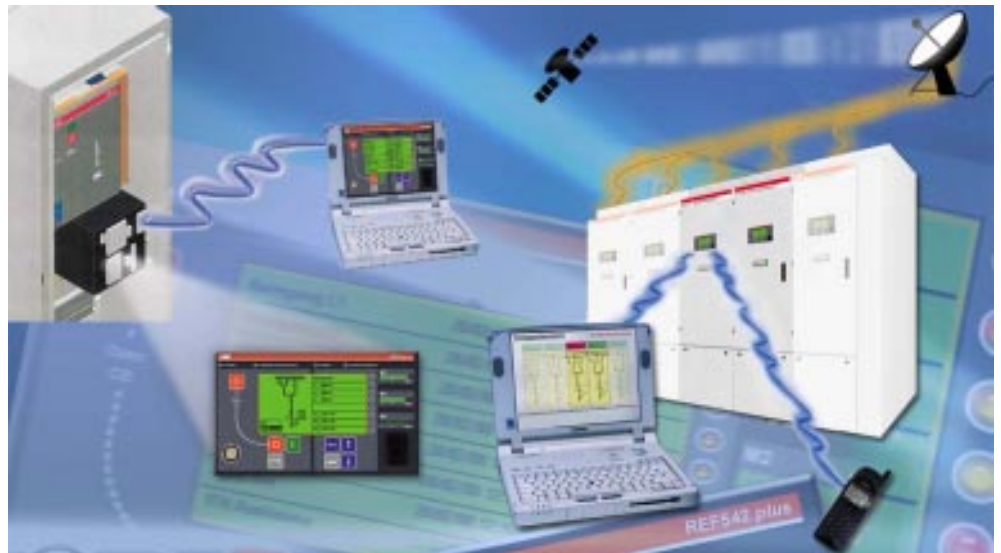


# REF542*plus*

## Руководство по эксплуатации

### Часть 1

### Функционирование и обслуживание



## Содержание

<b>1</b>	<b>Введение .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Сокращения и определения .....</b>	<b>7</b>
2.1	Сокращения.....	7
2.2	Определения.....	7
<b>3</b>	<b>Блок управления HMI.....</b>	<b>9</b>
3.1	Элементы управления .....	9
3.1.1	Жидкокристаллический экран .....	9
3.1.2	Светодиоды состояния.....	10
3.1.2.1	Рабочее состояние.....	10
3.1.2.2	Состояние связи.....	10
3.1.2.3	Индикация аварийных сигналов .....	10
3.1.2.4	Состояние блокировки.....	10
3.1.3	Индикация светодиодами.....	10
3.1.4	Оптический интерфейс для локального ПК.....	11
3.1.5	Кнопки управления.....	11
3.1.5.1	Меню и навигационные кнопки .....	11
3.1.5.2	Кнопки команд .....	11
3.1.6	Панели светодиодов для измерений .....	13
3.1.7	Электронные переключатели.....	13
3.2	Меню ЖК-экрана .....	14
3.2.1	Состояние электронного ключа .....	14
3.2.1.1	Изменение режимов управления.....	15
3.2.1.2	Изменение режимов защиты.....	16
3.2.2	Страница измерений.....	17
3.2.3	Страница защитных предупредительных сигналов.....	17
3.2.4	Страница настройки.....	18
3.2.5	Страница регистрации стартов/остановок.....	19
3.2.6	Страница активной установки.....	19
3.2.7	Страница защитных функций.....	20
3.2.8	Страница обслуживания.....	22
3.2.8.1	Статистика .....	23
3.2.8.2	Версии.....	23
3.2.8.3	Адрес коммуникации.....	24
3.2.8.4	Контрастность ЖК-экрана.....	24
3.2.8.5	Внутреннее время микроконтроллера (машинное время).....	25
3.2.8.6	Направление потока нагрузки.....	25
3.2.8.7	Режим автоматического переключения .....	26
3.2.8.8	Панель IEC 60870-5-103 .....	26
3.2.9	Страница тестирования.....	28
3.2.9.1	Тестирование блока управления HMI .....	29
3.2.9.2	Тестирование первичных переключающих устройств.....	29
3.3	Вид на однолинейной диаграмме .....	30
3.4	Взаимодействие с локальным ПК .....	30

3.5	Сопряжение HMI с центральным процессором .....	30
<b>4</b>	<b>Функционирование.....</b>	<b>31</b>
4.1	Функции режима защиты.....	31
4.2	Функции в режиме защиты.....	32
4.2.1	Выбор и активация переключающих устройств .....	32
4.2.2	Пересылка конфигурации из ПК на REF542plus .....	32
4.2.3	Пересылка конфигурации с REF542plus на ПК .....	33
4.2.4	Контроль FUPLA и изображение значений измерений.....	34
4.2.5	Локальный экспорт записи сбоев (при соотв. конфигурации).....	34
4.2.6	Экспортирование данных о состоянии ввода/вывода .....	36
4.2.7	Экспортирование величин рабочих измерений.....	38
4.3	Доступ к главным страницам.....	40
4.3.1	Поиск значений измерений и вычислений.....	41
4.3.2	Просмотр индикации светодиодов .....	43
4.3.3	Изменение величин, сохраненных в оборудовании .....	43
4.3.4	Просмотр страницы стартов/выключений .....	44
4.3.5	Изменение активного набора параметров.....	44
4.3.6	Просмотр параметров отдельных защитных функций .....	45
4.3.7	Изменение параметров защитных функций .....	45
4.3.8	Страница обслуживания.....	45
4.3.8.1	Просмотр циклического времени FUPLA .....	45
4.3.8.2	Просмотр версии программно-аппаратных средств .....	45
4.3.8.3	Просмотр адреса коммуникации.....	45
4.3.8.4	Настройка контраста жидкокристаллического экрана .....	45
4.3.8.5	Настройка внутреннего времени микроконтроллера.....	46
4.3.8.6	Просмотр направления потока нагрузки .....	46
4.3.8.7	Доступность/недоступность автопереключения.....	46
4.3.8.8	Наладка коммуникационной панели в соответствии с IEC 60870-5-103.....	46
4.3.8.9	Тестирование переключающих устройств .....	47
<b>5</b>	<b>Названия параметров .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Настройка функций управления и защиты .....</b>	<b>52</b>
6.1	Требования к трансформаторам тока .....	52
6.1.1	Трансформаторы тока для дистанционной защиты .....	52
6.1.2	Трансформаторы тока для дифференциальной защиты.....	55
6.1.3	Трансформаторы тока для IDMT и защита при сверхтоке с определенным временем.....	56
6.2	Контролер фактора мощности.....	56
6.3	Текущие защитные функции.....	63
6.3.1	Блокировка входящего потока .....	64
6.3.2	Защита при направленном сверхтоке .....	67
6.3.3	Защита при сверхтоке с определенным временем .....	68
6.3.4	Функция IDMT .....	69
6.3.5	Защитная функция заземления .....	71
6.3.6	Направленная защита заземления .....	71
6.3.6.1	Система с изолированной нейтральной точкой .....	72

6.3.6.2	Системы с заземлением катушкой Петерсона .....	73
6.3.6.3	Система с заземлением с низким сопротивлением.....	75
6.3.7	Чувствительная защита заземления.....	75
6.3.8	Функция нарушение заземления IDMT .....	77
6.4	Защита напряжения.....	79
6.4.1	Защита при сверхнапряжении .....	79
6.4.2	Защита при недостаточном напряжении .....	79
6.4.3	Защита при остаточном сверхнапряжении.....	80
6.5	Защита мотора.....	81
6.5.1	Термическая защита мотора.....	81
6.5.1.1	Установка временной постоянной .....	83
6.5.1.2	Установка температуры.....	83
6.5.1.3	Установка времени.....	85
6.5.1.4	Функциональная проверка.....	85
6.5.2	Защита при старте мотора .....	86
6.5.3	Блокирование ротора .....	87
6.5.4	Количество стартов.....	88
6.6	Дистанционная защита .....	88
6.6.1	Функция .....	88
6.6.2	Аналоговые вводы .....	89
6.6.3	Старт .....	90
6.6.4	Выбор фазы .....	92
6.6.5	Определение полного сопротивления .....	93
6.6.6	Направленная память.....	95
6.6.7	Логика выключения .....	96
6.6.8	Автопереключение .....	97
6.6.9	Схема сравнения сигнала .....	100
6.6.10	Переключение при стойких нарушениях.....	102
6.6.11	Переключение на аварийное определенное время сверхтока	103
6.6.12	Установление зоны полного сопротивления .....	103
6.7	Дифференциальная защита.....	105
6.7.1	Функционирование .....	105
6.7.2	Адаптация векторной группы .....	107
6.7.3	Характеристика выключения.....	109
6.7.4	Стабилизация внутреннего потока .....	110
6.8	Другие функции.....	110
6.8.1	Защита при несбалансированной нагрузке .....	110
6.8.2	Направленная защита мощности .....	111
6.8.3	Защита низкой нагрузки.....	111
6.8.4	Наблюдение за частотой.....	111
6.8.5	Проверка синхронности.....	112
6.9	Запись сбоев .....	113
6.10	Дополнительные функции .....	114
6.10.1	Функция автопереключения .....	114
6.10.2	Конфигурация.....	115
6.10.3	Автопереключения 1 попытка успешная.....	117

