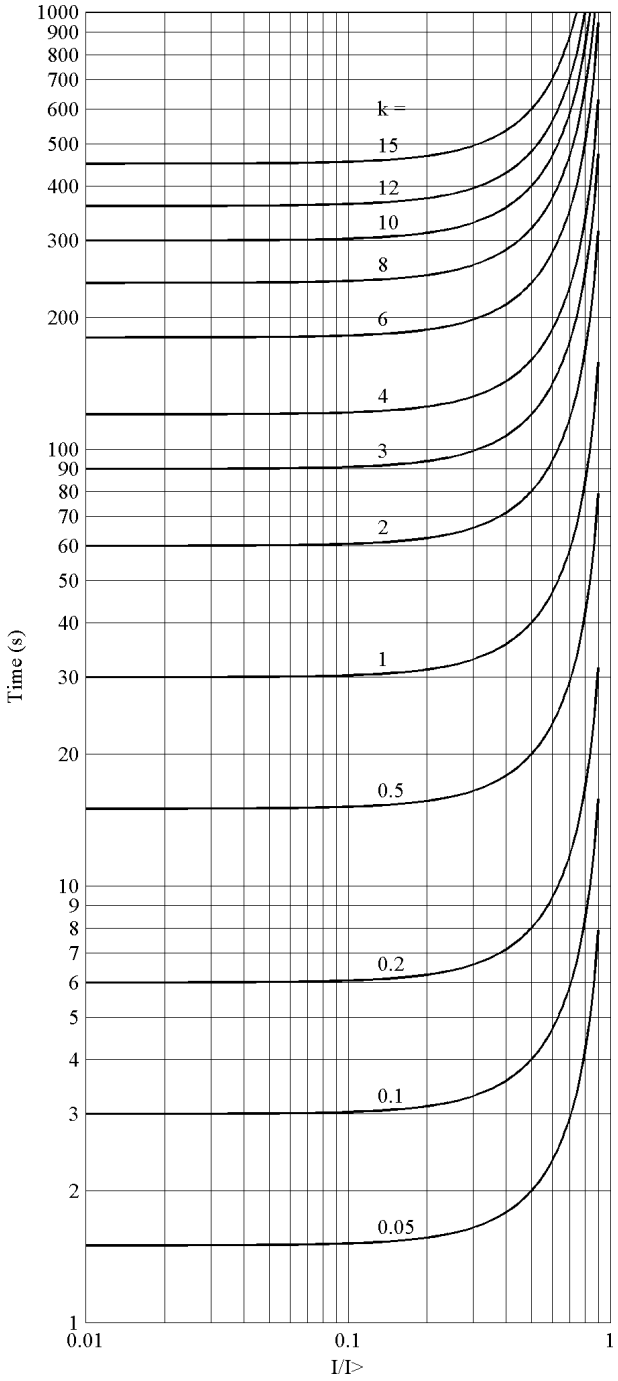


Рис. 612: ANSI длительные чрезвычайно инверсные характеристики возврата

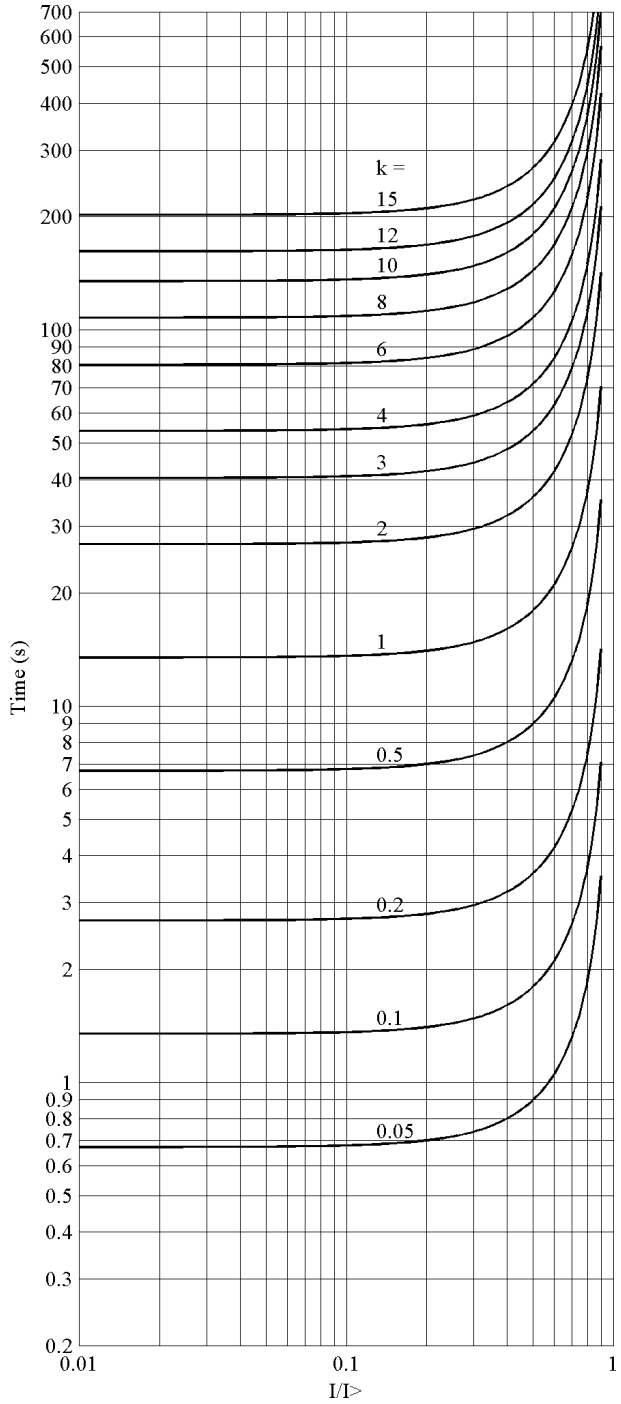


Рис. 613: ANSI длительные сильно инверсные характеристики возврата

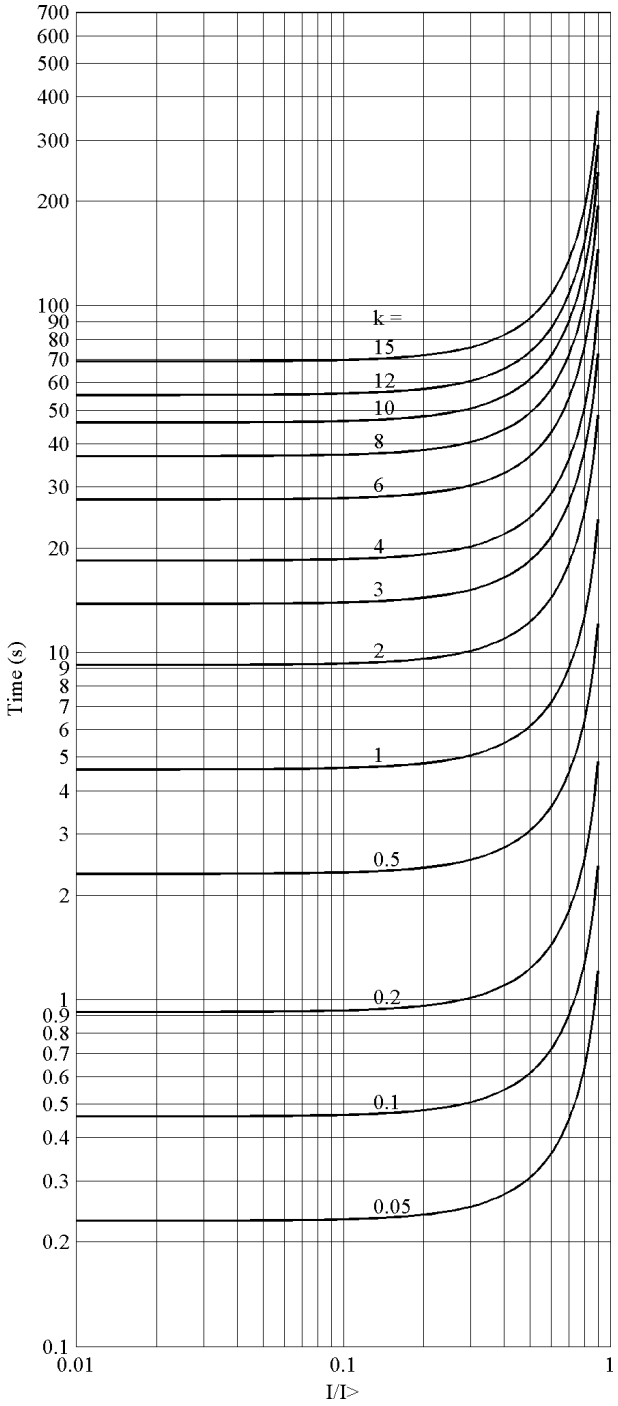


Рис. 614: ANSI длительные инверсные характеристики возврата

Возврат с обратнозависимой выдержкой времени не поддерживается инверсными характеристиками МЭК.

Возврат с программируемой пользователем обратнозависимой выдержкой времени

Пользователь может задавать характеристику возврата с обратнозависимой выдержкой времени по следующей формуле с использованием параметра *Параметр кривой D*.

$$t[s] = \left(\frac{D}{\left(\frac{I}{I>} \right)^2 - 1} \right) \cdot k$$

(Уравнение 203)

t[s] Время возврата (в секундах)

k заданное значение уставки *Множитель времени*

D заданное значение уставки *Параметр кривой D*

I Измеренный ток

I> уставка *Пусковое значение*

11.2.3 Останов таймера обратнозависимой выдержки времени

Когда вход BLOCK активен, внутреннее значение таймера зафиксировано на значении, непосредственно предшествующем моменту фиксации. Фиксация показаний счетчика выбирается в том случае, когда пользователь не хочет, чтобы оно увеличивалось или сбрасывалось. Это бывает необходимо, например, когда нужно заблокировать функцию с обратнозависимой выдержкой времени одного ИЭУ, чтобы обеспечить возможность срабатывания с независимой выдержкой времени другого ИЭУ по соображениям селективности, особенно в случае применения различных технологий (старых и современных типов устройств).

Выбранный режим блокировки – "Останов таймера".

Активация входа BLOCK также удлиняет минимальную выдержку времени таймера.

Активация входа BLOCK не оказывает влияния на срабатывание выхода START. Он становится активным, когда ток превышает значение уставки *Пусковое значение*, и неактивным, если ток падает ниже значения уставки

Пусковое значение , и истекла заданная выдержка времени, определяемая уставкой *Время возврата* .

11.3 Обратнозависимая характеристика с контролем по напряжению

11.3.1 Обратнозависимые характеристики для защиты от повышения напряжения

В режимах с обратнозависимыми характеристиками время срабатывания зависит от мгновенного значения напряжения: чем выше напряжение, тем быстрее срабатывание. Расчет времени срабатывания или интегрирование начинается сразу же после того как значение напряжения превысит заданное значение уставки *Пусковое значение* и станет активным выход START.

Выход OPERATE активируется, когда накопленная сумма интегратора, рассчитывающего наличие максимального напряжения, превышает значение, определяемое режимом обратнозависимой характеристики. Пусковое значение зависит от выбранного типа кривой и используемых значений уставок. Масштабирование кривой пользователь может выполнить при помощи уставки *Множитель времени* .

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное время срабатывания в режиме IDMT, то есть, можно установить предел времени срабатывания в режиме IDMT, чтобы оно не стало слишком коротким. Например:

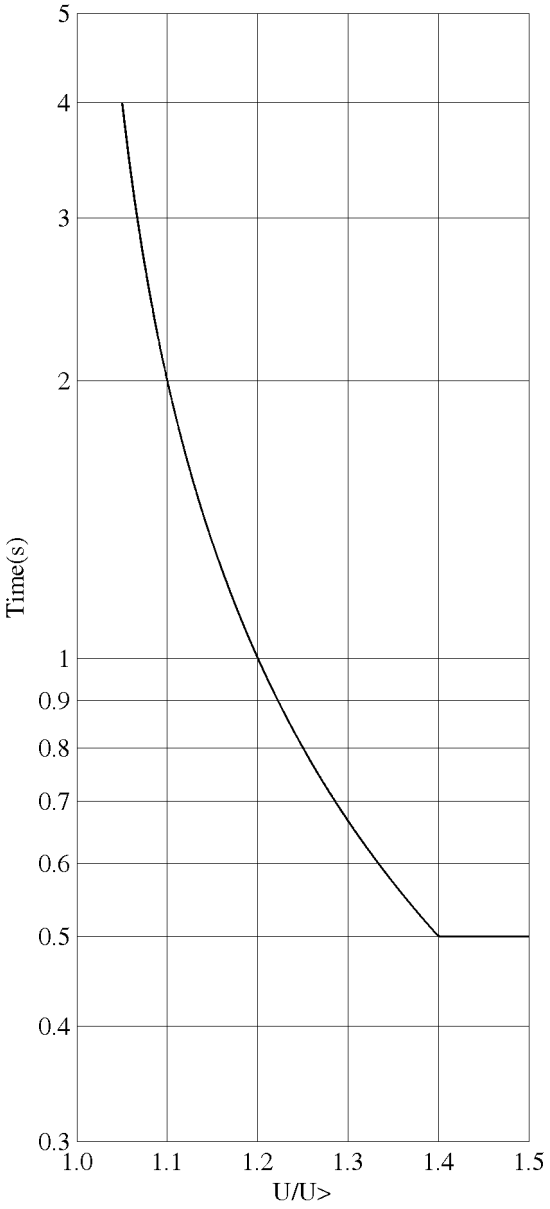


Рис. 615: Обратнозависимая характеристика срабатывания, уставка Мин время срабат задана в значение 0,5 секунды

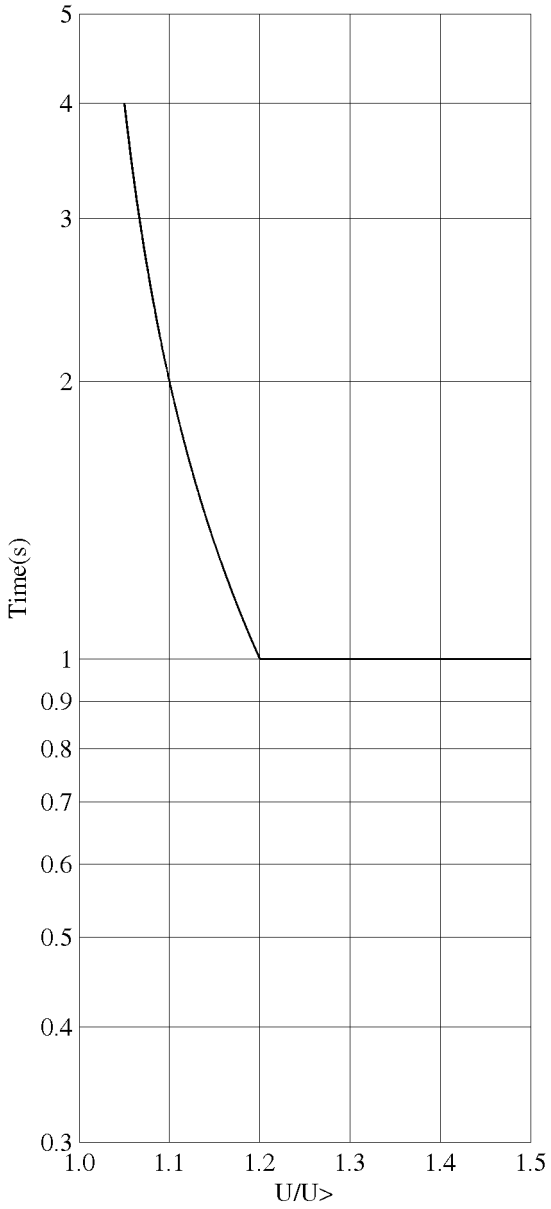


Рис. 616: Обратнозависимая характеристика срабатывания, уставка Мин время срабат задана в значение 1 секунда

11.3.1.1 Стандартные обратнозависимые характеристики выдержки времени для защиты от повышения напряжения

Значения времен срабатывания стандартных обратнозависимых характеристик защиты от повышения напряжения определяются коэффициентами A, B, C, D и E.

Время срабатывания обратнозависимой характеристики можно рассчитать по формуле:

$$t\left[s\right] = \frac{k \cdot A}{\left(B \times \frac{U - U>}{U>} - C\right)^{E}} + D$$

(Уравнение 204)

t [s] время срабатывания в секундах

U измеренное напряжение

U> Заданное значение уставки *Пусковое значение*

k Заданное значение уставки *Множитель времени*

Таблица 1009: Коэффициенты стандартных характеристик защиты от повышения напряжения

Наименование характеристики	A	B	C	D	E
(17) Обратнозависимая A	1	1	0	0	1
(18) Обратнозависимая B	480	32	0,5	0,035	2
(19) Обратнозависимая C	480	32	0,5	0,035	3

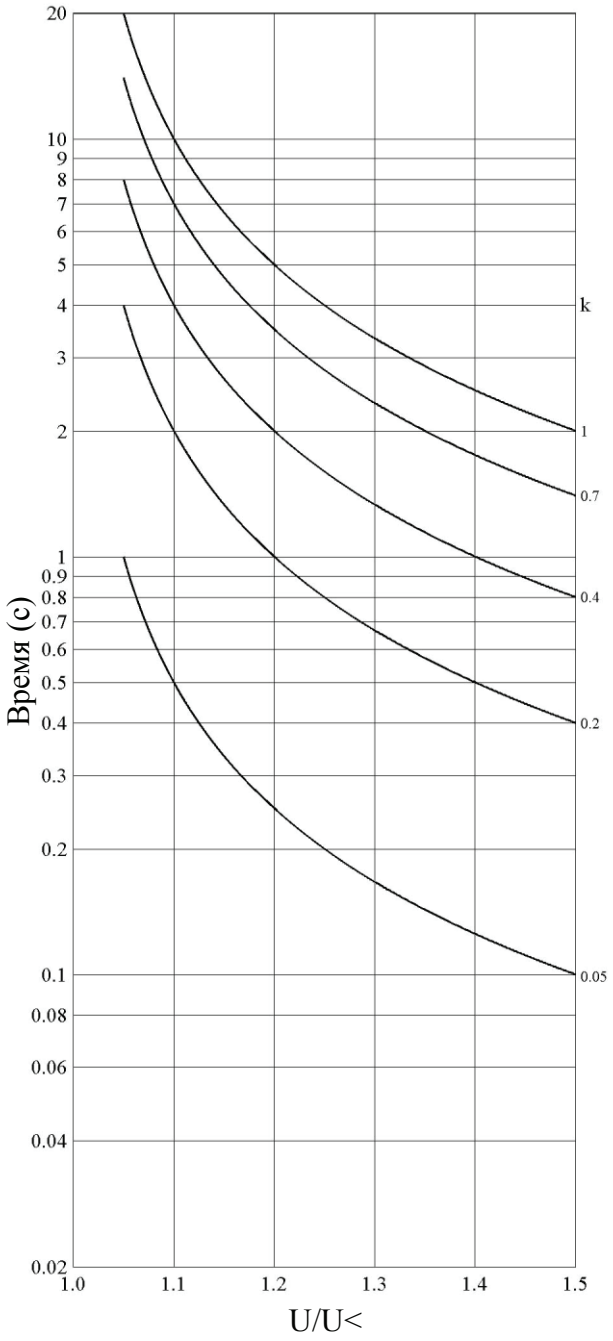


Рис. 617: Обратнозависимая характеристика A защиты от повышения напряжения

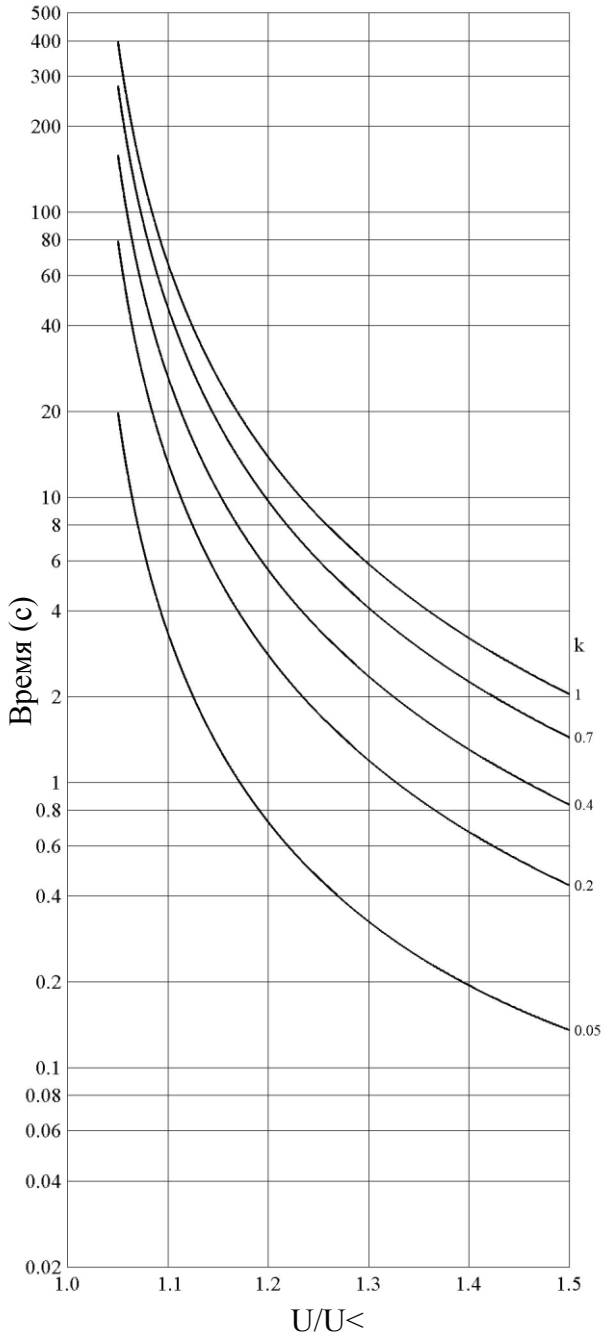


Рис. 618: Обратнозависимая характеристика B защиты от повышения напряжения

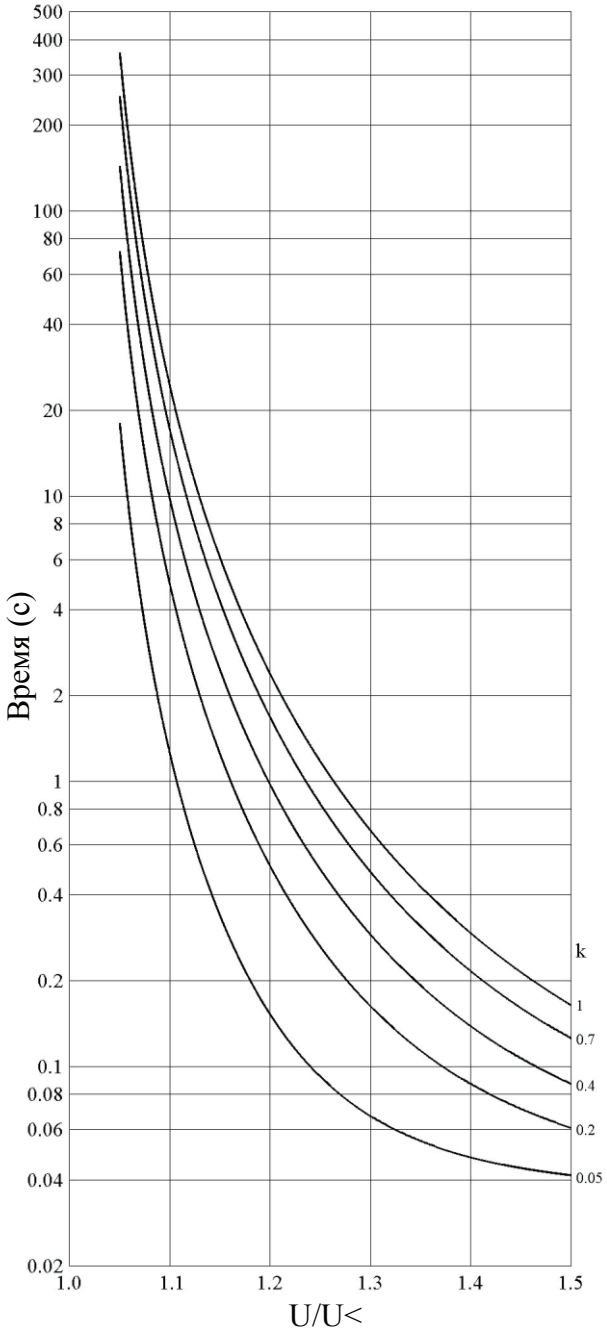


Рис. 619: Обратнозависимая характеристика C защиты от повышения напряжения

11.3.1.2 Обратнозависимые характеристики защиты от повышения напряжения, программируемые пользователем

Пользователь может определить свои характеристики срабатывания путем ввода параметров в стандартную формулу:

$$t\left[s\right] = \frac{k \cdot A}{\left(B \times \frac{U - U>}{U>} - C\right)^{E}} + D$$

(Уравнение 205)

t[s] время срабатывания в секундах
A заданное значение уставки *Параметр кривой A*
B заданное значение уставки *Параметр кривой B*
C заданное значение уставки *Параметр кривой C*
D заданное значение уставки *Параметр кривой D*
E заданное значение уставки *Параметр кривой E*
U измеренное напряжение
U> заданное значение уставки *Пусковое значение*
k заданное значение уставки *Множитель времени*

11.3.1.3 Особенности обратнозависимой характеристики защиты от повышения напряжения

В режиме срабатывания защиты от повышения напряжения по обратнозависимой характеристике отсчет времени срабатывания не начнется до тех пор, пока напряжение не превысит значение уставки *Пусковое значение*. Для учета разрывности характеристики имеется специальный параметр приведения уравнения к фиксированному значению. Параметр *НастрПарамКривой* выражается в процентах от уставки *Пусковое значение*. Например, в соответствии с уравнениями для кривых B и C, характеристическое уравнение заполняется таким образом, что, когда входные значения напряжений находятся в диапазоне от величины уставки *Пусковое значение* до *НастрПарамКривой* , в процентном выражении превышающем значение уставки *Пусковое значение*, в качестве измеренного напряжения в уравнении используется значение уставки *Пусковое значение* * (1,0 + *НастрПарамКривой* / 100). Хотя кривая A не имеет разрывов, когда U/U> превышает число 1, уставка *НастрПарамКривой* также устанавливается в это значение. Уставка *НастрПарамКривой* для кривых A, B и C составляет 2 процента. Но следует отметить, что пользователь должен очень внимательно рассчитывать характеристики кривых и учитывать разрывы при использовании уравнения для программируемой характеристики. Таким образом, параметр *НастрПарамКривой* дает дополнительную степень свободы для перемещения обратнозависимой кривой по оси отношения напряжений и эффективно определяет максимальное время срабатывания по обратнозависимой характеристике; так как на этот параметр влияют отношения напряжений, то время срабатывания – фиксированное, т.е. независимая выдержка времени, зависящая от параметров, но больше не зависящая от напряжения.

11.3.2 Обратнозависимые характеристики для защиты от понижения напряжения

В режимах срабатывания по обратнозависимой характеристике время срабатываниям зависит от мгновенного значения напряжения: чем ниже напряжение, тем быстрее срабатывание. Расчет времени срабатывания или интегрирование начинается сразу же после того как напряжение опустится ниже заданного значения уставки *Пусковое значение* и станет активным выход START.

Выход OPERATE активируется, когда накопленная сумма интегратора, рассчитывающего наличие минимального напряжения, превысит значение, определяемое режимом обратнозависимой характеристики. Пусковое значение зависит от выбранного типа кривой и используемых значений уставок. Масштабирование кривой пользователь может выполнить при помощи уставки *Множитель времени* .

Уставка *Мин время срабат* определяет минимальное время срабатывания, возможное в режиме IDMT. Для задания этой уставки пользователь должен очень внимательно изучить конкретную обратнозависимую характеристику.

11.3.2.1 Стандартные обратнозависимые характеристики выдержки времени для защиты от понижения напряжения

Значения времен срабатывания стандартных обратнозависимых характеристик защиты от понижения напряжения определяются коэффициентами A, B, C, D и E.

Время срабатывания обратнозависимой характеристики можно рассчитать по формуле:

$$t\left[s\right] = \frac{k \cdot A}{\left(B \times \frac{U < -U}{U <} - C\right)^{E}} + D$$

(Уравнение 206)

t [s]	время срабатывания в секундах
U	измеренное напряжение
U<	заданное значение уставки *Пусковое значение* .
k	уставка *Множитель времени* .

Таблица 1010: Коэффициенты стандартных характеристик защиты от понижения напряжения

Наименование характеристики	A	B	C	D	E
(21) Обратнозависимая A	1	1	0	0	1
(22) Обратнозависимая B	480	32	0,5	0,055	2

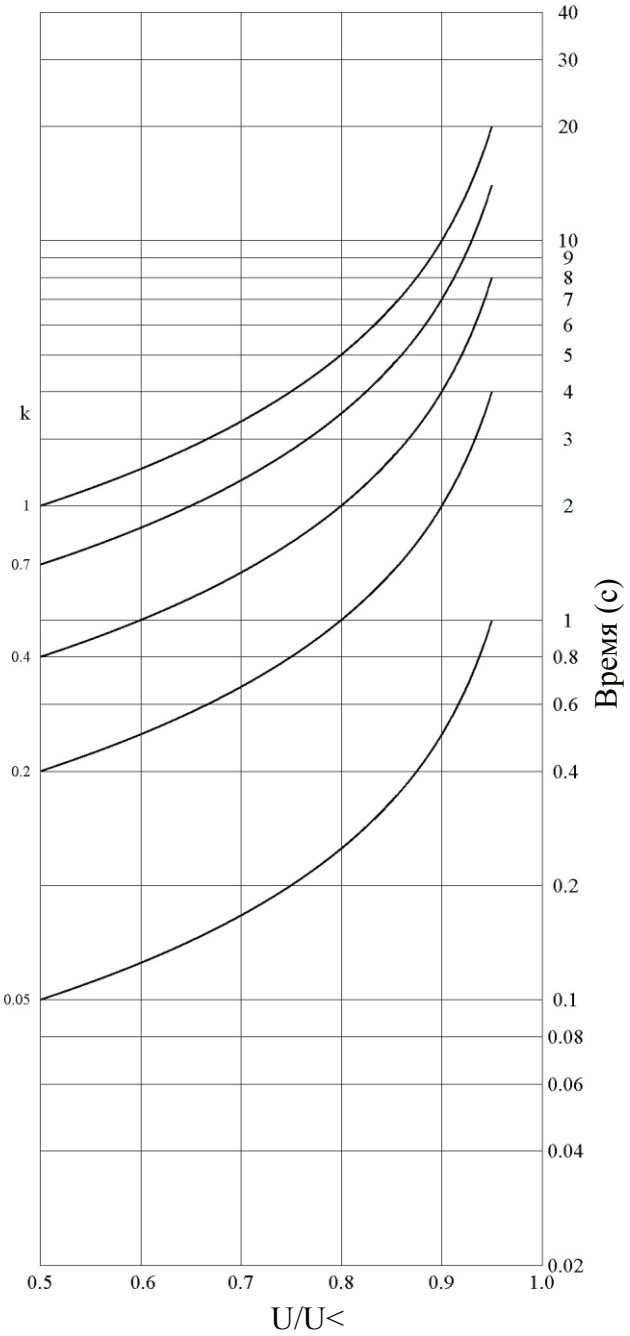


Рис. 620: : Обратнозависимая характеристика A защиты от понижения напряжения

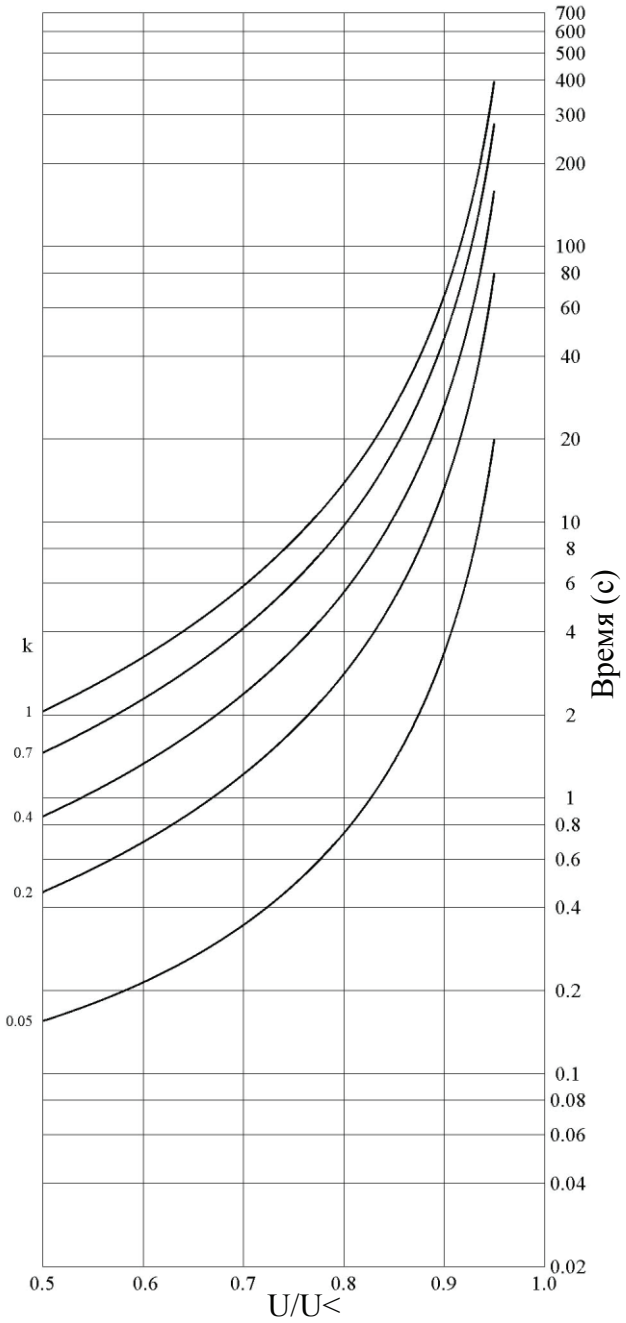


Рис. 621: : Обратнозависимая характеристика B защиты от понижения напряжения

11.3.2.2 Обратнозависимые характеристики защиты по понижению напряжения, программируемые пользователем

Пользователь может определить свои характеристики срабатывания путем ввода параметров в стандартную формулу:

$$t\left[s\right] = \frac{k \cdot A}{\left(B \times \frac{U < -U}{U <} - C\right)^{E}} + D$$

(Уравнение 207)

t[s] время срабатывания в секундах
A заданное значение уставки *Параметр кривой A*
B заданное значение уставки *Параметр кривой B*
C заданное значение уставки *Параметр кривой C*
D заданное значение уставки *Параметр кривой D*
E заданное значение уставки *Параметр кривой E*
U измеренное напряжение
U< заданное значение уставки *Пусковое значение*
k заданное значение уставки *Множитель времени*

11.3.2.3 Особенности обратнозависимой характеристики защиты от понижения напряжения

В режиме срабатывания защиты от понижения напряжения по обратнозависимой характеристике отсчет времени срабатывания не начнется до тех пор, пока напряжение не опустится ниже значения уставки *Пусковое значение*. Для учета разрывности характеристики имеется специальный параметр приведения уравнения к фиксированному значению. Уставка *НастрПарамКривой* выражается в процентах от уставки *Пусковое значение*. Например, в соответствии с уравнением для кривой B, характеристическое уравнение заполняется таким образом, что, когда входные значения напряжений находятся в диапазоне от величины уставки *Пусковое значение* до *НастрПарамКривой* в процентах относительно уставки *Пусковое значение*, в качестве измеренного напряжения в уравнении используется значение уставки *Пусковое значение* * (1.0 - *НастрПарамКривой* / 100). Хотя кривая A не имеет разрывов, когда U/U> превышает число 1, уставка *НастрПарамКривой* также установлена в это значение. Уставка *НастрПарамКривой* для кривых A, B и C составляет 2 процента. Но следует отметить, что пользователь должен очень внимательно рассчитывать характеристики кривых и учитывать разрывы при использовании уравнения для программируемой характеристики. Таким образом, параметр *НастрПарамКривой* дает дополнительную степень свободы для перемещения обратнозависимой кривой по оси отношения напряжений и эффективно определяет максимальное время срабатывания по обратнозависимой характеристике; так как на этот параметр влияют отношения напряжений, то время срабатывания – фиксированное, т.е. независимая выдержка времени, зависящая от параметров, но больше не зависящая от напряжения.

11.4 Измерение частоты и защита по частоте

Все функциональные блоки, в которых в качестве входного сигнала используется величина частоты, имеют общие свойства, связанные с алгоритмом измерения частоты. Оценка частоты выполняется на базе измерения напряжения от одной фазы (фазного или линейного) или напряжения прямой последовательности (PPS). Группы напряжений с трехфазными входами в качестве источника используют напряжение прямой последовательности. Диапазон измерения частоты: 0,6–1,5 × F_n. (Для REG615 диапазон составляет 0,2...1,4 × F_n, если включен параметр *Адаптивность по частоте*.) Диапазон измерения df/dt всегда начинается со значения 0,6 × F_n. Если частота превышает эти предельные значения, считается, что она вышла за пределы диапазона, и минимальное или максимальное значение считается измеренным значением с соответствующей информацией по качеству. После регистрации сигнала низкого качества оценка частоты стабилизируется в течение 160 мс. Поэтому на переходный процесс с низкокачественным сигналом добавляется выдержка времени 160 мс. Низкое качество сигнала может быть результатом следующих ограничений:

- Напряжение источника менее 0,02 × U_n при частоте F_n.
- Прерывистый сигнал напряжения источника.
- Скорость изменения частоты напряжения источника превышает 15 Гц/с (включая ступенчатое изменение частоты).

После получения низкокачественного сигнала номинальное значение частоты или нулевое значение (в зависимости от значения параметра *Выбор частоты по умолч*) отображается с соответствующей информацией о качестве в окне измерений. При низком качестве сигнала функции защиты по частоте блокируются, а таймеры и выходы функции сбрасываются. Если частота вышла за пределы диапазона уставок функционального блока, но при этом остается в пределах диапазона измерения, функциональные блоки продолжают работать. Но выходы `OPERATE` блокируются до тех пор, пока частота не восстановится до пределов действующего диапазона.