6.10.4	Автопереключение 1 попытка неуспешная.....	117
6.10.5	Автопереключение 2 попытки успешные .....	118
6.10.6	Автопереключение 2 попытки неуспешные .....	118
<b>7</b>	<b>Техобслуживание .....</b>	<b>119</b>
7.1	Повторное испытание (функциональное и защитное испытание).....	119
7.2	Проверка калибрации.....	119
<b>8</b>	<b>Долговечность отдельных компонентов .....</b>	<b>120</b>
8.1	Контакты силового реле.....	120
8.2	Электролитные конденсаторы.....	120
8.3	Жидкокристаллический экран.....	120
<b>9</b>	<b>Список защитных функций.....</b>	<b>121</b>
<b>10</b>	<b>Технические данные .....</b>	<b>125</b>
10.1	Каналы аналогового ввода .....	125
10.1.1	С трансформаторами тока и напряжения:.....	125
10.1.2	С датчиками тока и напряжения .....	125
10.2	Бинарные входы и выходы .....	125
10.2.1	С механическими реле .....	125
10.2.2	Со статическими выводами.....	126
10.3	Интерфейс.....	126
10.3.1	Блок управления человек-машина .....	126
10.3.2	Центральный блок:.....	126
10.4	Панель аналогового вывода (факультативная).....	126
10.5	Коммуникация (факультативная) .....	126
10.6	Источник питания.....	127
10.6.1	Центральный блок.....	127
10.6.2	Блок управления HMI.....	127
10.7	Диапазон температур .....	127
10.8	Степень защиты.....	127
10.8.1	Центральный блок.....	127
10.8.2	Блок управления HMI.....	127
<b>11</b>	<b>Типовые испытания.....</b>	<b>128</b>
11.1	Электромагнитная совместимость.....	128
11.2	Изоляция .....	128
11.3	Механическая устойчивость .....	128
11.4	Климатические условия .....	128
<b>12</b>	<b>Соединительная схема.....</b>	<b>129</b>
12.1	Соединительная плата.....	129
12.2	REF542 <i>plus</i> с механическим бинарным вводом/выводом .....	131
12.3	REF542 <i>plus</i> со сплошным бинарным вводом/выводом .....	134

## 1 Введение

Данная часть руководства по эксплуатации описывает функционирование, установку и обслуживание микропроцессорного оборудования защиты и управления REF542*plus*. Следующий раздел и его подразделы содержат информацию о:

- Элементы управления дистанционного взаимодействия человек-машина (HMI) в качестве локального блока управления
- Различные режимы работы HMI
- Возможности управления, доступные в различных режимах работы
- Различные описания защитных функций и их параметров в конфигурационной программе, а также на страницах, которые можно просмотреть на жидкокристаллическом экране (LCD)
- Проверки, которые должны регулярно проводиться на оборудовании REF542*plus*
- Схема технического обслуживания
- Долговечность отдельных компонентов оборудования REF542*plus*

## 2 Сокращения и определения

### 2.1 Сокращения

AR	( <b>A</b> uto <b>R</b> eclosure) Авто переключение
CT	( <b>C</b> urrent <b>T</b> ransformer) Трансформатор тока
DFT	( <b>D</b> iscrete <b>F</b> ourier <b>T</b> ransformation) Отдельное преобразование
FUPLA	( <b>F</b> unktionblock <b>P</b> rogramming <b>L</b> anguage) Язык Программирования Функционального Блока, эта аббревиатура также используется на схемах
HMI	( <b>H</b> uman <b>M</b> achine <b>I</b> nterface) Взаимодействие человек-машина как блок управления
LCD	( <b>L</b> iquid <b>C</b> rystal <b>D</b> isplay) Жидкокристаллический экран
LED	( <b>L</b> ight <b>E</b> mitting <b>D</b> iode) Светодиод
LAG	( <b>L</b> on <b>A</b> pplication <b>G</b> uide) Руководство по прикладной программе
MC	( <b>M</b> icro <b>C</b> ontroller) Микроконтроллер
RHMI	( <b>R</b> emote <b>H</b> uman <b>M</b> achine <b>I</b> nterface) Дистанционное Взаимодействие человек-машина, то же значение, что и HMI
VDEW	Ассоциация Немецких Коммунальных Предприятий

### 2.2 Определения

В начале каждого раздела, а также в тексте, помещены замечания и предупреждения об опасности. Они выделены другим шрифтом, чтобы отличать их от нормального текста.

Правила техники безопасности должны соблюдаться при любых обстоятельствах. В случае если они не были соблюдены, заявки на гарантийное обслуживание не будут приняты.

#### Примечание

Примечание обращает внимание на положения, имеющие большое значение в определенном контексте. Примечание может содержать информацию о взаимном соотношении различных компонентов программного обеспечения, и представлено в форме, как показано в нижеследующем примере.

Пример:

---

Примечание

Прочитайте, пожалуйста, полностью этот раздел о различных форматах примечаний по технике безопасности.

**Предупреждение об опасности 1-й уровень**

К 1-му уровню предупреждений об опасности относится информация о риске, касающемся подстанций и оборудования. Необходимо неукоснительно соблюдать эти требования, так как в обратном случае это может привести к сбоям и нарушениям. Ниже приведен пример:

---

**Осторожно**

**Не вносите никаких изменений в FUPLA если вы не осведомлены о REF542plus и о конфигурационном программном обеспечении**

**Предупреждение об опасности 1-й уровень**

2-й уровень предупреждений об опасности означает риск для жизни и здоровья. Эти требования необходимо соблюдать во избежание травм оператора или другого персонала.

Пример:

---

**Warning!**

**Никогда не пытайтесь снимать защитные покрытия с шин с применением силы.**



### 3 Блок управления НМІ

Следующие разделы содержат информацию о том, что необходимо знать оператору, чтобы работать с интерфейсом НМІ как с локальным блоком управления.

#### 3.1 Элементы управления

Блок управления НМІ, как показано на схеме 1, состоит из жидкокристаллического экрана (LCD) с подсветкой, восьми кнопок, нескольких светодиодов (LED) и электронного интерфейса с клавишами. При наличии, можно выбрать язык дисплея, который настраивается через соответствующее конфигурационное программное обеспечение, используемое также для определения схемы защиты и управления.

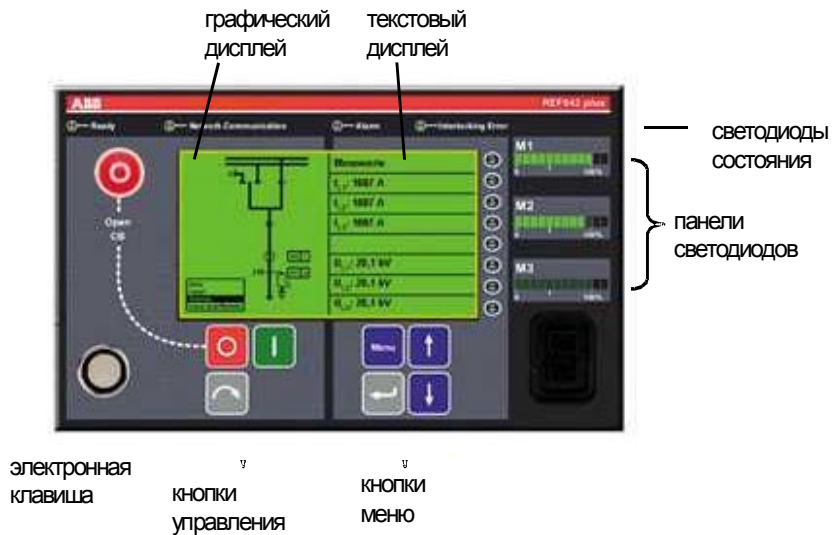


Схема 1: Вид блока управления НМІ

##### 3.1.1 Жидкокристаллический экран

Жидкокристаллический экран с подсветкой обеспечивает графическое изображение переключательных устройств, контролируемых REF542plus. Интенсивность и продолжительность освещения можно регулировать в соответствии с необходимостью. Однолинейная диаграмма показывает текущее состояние всех переключателей устройств. Правая сторона ЖК-экрана предназначена для текста: результатов измерений, описаний главного меню и подменю, сигналов защиты и записи событий.

На экране может изображено следующее:

- до 8 условных графических символов переключателей устройств (при использовании панелей ввода/вывода с механическими реле, можно контролировать максимум семь переключателей устройств)
- различные графические символы для моторов, трансформаторов, датчиков и измерительных преобразователей
- Отдельные строки – максимум 40

### 3.1.2 Светодиоды состояния

Состояние REF542*plus* обозначается с помощью четырех светодиодов. Различают следующие светодиоды:

#### 3.1.2.1 Рабочее состояние

На передней панели HMI рабочее состояние называется 'Ready' («Готов к работе») и обозначается зеленым светодиодом. Оборудование не действует если этот светодиод выключен, это может произойти, например, при загрузке конфигурации работы микропроцессорного оборудования либо при обнаружении нарушения в центральном блоке.

#### 3.1.2.2 Состояние связи

На передней панели HMI состояние связи называется "Network Communication" («Связь с сетью»). Если REF542*plus* будет подсоединено к стационарной автоматической системе, необходимо расширение с помощью соответствующей коммуникационной панели. В этом случае зеленый светодиод означает правильное рабочее состояние факультативной панели. Светодиод красного цвета появляется при возникновении нарушения связи.

#### 3.1.2.3 Индикация аварийных сигналов

Пользователь может сформулировать и заложить в конфигурацию несколько обязательных условий появления аварийных сигналов. При возникновении одного из этих условий будет загораться красный светодиод.

#### 3.1.2.4 Состояние блокировки

Светодиод горит зеленым светом, если не были нарушены условия блокировки. В случае, если при переключателе действии нарушаются условия блокировки, например переключение разъединителя при закрытом состоянии выключателя (Circuit Breaker -CB), цвет временно изменится на красный.

### 3.1.3 Индикация светодиодами

Восемь трехцветных светодиодов, которые можно запрограммировать по своему усмотрению, предназначены для локальной индикации. Количество вариантов изображения светодиодов может быть умножено в четыре раза, с помощью структуры меню. Таким образом, имеется в наличии 32 возможности индикации состояния относительно функций защиты, управления, наблюдения и контроля.

Каждый светодиод можно ассоциировать с составной частью оборудования REF542*plus*, например, бинарными вводами, или с событием, связанным с программным обеспечением, например, начало функции защиты. Это можно сделать с помощью инструментов конфигурации в схеме FUPLA. Пользователь может также запрограммировать последовательность знаков, которая будет ассоциироваться с каждым светодиодом и с каждым цветом, например, зеленый = I>> активное состояние; желтый = I>> запуск; красный = I>> выключение.

Светодиоды могут функционировать в двух режимах. В так называемом беззамочном режиме светодиод переключает свой цвет обратно, как только как

только прекращается состояние, например, вспомогательное напряжение опять восстановлено. В режиме с замком светодиод сохраняет тот же цвет, даже если состояние прекращается. В этом случае светодиоды можно перенастроить, зайдя на страницу настройки и выполнив необходимые действия. Настройка разрешена в любом режиме работы HMI.

### 3.1.4 Оптический интерфейс для локального ПК

Оптический соединитель для связи с локальным персональным компьютером (ПК), обычно с блокнотным компьютером с программным обеспечением Window NT®, для пересылки с/на него конфигурационного файла. С задней стороны HMI оптический интерфейс изменен на электрический в соответствии с требованиями RS 485 для соединения с центральным блоком с помощью соединения с парой защищенных завитых проводов. Максимальная длина проводов должна быть меньше 100 м.

### 3.1.5 Кнопки управления

Кнопки управления используются для обеспечения работы переключающих устройств во время локального контроля. Всего в распоряжении имеются восемь кнопок

#### 3.1.5.1 Меню и навигационные кнопки

Навигационный участок с тремя кнопками для просмотра меню



Кнопка меню, далее в тексте обозначена < **Меню** > ,



Кнопка направления вверх, далее в тексте обозначена < ↑ > ,



Кнопка направления вниз, далее в тексте обозначена < ↓ >



Кнопка ввода, далее в тексте обозначена < <- > обеспечивает ввод выбранного подменю.

#### 3.1.5.2 Кнопки команд

Кнопки команд для локального функционирования переключающих устройств:



Выключить, далее в тексте < **○** >



Включить, далее в тексте < **I** >



Выбрать переключающее устройство, далее < **↘** > и



Авария, кнопка находится в верхнем левом углу. Необходимое действие можно запрограммировать в FUPLA, например, чтобы она нажималась вместе с кнопкой выключения.

### 3.1.6 Панели светодиодов для измерений

В передней части блока управления HMI находятся три панели программируемых светодиодов. Номинальные значения каждой и панелей, состоящей из 10 зеленых светодиодов, задаются с помощью конфигурационного программного обеспечения. В случае, если измеренные величины превышают номинальные, красные светодиоды зафиксируют ситуацию избыточной нагрузки.

Даже если значения измерений показаны на ЖК-экране, три панели светодиодов удобны для быстрой проверки ситуации с нагрузкой фидера. Три панели обозначены соответственно M1, M2, M3 и конфигурируются пользователем. Каждая панель может быть сопоставлена с одним из измерений в следующей таблице:

**Таблица 1:** Измеряемые величины, относящиеся к панелям светодиодов

Измеряемые величины	Название	Ед. измер.
Фазный ток	I	A
Остаточный ток	IE	A
Фазное напряжение	ULE	кВ
Линейное напряжение	ULL	кВ
Остаточное напряжение	UNE	кВ
Активная мощность	P	кВт
Реактивная мощность	Q	кВАр
Кажущаяся мощность	S	кВт

Обозначение панели (M1, M2, M3) появляется на однолинейной схеме рядом с точкой измерения, за которой следует название и единица измерения соответствующей величины. Каждая панель состоит из двенадцати светодиодов. Десять зеленых светодиодов обычно предназначены для индикации от 0 до 100% номинального значения запрограммированной величины измерения. При обозначении 100% номинального значения каждый светодиод соответствует 10% номинального значения. Два красных светодиода, в таком случае, обозначают превышение номинального значения на 20%.

### 3.1.7 Электронные переключатели

Имеются в распоряжении два различных электронных переключателя. Как показано на схеме 1 блока управления HMI, одна из клавиш может использоваться только для определения параметров защитной схемы. Другая клавиша предназначена для выбора режимов управления, которые можно выключить или задать один из трех других режимов: режим локального, дистанционного или локально-дистанционного управления. Используя эти два переключателя, можно достичь определенного разделения операций защиты и управления. При необходимости может быть обеспечен переключатель, позволяющий доступ к обоим видам. Датчик, распознающий, какой из электронных переключателей использован, размещен на передней панели блока управления HMI.

## 3.2 Меню ЖК-экрана

В нормальных рабочих условиях оборудования REF542*plus* стандартная страница меню будет изображена в правой стороне экрана. Стандартная страница может быть задана пользователем. Рекомендуется использовать в качестве стандартной либо страницу с измерениям, либо страницу аварийных сигналов. Для доступа к странице с меню необходимо нажать кнопку **< Menu >** показано на следующей схеме.

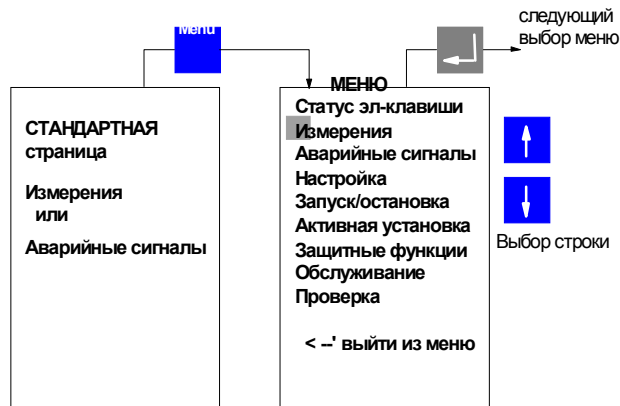


Схема 2: Перемещение к странице меню

Перемещение между страницами меню с помощью кнопок ВВЕРХ  $\langle \uparrow \rangle$  И ВНИЗ  $\langle \downarrow \rangle$  на экране описано в следующих параграфах:

### 3.2.1 Состояние электронного ключа

При использовании двух возможных электронных ключей, ключа управления или ключа защиты, допускаются команды измерения режима. Это действие может быть осуществлено, выделив курсором соответствующую строку на странице, а затем нажав кнопку ВВОД  $\langle \leftarrow \rangle$ . Используя неправильную клавишу, произойдет нежелательное действие, например, измерение режимов управления или настройка защиты.

При работе с блоком управления НМІ возможны шесть режимов. Четыре из них служат для обозначения функций управления, и два – для обозначения функций защиты. Для установления необходимого режима, нужно использовать правильный ключ.

### 3.2.1.1 Изменение режимов управления

На следующей схеме показано перемещение между всеми четырьмя режимами управления. Сначала необходимо выбрать страницу меню эл-ключ. Затем, используя ключ управления и нажав на кнопку ВВОД <-> можно будет выбрать изменение режима управления с помощью соответствующих кнопок ВВЕРХ <↑> и вниз <↓>. Выбранный режим необходимо подтвердить нажатием кнопки ВВОД <->. Одновременно изобразится опять страница меню о статусе эл-ключа. После этого нажатием кнопки <Menu> на экране появится страница меню.

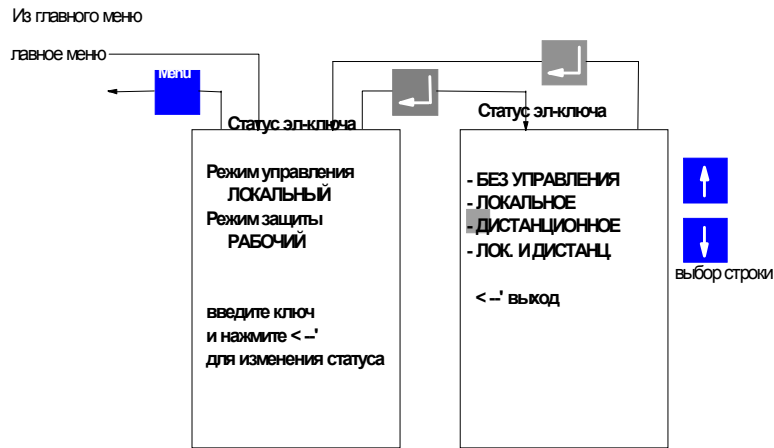


Схема 3: Изменение режима управления с использованием ключа управления

Возможны следующие режимы управления:

#### Локальное управление:

Возможно контролировать выключатель и другие переключающие устройства с передней панели блока управления НМІ с помощью командных кнопок. Операции включения и выключения осуществляются только если это позволяет схема блокировки. Дистанционное управление с системы автоматизированной станции заблокировано. Допускается пересылка конфигурационного файла через оптический интерфейс.

#### Дистанционное управление

В этом режиме управления работа выключателя и других переключающих устройств может осуществляться только дистанционно через межпроцессорную шину системы автоматизированной станции. Локальное управление заблокировано. Но допускается пересылка конфигурационного файла через оптический интерфейс.