11.5 Адаптивность по частоте и защита при запуске генератора

В ситуациях одновременной регистрации низкой частоты и низкого напряжения функция адаптивности по частоте обеспечивает чувствительную и избирательную защиту во время фазы запуска и выключения генератора. Чувствительность защиты крайне важна, поскольку, например, уровень тока замыкания при внутреннем сбое работы генератора во время запуска или останова (в отсутствие возбуждения) не может превышать даже номинальный уровень тока. Включить функцию адаптивности по частоте, доступную

только в устройствах REG615, можно с помощью уставки *Адаптивность по частоте*. При ее выборе рабочий диапазон измерений устройства защиты увеличивается до 0,2–1,5 x Fn (10–75 Гц, если *Номинальная частота* = 50 Гц или 12–90 Гц, если *Номинальная частота* = 60 Гц).

Функция адаптивности по частоте для отслеживания значений частоты использует напряжение прямой последовательности и адаптирует точность измерения DFT, RMS, полного размаха сигнала и пиков на вводах тока и напряжения с помощью отслеживаемой частоты в рабочем диапазоне 0,2–1,5 x Fn. Адаптивное управление частотой запускается, если уровень напряжения прямой последовательности на зажимах генератора превышает 0,04 x Un (минимальный уровень). Поскольку ввод напряжения U12b шины контроля синхронизма и подачи напряжения (SECRSYN) всегда рассчитан на уставку *Номинальная частота*, к нему не применяет адаптивное управление.

Если напряжение прямой последовательности на зажимах генератора ниже минимального уровня, релейная защита не сможет осуществлять адаптацию частоты. При возникновении такой ситуации активируется выход ЗАЩИТЫ FRQ_ADP_FAIL. Отслеживаемая частота сохраняется в течение 3 секунд, пока не будет активирован выход FRQ_ADP_FAIL и получена уставка *Номинальная частота*. При необходимости выход FRQ_ADP_FAIL может использоваться в конфигурации приложения.

Можно исходить из того, что точность срабатывания функций защиты в диапазоне 0,2–1,5 x Fn соответствует техническим данным, указанным отдельно для каждой функции. Приведенная в них информация о точности срабатывания и сброса по времени распространяется только на частотный диапазон, который предусмотрен для каждой функции. Примеры стандартного времени срабатывания при низкой частоте см. в таблице 1011.

Таблица 1011: Примеры времени срабатывания функции защиты при низкой частоте

Функция	Характеристика	Значение[1)]
PHLPTOC, PHHPTOC	*Время срабатывания* = 40 мс $I_{авар}$ = 1,1 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц	
	Режим измерения = «RMS» или «DFT»	Типовое: 130 мс
	Режим измерения = «Полный размах»	Типовое: 110 мс
	Время срабатывания = 40 мс $I_{авар}$ = 2,0 × заданное *Пусковое значение*, 12 Гц	
	Режим измерения = «DFT»	Типовое: 85 мс
	Время срабатывания = 40 мс $I_{авар}$ = 2,0 × заданное *Пусковое значение*, 20 Гц	
	Режим измерения = «DFT»	Типовое: 70 мс
PHIPTOC	*Время срабатывания* = 20 мс *Режим измерения* = «Полный размах + резервирование»	
	$I_{авар}$ = 1,1 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц	Типовое: 45–100 мс
	$I_{авар}$ = 2,0 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц	Типовое: 20–40 мс

Продолжение таблицы на следующей странице

Функция	Характеристика	Значение[1)]
DEFLPDEF, DEFHPDEF	*Время срабатывания* = 50 мс $I_{авар}$ = 2,0 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц *Режим измерения* = «DFT»	Типовое: 110 мс
EFHPTOC	*Время срабатывания* = 40 мс $I_{авар}$ = 2,0 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц *Режим измерения* = «DFT»	Типовое: 100 мс
MPDIF	Чувствительная ступень $I_{авар}$ = 1,5 × заданное *Низкое значение срабатывания*, 10 Гц	Типовое: 90–120 мс
	Мгновенная ступень с высокой уставкой $I_{авар}$ = 1,5 × заданное *Высокое значение срабатывания*, 10 Гц	Типовое: 70–95 мс
H3EFPSEF	*Время срабатывания* = 20 мс $U_{авар}$ = 1,1 × напряжение смещения 3-й гармоники, 10 Гц $U_{авар}$ = 1,1 × напряжение смещения 3-й гармоники, 20 Гц	Типовое: 55 мс Типовое: 40 мс
ROVPTOV	*Время срабатывания* = 40 мс $U_{авар}$ = 1,1 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц $U_{авар}$ = 2,0 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц	Типовое: 135 мс Типовое: 95 мс
PHPTOV	*Время срабатывания* = 40 мс $U_{авар}$ = 1,1 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц $U_{авар}$ = 2,0 × заданное *Пусковое значение*, 10 Гц	Типовое: 105 мс Типовое: 65 мс
OEPVPH	*Время срабатывания* = 200 мс Скорость изменения напряжения, 11 Гц	Типовое: 240 мс

1) Напряжения после регистрации состояния неисправности. Включает задержку выходного контакта

Адаптивность по частоте зависит от имеющегося напряжения. Защиту запуска генератора также можно увеличить путем использования режима измерения полного размаха сигнала (от 2 Гц и выше) с заданной функцией защиты от перегрузки по току при запуске (PHLPTOC). Перед подключением генератора к остальной сети путем замыкания автоматического выключателя выбранную функцию защиты от перегрузки по току при запуске следует заблокировать либо необходимо увеличить ее начальное значение, поскольку уставка *Пусковое значение*, как правило, ниже номинального тока.

11.6 Режимы измерения

Во многих функциональных блоках с зависимостью от тока или напряжения поддерживаются различные альтернативные принципы измерения.

- Среднеквадратичный
- Фурье, количественно рассчитанная основная составляющая сигнала
- Амплитудный
- Амплитудный с резервированием
- Широкая амплитудная (стандартные конфигурации C и D REG615)

Следовательно, режим измерения может быть выбран в зависимости от применения.

В чрезвычайных обстоятельствах, например, при большом токе или максимальном содержании гармоник, режимы измерения работают немного по-другому. Точность срабатывания определяется в пределах диапазона частоты f/fном = 0,95 … 1,05. В амплитудном и среднеквадратичном режимах измерения гармоники фазных токов не подавляются, в то время как в режиме измерения основной частоты подавление гармоник составляет, по меньшей мере, -50 дБ в диапазоне частоты f= n x fном, где n = 2, 3, 4, 5,...

Среднеквадратичный

Среднеквадратичный принцип измерения выбирается при помощи параметра *Режим измерения* , который устанавливается в значение "Среднеквадратичный". Среднеквадратичный включает в себя составляющие как переменного, так и постоянного тока. Составляющая переменного тока – действующее среднее значение положительных и отрицательных пиковых значений. Среднеквадратичный используется в применениях, в которых необходимо учитывать влияние составляющей постоянного тока.

Среднеквадратичный рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_i^2}$$

(Уравнение 208)

n Число выборок за цикл расчета

I_i Выборка тока

Фурье

Принцип измерения Фурье выбирается уставкой при помощи параметра *Режим измерений* , который устанавливается в значение "Фурье". В режиме Фурье составляющая основой частоты измеренного сигнала рассчитывается из выборок. В некоторых применениях может быть трудно добиться достаточно чувствительных уставок и точного срабатывания чувствительной ступени из- за большого содержания гармоник в токах на первичной стороне. В таком случае срабатывание может быть основано только на составляющей основной частоты в токе. Кроме того, режим Фурье имеет немного более

строгие требования к трансформаторам тока, чем режим Амплитудный, если используется на грубой ступени и токовой отсечке.

Амплитудный

Принцип амплитудного измерения выбирается, когда для параметра *Режим измерения* выбрано значение "Амплитудный". Это самый быстрый режим измерения, в котором измеряемая величина рассчитывается как среднее между положительным и отрицательным пиковыми значениями. Апериодическая составляющая не включается. Время задержки небольшое. Затухание гармоник довольно незначительное и практически определяется характеристикой фильтра защиты от наложения спектров входов устройства релейной защиты. Следовательно, этот режим обычно применяется для грубой ступени и токовой отсечки, где подавление гармоник не столь важно. Кроме того, в амплитудном режиме допускается значительное насыщение ТТ без ухудшения характеристик срабатывания.

Амплитудный с резервированием

Амплитудный с резервированием выбирается при помощи параметра *Режим измерения* , который устанавливается в значение "Амплитудный с резервированием". Этот режим подобен Амплитудному режиму, за исключением того, что дополнен резервированием. В этом режиме функция запускается по двум условиям: либо значение амплитуды превышает заданный пусковой ток, либо пиковое значение в два раза превышает уставку *Пусковое значение*. Резервирование пикового значения включается только при использовании функции в режиме DT на грубой ступени и токовой отсечке для ускорения срабатывания

Широкий амплитудный

Режим измерения полного размаха доступен только для функции трехфазной защиты от перегрузки по току PHLPTOC в REG615 стандартных конфигураций C и D. Режим измерения полного размаха предусмотрен в тех продуктах, в которых необходимо, чтобы защита от перегрузки по току срабатывала при запуске или остановке генератора начиная уже с низкой частоты 2 Гц Принцип широкого амплитудного измерения выбирается, когда для параметра *Режим измерения* выбрано значение "Широкий амплитудный".

В этом режиме измерения рассчитывается среднее положительных и отрицательных пиковых значений в широком окне измерения шириной 500 мс, независимо от значения параметра *Адаптивность по частоте*. Время невозврата и время возврата больше из-за ширины окна измерения. Частота тока повреждения влияет на время срабатывания. Затухание гармоник довольно незначительное, и практически определяется характеристикой фильтра защиты от наложения спектров токовых входов ИЭУ.



При использовании режима измерения "Широкий амплитудный" ИЭУ принимает для параметра *Время срабатывания* только значения 800 мс и более, а для параметра

Характеристика срабатывания — значение 5="ANSI Независимая" или 15="МЭК Независимая".

Точность срабатывания в диапазоне частот 2...85 Гц составляет ±1,5% или ±0,003 × I_n. Точность времени срабатывания в режиме с независимой выдержкой времени составляет ±1,0% от заданного значения или ±60 мс, если $I_{повреждд.}$ = 2 × заданное *Пусковое значение* и частота тока повреждения составляет 10...85 Гц.

11.7 Расчетные величины измерения

Расчетный ток и напряжение нулевой последовательности

Вектор тока в нейтральном проводе рассчитывается как векторная сумма фазных токов согласно уравнению:

$$\overline{Io} = -(\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C)$$

(Уравнение 209)

Вектор напряжения нулевой последовательности рассчитывается как векторная сумма фазных напряжений при подключении ТН по схеме "звезда" согласно уравнению:

$$\overline{Uo} = (\overline{U}_A + \overline{U}_B + \overline{U}_C)/3$$

(Уравнение 210)

Симметричные составляющие

Симметричные составляющие тока рассчитываются с применением векторов фазных токов:

$$\bar{I}_0 = (\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C)/3$$

(Уравнение 211)

$$\bar{I}_1 = (\bar{I}_A + a \cdot \bar{I}_B + a^2 \cdot \bar{I}_C)/3$$

(Уравнение 212)

$$\bar{I}_2 = (\bar{I}_A + a^2 \cdot \bar{I}_B + a \cdot \bar{I}_C)/3$$

(Уравнение 213)

Симметричные составляющие напряжения рассчитываются с применением векторов фазных напряжений, когда параметр *Подключение ТН* имеет значение "звезда":

$$\overline{U}_0 = (\overline{U}_A + \overline{U}_B + \overline{U}_C)/3$$

(Уравнение 214)

$$\overline{U}_1 = (\overline{U}_A + a \cdot \overline{U}_B + a^2 \cdot \overline{U}_C)/3$$

(Уравнение 215)

$$\overline{U}_2 = (\overline{U}_A + a^2 \cdot \overline{U}_B + a \cdot \overline{U}_C) / 3$$

(Уравнение 216)

Когда параметр *Подключение TH* установлен в значение "Треугольник", составляющие напряжения прямой и обратной последовательности рассчитываются с применением векторов междуфазных напряжений:

$$\overline{U}_1 = (\overline{U}_{AB} - a^2 \cdot \overline{U}_{BC}) / 3$$

(Уравнение 217)

$$\overline{U}_2 = (\overline{U}_{AB} - a \cdot \overline{U}_{BC}) / 3$$

(Уравнение 218)

Напряжения фаза – земля рассчитываются из междуфазных напряжений, когда параметр *Подключение TH* установлен в значение "Треугольник", согласно следующим уравнениям.

$$\overline{U}_A = \overline{U}_0 + \left(\overline{U}_{AB} - \overline{U}_{CA}\right) / 3$$

(Уравнение 219)

$$\overline{U}_B = \overline{U}_0 + \left(\overline{U}_{BC} - \overline{U}_{AB}\right) / 3$$

(Уравнение 220)

$$\overline{U}_C = \overline{U}_0 + \left(\overline{U}_{CA} - \overline{U}_{BC}\right) / 3$$

(Уравнение 221)

Если канал $\overline{U}_0$ недействителен, напряжение считается равным нулю.

Напряжения фаза – земля рассчитываются из междуфазных напряжений, когда параметр *Подключение TH* установлен в значение "Звезда", согласно следующим уравнениям.

$$\overline{U}_{AB} = \overline{U}_A - \overline{U}_B$$

(Уравнение 222)

$$\overline{U}_{BC} = \overline{U}_B - \overline{U}_C$$

(Уравнение 223)

$$\overline{U}_{CA} = \overline{U}_C - \overline{U}_A$$

(Уравнение 224)

Раздел 12 Требования к измерительным трансформаторам

12.1 Трансформаторы тока

12.1.1 Требования к трансформаторам тока для защиты от перегрузки по току

Для надежной и правильной работы МТЗ необходимо очень тщательно подходить к выбору ТТ. Искажение вторичного тока насыщенного ТТ может поставить под угрозу действие, селективность, а также согласование защит. Если же ТТ выбран правильно, можно обеспечить быструю и надежную защиту от КЗ.

Выбор ТТ зависит не только от его характеристик, но также и от величину тока повреждения в сети, задач защиты, а также от фактической нагрузки ТТ. Уставки защит ИЭУ следует определять в зависимости от параметров ТТ, а также других факторов.

12.1.1.1 Класс точности трансформаторов тока и номинальная предельная кратность

Номинальная предельная кратность (F_n) представляет собой отношение предельного первичного тока для данной номинальной погрешности к первичному номинальному току. Например, класс точности защитного трансформатора тока типа 5P10 - 5P, а номинальная предельная кратность - 10. Для защитных трансформаторов тока класс точности определяется наибольшей допустимой суммарной погрешностью в процентах при предельном первичном тока для данной номинальной погрешности для соответствующего класса точности, за которым следует буква "P" (что означает "Protection", т.е. "Защита").

Таблица 1012: Пределы погрешностей по стандарту МЭК 60044-1 для защитных трансформаторов тока

Класс точности	Погрешность по току при номинальном первичном токе (%)	Угловая погрешность при номинальном первичном токе		Полная погрешность при первичном токе при номинальной предельной кратности (%)
		минут	сантирадиан	
5P	±1	±60	±1,8	5
10P	±3	-	-	10

Классы точности 5P и 10P подходят для ненаправленной МТЗ. Класс 5P обеспечивает лучшую точность. Это необходимо отметить также при наличии требований по точности к функциям измерения (измерение тока, мощности, и т. д.) ИЭУ.

Предельный первичный ток при определении точности ТТ означает самую большую величину тока, при которой ТТ отвечает указанным требованиям по точности. За пределами этого уровня вторичный ток ТТ искажается, что может значительно ухудшить работу устройства релейной защиты.

На практике фактическая номинальная предельная кратность (F_a) отличается от номинальной предельной кратности (F_n), и пропорциональна отношению номинальной нагрузки ТТ к действующей нагрузке ТТ.

Фактическая номинальная предельная кратность рассчитывается по следующей формуле:

$$F_a \approx F_n \times \frac{|S_{in} + S_n|}{|S_{in} + S|}$$

F_n	номинальная предельная кратность при номинальной внешней нагрузке S_n
S_{in}	собственная нагрузка вторичной обмотки ТТ
S	фактическая внешняя нагрузка

12.1.1.2 Ненаправленная максимальная токовая защита

Выбор трансформатора тока

Ненаправленная максимальная токовая защита не выдвигает очень высоких требований к трансформаторам тока по классу точности или по действительной номинальной предельной кратности (F_a) . Однако рекомендуется выбирать ТТ со значением F_a не менее 20.

Номинальный первичный ток I_{1n} должен выбираться таким образом, чтобы не была превышена прочность токового измерительного входа ИЭУ при тепловой и динамической нагрузке. Это условие всегда выполняется при

$I_{1n} > I_{kmax} / 100$,

I_{kmax} - самое большое значение тока повреждения.

Насыщение ТТ защищает измерительную цепь и токовый вход ИЭУ. По этой причине практически может использоваться номинальный первичный ток даже в несколько раз меньше, чем дается в формуле.

Рекомендуемые уставки пускового тока

Если I_{kmin} - минимальный первичный ток, при котором должна сработать самая грубая ступень МТЗ, пусковой ток должен задаваться по следующей формуле:

Пусковое значение по току < 0,7 × (I_{kmin} / I_{1n})

I_{1n} - номинальный первичный ток ТТ.

Коэффициент 0,7 учитывает неточность ИЭУ, погрешности трансформатора тока и неточности при расчетах токов повреждения.

При определении уставки грубой ступени МТЗ необходимо удостовериться в правильности работы трансформатора тока. Задержка срабатывания, вызванная насыщением ТТ, обычно довольно небольшая, когда уставка МТЗ заметно ниже F_a.

При определении значений уставок для чувствительных ступеней нет необходимости учитывать насыщение ТТ, и уставка пускового тока просто рассчитывается по формуле.

Задержка срабатывания, вызванная насыщением трансформаторов тока

Насыщение ТТ может привести к задержке срабатывания ИЭУ. Для обеспечения селективности эту задержку необходимо учитывать при задании уставок времени срабатывания последовательно расположенных ИЭУ.

В режиме с независимой выдержкой времени по причине насыщения ТТ выдержка времени может сравняться с константой времени постоянного тока в токе повреждения в ситуации лишь незначительного превышения пускового тока. Это зависит от номинальной предельной кратности ТТ, остаточного потока сердечника ТТ и от настройки времени срабатывания.

При использовании режима с обратнозависимой характеристикой задержку необходимо считать равной постоянной времени затухания постоянной составляющей.

При использовании режима с обратнозависимой характеристикой и если не используются грубые ступени, трансформатор тока не должен насыщаться компонентами переменной составляющей тока величиной менее 20 номиналов тока. В противном случае время срабатывания обратнозависимой характеристики нужно увеличить. Таким образом, для определения номинальной предельной кратности F_a должна использоваться следующая формула:

F_a > 20 × *Пусковое значение по току* / I_{1n}

Пусковое значение по току — первичная уставка пускового тока для ИЭУ.

12.1.1.3 Пример ненаправленной максимальной токовой защиты

На следующем рисунке показан типовой фидер среднего напряжения. Защита реализована как трехступенчатая ненаправленная максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени.

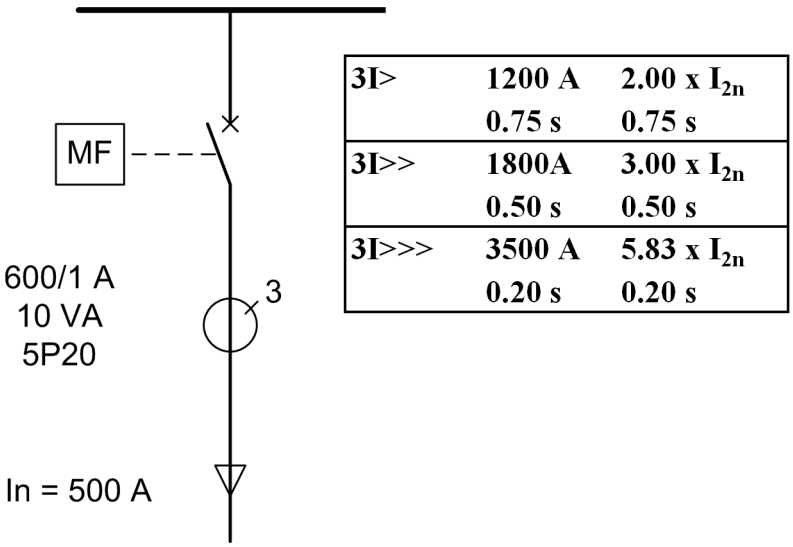


Рис. 622: Пример трехступенчатой максимальной токовой защиты

Максимальный трехфазный ток повреждения равен 41,7 кА, минимальный трехфазный ток КЗ равен 22,8 кА. Рассчитанная фактическая номинальная предельная кратность ТТ равна 59.

Уставка пускового тока для чувствительной ступени (3I>) выбирается таким образом, чтобы она почти в два раза превышала номинальный ток кабеля. Время срабатывания выбирается так, чтобы сохранялась селективность в следующем ИЭУ (на рисунке 622 не показано). Уставки грубой ступени и отсечки определяются так, чтобы обеспечить селективность защит нижнего уровня. Кроме того, уставки пускового тока должны определяться таким образом, чтобы ИЭУ срабатывало при минимальном токе повреждения, но не срабатывало при токе максимальной нагрузки. Уставки всех трех ступеней показаны на рисунке 622.

С практической точки зрения подходящей уставкой для отсечки (I>>>) в этом примере является 3500 А (5,83 × I_{2n}). I_{2n} – кратный 1,2 номинальный первичный ток ТТ. С точки зрения характеристик ТТ, критерии, которые указаны в формуле для выбора трансформатора тока, выполняются, при этом уставка ИЭУ существенно ниже F_a. И при таком варианте применения по экономическим соображениям можно было бы выбрать трансформатор, номинальная нагрузка которого гораздо меньше 10 В А.

12.1.2 Требования к трансформаторам тока для дифференциальной защиты трансформатора

Чем важнее защищаемый объект, тем большее внимание следует уделять трансформаторам тока. Обычно невозможно выбрать трансформатор тока таким образом, чтобы он повторял токи с высоким уровнем апериодических составляющих без насыщения при высоком магнитном потоке. Функция TR2PTDF срабатывает надежно даже при частичном насыщении трансформаторов тока.

Рекомендуемый класс точности трансформаторов тока, используемый с функцией TR2PTDF – 5P, в котором предел токовой погрешности при номинальном первичном токе составляет 1%, а предельное значение сдвига фаз составляет 60 минут. Предел полной погрешности трансформатора при предельном первичном токе для данной номинальной погрешности составляет 5%

Приблизительное значение номинальной предельной кратности F_a, соответствующее фактической нагрузке трансформатора тока, можно рассчитать на базе номинальной предельной кратности F_n (ALF) при номинальной нагрузке S_n, внутренней нагрузке S_{in} и фактической нагрузке S_a трансформатора тока.

$$F_a = F_n \times \frac{S_{in} + S_n}{S_{in} + S_a}$$

(Уравнение 225)

F_a Приблизительное значение номинальной предельной кратности (ALF), соответствующее фактической нагрузке ТТ

F_n Номинальная предельная кратность при номинальной нагрузке ТТ

S_n Номинальная нагрузка ТТ

S_{in} Собственная нагрузка ТТ

S_a Фактическая нагрузка ТТ

Пример 1

Номинальная нагрузка S_n трансформатора тока 5P20 составляет 10 В А, вторичный номинальный ток равен 5А, внутреннее сопротивление R_{in} – 0,07 Ом, а номинальная предельная кратность F_n, соответствующая номинальной нагрузке, составляет 20 (5P20). Таким образом, собственная нагрузка трансформатора тока $S_{in} = (5A)^2 \times 0,07$ Ом = 1,75 В А. Входное полное сопротивление ИЭУ при номинальном токе 5 А составляет < 20 мОм. Если сопротивление измерительных проводников составляет 0,113 Ом, фактическая нагрузка трансформатора тока будет следующей: $S_a = (5A)^2 \times (0,113 + 0,020)$ Ом = 3,33 В А. Таким образом, номинальная предельная

кратность F_a, соответствующая фактической нагрузке, равна приблизительно 46.

Нагрузка ТТ может существенно увеличиться при номинальном токе 5 А. Фактическая нагрузка ТТ снижается при номинальном токе 1 А при одновременном улучшении воспроизводимости.

При повреждениях в защищенной зоне токи могут быть очень большими по сравнению с номинальными токами трансформаторов тока. Благодаря быстродействующей ступени (отсечке) функционального блока дифференциальной защиты, достаточно, что трансформаторы тока способны передать ток, требуемый для мгновенного отключения во время первого периода.

Трансформаторы тока, как правило, могут передавать несимметричный ток повреждения без насыщения в течение следующих 10 мс после сбоя, это обеспечивает согласованность времени срабатывания устройства релейной защиты и времени невозврата.

Номинальная предельная кратность, соответствующая фактической нагрузке фазного ТТ, который должен использоваться в дифференциальной защите, должна отвечать следующему требованию.

$$F_a > K_r \times Ik_{\max} \times (T_{dc} \times \omega \times (1 - e^{-T_m/T_{dc}}) + 1)$$

(Уравнение 226)

Ik_{kmax}	Максимальный сквозной ток повреждения (в I_r), при котором защита имеет запрет на срабатывание
T_{dc}	Постоянная времени апериодической составляющей первичной обмотки по отношению к Ik_{max}
ω	Угловая частота, т.е. 2*π*fn
T_m	Время до насыщения, т.е. продолжительность правильной трансформации до насыщения трансформатора
K_r	Коэффициент остаточной намагниченности 1/(1-r), где r – максимальная остаточная магнитная индукция в относительных единицах от магнитной индукции насыщения

В дифференциальной защите используется номинальная предельная кратность, соответствующая фактической нагрузке фазного ТТ.

Параметр *r* – максимальная остаточная магнитная индукция в сердечнике ТТ в относительных единицах от магнитной индукции насыщения. Значение параметра *r* зависит от используемого магнитного материала и конструкции ТТ. Например, если значение *r* =0,4, остаточная магнитная индукция может быть 40 % от магнитной индукции насыщения. Если требуется точное значение параметра *r* , необходимо обратиться к производителю трансформатора. Если нет точного значения, рекомендуется использовать значение *r* = 0,4.

Требуемое минимальное время до насыщения T_m в функции TR2PTDF составляет половину периода основной частоты (10 мс при fn = 50 Гц).

Для определения достаточно точного значения номинальной предельной кратности F_a рассматриваются два типовых случая:

1. Повреждение на станционной шине.
   Защита должна быть устойчивой при повреждениях, возникающих при нормальной рабочей ситуации. Повторное включение трансформатора на фоне повреждения шины приводит к возникновению очень больших токов и тепловому напряжению, и, следовательно, повторное включение в таком случае является нежелательным. Таким образом, величиной остаточного магнитного потока можно пренебречь.
   Максимальный сквозной ток повреждения Ik_{max} для основного трансформатора подстанции обычно составляет 10 I_r. При коротком замыкании вблизи питающего трансформатора постоянная времени апериодической составляющей (T_{dc}) тока повреждения почти одинакова с таковой трансформатора, типичным значением является 100 мс.

I_{kmax}	10 I_r
T_{dc}	100 мс
ω	100π Гц
T_m	10 мс
K_r	1

   При подстановке значений в Уравнение 226, получим следующий результат:

   $$F_a > K_r \times Ik_{\max} \times (T_{dc} \times \omega \times (1 - e^{-T_m / T_{dc}}) + 1) \approx 40$$

2. Повторное включение на фоне повреждения в более отдаленной части сети.
   При повторном включении на фоне повреждения в линии защита должна быть устойчивой. В таком случае наличие остаточного магнитного потока очень вероятно. Здесь он принимается за 40 %.
   С другой стороны, теперь ток повреждения меньше, и, так как в этом месте отношение активного сопротивления к реактивному больше, полное смещение апериодической составляющей невозможно. Более того, постоянная времени апериодической составляющей (T_{dc}) тока повреждения теперь меньше, здесь принимается за 50 мс.
   Допустим, что максимальный ток повреждения на 30% ниже, чем при повреждении на шине, и смещение апериодической составляющей – максимум 90%.

I_{kmax}	0.7* 10 = 7 (I_r)
T_{dc}	50 мс
ω	100π Гц
T_m	10 мс
K_r	1/(1-0,4) = 1,6667

При подстановке значений в уравнение получим следующий результат:

$$F_a > K_r \times Ik_{\max} \times 0.9 \times (T_{dc} \times \omega \times (1 - e^{-T_m / T_{dc}}) + 1) \approx 40$$

Если фактическую нагрузку ТТ (S_a) из Уравнения 225невозможно снизить настолько, чтобы обеспечить достаточное значение F_a, существует два варианта решения такой задачи:

- Можно выбрать ТТ с более высокой номинальной нагрузкой S_n (что также означает повышение номинальной предельной кратности F_n).
- Можно выбрать ТТ с более высоким номинальным предельным током I_{1n} (но с такой же номинальной нагрузкой).

Пример 2

Допустим, что для улучшения фактической номинальной предельной кратности предприняли действия по указанному выше варианту 2:

$$F_a = \frac{IrCT}{IrTR} \times F_n$$

(Уравнение 227)

IrTR	1000 A (номинальный ток на стороне вторичной обмотки силового трансформатора)
IRCT	1500 A (номинальный первичный ток ТТ на стороне вторичной обмотки трансформатора)
F_n	30 (номинальная предельная кратность ТТ)
F_a	(IrCT / IrTR) * Fном (фактическая номинальная предельная кратность в результате выбора большего трансформатора тока) = (1500/1000) * 30 = 45

В функции TR2PTDF очень важно, чтобы значения номинальной предельной кратности F_a фазных трансформаторов тока на обеих сторонах соответствовали друг другу, т.е. нагрузки ТТ на обеих сторонах должны быть равны, насколько это возможно. Если через защищенный объект, когда он подключен к сети, пройдут броски тока или пусковые токи с большим содержанием апериодических составляющих, необходимо особое внимание к работе и нагрузкам трансформаторов тока, а также к выбору уставок этого функционального блока.

Раздел 13 Физические подключения релейной защиты

13.1 Нумерация слотов модулей

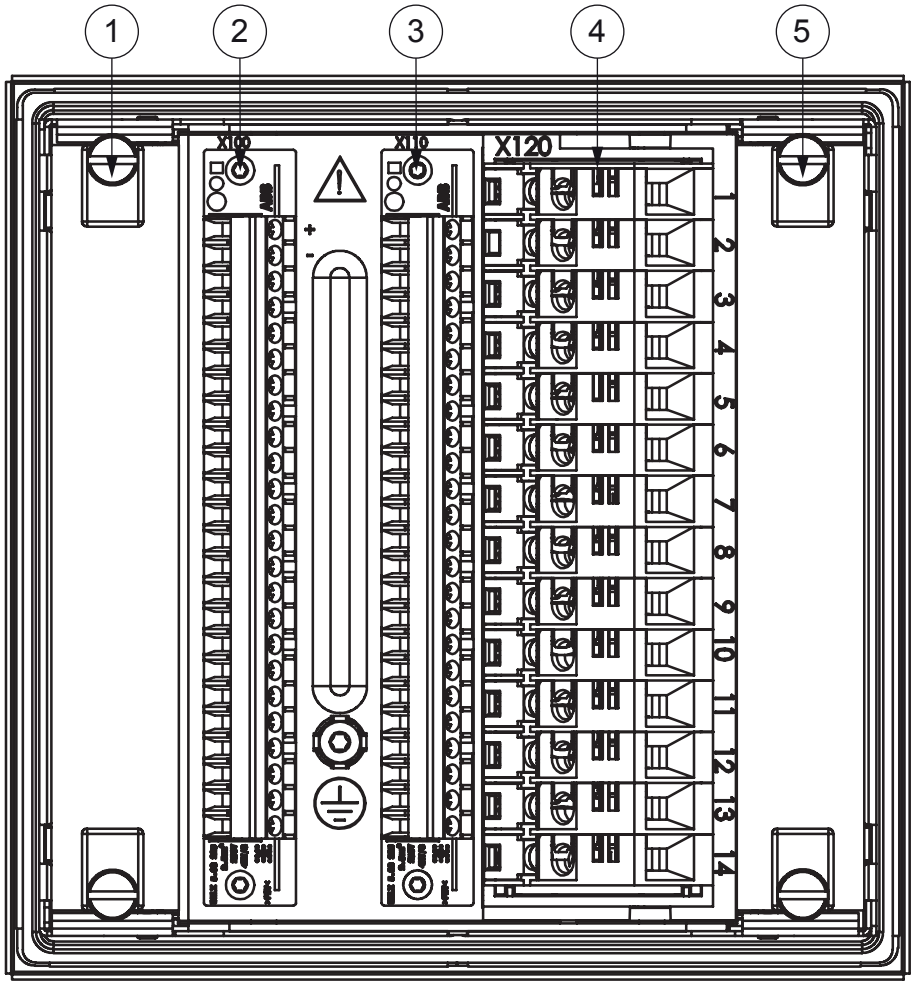


Рис. 623: Нумерация слотов модулей

1 X000
2 X100
3 X110
4 X120
5 X130

13.2 Подключения защитного заземления

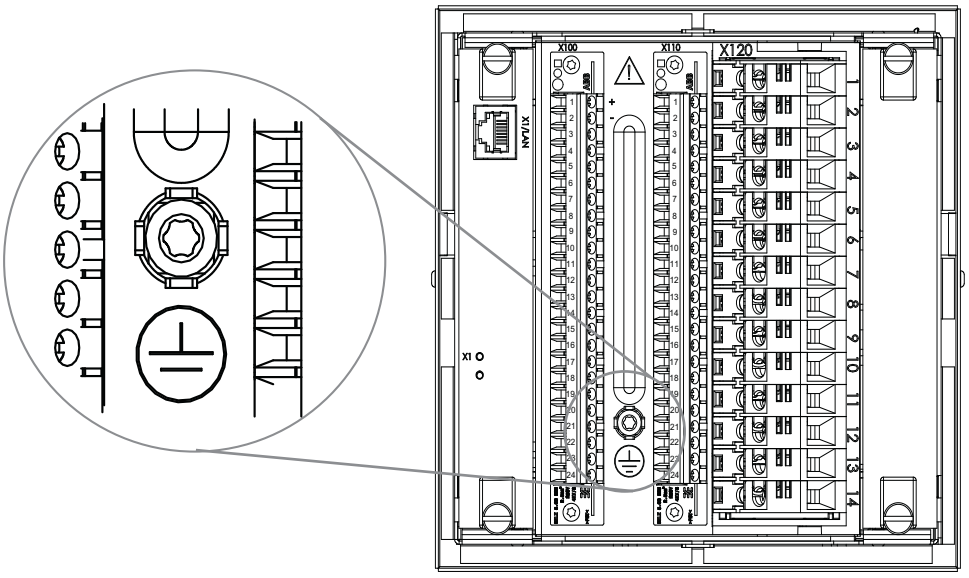


Рис. 624: Винт защитного заземления находится между разъемами X100 и X110

Провод заземления должен быть не менее 6,0 мм^2, и должен быть как можно короче.

13.3 Подключения дискретных и аналоговых сигналов

Подключения всех дискретных и аналоговых сигналов описаны в соответствующих руководствах по применению на каждый продукт.

13.4 Коммуникационные соединения

На передней панели устройства находится разъем RJ-45, который используется, главным образом, для конфигурирования и задания уставок.

Что касается устройства RED615, обязательно должен использоваться модуль связи на задней панели устройства, чтобы обеспечить необходимый обмен

данными для дифференциальной защиты линии. Если на подстанции необходимо обеспечить обмен данными для устройств REF615, REG615, REM615, RET615, REU615 или REV615, требуется дополнительный оптический разъем связи на задней панели устройства. Возможно использование и некоторых дополнительных типов разъемов.

- Гальваническое Ethernet-соединение через разъем RJ-45
- Оптическое Ethernet-соединение
- Разъем типа ST для оптоволоконного последовательного канала связи
- Последовательное соединение EIA-485
- Последовательное соединение EIA-232



Нельзя прикасаться к торцевой части оптического разъема.



На отключенный оптоволоконный кабель всегда следует устанавливать защитные крышки.



При загрязнении оптических соединений их нужно чистить при помощи специальных средств.

13.4.1 Ethernet-соединение, разъем RJ -45 на передней панели

Устройство релейной защиты поставляется с разъемом RJ-45 на ЛИЧМ. Этот разъем используется для конфигурации и настройки. Интерфейс в ПК должен быть настроен на автоматическое получение IP-адреса. В устройстве релейной защиты имеется DHCP-сервер, предназначенный только для интерфейса передней панели.

События, уставки, а также все входные данные, такие как записанные значения и аварийные осциллограммы, можно считывать через порт связи на передней панели устройства.

Задание параметров может выполняться одновременно только одним пользователем.

- PCM600
- ЛИЧМ
- Веб-ИЧМ

По умолчанию IP-адрес этого порта устройства релейной защиты 192.168.0.254.

Передний порт связи поддерживает передачу данных по протоколу TCP/IP. Для подключения к переднему порту используется стандартный Ethernet-кабель CAT 5.

Скорость связи по интерфейсу на передней панели ограничена до 10 Мбит/с

13.4.2 Ethernet-соединения на задней панели

Модуль связи по станционной шине данных Ethernet может иметь гальваническое (RJ-45) либо многомодовое оптическое (LC) соединение, в зависимости от версии продукта и выбранного интерфейса свяхи. С разъемом RJ-45 используется экранированный кабель типа "витая пара" CAT 5e, а с разъемом типа LC - оптический многомодовый кабель (≤2 км).

Кроме того, модули связи с разными разъемами Ethernet обеспечивают маршрутизацию Ethernet-трафика. В число вариантов входит внутренний коммутатор Ethernet, который управляет Ethernet-трафиком между релейной защитой и станционной шиной. В таком случае топология сети может быть кольцевой или последовательной. В топологии типа "петля" самовосстанавливающаяся петля Ethernet включается управляемым сетевым коммутатором, поддерживающим протокол высокоскоростного связующего дерева (RSTP). В топологии последовательного типа сеть представляет собой конфигурацию типа "шина" и либо не содержит коммутаторов, при этом станционная шина включается клиентом станции, либо имеет коммутатор для подключения к одной сети нескольких приборов и релейной защиты этой серии продуктов.Размер таблицы MAC встроенного коммутатора Ethernet составляет 512 записей. Все порты Ethernet используют эту общую таблицу MAC.