#### Без управления

Управление выключателем и другими переключающими устройствами невозможно ни с помощью локального, ни дистанционного управления. В этом случае невозможна пересылка конфигурационного файла ни дистанционно с системы автоматизированной станции, ни локально с ПК.

### Локальное и дистанционное управление (специальный режим)

Локальное управление первичными объектами возможно всегда. Дистанционное управление переключающих устройств допускается только в случае, если активирован бинарный ввод в REF542plus. Пересылка конфигурационного файла и настройка контрольных параметров заблокированы. Этот режим по сути является режимом «дистанционного управления» с дополнительной возможностью локального управления первичными объектами.

#### Примечание

При выборе этого режима необходимо убедиться, что соблюдены все условия работы и персонал сетевого центра управления осведомлен о выборе этого режима.

#### 3.2.1.2 Изменение режимов защиты

На следующей схеме показана возможность изменения режима защиты. Используя ключ защиты, возможно ввести режим защиты, чтобы изменить настройку.

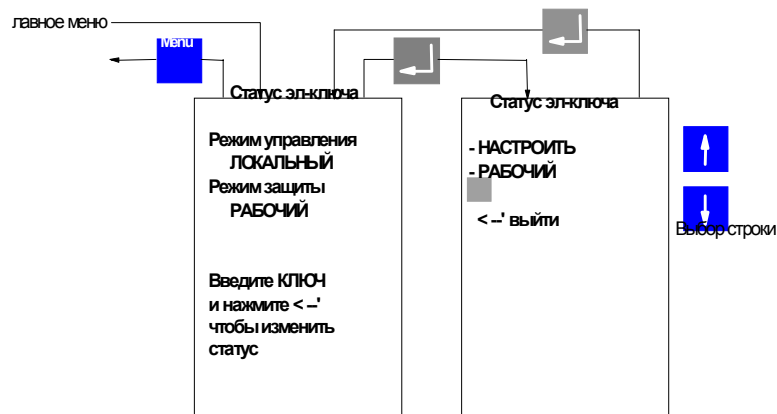


Схема 4: Изменение режима управления с использованием ключа защиты

Возможны следующие режимы защиты:

#### Рабочая защита

В данном рабочем режиме защитные функции находятся в действии. Локальное изменение параметров настройки заблокировано. Возможно изменение параметров через систему автоматической станции.

#### Установка защиты

Этот режим дает возможность локальной настройки параметров защиты с передней панели блока управления HMI с помощью соответствующих кнопок ВВЕРХ <↑> или вниз DOWN <↓>.



### 3.2.2 Страница измерений

На этой странице меню значения измерений изображены как первичные величины. В зависимости от количества измерений, конфигурированных в REF542plus, изображается одна или несколько страниц. Обновление изображения измерений длится 1сек.

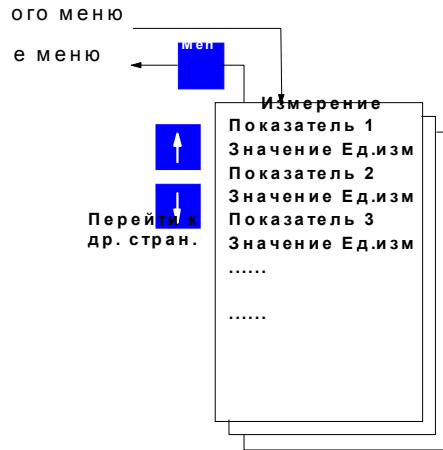


Схема 5: Изображение страницы измерений

### 3.2.3 Страница защитных предупредительных сигналов

В данном меню изображены последовательности знаков, сопоставляемых с трехцветными полностью конфигурируемыми светодиодами – красным, зеленым и янтарным. Выключенное состояние светодиода также определено как цвет. Для передачи аварийных сигналов предусмотрено максимальное количество страниц. На одной странице может быть не более 8 предупредительных сигналов. Если предупредительные сигналы запрограммированы в режиме замка, их можно перенастроить, зайдя в так называемое «Меню настройки». Каждый из цветных светодиодов ассоциируется с последовательностью, которую можно задать в FUPLA, используя конфигурационное программное обеспечение. Для смены страницы можно использовать соответствующие кнопки ВВЕРХ < ↑ > и ВНИЗ < ↓ >.

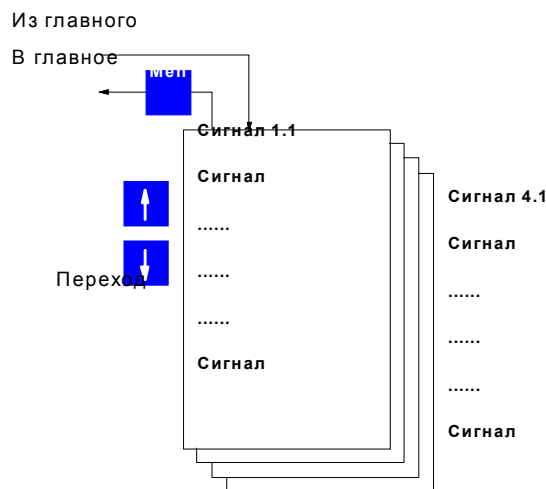


Схема 6: Изображение страницы предупредительных сигналов

### 3.2.4 Страница настройки

На этой странице находятся возможные действия по переустановке. Изменение какого-либо из положений возможно только если блок управления НМІ находится в режиме настройки. Например, переустановка записи нарушений разрешена только в ЗАЩИТНОМ РЕЖИМЕ НАСТРОЙКИ. Если соответствующий режим не активирован, действие переустановки будет отвергнуто, как показано на схеме 7.

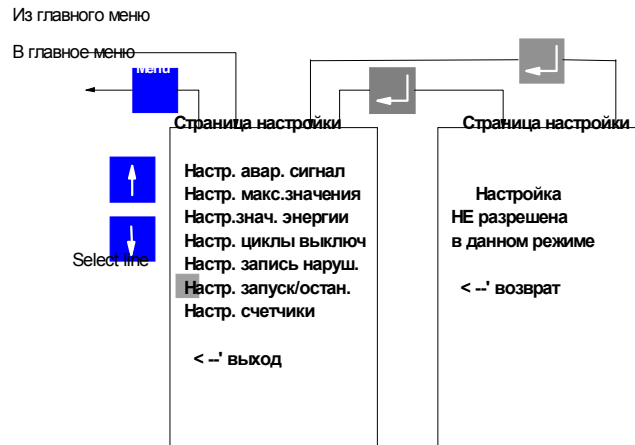


Схема 7: Настройка в неподходящем режиме управления

Одновременно разрешается провести только одну переустановку. Это действие можно произвести, выделив соответствующую строку на странице настройки с помощью кнопок ВВЕРХ <↑> и ВНИЗ <↓>, а затем нажав кнопку ВВОД <←>.

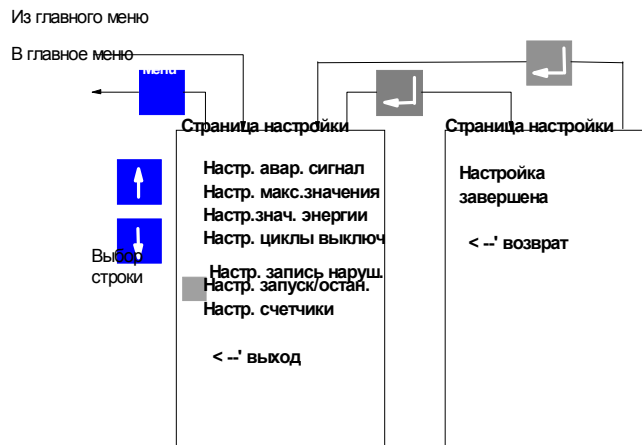


Схема 8: Настройка в правильном режиме управления

### 3.2.5 Страница регистрации стартов/остановок

На этой странице регистрируются до 50 событий старта/остановки. Страница изображается на весь экран. Соответственно, во время изображения этой страницы однолинейная схема не появляется. На одной странице можно изобразить не более семи событий. Список составлен в последовательности в соответствии со временем возникновения события. Список можно удалить, используя подменю «Настроить страницы стартов/остановок» на «Странице настройки».

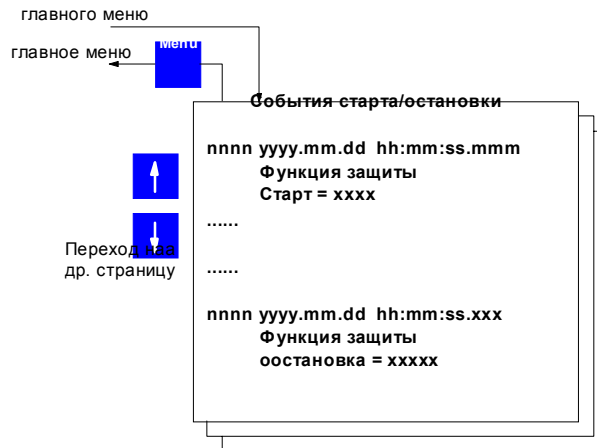


Схема 9: Изображение событий после защитного действия

### 3.2.6 Страница активной установки

На этой странице можно просмотреть и изменить активные параметры защиты. Всего имеется два набора параметров для каждой защитной функции. Для того, чтобы провести изменение параметра, необходимо сначала выбрать соответствующий режим управления на блоке управления. Если режим управления установлен неправильно, изменения не могут быть произведены. На следующей схеме показана попытка изменить установку параметров в неправильном режиме.