Модули связи, в которых есть разъемы Ethernet X1, X2 и X3, могут использовать третий порт для связи любого другого устройства (например, SNTP-сервера, то есть являются видимыми для всей локальной подсети) со станционной шиной. В устройстве RED615 первый Ethernet порт X16 предназначен для связи с дифференциальной защитой линии, и не может использоваться для связи со станционной шиной.

По умолчанию IP-адрес релейной защиты через этот порт — 192.168.2.10 при использовании протокола TCP/IP. Скорость передачи данных составляет 10 Мбит/с или 100 Мбит/с.

13.4.3 Последовательное соединение EIA-232

Соединение EIA-232 отвечает требованиям стандарта TIA/EIA-232 и предназначено для соединения типа "точка – точка". Это соединение поддерживает управление потоком данных между устройствами (RTS, CTS, DTR, DSR), полнодуплексную и полудуплексную связь.

13.4.4 Последовательное соединение EIA-485

Модуль связи EIA-485 соответствует требованиям стандарта TIA/EIA-485 и предназначен для использования в схеме последовательного подключения шины с 2-проводной полудуплексной или 4-проводной полнодуплексной, многоточечной связью.

К шине с предусмотренной релейной защитой можно подключать не более 32 устройств (узлов), максимальная длина шины составляет 1200 метров.

13.4.5 Соединение для связи с дифференциальной защитой линии

Выделенный канал связи с дифференциальной защитой линии имеет одномодовое либо многомодовое соединение с разъемом типа LC. Разъем связи с дифференциальной защитой линии (X16/LD) всегда верхний в модуле связи. Платы связи с дифференциальной защитой линии COM0008 и COM0036 оснащены многомодовым оптическим разъемом LC. Платы связи с дифференциальной защитой линии COM0010 и COM0035 оснащены одномодовым оптическим разъемом LC.

Порт не может использоваться для подключения к какой-либо иной сети Ethernet. Скорость работы интерфейса составляет 100 Мбит/с.

Используйте прямое подключение. Между устройствами релейной защиты запрещено устанавливать коммутаторы, концентраторы или маршрутизаторы.

Если в качестве канала связи с защитой используется гальванический контрольный провод, требуется модем RPW600, работающий с этим проводом. В схеме защиты для канала связи с защитой всегда требуется два модема, поэтому они всегда поставляются парой Ведущий (RPW600M) – Ведомый (RPW600F). Для подключения LC к модему RPW600 используется одномодовый оптоволоконный кабель с двойными разъемами типа LC. Рекомендуемая минимальная длина этого кабеля составляет 3 метра.

Порт связи X16/LD устройства RED615 используется и для прямого оптоволоконного соединения, и для соединения по модему при помощи контрольного провода.

Модем RPW600 имеет встроенную изоляцию 5 кВ переменного тока (среднеквадратичное, в течение 1 минуты) от напряжения на землю в соединении контрольного провода.

13.4.6 Последовательное оптическое соединение ST

В качестве варианта последовательной связи может также использоваться оптическое соединение типа "петля" или "звезда". Нерабочее состояние связи индицируется включенным или отключенным светодиодом.

Для использования кольцевого режима ST требуется последовательный преобразователь ST, который поддерживает обнаружение и удаление дубликатов запросов после передачи по полному кругу.

13.4.7 Интерфейсы и протоколы обмена данными

В зависимости от имеющегося дополнительного модуля связи, расположенного на задней стороне блока устройства, поддерживаются следующие протоколы обмена данными:

Таблица 1013: Поддерживаемые интерфейсы и протоколы обмена данными

Интерфейсы/ Протоколы	Ethernet		Последовательный	
	100BASE-TX RJ-45	100BASE-FX LC	EIA-232/EIA-485	Оптоволоконный ST
МЭК 61850-8-1	●	●	-	-
МЭК 61850-9-2 LE	●[1)]	●	-	-
MODBUS RTU/ ASCII	-	-	●	●
MODBUS TCP/IP	●	●	-	-
DNP3 (последовательный)	-	-	●	●
DNP3 TCP/IP	●	●	-	-
МЭК 60870-5-103	-	-	●	●
● = Поддерживается				

1) Не предусмотрено для подключения связи дифференциальной защиты линии RED615

13.4.8 Модули связи на задней панели устройства

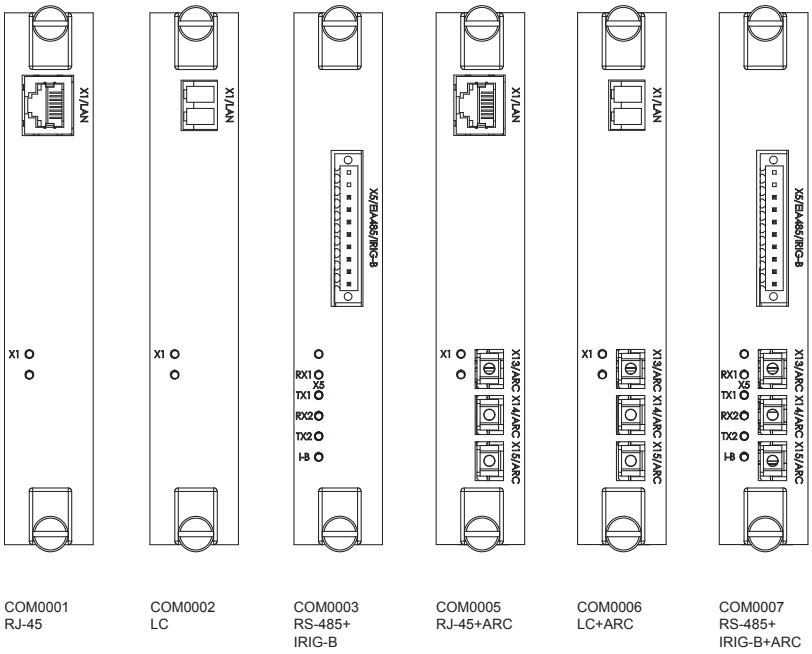
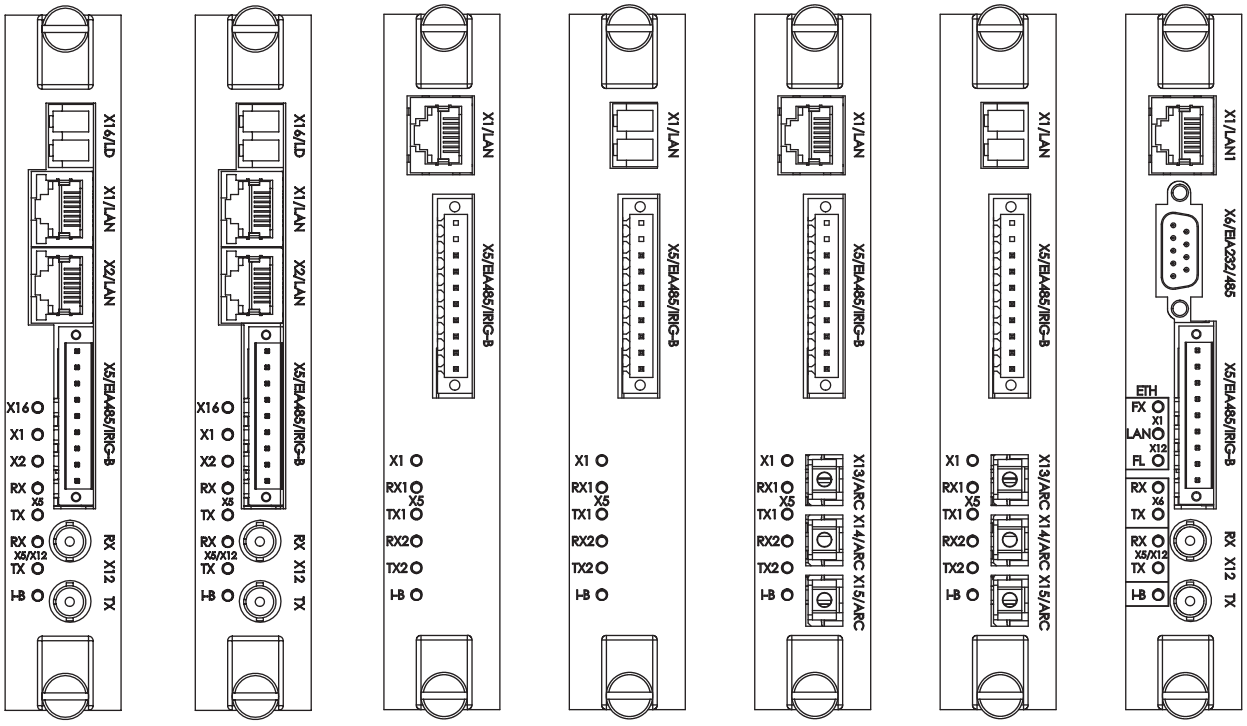


Рис. 625: Варианты модулей связи



COM0008
LC+2xRJ-45+
RS485+ST+IRIG-B

COM0010
LC+2xRJ-45+
RS485+ST+IRIG-B

COM0011
RJ-45+RS485+
IRIG-B

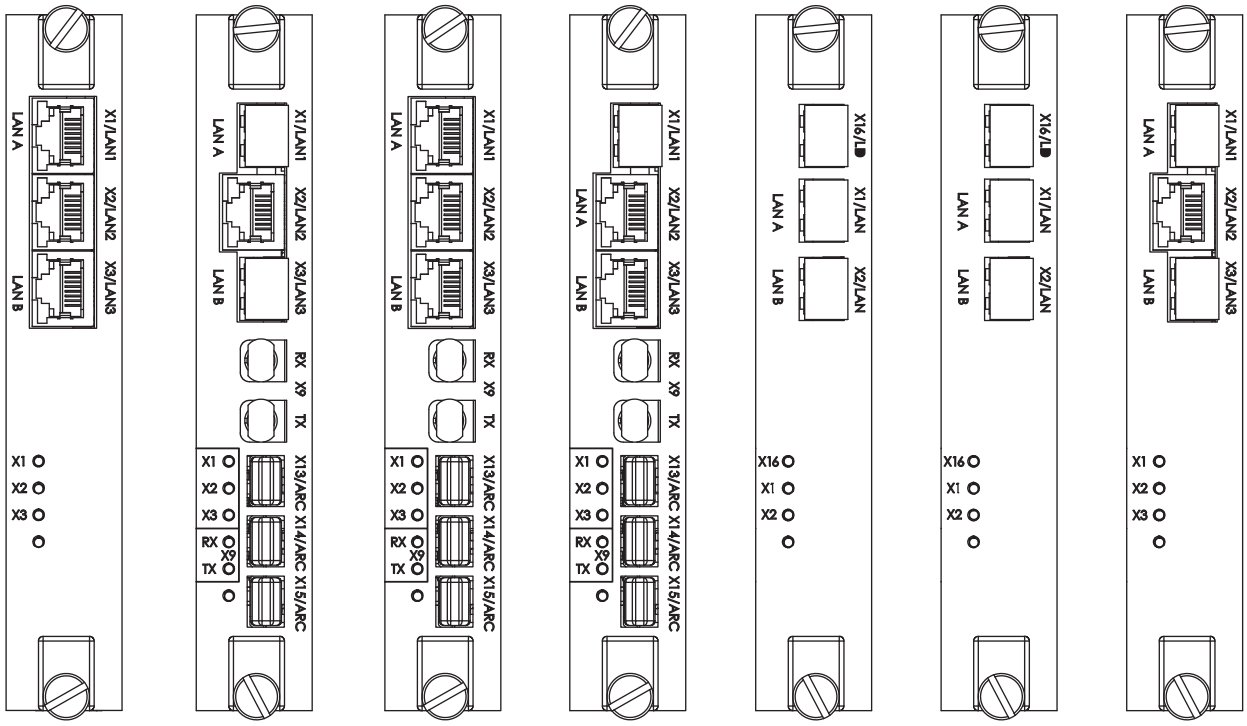
COM0012
LC+RS485+
IRIG-B

COM0013
RJ-45+RS485+
IRIG-B+ARC

COM0014
LC+RS485+
IRIG-B+ARC

COM0023
RJ-45+RS232/485+
RS485+ST+IRIG-B

Рис. 626: Варианты модулей связи



COM0031
3xRJ-45

COM0032
2xLC+RJ-45+
ST+ARC

COM0033
3xRJ-45+
ST+ARC

COM0034
LC+2xRJ-45+
ST+ARC

COM0035
3xLC

COM0036
3xLC

COM0037
2xLC+RJ-45

Рис. 627: Варианты модулей связи

Ethernet-порты с маркировкой LAN A и LAN B используются с протоколами Ethernet с резервированием HSR и PRP. Третий порт без маркировки LAN A или LAN B — это порт связи, используемый как резервный коммутационный разъем с Ethernet-протоколами, поддерживающими резервирование.

Таблица 1014: Интерфейсы связи по станционной шине, включенные в модули связи

Идентификатор модуля	RJ-45	LC	EIA-485	EIA-232	ST
COM0001	1	-	-	-	-
COM0002	-	1	-	-	-
COM0003	-	-	1	-	-
COM0005	1	-	-	-	-
COM0006	-	1	-	-	-
COM0007	-	-	1	-	-
COM0008[1)]	2	-	1	-	1
COM0010[1)]	2	-	1	-	1
COM0011	1	-	1	-	-
COM0012	-	1	1	-	-
COM0013	1	-	1	-	-

Продолжение таблицы на следующей странице

Идентификатор модуля	RJ-45	LC	EIA-485	EIA-232	ST
COM0014	-	1	1	-	-
COM0023	1	-	1	1	1
COM0031	3	-	-	-	-
COM0032	1	2	-	-	1
COM0033	3	-	-	-	1
COM0034	2	1	-	-	1
COM0035[1)]	-	3	-	-	-
COM0036[1)]	-	3	-	-	-
COM0037	1	2	-	-	-

1) Только для RED615

Таблица 1015: Описание светодиодов для COM0001-COM0014

Светодиодный индикатор	Разъем	Описание[1)]
X1	X1	Состояние и передача данных по каналу X1/LAN (RJ-45 и LC)
RX1	X5	Получение данных по каналу COM2, по 2-проводной/ 4-проводной связи
TX1	X5	Передача данных по каналу COM2, по 2-проводной/ 4-проводной связи
RX2	X5	Получение данных по 2-проводному соединению через порт COM1
TX2	X5	Передача данных по 2-проводному соединению через порт COM1
I-B	X5	Передача сигнала IRIG-B

1) Зависит от расположения перемычек и модуля COM

Таблица 1016: Описание светодиодов для COM0008 и COM0

Светодиодный индикатор	Разъем	Описание[1)]
X16	X16	Состояние и работа канала X16/LD
X1	X1	Состояние и работа канала X1/LAN
X2	X2	Состояние и работа канала X2/LAN
RX	X5	Получение данных по каналу COM1, по 2-проводной связи/ получение данных по каналу COM2, по 4-проводной связи
TX	X5	Передача данных по каналу COM1, по 2-проводной связи/ передача данных по каналу COM2, по 4-проводной связи
RX	X5/X12	Получение данных по каналу COM2, по 2-проводной связи/ получение данных по каналу COM2, по 4-проводной связи
TX	X5/X12	Передача данных по каналу COM2, по 2-проводной связи/ передача данных по каналу COM2, по 4-проводной связи
I-B	X5	Передача сигнала IRIG-B

1) Зависит от расположения перемычек

Таблица 1017: Описание светодиодов для COM0023

Светодиодный индикатор	Разъем	Описание[1)]
FX	X12	Модулем COM0023 не используется
X1	X1	Состояние и работа канала связи ЛВС (RJ-45 и LC)
FL	X12	Модулем COM0023 не используется
RX	X6	Получение данных по каналу COM1, по 2-проводной/ 4-проводной связи
TX	X6	Передача данных по каналу COM1, по 2-проводной/ 4-проводной связи
RX	X5 / X12	Получение данных по каналу COM2, по 2-проводной/ 4-проводной или оптической связи
TX	X5 / X12	Передача данных по каналу COM2, по 2-проводной/ 4-проводной или оптической связи
I-B	X5	Передача сигнала IRIG-B

1) Зависит от расположения перемычек

Таблица 1018: Описание светодиодов для COM0031-COM0034 и COM0037

Светодиодный индикатор	Разъем	Описание
X1	X1	Состояние и работа канала X1/LAN1
X2	X2	Состояние и работа канала X2/LAN2
X3	X3	Состояние и работа канала X3/LAN3
RX	X9	Получение данных по оптоволоконному каналу COM1
TX	X9	Передача данных по оптоволоконному каналу COM1

Таблица 1019: Описание светодиодов для COM0035 и COM0036

Светодиодный индикатор	Разъем	Описание
X1	X1	Состояние и работа канала X1/LAN
X2	X2	Состояние и работа канала X2/LAN
X16	X16	Состояние и работа канала X16/LD

13.4.8.1 Расположение перемычек и разъемы COM0001–COM0014

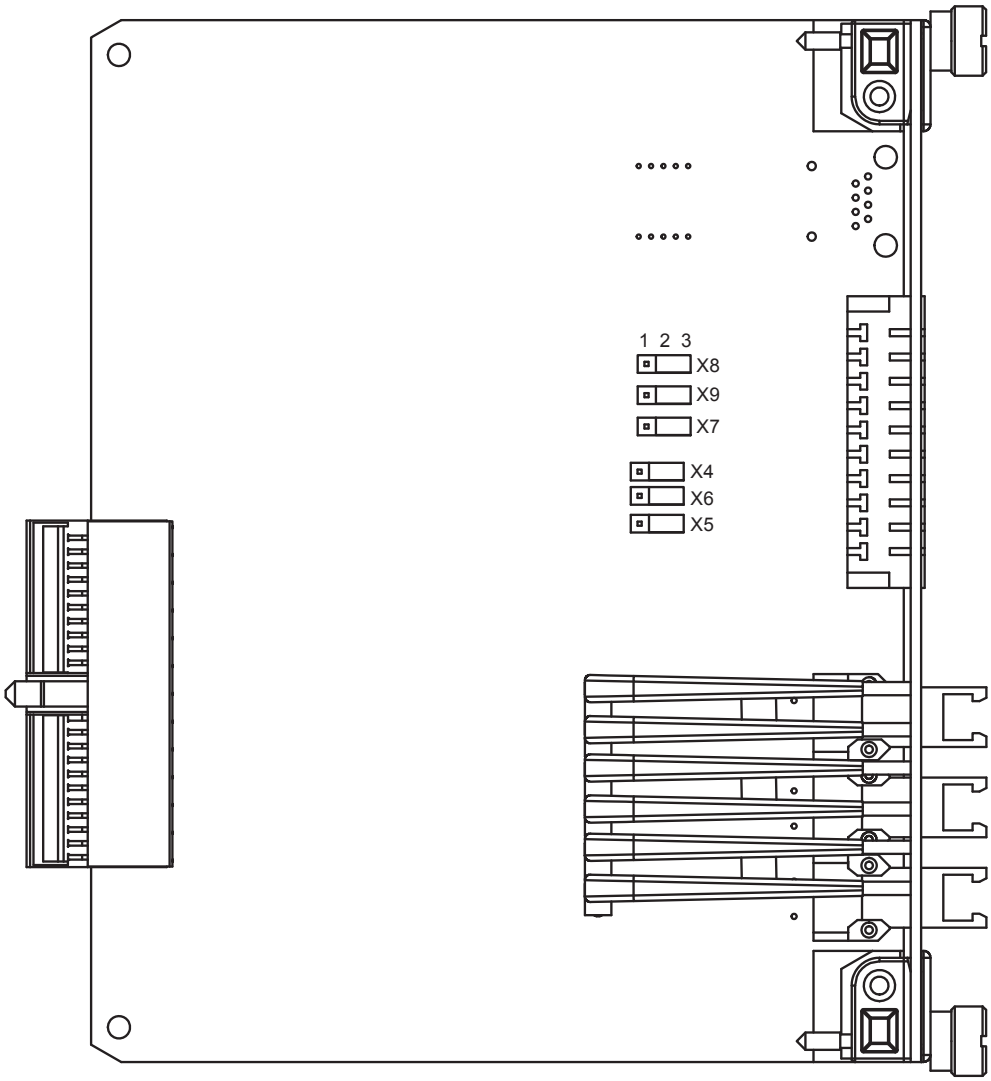


Рис. 628: Перемычки на модуле связи

Таблица 1020: Перемычки при 2-проводной связи по EIA-485

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X4	1-2	A+ смещение вкл.	COM2 2-проводный канал
	2-3	A+ смещение выкл.	
X5	1-2	B- смещение вкл.	
	2-3	B- смещение выкл.	
X6	1-2	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет	

Продолжение таблицы на следующей странице

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X7	1-2	B- смещение вкл.	COM1 2-проводный канал
	2-3	B- смещение выкл.	
X8	1-2	A+ смещение вкл.	
	2-3	A+ смещение выкл.	
X9	1-2	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет	

На одном конце шины для обеспечения безотказной работы должно быть смещение. Это можно сделать при помощи согласующих к плюсу и согласующих к минусу резисторов на плате связи. В четырехпроводном соединении нагрузочный и согласующий резисторы выбираются путем установки перемычек X4, X5, X7 и X8 в положение "вкл.". Терминатор шины выбирается путем установки перемычек X6 и X9 в положение "вкл.".

По умолчанию перемычки установлены так, что смещение отключено и терминатора нет.

Таблица 1021: Перемычки при 4-проводной связи по EIA-485 для COM2

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X4	**1-2**	A+ смещение вкл.	COM2 4-провод. соединение, канал TX
	2-3	A+ смещение выкл. 1)	
X5	**1-2**	B- смещение вкл.	
	2-3	B- смещение выкл.1)	
X6	**1-2**	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет1)	
X7	**1-2**	B- смещение вкл.	COM2 4-провод. соединение, канал RX
	2-3	B- смещение выкл.1)	
X8	**1-2**	A+ смещение вкл.	
	2-3	A+ смещение выкл.1)	
X9	**1-2**	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет1)	

1) Уставка по умолчанию

Рекомендуется включать смещение только на одном конце шины.

Рекомендуется включать оконечную нагрузку на каждом конце шины.

Рекомендуется заземлять сигнал, подключая его непосредственно к заземлению со стороны одного узла с использованием контакта GND, и через конденсатор — со стороны других узлов с использованием контакта GNDC.

Заземление сигнала должно использоваться со всеми устройствами на шине RS-485, имеющей изолированный порт связи. Заземление обеспечивает один и тот же опорный потенциал земли сигнала у различных узлов RS-485. Без заземления различные сигналы RS-485 могут накладываться между различными узлами относительно местного заземления узла. Для заземления сигналов рекомендуется подключить к контакту AGND в разъеме RS-485 дополнительный провод заземления, проложенный внутри экранированного кабеля последовательного интерфейса.

Дополнительные модули связи обеспечивают поддержку связи через последовательный интерфейс EIA-485 (разъем X5). В зависимости от конфигурации на платах связи может быть два порта в случае двухпроводной связи или один порт в случае четырехпроводной связи.

Порты для 2-проводной связи называются COM1 и COM2. Если же имеется один порт для 4-проводной связи, он называется COM2. Для связи по оптоволоконному каналу (ST) используется порт COM1.

Таблица 1022: Соединение EIA-485 для COM0001 – COM0014

Вывод	2-проводный режим		4-проводный режим	
10	COM1	A/+	COM2	Rx/+
9		B/-		Rx/-
8	COM2	A/+		Tx/+
7		B/-		Tx/-
6	AGND (изолированное заземление)			
5	IRIG-B +			
4	IRIG-B -			

Продолжение таблицы на следующей странице

Вывод	2-проводный режим	4-проводный режим
3	-	
2	GNDC (корпус через конденсатор)	
1	GND (корпус)	

13.4.8.2 Расположение перемычек и разъемы COM0023

Дополнительный модуль связи поддерживает последовательную связь по EIA-232/EIA- 485 (разъем X6), последовательную связь по EIA-485 (разъем X5) и последовательную связь по оптическому каналу ST (разъем X12).

Поддерживается два отдельных порта связи. Порты для 2-проводной связи называются COM1 и COM2. Если же имеется один порт для 4-проводной связи, он называется COM2. Для связи по оптоволоконному каналу (ST) используется порт COM1.

Таблица 1023: Варианты конфигурации двух независимых портов связи

COM1 разъем X6	COM2 разъем X5 или X12
EIA-232	Оптический ST (X12)
EIA-485 2-проводный	EIA-485 2-проводный (X5)
EIA-485 4-проводный	EIA-485 4-проводный (X5)

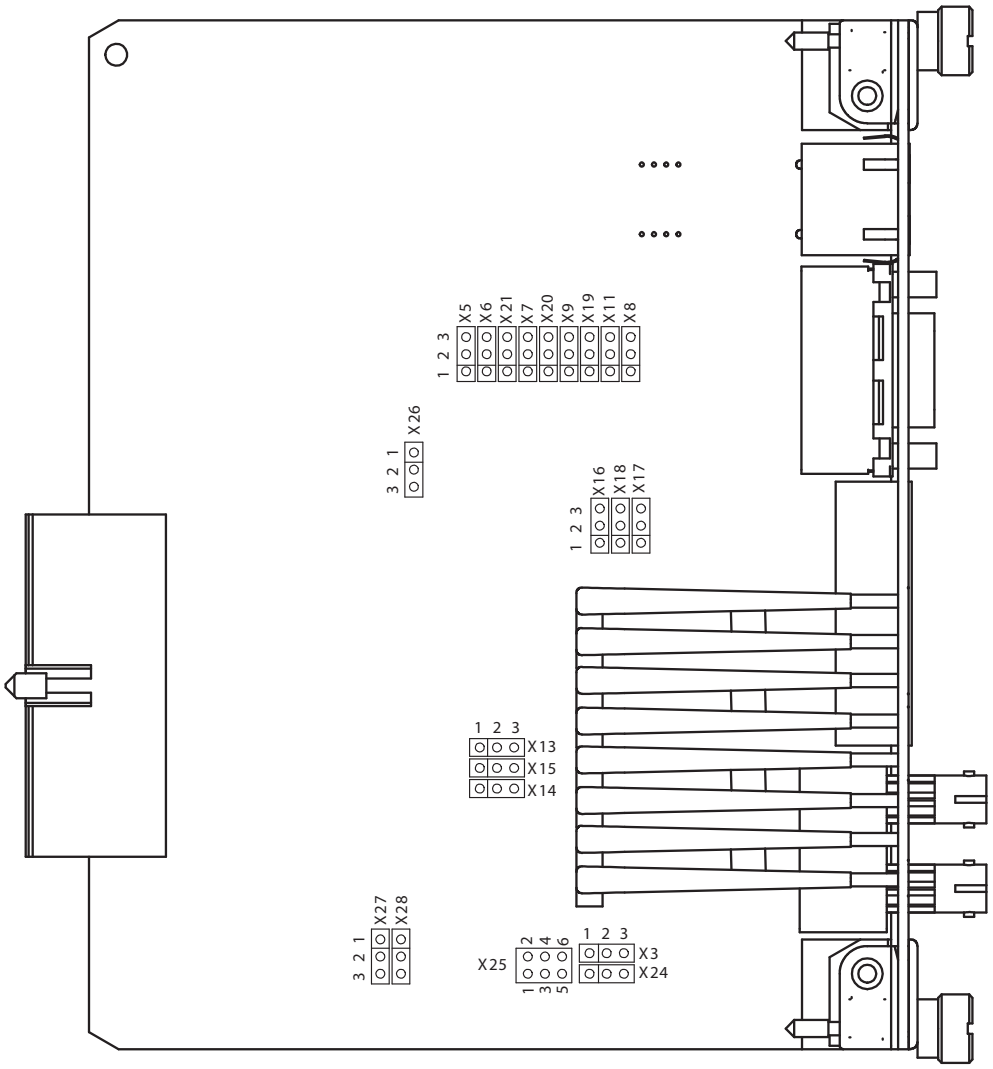


Рис. 629: Соединение перемычками на модуле связи COM0023, версии A-F

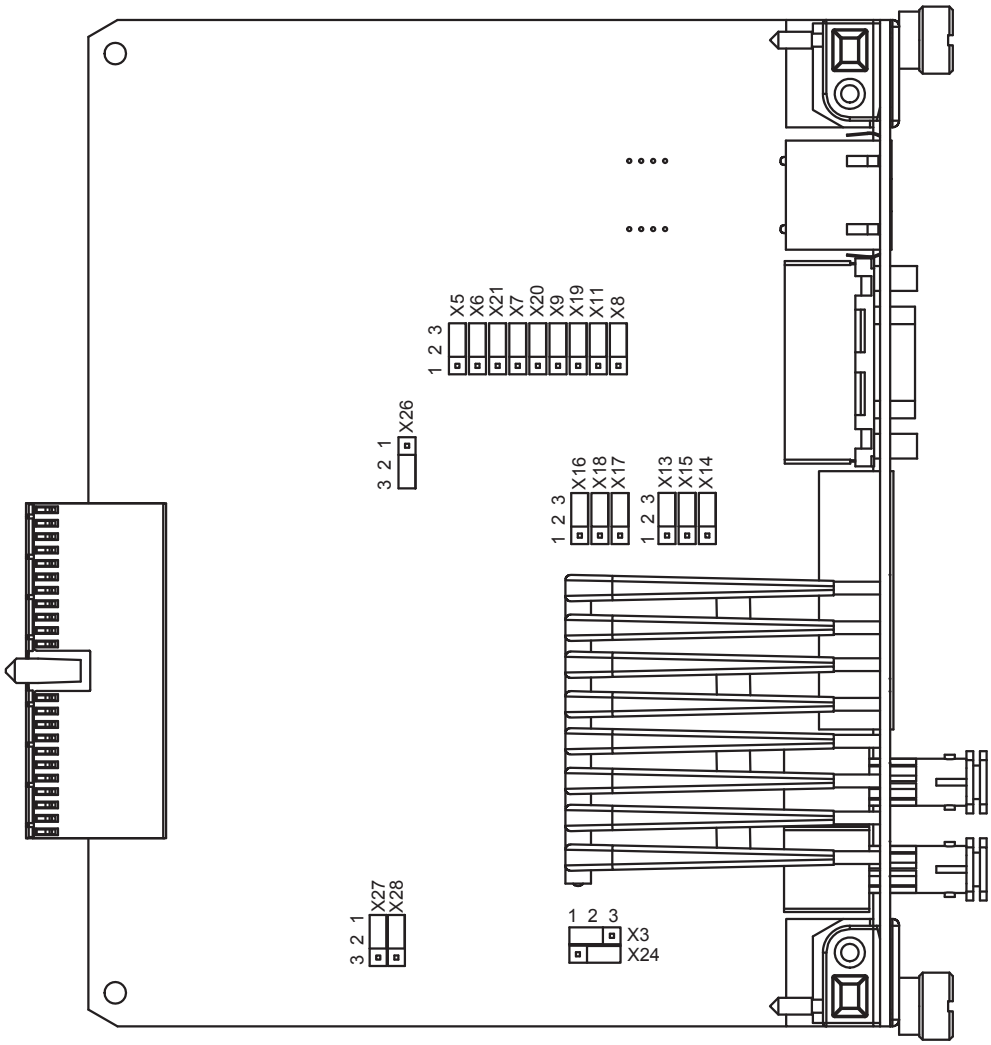


Рис. 630: Соединение перемычками на модуле связи COM0023, версия G

Тип соединения порта COM1 может быть EIA-232 либо EIA-485. Тип выбирается путем выбора положения перемычек X19, X20, X21 и X26.

По умолчанию перемычки установлены на EIA-232.

Таблица 1024: Перемычки типа EIA-232 и EIA-485 для COM1

Группа	Соединение перемычкой	Описание
X19	1-2 2-3	EIA-485 EIA-232
X20	1-2 2-3	EIA-485 EIA-232
X21	1-2 2-3	EIA-485 EIA-232
X26	1-2 2-3	EIA-485 EIA-232

Для обеспечения безотказной работы на одном конце шины должно быть смещение. Это можно сделать при помощи согласующих к плюсу и согласующих к минусу резисторов на плате связи. При 4-проводном соединении нагрузочный и согласующий резисторы выбираются путем установки перемычек X5, X6, X8 и X9 в положение "вкл.". Оконечная нагрузка шины выбирается путем установки перемычек X7 и X11 в положение "вкл.".

По умолчанию перемычки установлены так, что смещение отключено и терминатора нет.

Таблица 1025: Перемычки при 2-проводной связи по EIA-485 для COM1

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X5	1-2 2-3	A+ смещение вкл. A+ смещение выкл.[1)]	COM1 Разъем X6 на задней панели 2-проводное соединение
X6	1-2 2-3	B- смещение вкл. B- смещение выкл.[1)]	
X7	1-2 2-3	Терминатор шины есть Терминатора шины нет[1)]	

1) Уставка по умолчанию

Таблица 1026: Перемычки при 4-проводной связи по EIA-485 для COM1

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X5	1-2 2-3	A+ смещение вкл. A+ смещение выкл.[1)]	COM1 Разъем X6 на задней панели 4-провод. соединение, канал TX
X6	1-2 2-3	B- смещение вкл. B- смещение выкл.[1)]	
X7	1-2 2-3	Терминатор шины есть Терминатора шины нет[1)]	
X9	1-2 2-3	A+ смещение вкл. A+ смещение выкл.[1)]	4-провод. соединение, канал RX
X8	1-2 2-3	B- смещение вкл. B- смещение выкл.[1)]	
X11	1-2 2-3	Терминатор шины есть Терминатора шины нет[1)]	

1) Уставка по умолчанию

Соединение через порт COM2 может быть EIA-485 либо по оптическому каналу (ST). подключения выбирается путем установки перемычек X27 и X28.

Таблица 1027: Последовательное соединение COM2, разъем X5 EIA-485/X12 Оптический ST

Группа	Соединение перемычкой	Описание
X27	1-2 2-3	EIA-485 Оптический ST
X28	1-2 2-3	EIA-485 Оптический ST

Таблица 1028: Перемычки при 2-проводной связи по EIA-485 для COM2

Группа	Соединение перемычкой	Описание
X13	1-2 2-3	A+ смещение вкл. A+ смещение выкл.
X14	1-2 2-3	B- смещение вкл. B- смещение выкл.
X15	1-2 2-3	Терминатор шины есть Терминатора шины нет

Таблица 1029: Перемычки при 4-проводной связи по EIA-485 для COM2

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X13	1-2 2-3	A+ смещение вкл. A+ смещение выкл.	COM2 4-провод. соединение, канал TX
X14	1-2 2-3	B- смещение вкл. B- смещение выкл.	
X15	1-2 2-3	Терминатор шины есть Терминатора шины нет	
X16	1-2 2-3	Терминатор шины есть Терминатора шины нет	4-провод. соединение, канал RX
X17	1-2 2-3	A+ смещение вкл. A+ смещение выкл.	
X18	1-2 2-3	B- смещение вкл. B- смещение выкл.	

Таблица 1030: Перемычки при оптическом соединении ST, Разъем X12

Группа	Соединение перемычкой	Описание
X3	1-2 2-3	Топология типа "звезда" Топология типа "петля"
X24	1-2 2-3	Состояние незанятости = Свет вкл. Состояние незанятости = Свет выкл.

Таблица 1031: Соединения EIA-232 для COM0023 (X6)

Вывод	EIA-232
1	DCD
2	RxD
3	TxD
4	DTR
5	AGND
6	-
7	RTS
8	CTS

Таблица 1032: Соединения EIA-485 для COM0023 (X6)

Вывод	2-проводный режим	4-проводный режим
1	-	Rx/+
6	-	Rx/-
7	B/-	Tx/-
8	A/+	Tx/+

Таблица 1033: Соединения EIA-485 для COM0023 (X5)

Вывод	2-проводный режим	4-проводный режим
9	-	Rx/+
8	-	Rx/-
7	A/+	Tx/+
6	B/-	Tx/-
5	AGND (изолированное заземление)	
4	IRIG-B +	
3	IRIG-B -	
2	-	
1	GND (корпус)	

13.4.8.3 Расположение перемычек и соединения COM0008 и COM0010

Модуль связи EIA-485 работает по стандарту TIA/EIA-485 и предназначен для использования в схеме с последовательным подключением устройств, с использованием 2-проводной, 4-проводной, полудуплексной и многоточечной связи. Может также использоваться последовательная связь по оптическом у соединению с топологией типа "звезда" или "петля".

Одновременно могут использоваться два параллельных канала двухпроводной последовательной связи. Параллельно с одним каналом

двухпроводной связи или одним каналом четырехпроводной связи может использоваться один разъем для последовательной оптической связи.

К шине с предусмотренной релейной защитой можно подключать не более 32 устройств (узлов), максимальная длина шины составляет 1200 метров.

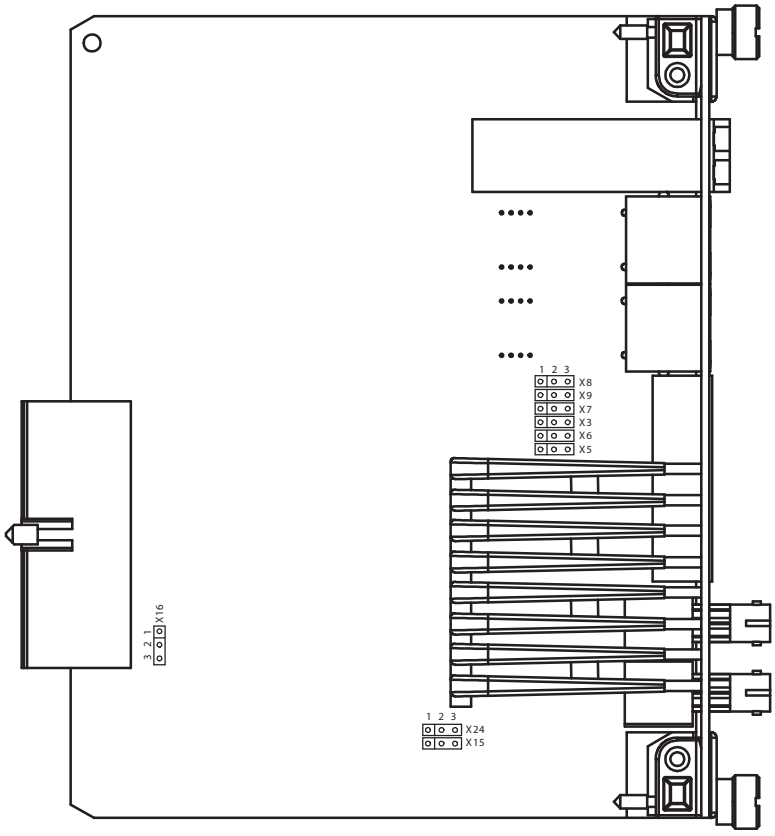


Рис. 631: Перемычки на модуле связи

Таблица 1034: Перемычки при 2-проводной связи по EIA-485

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X3	1-2	A+ смещение вкл.	COM1 2-проводный канал
	2-3	A+ смещение выкл.	
X5	1-2	B- смещение вкл.	
	2-3	B- смещение выкл.	
X6	1-2	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет	
Продолжение таблицы на следующей странице			

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X7	1-2	B- смещение вкл.	COM2 2-проводный канал
	2-3	B- смещение выкл.	
X8	1-2	A+ смещение вкл.	
	2-3	A+ смещение выкл.	
X9	1-2	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет	

На одном конце шины для обеспечения безотказной работы должно быть смещение. Это можно сделать при помощи согласующих к плюсу и согласующих к минусу резисторов на плате связи. В четырехпроводном соединении нагрузочный и согласующий резисторы выбираются путем установки перемычек X3, X5, X7 и X8 в положение "вкл.". Терминатор шины выбирается путем установки перемычек X6 и X9 в положение "вкл.".