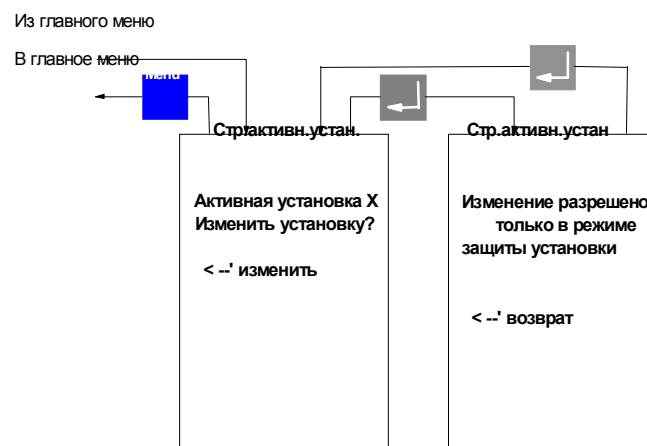


Схема 10: Изменение установки параметров в неправильном режиме управления

В правильном режиме управления изменение будет возможным. На следующей схеме показан диалог для изменения активной установки параметров всех имеющихся в распоряжении защитных функций.

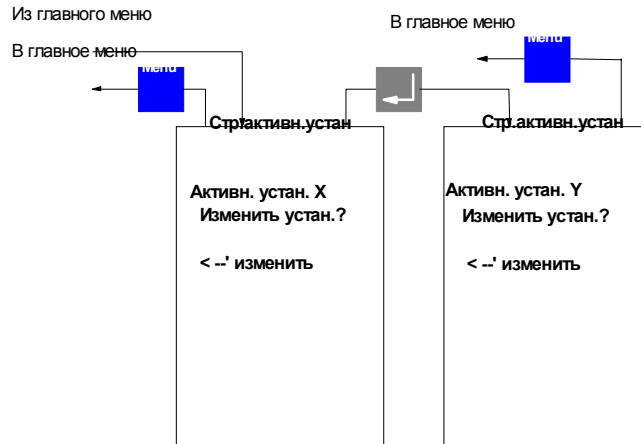


Схема 11: Изменение параметров защиты в правильном режиме управления

### 3.2.7 Страница защитных функций

На этой странице можно увидеть список внедренных функций защиты.

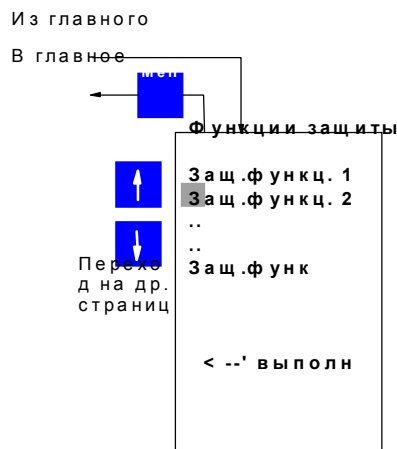
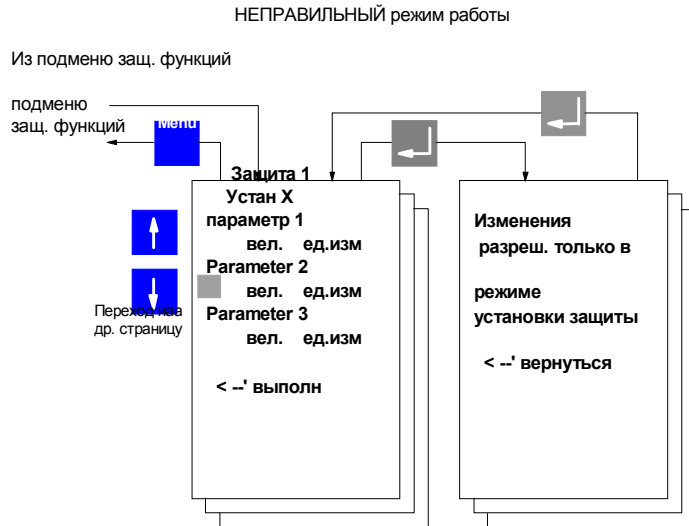


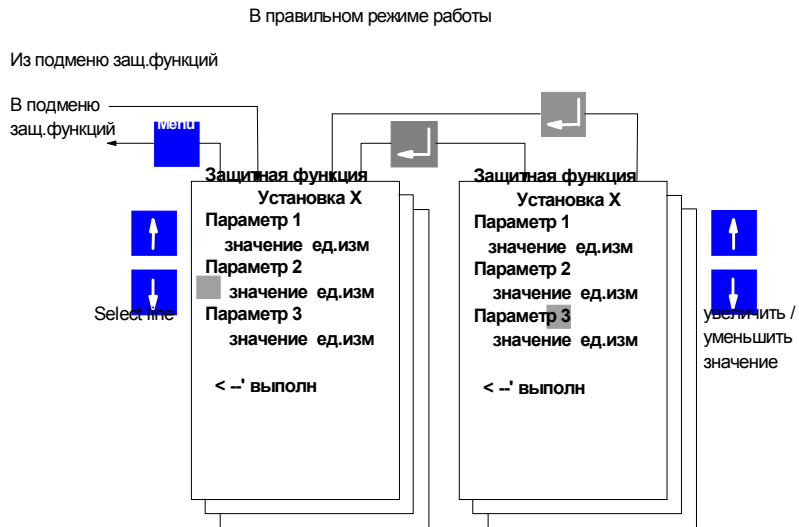
Схема 12: Список внедренных функций защиты на ЖК-экране

У каждой защитной функции есть параметры, которые могут быть изображены при выборе функции защиты, которую предполагается использовать, с помощью кнопок ВВЕРХ <↑> ВНИЗ <↓> и ВВОД < <- ' > . После этого будет изображена установка каждой функции защиты, на одной или более страницах. Данные параметры можно локально изменить с блока управления НМІ. Для этого необходимо выбрать соответствующий режим. В неправильном режиме такие действия не будут возможны, как показано на следующей схеме.



**Схема 13:** Изменение параметров защиты в неправильном режиме управления

При изменении параметров для перемещения к выбранным функциям защиты используйте кнопки ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓>. После нажатия кнопки ВВОД <←> значение параметра можно увеличить или уменьшить, пользуясь опять кнопками ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓>.



**Схема 14:** Изменение параметров выбранной защитной функции

Если параметр был изменен в правильном режиме управления блока управления НМІ и окно установки закрыто, появится сообщение, подтверждающее или отвергающее изменения, как показано на следующей схеме.

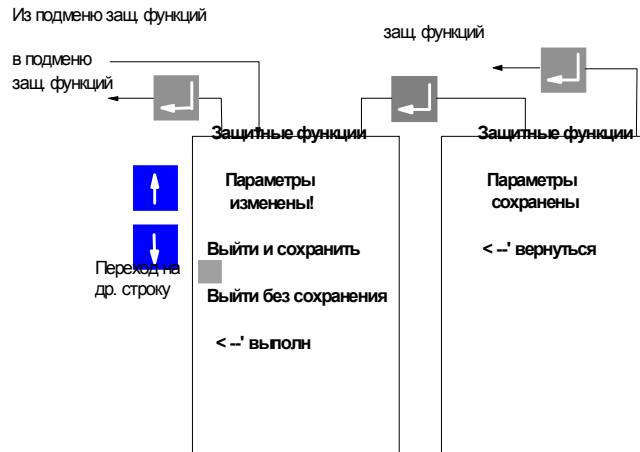


Схема 15: Подтверждение изменения параметров защитных функций

Если новый параметр будет сохранен, нужно закрыть страницу, пользуясь подменю «Выйти и сохранить». После этого сохранение параметра будет подтверждено. на кнопку ВВОД < <-' > будет опять изображено меню «защитные функции», как в исходном положении.

### 3.2.8 Страница обслуживания

Страница обслуживания состоит из нескольких подстраниц. Доступ к страницам второго уровня разрешен только в определенном режиме. Выбор осуществляется путем выделения соответствующей строки на странице с помощью кнопок ВВЕРХ <↑>, ВНИЗ <↓> и ВВОД < <-' > .



Схема 16: Меню страницы обслуживания

Страница обслуживания состоит из следующих подменю:

### 3.2.8.1 Статистика

На этой странице можно увидеть некоторые константы и циклы FUPLA.

Из подменю обслуж.



Схема 17: Изображение подменю статистики

### 3.2.8.2 Версии

Эта страница предназначена для изображения версий встроенных программ микроконтроллера (MC), процессора цифровых сигналов (DSP) и другой информации.

Из подменю обслуж.



Схема 18: Изображение подменю версий

### 3.2.8.3 Адрес коммуникации

На ЖК-экране изображается адрес коммуникации оборудования REF542plus .

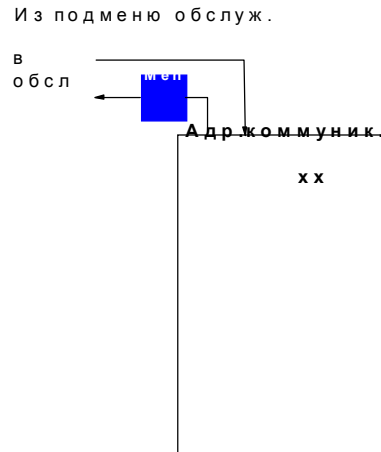


Схема 19: Изображение адреса коммуникации

### 3.2.8.4 Контрастность ЖК-экрана

Посредством этой страницы можно изменить контрастность ЖК-экрана как показано на следующей схеме.