По умолчанию перемычки установлены так, что смещение отключено и терминатора нет.

Таблица 1035: Перемычки при 4-проводной связи по EIA-485 для COM2

Группа	Соединение перемычкой	Описание	Примечания
X3	1-2	A+ смещение вкл.	COM2 4-провод. соединение, канал TX
	2-3	A+ смещение выкл.	
X5	1-2	B- смещение вкл.	
	2-3	B- смещение выкл.	
X6	1-2	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет	
X7	1-2	B- смещение вкл.	COM2 4-провод. соединение, канал RX
	2-3	B- смещение выкл.	
X8	1-2	A+ смещение вкл.	
	2-3	A+ смещение выкл.	
X9	1-2	Терминатор шины есть	
	2-3	Терминатора шины нет	

Таблица 1036: COM1 – Перемычки при последовательном соединении

Группа	Соединение перемычкой	Описание
X16	1-2	Для COM1 выбрано соединение по EIA-485
	2-3	Для COM1 выбрано соединение по FO_UART
X15	1-2	Для FO_UART выбрана топология "звезда"
	2-3	Для FO_UART выбрана топология "петля"
X24	1-2	Незанятое состояние канала FO_UART: Свет вкл.
	2-3	Незанятое состояние канала FO_UART: Свет выкл.



Рекомендуется включать смещение только на одном конце шины.



Терминатор устанавливается на каждом конце шины.



Рекомендуется заземлять сигнал, подключая его непосредственно к заземлению со стороны одного узла, и через конденсатор – со стороны других узлов.

Дополнительные модули связи включают поддержку связи по последовательному интерфейсу EIA-485 (разъем X5). В зависимости от конфигурации на платах связи может быть два порта для двухпроводной связи или один порт для четырехпроводной связи.

Порты для 2-проводной связи называются COM1 и COM2. Если же имеется один порт для 4-проводной связи, он называется COM2. Для связи по оптоволоконному каналу (ST) используется порт COM1.

Таблица 1037: Соединение EIA-485 для COM0008 и COM0010

Вывод	2-проводный режим		4-проводный режим	
9	COM1	A/+	COM2	Rx/+
8		B/-		Rx/-
7	COM2	A/+		Tx/+
6		B/-		Tx/-
5	AGND (изолированное заземление)			
4	IRIG-B +			

Продолжение таблицы на следующей странице

Вывод	2-проводный режим	4-проводный режим
3	IRIG-B -	
2	GNDC (корпус через конденсатор)	
1	GND (корпус)	

13.4.8.4 Расположение перемычек и соединения COM0032-COM0034

Дополнительные модули связи обеспечивают поддержку последовательной связи через оптический разъем ST (разъем X9). Для связи по оптоволоконному каналу (ST) используется порт COM1.

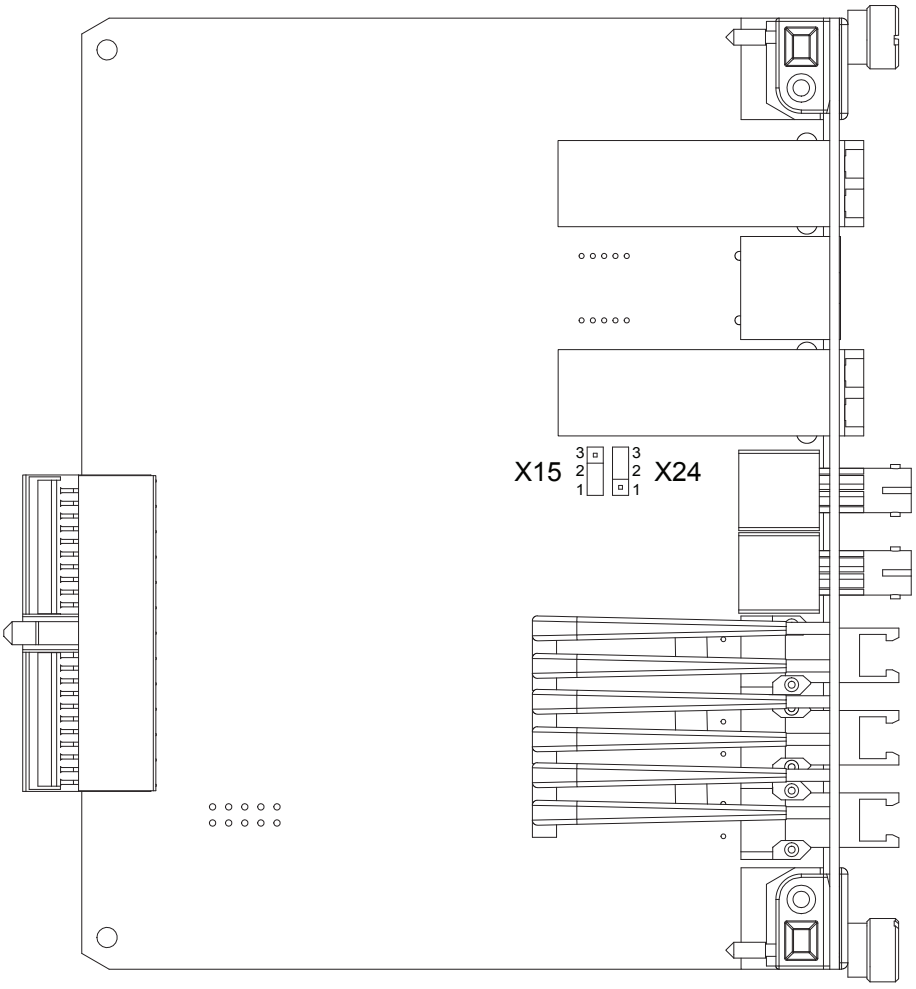


Рис. 632: Соединение перемычками на модуле связи COM0032

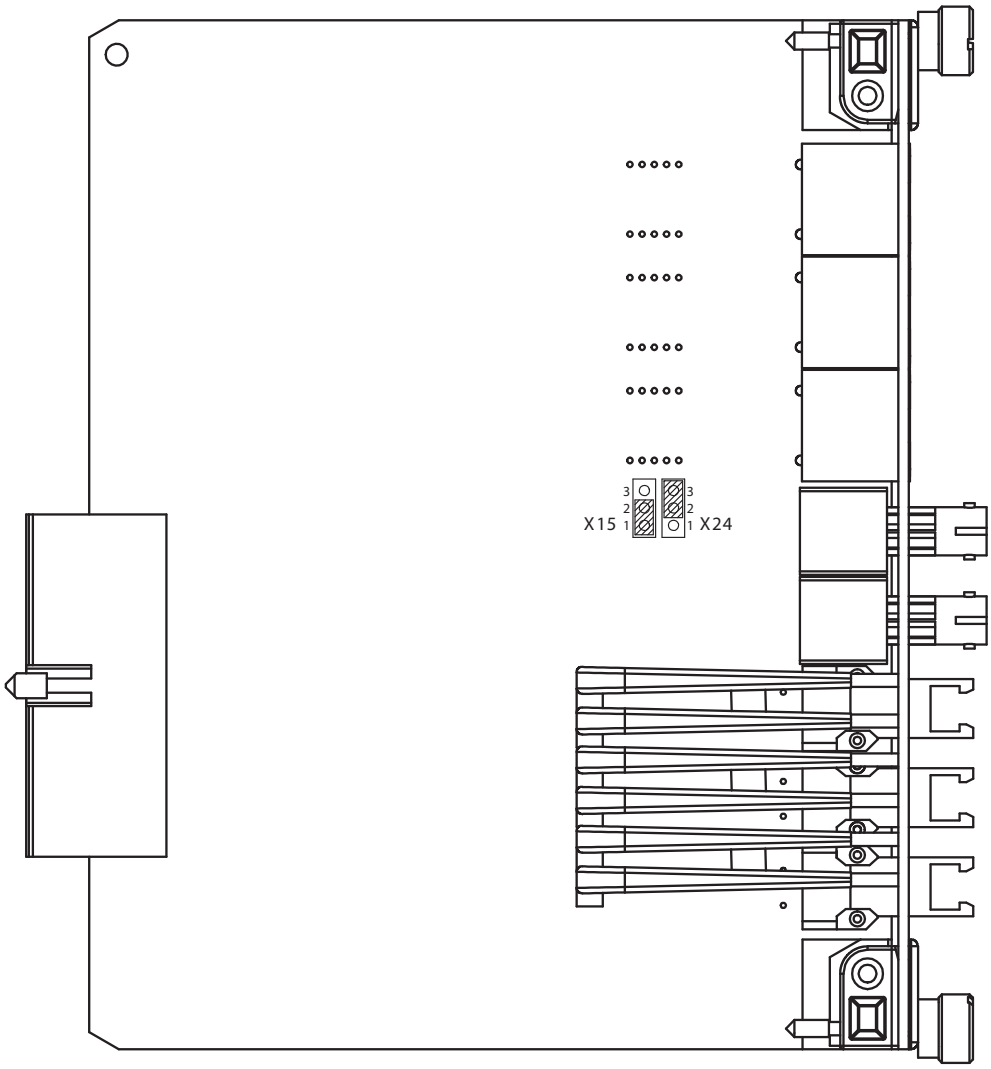


Рис. 633: Соединение перемычками на модуле связи COM0033

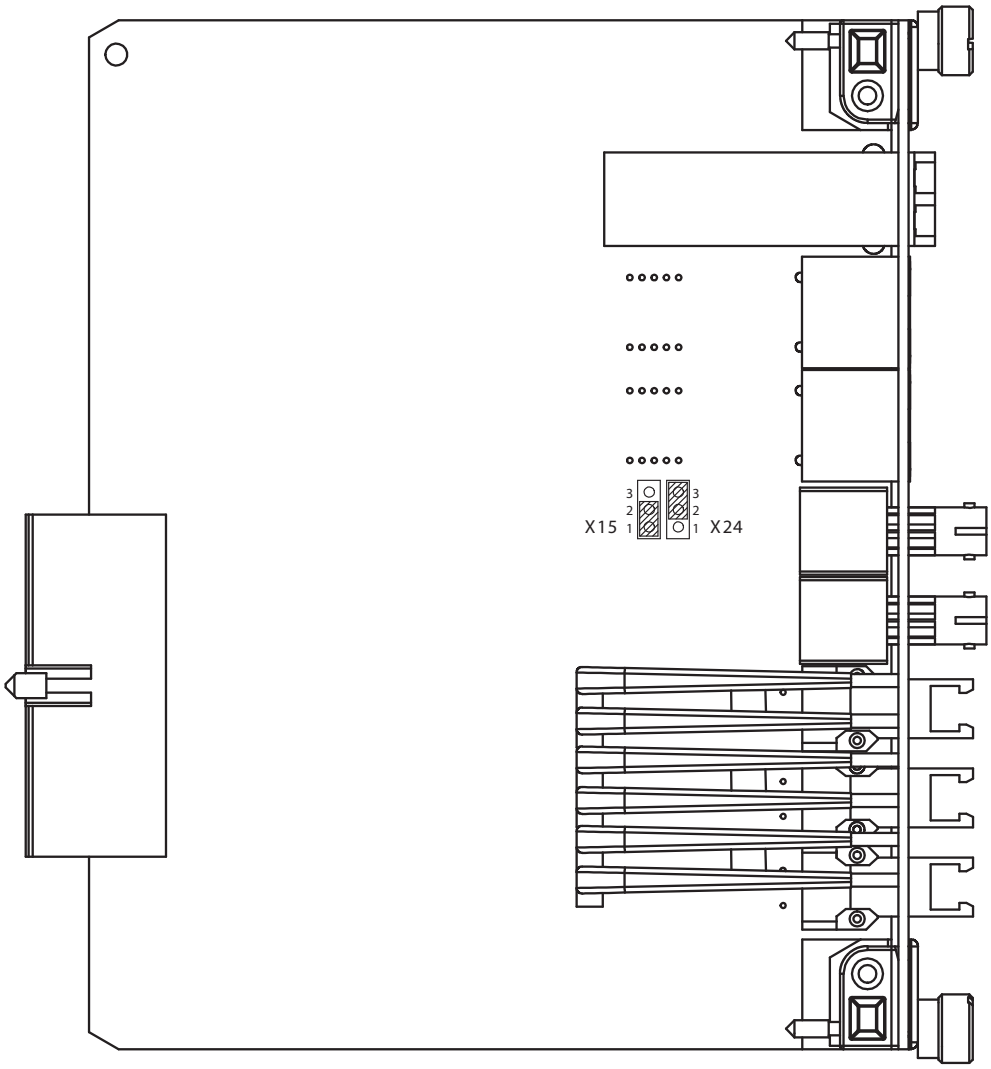


Рис. 634: Соединение перемычками на модуле связи COM0034

Таблица 1038: Соединители перемычек X9, Оптический ST

Группа	Соединение перемычкой	Описание
X15	1-2 2-3	Топология типа "звезда" Топология типа "петля"
X24	1-2 2-3	Состояние незанятости = Свет вкл. Состояние незанятости = Свет выкл.

Раздел 14 Технические данные

Таблица 1039: Размеры

Описание	Значение	
Ширина	Передняя панель	177 мм
	Корпус	164 мм
Высота	Передняя панель	177 мм (4U)
	Корпус	160 мм
Глубина		201 мм (153 + 48 мм)
Масса	Устройство релейной защиты в сборе	4,1 кг
	Только съемный блок	2,1 кг

Таблица 1040: Источник питания

Описание	Тип 1	Тип 2
Номинальное оперативное напряжение $U_{ном}$	100, 110, 120, 220, 240 В~, 50 и 60 Гц	24, 30, 48, 60 В=
	48, 60, 110, 125, 220, 250 В=	
Макс. время прерывания опер. напряжения пост. тока без перезапуска реле	50 мс при $U_{ном}$	
Колебания вспомогательного напряжения	38...110% от $U_{ном}$ (38...264 В~)	50...120 % от $U_{ном}$ (12...72 В=)
	80...120 % от $U_{ном}$ (38,4...300 В=)	
Пороговое напряжение пуска		19,2 В= (24 В= × 80 %)
Потребляемая вспомогательная мощность в режиме ожидания (P_q)/при срабатывании	Пост. ток < 13,0 Вт (ном.)/< 18,0 Вт (макс.) Перем. ток < 16,0 Вт (ном.)/< 21,0 Вт (макс.)	Пост. ток < 13,0 Вт (ном.)/< 18,0 Вт (макс.)
Пульсация напряжения оперативного питания пост. тока	Макс. 15 % значения пост. тока (при частоте 100 Гц)	
Тип предохранителя	T4A/250 В	

Таблица 1041: Входы воздействующих величин

Описание		Значение	
Номинальная частота		50/60 Гц	
Токовые входы	Номинальный ток, $I_{ном}$	0,2/1 А[1)2)]	1/5 А[3)]
	Термическая стойкость: • Длительно • В течение 1 с	 4 А 100 А	 20 А 500 А
	Динамическая устойчивость по току: • Значение за полупериод	 250 А	 1250 А
	Входное полное сопротивление	<100 мОм	<20 мОм
Входы напряжения	Номинальное напряжение	60...210 В~	
	Устойчивость по напряжению: • Длительно • В течение 10 с	 240 В пер. тока 360 В пер. тока	
	Нагрузка при номинальном напряжении	<0,05 ВА	

1) При заказе опции для входа тока нулевой последовательности
2) Не предусмотрено для RET615 и REU615
3) Ток нулевой последовательности и/или фазный ток

Таблица 1042: Входы воздействующих величин (датчики)

Описание		Значение
Вход датчика тока	Номинальные ток и напряжение (на вторичной стороне)	75 мВ/9000 мВ[1)]
	Устойчивость по напряжению	125 В
	Входное полное сопротивление при 50/60 Гц	2...3 МОм[2)]

Продолжение таблицы на следующей странице

Описание		Значение
Вход датчика напряжения	Номинальное напряжение	6...30 кВ[3)]
	Устойчивость по напряжению	50 В
	Входное полное сопротивление при 50/60 Гц	3 МОм

1) Соответствует диапазону тока 40...4000 А при 80 А, 3 мВ/Гц катушки Роговского
2) В зависимости от используемого номинального тока (hardware gain)
3) Данный диапазон (до 2*номинальное) покрывается коэффициентом деления датчика 10 000:1

Таблица 1043: Дискретные входы

Описание	Значение
Рабочий диапазон	±20 % номинального напряжения
Номинальное напряжение	24...250 В=
Потребление тока	1,6...1,9 мА
Потребляемая мощность	31,0...570,0 мВт
Пороговое напряжение	16…176 В=
Время отклика	<3 мс

Необходимо установить правильное пороговое значение напряжения дискретных входов. Пороговое значение должно быть на уровне 70 % от номинального вспомогательного напряжения. Заводское значение по умолчанию в 16 В гарантирует работоспособность дискретных входов независимо от величины вспомогательного напряжения (24, 48, 60, 110, 125, 220 или 250 В постоянного тока). Однако значение по умолчанию не является оптимальным для более высоких уровней вспомогательного напряжения. Пороговое напряжение дискретных входов должно быть как можно больше, чтобы исключить случайную активацию входов из-за внешних помех. При этом оно не должно мешать надлежащей работе системы при пониженном вспомогательном напряжении.

Таблица 1044: RTD/мА входы

Описание		Значение	
RTD входы	Поддерживаемые датчики RTD	100 Ом платина 250 Ом платина 100 Ом никель 120 Ом никель 250 Ом никель 10 Ом медь	TCR 0,00385 (DIN 43760) TCR 0,00385 TCR 0,00618 (DIN 43760) TCR 0,00618 TCR 0,00618 TCR 0,00427
	Поддерживаемый диапазон сопротивления	0...2 кОм	
	Макс.сопротивление ввода (трехфазное измерение)	25 Ом на ввод	
	Изоляция	2 кВ (между входами и защитным заземлением)	
	Время реакции	<4 с	
	RTD/ток сопротивления считывания	Макс. 4,2 мА среднекв.	
	Погрешность срабатывания	Сопротивление	Температура
		±2,0 % или ±1 Ом	±1 ℃ 10 Ом, медь ±2 ℃
мА входы	Поддерживаемый уровень тока	0…20 мА	
	Полное сопротивление входа	44 Ом ± 0,1 %	
	Погрешность срабатывания	±0,5 % или ±0,01 мА	

Таблица 1045: Сигнальный выход X100: SO1

Описание	Значение
Номинальное напряжение	250 В~/=
Длительная нагрузка на контакт	5 А
Допустимый ток через контакты в течение 3,0 с	15 А
Допустимый ток через контакты в течение 0,5 с	30 А
Размыкающая способность при постоянной времени цепи управления L/R<40 мс при 48/110/220 В=	1 А/0,25 А/0,15 А
Минимальная нагрузка на контакт	100 мА при 24 В~/=

Таблица 1046: Сигнальные выходные реле и выход IRF

Описание	Значение
Номинальное напряжение	250 В~/=
Длительная нагрузка на контакт	5 А
Допустимый ток через контакты в течение 3,0 с	10 А
Допустимый ток через контакты в течение 0,5 с	15 А
Размыкающая способность при постоянной времени цепи управления L/R<40 мс при 48/110/220 В=	1 А/0,25 А/0,15 А
Минимальная нагрузка на контакт	10 мА при 5 В~/=

Таблица 1047: Двухполюсное сильноточное реле с функцией контроля цепи отключения TCS

Описание	Значение
Номинальное напряжение	250 В~/=
Длительная нагрузка на контакт	8 А
Допустимый ток через контакты в течение 3,0 с	15 А
Допустимый ток через контакты в течение 0,5 с	30 А
Размыкающая способность при постоянной времени цепи управления L/R<40 мс при 48/110/220 В= (два контакта подключены последовательно)	5 А/3 А/1 А
Минимальная нагрузка на контакт	100 мА при 24 В~/=
Контроль цепей отключения (TCS): • Диапазон управляющего напряжения • Потребление тока цепью контроля • Минимальное напряжение через контакт TCS	 250 В~/= ~ 1,5 мА 20 В~/= (15...20 В)

Таблица 1048: Однополюсные сильноточные выходные реле

Описание	Значение
Номинальное напряжение	250 В~/=
Длительная нагрузка на контакт	8 А
Допустимый ток через контакты в течение 3,0 с	15 А
Допустимый ток через контакты в течение 0,5 с	30 А
Размыкающая способность при постоянной времени цепи управления L/R<40 мс при 48/110/220 В=	5 А/3 А/1 А
Минимальная нагрузка на контакт	100 мА при 24 В~/=

Таблица 1049: Быстродействующий выходHSO модуля BIO0007

Описание	Значение
Номинальное напряжение	250 В ~/=
Длительная нагрузка на контакт	6 А
Допустимый ток через контакты в течение 3,0 с	15 А
Допустимый ток через контакты в течение 0,5 с	30 А
Размыкающая способность при постоянной времени цепи управления L/R<40 мс при 48/110/220 В=	5 А/3 А/1 А
Время срабатывания	<1 мс
Сброс	<20 мс, активная нагрузка

Таблица 1050: Интерфейсы Ethernet

Интерфейс Ethernet	Протокол	Кабель	Скорость передачи данных
На передней панели	Протокол TCP/IP	Стандартный Ethernet CAT 5 кабель с разъемом RJ-45	10 Мбит/с
На задней панели	Протокол TCP/IP	Экранированная витая пара CAT 5e с разъемом RJ-45 или оптоволоконный кабель с разъемом LC	100 Мбит/с

Таблица 1051: Последовательный интерфейс на задней панели

Тип	Разъем для счетчика
Последовательный порт (X5)	10-контактный разъем для счетчика Weidmüller BL 3.5/10/180F AU OR BEDR или 9-контактный разъем для счетчика Weidmüller BL 3.5/9/180F AU OR BEDR[1)]
Последовательный порт (X16)	9-контактный разъем типа D-sub DE-9
Последовательный порт (X12)	Оптический разъем ST

1) В зависимости от выбранного модуля связи

Таблица 1052: Оптоволоконный канал связи

Разъем	Тип оптоволокна	Длина волны	Типовая макс. длина[1)]	Допустимое затухание в канале[2)]
LC	MM 62,5/125 или 50/125 мкм стекловолокно	1300 нм	2 км	<8 дБ
ST	MM 62,5/125 или 50/125 мкм стекловолокно	820...900 нм	1 км	<11 дБ

1) Максимальная длина зависит от качества кабеля, затухания в кабеле, количества стыков и разъемов.
2) Максимально допустимое затухание, вызванное совместно разъемами и кабелями

Таблица 1053: Волоконно-оптический канал передачи данных защиты в RED615

Разъем	Тип оптоволокна	Длина волны	Типовая макс. длина[1)]	Допустимое затухание в канале[2)]
LC	MM 62.5/125 или 50/125 мкм	1300 нм	2 км	<8 дБ
LC	SM 9/125 мкм[3)]	1300 нм	20 км	<8 дБ

1) Максимальная длина зависит от качества кабеля, затухания в кабеле, количества стыков и разъемов.
2) Максимально допустимое затухание, вызванное совместно разъемами и кабелями
3) Для подключения RED615 к ВЧ-модему RPW600 используется одномодовый кабель, рекомендуемая минимальная длина 3 м.

Таблица 1054: IRIG-B

Описание	Значение
Формат временного кода IRIG	B004, B005[1)]
Изоляция	500В в течение 1 мин.
Модуляция	Немодулированный
Уровень логики	5 В TTL
Потребление тока	<4 мА
Потребляемая мощность	<20 мВт

1) По стандарту 200-04 IRIG

Таблица 1055: Оптический датчик и оптоволоконный канал для дуговой защиты

Описание	Значение
Оптоволоконный кабель с оптическим датчиком	1,5 м, 3,0 м или 5,0 м
Нормальный диапазон рабочих температур линз	-40...+100°C
Максимальная рабочая температура линз, макс. 1 час	+140°C
Минимальный допустимый радиус изгиба оптоволоконного кабеля	100 мм

Таблица 1056: Степень защиты устройства релейной защиты при утопленном монтаже

Описание	Значение
Передняя панель	IP 54
Сзади, соединительные клеммы	IP 20

Таблица 1057: Условия окружающей среды

Описание	Значение
Диапазон рабочей температуры	-25...+55 ºC (длительно)
Диапазон кратковременной рабочей температуры	• REF615, REG615, REM615, RET615, REU615 и REV615: –40...+85 ºC (<16 ч)[1)2)] • RED615: -40...+70 ºC (<16 ч)[1)2)]
Относительная влажность	<93 %, без конденсата
Атмосферное давление	86...106 кПа
Высота над уровнем моря	До 2000 м
Диапазон температуры при транспортировке и хранении	-40...+85 ºC

1) Ухудшение характеристик среднего времени наработки на отказ и ИЧМ вне диапазона рабочих температур -25...+55 ºC
2) Для ИЭУ с интерфейсом связи с разъемом типа LC максимальная рабочая температура равна +70ºC

Раздел 15 Устройство релейной зашиты и функциональные испытания

Таблица 1058: Испытания на электромагнитную совместимость

Описание	Значение при типовых испытаниях	По стандарту
Испытание на помехоустойчивость сигналом 100кГц и 1МГц:		МЭК 61000-4-18 МЭК 60255-26, класс III IEEE C37.900,1-2002
• Продольный режим	2,5 кВ	
• Поперечный режим	2,5 кВ	
Испытание на помехоустойчивость сигналом 3МГц, 10МГц и 30МГц		МЭК 61000-4-18 МЭК 60255-26, класс III
• Продольный режим	2,5 кВ	
Испытание на устойчивость к электростатическим разрядам		МЭК 61000-4-2 МЭК 60255-26 IEEE C37.90.3-2001
• Контактный разряд	8 кВ	
• Воздушный разряд	15 кВ	
Испытания на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю		
	10 В (среднекв.) f=150 кГц...80 МГц	МЭК 61000-4-6 МЭК 60255-26, класс III
	10 В/м (среднекв.) f=80...2700 МГц	МЭК 61000-4-3 МЭК 60255-26, класс III
	10 В/м f = 900 МГц	ENV 50204 МЭК 60255-26, класс III
	20 В/м (среднекв.) f = 80...1000 МГц	IEEE C37.90.2-2004
Испытание на устойчивость к наносекундным импульсным помехам		МЭК 61000-4-4 МЭК 60255-26 IEEE C37.90.1-2002
• Все порты	4 кВ	
Испытание на устойчивость к микросекундным импульсным помехам		МЭК 61000-4-5 МЭК 60255-26
• Порты связи	1 кВ, провод-земля	

Продолжение таблицы на следующей странице

Описание	Значение при типовых испытаниях	По стандарту
• Другие порты	4 кВ, провод-земля 2 кВ, провод-провод	
Испытание на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты (50 Гц)		МЭК 61000-4-8
• Длительно • 1...3 с	300 А/м 1000 А/м	
Испытание на устойчивость к импульсному магнитному полю	1000 А/м 6,4/16 мкс	МЭК 61000-4-9
Испытание на устойчивость к затухающим колебательным помехам магнитного поля		МЭК 61000-4-10
• 2 с	100 А/м	
• 1 МГц	400 переходных процессов/сек	
Испытание на устойчивость к провалам и кратким прерываниям напряжения	30 %/10 мс 60 %/100 мс 60 %/1000 мс >95 %/5000 мс	МЭК 61000-4-11
Испытание на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты	Только дискретные входы	МЭК 61000-4-16 МЭК 60255-26, класс А
• Продольный режим	300 В среднекв.	
• Поперечный режим	150 В среднекв.	
Испытание на устойчивость к кондуктивным помехам	15 Гц...150 кГц Уровень 3 (10/1/10 В среднекв.)	МЭК 61000-4-16
Испытания на воздействие электромагнитного излучения		EN 55011, класс А МЭК 60255-26 CISPR 11 CISPR 12
• Кондуктивные помехи		
0,15...0,50 МГц	< 79 дБ (мкВ) квазипик. < 66 дБ (мкВ) среднее	
0,5...30 МГц	< 73 дБ (мкВ) квазипик. < 60 дБ (мкВ) среднее	
• Излучаемые помехи		
30...230 МГц	< 40 дБ (мкВ/м) квазипик., измеренное на расстоянии 10 м	

Продолжение таблицы на следующей странице

Описание	Значение при типовых испытаниях	По стандарту
230...1000 МГц	< 47 дБ (мкВ/м) квазипик., измеренное на расстоянии 10 м	
1…3 ГГц	< 76 дБ (мкВ/м) пик. < 56 дБ (мкВ/м) среднее, измеренное на расстоянии 3 м	
3…6 ГГц	< 80 дБ (мкВ/м) пик. < 60 дБ (мкВ/м) среднее, измеренное на расстоянии 3 м	

Таблица 1059: Испытания изоляции

Описание	Значение при типовых испытаниях	По стандарту
Диэлектрические испытания	2 кВ, 50 Гц, 1 мин. 500 В, 50 Гц, 1 мин., порты связи	МЭК 60255-27
Испытание на воздействие импульсного напряжения	5 кВ, 1,2/50 с, 0,5 Дж 1 кВ, 1,2/50 с, 0,5 Дж, канал связи	МЭК 60255-27
Измерения сопротивления изоляции	>100 МОм, 500 В=	МЭК 60255-27
Сопротивление вывода для подключения защитного заземления	<0,1 Ом, 4 А, 60 с	МЭК 60255-27

Таблица 1060: Механические испытания

Описание	Требования	По стандарту
Испытание на воздействие вибрации (синусоидальной)	Класс 2	МЭК 60068-2-6 (тест Fc) МЭК 60255-21-1
Испытание на воздействие одиночного и многократного удара	Класс 2	МЭК 60068-2-27 (тест Ea, одиночный удар) МЭК 60068-2-29 (тест Eb, многократные удары) МЭК 60255-21-2
Испытание на сейсмическую устойчивость	Класс 2	МЭК 60255-21-3

Таблица 1061: Испытания на воздействие внешних факторов

Описание	Значение при типовых испытаниях	По стандарту
Испытание B: Сухое тепло	• 96 часов при +55 ºC • 16 часов при +85ºC[1)2)]	МЭК 60068-2-2
Испытание на воздействие сухого холода	• 96 часов при -25°C • 16 часов при -40°C	МЭК 60068-2-1
Испытание Db: Влажное тепло	• 6 циклов (12 ч + 12 ч) при +25...55 °C, влажность >93 %	МЭК 60068-2-30
Испытание N: Изменение температуры	• 5 циклов (3 ч + 3 ч) при -25°C...+55°C	МЭК 60068-2-14
Испытание хранением	• 96 часов при -40ºC • 96 часов при +85ºC	МЭК 60068-2-1 МЭК 60068-2-2

1) Для ИЭУ с интерфейсом связи с разъемом типа LC максимальная рабочая температура равна +70ºC
2) Для RED615 +70 ºC, 16 ч

Таблица 1062: Безопасность продукта

Описание	По стандарту
Соответствует директиве по низкому напряжению	2006/95/EC
Стандарт	EN 60255-27 (2013) EN 60255-1 (2009)

Таблица 1063: Соответствие по электромагнитной совместимости

Описание	По стандарту
Директива по электромагнитной совместимости	2004/108/EC
Стандарт	EN 60255-26 (2013)

Раздел 16 Применяемые стандарты и нормы

EN 60255-1

EN 60255-26

EN 60255-27

Директива совета ЕС по Электромагнитной совместимости 2004/108/EC

Директива ЕС 2002/96/EC/175

МЭК 60255

Директива по низкому напряжению 2006/95/EC

МЭК 61850

Раздел 17 Глоссарий

100BASE-FX	Физические каналы, определенные в стандарте Ethernet IEEE 802.3 для локальных сетей (ЛВС), использующих оптоволоконные кабели
100BASE-TX	Физические каналы, определенные в стандарте Ethernet IEEE 802.3 для локальных сетей (LAN), использующие кабели типа "витая пара" пятой категории или выше, с разъемами RJ-45
ACT	1. Инструмент конфигурации приложений в PCM600 2. Состояние срабатывания в МЭК 61850
CAT 5	Витая пара для высокой целостности сигналов
CAT 5e	Улучшенная версия CAT 5 с расширенными характеристиками для затухания на дальнем конце соседней пары
CBB	Стандартный блок цикла
COMTRADE	Универсальный формат обмена динамическими данными для энергосистем. Определяется стандартом IEEE.
CTS	Сброс передатчика
DANP	Дважды подключенный узел с PRP
DCD	Обнаружение информационного сигнала
DG	Распределенная генерация
DHCP	Протокол динамического конфигурирования хоста
DNP3	Протокол распределенной сети, разработанный Westronic. Владельцем протокола является DNP3 Users Group, ответственная за его развитие.
DPC	Двухбитовое управление
DSR	Набор данных готов
DT	С независимой выдержкой времени
DTR	Готовность терминала данных
EIA-232	Стандарт последовательной передачи данных (Ассоциация изготовителей электронного оборудования)

EIA-485	Стандарт последовательной передачи данных (Ассоциация изготовителей электронного оборудования)
Ethernet	Стандарт подключения в ЛВС семейства сетевых компьютерных технологий, основанных на фреймовом представлении
FIFO	Принцип очередности "первым пришёл - первым обслужен"
FLC	Ток при полной нагрузке
FPGA	Вентильная матрица, программируемая в условиях эксплуатации
FTP	Протокол пересылки файлов
FTPS	FTP Secure
GFC	Критерии общей неисправности
GOOSE	Типовое объектно-ориентированное событие подстанции
GPS	Глобальная система позиционирования
HSO	Быстродействующий выход
HSR	Решение с использованием протокола бесшовного резервирования высокой доступности (HSR)
HTTPS	Протокол защищённой передачи гипертекстовой информации
IDMT	Обратнозависимая характеристика выдержки времени
IEEE 1686	Стандарт по обеспечению кибербезопасности интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ)
IP	Интернет-протокол
IP-адрес	Группа из четырех чисел в диапазоне от 0 до 255, разделенных точками. Каждому серверу, подключенному к Интернет, присваивается уникальный IP-адрес, который задает местоположение для протокола TCP/IP.
IRF	1. Внутреннее повреждение 2. Внутренняя повреждение устройства
IRIG-B	Символьный протокол синхронизации устройств – формат временного кода B
LAN	Локальная сеть
LDC	Line drop compensation (компенсация падения напряжения в линии)

LE	Облегченная версия
LOG	Потеря сети
LOM	Потеря сети
MAC	Управление доступом к среде
MM	1. Многомодовый 2. Многомодовое оптоволокно
MMS	1. Спецификация производственных сообщений 2. Система управления измерениями
Modbus	Протокол последовательной передачи данных, разработанный компанией Modicon в 1979 году. Первоначально использовался для обеспечения связи в ПЛК и дистанционных передатчиках.
P2P	равноправные узлы (точка-точка)
PCM600	Программный инструмент конфигурирования интеллектуальных устройств защиты и управления
PGU	Генерирующая установка
PPS	Число импульсов в секунду
PRP	Протокол постоянного резервирования
PTP	Протокол Точного Времени
RCA	Также используется термин MTA или основной угол. Характеристический угол.
RED615	Устройство управления и дифференциальной защиты линии
REF615	Устройство защиты, управления и автоматики фидера
REM615	Устройство управления и защиты двигателя
RET615	Устройство управления и защиты трансформатора
REU615	Устройство управления и защиты по напряжению
REV615	Устройство управления и защиты батареи конденсаторов
RJ-45	Тип разъема с гальванической связью
RMS	Среднеквадратичное действующее значение
RTC	Часы реального времени
RTD	Резисторный датчик температуры
RTS	Готов к отправке
Rx	Получить/Получено

SAN	Узел с одинарным подключением
SBO	Выбор перед исполнением
SCADA	Контроль, управление и обработка данных
SCL	Язык описания конфигурации подстанции на базе XML (определяется стандартом МЭК 61850)
SLD	Однолинейная схема
SM	1. Одномодовый 2. Одномодовое оптоволокно
SMT	Инструмент матрицы сигналов в PCM600
SMV	Измеренные значения
SNTP	Простой временной протокол сети
SOTF	Автоматическая логика включения на повреждение
ST	Тип разъема для стеклянного оптоволоконного кабеля
TCP/IP	Протокол управления передачей/Интернет-протокол
TCS	Контроль цепей отключения
TLV	Метод организации данных "Тип Длина Значение"
Tx	Передать/Передано
UTC	Время по Гринвичу
VDR	Voltage-depended resistor (варистор)
WAN	Глобальная сеть
ВН	Высокое напряжение
ИЭУ	Интеллектуальное электронное устройство
ЛИЧМ	Локальный интерфейс «человек-машина»
МЭК 61850	Международный стандарт для связи между устройствами и моделирования подстанций
МЭК 61850-9-2 LE	Облегченная версия протокола МЭК 61850-9-2 с интерфейсом шины процесса
Однолинейная схема	Упрощенное обозначение системы трехфазного питания. Трехфазная линия изображается одной линией на чертеже, а не тремя отдельными линиями или фазным выводом.
ПЗУ	Постоянное запоминающее устройство
ПК	1. Персональный компьютер (ПК) 2. Поликарбонат

ПЛК	Программируемый логический контроллер
Серия 615	Серия цифровых устройств защиты и управления для защиты и контроля подстанций, а также промышленных распределительных устройств и оборудования.
ТН	Трансформатор напряжения
ТТ	Трансформатор тока

ABB Distribution Solutions
P.O. Box 699
FI-65101 VAASA, Finland (Финляндия)
Телефон +358 10 22 11

ABB India Limited, Distribution Automation
Maneja Works
Vadodara - 390013, India (Индия)
Телефон +91 265 272 4402
Факс +91 265 263 8922

www.abb.com/mediumvoltage

© Copyright 2020 ABB. Все права защищены.

1MRS758991A