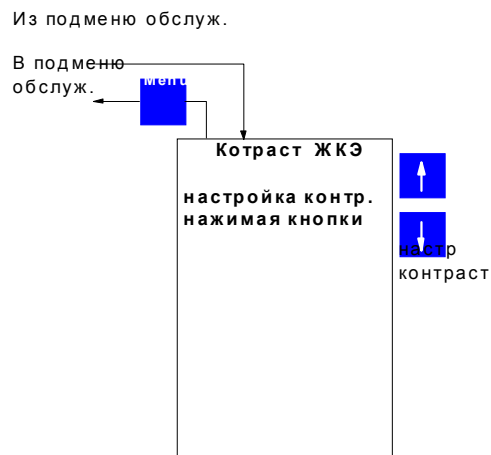


Схема 20: Меню для настройки контраста ЖК-экрана



### 3.2.8.5 Внутреннее время микроконтроллера (машинное время)

На данной странице изображено актуальное время микроконтроллера МС. Время можно отредактировать с помощью кнопок ВВЕРХ < ↑ >, ВНИЗ < ↓ > и ВВОД < ← >.

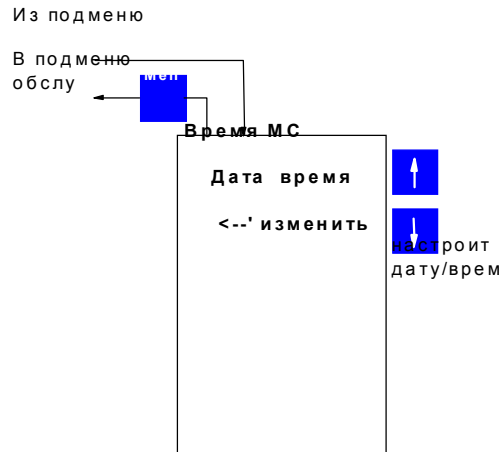


Схема 21: Меню для настройки внутренних часов REF542plus

### 3.2.8.6 Направление потока нагрузки

На этой странице изображено направление потока нагрузки в соответствии с определением направления в функциях защиты. Направление потока нагрузки основано на существующих токе и напряжении, используя на месте соединения трансформаторных датчиков тока и напряжения.



Схема 22: Изображение направления потока нагрузки

### 3.2.8.7 Режим автоматического переключения

На этой странице можно включить и выключить режим автоматического переключения

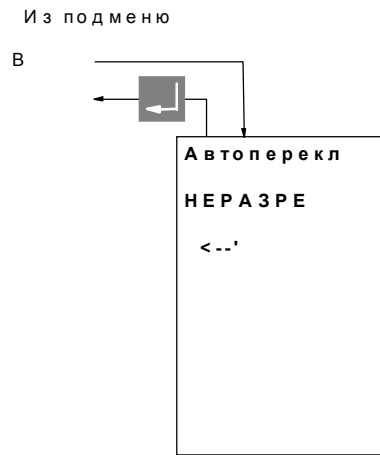


Схема 23: Управление режимом автопереключения

### 3.2.8.8 Панель IEC 60870-5-103

В этом меню может быть изображена установка панели линий передачи данных с использованием протоколов стандарта IEC 60870-5-103. В оборудовании REF542*plus* стандартный протокол дополнен некоторыми командными функциями в соответствии с руководством VDEW (Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke = Ассоциация Немецких Коммунальных Предприятий). На следующей схеме показано соответствующее меню экрана.

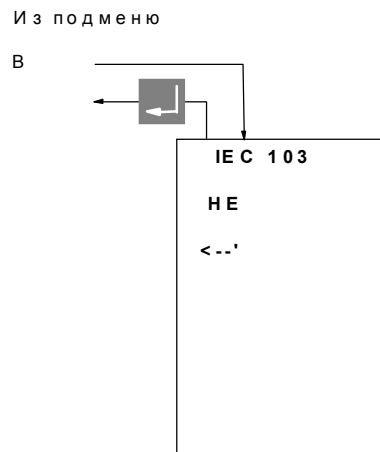


Схема 24: Меню экрана для протоколов линий передачи данных в соответствии со стандартом IEC 60870-5-103.

В случае если панель линии передачи данных установлена, можно выбрать следующее подменю:

### Блокирование контроля направления

Если на экране выбрано подменю Блокирования контроля направления, как показано на следующей схеме, передача всей информации, например значений измерений, от REF542plus к системе автоматизированной станции будет заблокирована.



**Схема 25:** Выбор подменю Блокирования контроля направления

После выбора подменю Блокирования контроля направления будет изображена страница статуса контроля направления. При желании можно изменить статус.



**Схема 26:** Изменение статуса блокирования контроля направления

### Режим тестирования

При тестировании функции передачи необходимо выбрать режим тестирования панели связи. При применении этого режима вся информация, посылаемая от REF542plus к системе автоматизированной станции, предусматривает соответствующий «режим тестирования» передачи. На следующей схеме можно увидеть изменение статуса режима тестирования.

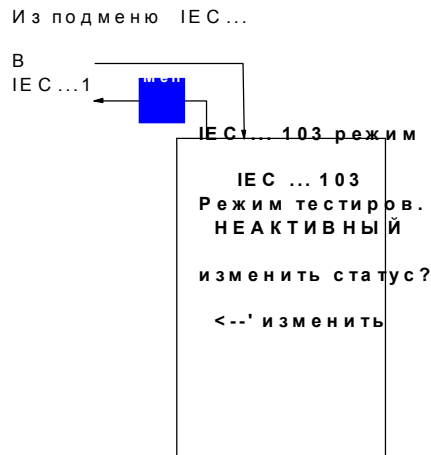


Схема 27: Изменение статуса режима тестирования

### 3.2.9 Страница тестирования

На этой странице изображены следующие возможности тестирования:

- Тестирование RHM I
- Тестирование первичных объектов

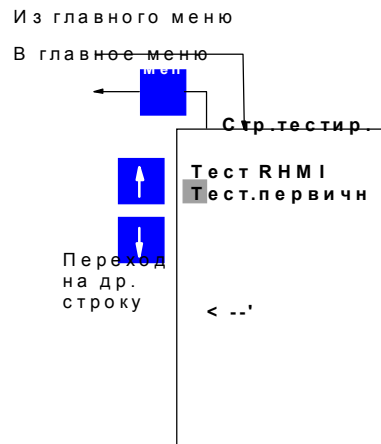


Схема 28: Изображение страницы тестирования

Эта страницы меню изображает несколько подстраниц. Доступ к подстраницам разрешен только в соответствующем режиме. Выбор можно произвести с путем выделения соответствующей строки на странице с помощью кнопок ВВЕРХ <↑>, ВНИЗ <↓> а затем ВВОД < <- ' > .

### 3.2.9.1 Тестирование блока управления НМІ

На этой странице изображено сообщение, указывающее, какую кнопку необходимо нажать для того, чтобы начать тестирование блока управления НМІ. Тестированием включаются и выключаются все существующие светодиоды во всех возможных цветах, заполняется буквами все пространство ЖК-экрана и, наконец, происходит автоматическое возвращение на страницу тестирования НМІ. Во время тестирования модуль НМІ бездействует. Это означает, что:

- кнопки не действуют
- светодиоды и ЖК-экран не изображают актуальную информацию

Но все защитные функции, заложенные в FUPLA, являются активными во время этой процедуры тестирования.

### 3.2.9.2 Тестирование первичных переключающих устройств

В этом режиме изображается возможность тестирования первичных переключающих устройств. Но все взаимные блокировки, определенные в FUPLA дезактивированы.

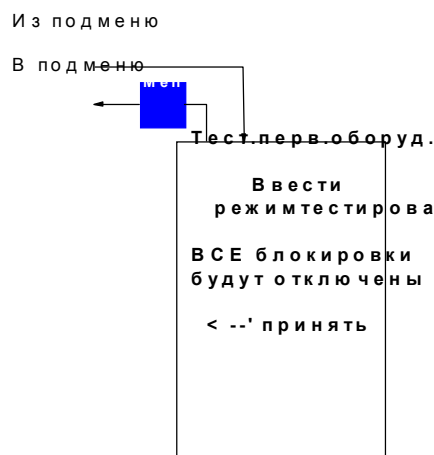
#### Осторожно

**В режиме тестирования взаимная блокировка переключающих устройств выведена из действия.**

Клавиши ВКЛЮЧИТЬ <O>, ВЫКЛЮЧИТЬ <I> и ВЫБРАТЬ <↵> могут быть использованы для осуществления тестирования. При окончании тестирования изображается страница с соответствующим предупреждением и подтверждением:

#### Предупреждение!

**Все первичное оборудование должно находиться в правильном положении перед возвратом к нормальной работе.**



**Схема 29:** Меню тестирования переключающих устройств

### 3.3 Вид на однолинейной диаграмме

Этот вид изображается в левой части дисплея. На некоторых страницах для этого необходим целый дисплей. В таком случае однолинейная диаграмма не видна. Благодаря относительно короткому времени обновления статус переключающих устройств изображается сразу после осуществления переключающего действия.

### 3.4 Взаимодействие с локальным ПК

Интерфейс HMI может быть связан с персональным компьютером через двухточечный серийный канал связи. Соединитель оптический и установлен на передней панели HMI. Используя данный интерфейс, можно загрузить или перегрузить конфигурационный файл с местного ПК, который выполняет роль ведущего узла для средств конфигурации, на центральный блок REF542*plus*. Кроме того, события защиты и функционирования, а также значения измеренных величин, сохраненные в REF542*plus*. Например, содержание страниц включения/выключения, функционирования и измерений, может быть перенесено с локального ПК с целью контроля. Во время фазы загрузки интерфейс HMI действует как шлюз, направляющий данные с или на центральный блок REF542*plus*.

Оптический соединитель в передней части интерфейса HMI является стандартным типом, производимым АББ, к нему необходим специальный кабель для соединения с ПК. Таким образом, ПК может быть изолировано от REF 542 plus. Максимальная скорость передачи данных в настоящее время составляет 9.6 кбит/сек. В следующем выпуске скорость передачи данных будет увеличена.

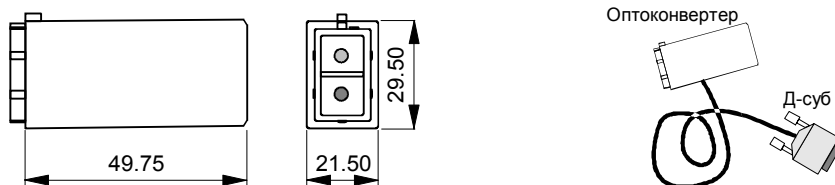


Схема 30: Физический интерфейс между HMI и местным ПК

### 3.5 Сопряжение HMI с центральным процессором

Физическое сопряжение HMI с центральным блоком REF542*plus* осуществляется через стандартный соединитель RS485 с максимальной скоростью до 38400 бит/сек. Максимальная длина кабеля должна быть менее 100 м.

## 4 Функционирование

Всего существует 6 режимов работы блока управления HMI на месте. Четыре из них используются для определения функций управления и две - для определения функций защиты. Как упоминалось выше, есть следующие режимы управления:

- **Без управления:**  
Все действия управления с передней панели блока управления HMI заблокированы
- **Локальное управление**  
Действия управления переключающими устройствами разрешены. При этом переключающие устройства взаимно блокируются как определено в конфигурации управления.
- **Дистанционное управление**  
В данном режиме не разрешено локальное управление переключающих устройств. Управление переключающими устройствами может осуществляться только дистанционно через SCADA или систему автоматизированной станции.
- **Локальное и дистанционное управление**  
В этом особом режиме возможны как дистанционное, так и локальное управление.

Режимы работы для защитных функций:

- **Установка**  
Обычно этот режим используется для установки параметров защиты. Изменение действующего набора параметров и настройка защитных функций возможно только в этом режиме. Многие защитные функции и их параметры помечены по-разному в программном обеспечении конфигурации и на некоторых страницах ЖК-экрана. Различия будут показаны позже в разделе "Названия параметров".
- **Функциональный**  
В этом режиме невозможна установка защитных функций. Параметризация защитных функций возможна только с помощью системы автоматизированной станции.

### 4.1 Функции режима защиты

В следующей таблице приведен общий обзор функций в режиме защиты.

Таблица 2:

Режим работы ----- Функциональность	Установка защиты	Действие защиты
Локальное редактирование параметров настройки защиты	Да	Нет
Дистанцион. редактирование параметров настройки защиты	Нет	Да

## 4.2 Функции в режиме защиты

Блок управления НМІ может использоваться для локального управления переключающими устройствами. В следующей таблице приведен общий обзор функциональности в зависимости от выбранного режима управления. в этом случае статус кнопок защиты не влияет на функционирование защиты и наблюдения.

Режим работы ----- Функциональность	Без управл.	Локал. управл.	Дистан. управл.	Л и Д управл.
Локальное управление переключ. устройствами	Нет	Да	Нет	Да
Дистанционное управление переключ. устройствами	Нет	Нет	Да	Да
Загрузка конфигурационного приложения	Нет	Да	Да	Да
Контроль FUPLA	Нет	Да	Да	Да
Экспортирование записи сбоев	Нет	Да	Да	Да

В следующих главах будет описано функционирование блока управления НМІ в режиме управления.

### 4.2.1 Выбор и активация переключающих устройств

Переключающее устройство, показанное на однолинейной диаграмме, можно выбрать и включить прямо с блока управления REF542*plus*. Если нарушены условия взаимной блокировки, включение не будет возможным. В таком случае загорится красный светодиод состояния взаимной блокировки.

Нажмите кнопку <↘> один или несколько раз пока не будет выбрано нужное переключающее устройство. Выбранное переключающее устройство будет каждый раз изображаться инвентированным. В конфигурационном программном обеспечении можно задать, какое переключающее устройство и какое распределительное устройство будут выбраны с первым нажатием клавиши.

Нажмите кнопки <O> или <I> для включения или выключения выбранного переключающего устройства.

Если активирован двойной привод, две переключающие команды могут быть осуществлены последовательно с определенным промежутком с выбранным переключающим устройством. В противном случае переключающее устройство нужно выбирать перед каждой командой переключения.

### 4.2.2 Пересылка конфигурации из ПК на REF542*plus*

Данную функцию можно выбрать в конфигурационном программном обеспечении и она является независимой от статуса электронной кнопки



**Предупреждение!**

Старайтесь избегать загрузки приложения на REF542*plus* при работающем оборудовании. Микропроцессорное оборудование защиты и управления не функционирует во время загрузки приложения с ПК на REF542*plus*.

## Примечание

Если на ПК есть несколько серийных интерфейсов, убедитесь, в конфигурационном программном обеспечении использована одна установка.

- Подсоедините оптический кабель с интерфейсом RS232 на одном конце к ПК и оптический интерфейс к HMI оборудования REF542*plus*.
- Откройте приложение, которое необходимо переслать.

## Примечание

Если горит светодиод аварийного состояния, приложение нельзя успешно экспортировать с ПК на REF542*plus*.

- Выберите соответствующее положение меню.
- Автоматически будет опять запущена процедура тестирования. Если будет найдена какая-либо ошибка, приложение нельзя экспортировать.
- Уберите оптический кабель после завершения загрузки.

При пересылке приложения в конфигурационном программном обеспечении появляются сообщения о статусе. Даются показания о том, какая часть конфигурационных данных пересылается. Сообщение о получении данных также изображается на дисплее оборудования REF542*plus*. Во время пересылки приложения светодиод состояния Готовности на блоке управления REF542*plus* отключен. Это свидетельствует о том, что оборудование REF542*plus* отключено. После завершения пересылки в конфигурационном программном обеспечении появляется сообщение об окончании. После этого оборудование REF542*plus* запускается с новым приложением. На дисплее появляется однолинейная диаграмма и зеленый светодиод состояния готовности загорается вновь.

После создания нового приложения и его загрузки в REF542*plus* необходимо проконтролировать циклическое время. Значение можно найти в меню страницы обслуживания, подменю статистики, о котором будет говориться далее в данном руководстве.

**Предупреждение!**

Циклическое время приложения должно быть меньше 30 мсек для обеспечения нормального функционирования оборудования REF542*plus*.

#### 4.2.3 Пересылка конфигурации с REF542*plus* на ПК

Эту функцию можно выбрать в конфигурационном программном обеспечении и она независима от статуса электронной клавиши.

**Предупреждение!**

Работа REF542*plus* не прерывается во время пересылки приложения с REF542*plus* на ПК. Тем не менее, локальное управление в это время недоступно.

## Примечание

Если на ПК есть несколько серийных интерфейсов, убедитесь, что конфигурационном программном обеспечении используется одна установка.

- Подсоедините кабель оптического интерфейса к REF542*plus* и серийный интерфейс RS232 к ПК.
- Запустите конфигурационное программное обеспечение
- Выберите соответствующее положение меню.
- Уберите оптический кабель после завершения загрузки.

При пересылке приложения в конфигурационном программном обеспечении появляются сообщения о статусе. Даются показания о том, какая часть конфигурационных данных пересылается. Сообщение о посланных данных также изображается на дисплее. После завершения пересылки в конфигурационном программном обеспечении появляется сообщение. Если необходимо, приложение можно просмотреть и вновь отредактировать.

#### 4.2.4 Контроль FUPLA и изображение значений измерений

При необходимости в FUPLA можно следить за статусом бинарных входов и выходов, а также проводки. Сначала необходимо установить связь между REF542*plus* и ПК, как при загрузке конфигурации. Выбрав соответствующее положение меню в конфигурационном программном обеспечении, в FUPLA можно просмотреть логический статус проводки. Кроме того, при выборе соответствующего положения меню в конфигурационном программном обеспечении на ПК могут быть изображены все доступные значения измерений.

#### 4.2.5 Локальный экспорт записи сбоев (при соотв. конфигурации)

Эту функцию можно выбрать в конфигурационном программном обеспечении и она не зависит от состояния электронной клавиши. Если в приложении задана функция записи сбоев, эти данные можно экспортировать из REF542*plus*. Конфигурационно программное обеспечение конвертирует первичные данные в формат COMTRADE. Хронику сбоев можно просмотреть, используя, например, программы ABB WINEVE®. Данные о сбоях можно также пересылать на автоматизированную станцию через шину, например LON® согласно руководству LAG 1.4.

- Подсоедините REF542*plus* к ПК, используя соответствующий кабель, имеющий RS232 и оптический интерфейс.
- Запустите конфигурационное программное обеспечение.
- Выберите соответствующее положение меню. Если REF542*plus* не зарегистрировал сбоев, в конфигурационной программе появится соответствующее сообщение.

Если зарегистрирован сбой, появится следующее диалоговое окно:

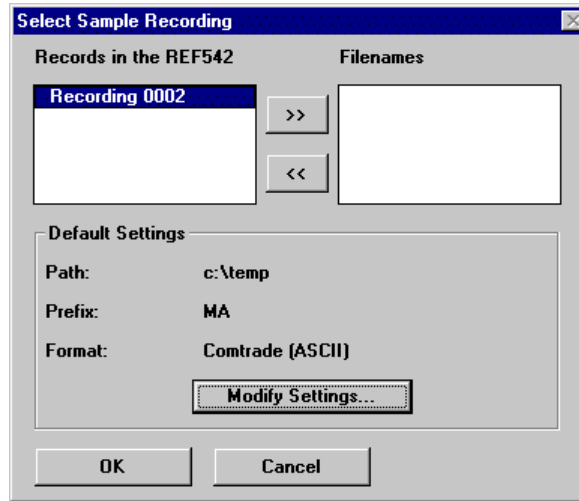


Схема 31: Пример диалогового окна для экспортирования записи о сбое

Записи о сбоях, хранящиеся в REF542plus показаны в боковой части окна. Последним изображается запись с наибольшим порядковым номером. По умолчанию в окне показано название файла с записями о сбоях, который можно загрузить.

- Проверьте установочные параметры для сохранения записей о сбоях на ПЕ в информационном поле Default Settings (установочные параметры по умолчанию).

Path (Путь) показывает место сохранения записей о сбоях.

Prefix (Префикс) это комбинация букв перед четырехзначным номером в названии файла записи о сбое.

Format (Формат) показывает формат, в который будет переведена информация о сбоях с REF542plus.

Прочитайте, пожалуйста, информацию в следующем разделе об изменении установочных параметров по умолчанию.
- Выделите запись курсором и нажмите на кнопку >>. В правой части окна появится название, под которым запись будет сохранена на ПК. На месте перемещенной записи о сбоях в левой части окна появятся знаки >>>.

Повторите операцию с другими записями о сбоях, если их также необходимо сохранить.

Придерживая клавишу Shift на клавиатуре во время выделения записей о сбоях, можно одновременно выделить несколько записей и затем переместить их вместе в правую часть окна с помощью кнопки >>.

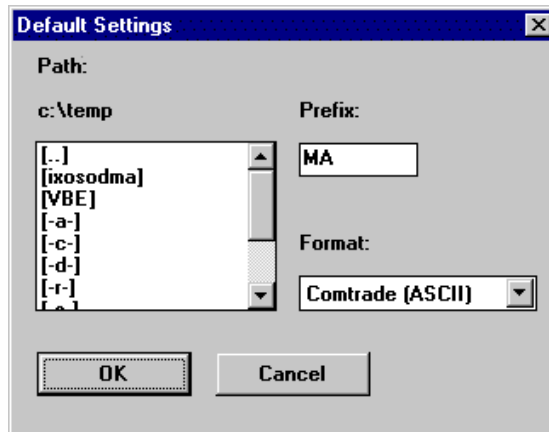
Кнопка << удаляет выделенные записи о сбоях из списка зарегистрированных сбоев, предназначенных к загрузке.
- Нажмите на кнопку OK, чтобы экспортировать выделенные записи о сбоях в соответствии с параметрами по умолчанию REF542plus. Диалоговое окно закроется и пользователь вернется в главное меню конфигурационной программы.

Кнопка Cancel (Отмена) останавливает экспортирование записей о сбоях на ПК. Изменения к параметрам по умолчанию не сохраняются. Диалоговое окно закрывается и пользователь возвращается в главное меню конфигурационной программы.

Во время экспортирования данных из в конфигурационной программе появляются сообщения о статусе.

### Изменение установочных параметров по умолчанию

- Нажмите кнопку **Modify Settings** (Изменение установочных параметров) чтобы начать конфигурационный диалог для изменения записей. Появится следующее диалоговое окно:



**Схема 32:** Пример диалогового окна для установки параметров по умолчанию для регистрации сбоев.

Окно со списком, в котором указан путь, позволяет выбрать ячейку памяти для записей о сбоях. Чтобы произвести выбор, дважды нажмите на ячейку памяти правой кнопкой мыши. После этого можно постепенно двигаться по дереву директория.

Поле ввода **Prefix** (Префикс) позволяет ввести максимум 4 знака, которые ставятся перед четырехзначным номером записи о сбоях в названии файла. Например: Запись о сбоях 0034 при сохранении будет названа XXXX0034.dat.

Выберите формат, в котором должна быть сохранена запись о сбоях, из списка форматов файла **Format**. В данной версии конфигурационной программы записи о сбоях можно сохранять только в формате COMTRADE [ASCII]. Этот формат можно прочесть с помощью программ WINEVE® от АББ, которые обрабатывают данные о зарегистрированных сбоях и изображают их в графической форме.

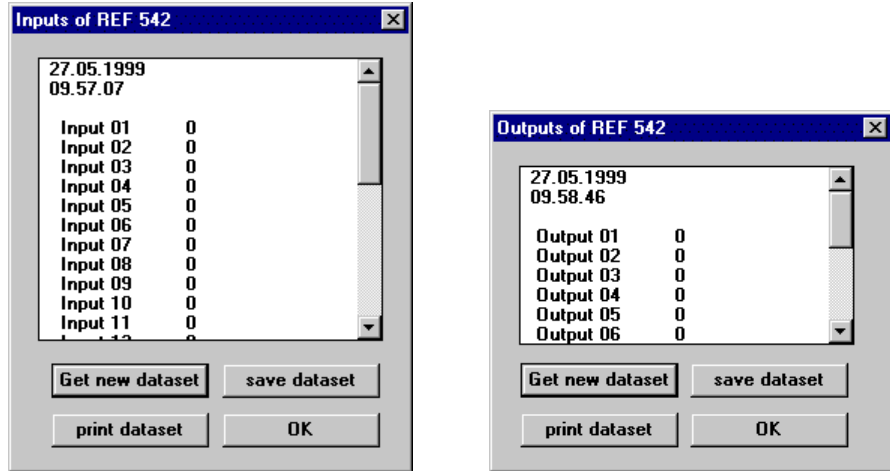
### 4.2.6 Экспортирование данных о состоянии ввода/вывода

Текущие значения бинарных вводов и выводов на REF542plus могут быть изображены. Их можно также распечатать и сохранить. Так как процедура и структура диалогового окна идентична, оба процесса описаны параллельно.

Данные состояния бинарных вводов и выводов можно экспортировать регулярным и автоматическим способом.

- Соедините оптический интерфейс блока управления REF542plus с серийным интерфейсом АК с помощью оптического кабеля RS232.
- Запустите конфигурационную программу.
- Выберите положение меню в Главное меню/Передача/Состояние вывода или Главное меню/ Передача/Состояние вывода.

Появится одно из следующих диалоговых окон: Тем не менее, список данных пока не будет изображен в соответствующем поле.



**Схема 33:** Примеры диалоговых окон для изображения состояния аналоговых вводов и выводов

- Нажмите на кнопку *Get new dataset* (Получить новые данные). Если связь с REF542plus функционирует правильно, в соответствующем поле будут изображены текущие данные с первых двух панелей бинарных вводов и выводов:

После даты и времени экспортирования появится список доступных бинарных вводов и выводов. Затем дается информация о состоянии отдельных вводов/выводов.

1: Логическая 1 значит что бинарные вводы/выводы можно контактировать/ответвлять.

0: А логический 0 значит что бинарные вводы/выводы можно контактировать/ответвлять.

--: Ввод/вывод не было определен в функциональной схеме.

xxx: Связь с REF542plus не может быть установлена.

Если невозможно связаться с REF542plus, то сначала появится сообщение об ошибке, которое необходимо принять во внимание.

**Примечание**

Дата и время определяются экспортирующим ПК. Убедитесь, что системное время настроено правильно. Убедитесь, что системное время настроено правильно.

- Если нажать на кнопку *Get new dataset* еще раз, Появится другой список, в котором к предыдущему списку прибавятся новые данные.
- Нажмите на кнопку *save dataset* (сохранить данные), чтобы начать стандартный диалог с операционной системой. Это позволяет сохранить данные в любом директории под названием, которое можно выбрать по усмотрению. Данные сохраняются в формате ASCII в виде текста с разделением на строки.

---

**Примечание**

Существует риск, что приложение может быть переписано. Поэтому не выбирайте название текущего приложения.

- Нажмите кнопку `print dataset` (Распечатать данные) чтобы начать стандартный диалог с операционной системой. Эта операция позволяет отослать данные к распечатке на принтере.
- Нажмите на кнопку `OK`, чтобы закрыть диалоговое окно и вернуться в главное меню конфигурационной программы. Нажатием кнопки `Cancel` (Отмена) диалоговое окно закрывается и пользователь возвращается в главное меню конфигурационной программы.

#### **4.2.7 Экспортирование величин рабочих измерений**

Часть величин рабочих измерений и вычисляемых измерений можно экспортировать с *REF542plus*. Их можно также распечатать и сохранить. Изображены могут быть только величины, показанные в следующем снимке с экрана. Например, значения внешнего напряжения с фазного на нейтральное не изображаются.

Кроме того, можно стартовать конфигурационный диалог, который изображает значения рабочих измерений и, если выбрана данная возможность, состояние бинарных вводов и выводов.

- Соедините оптический интерфейс блока управления *REF542plus* с серийным интерфейсом ПК с помощью соответствующего оптического кабеля.
- Запустите конфигурационную программу.
- Выберите положение меню `Главное меню/Передача/Измерение...`. Появится диалоговое окно, изображенное ниже. Часть информационного окна в этот момент будет еще пустой и в ней не будут изображены никакие данные.

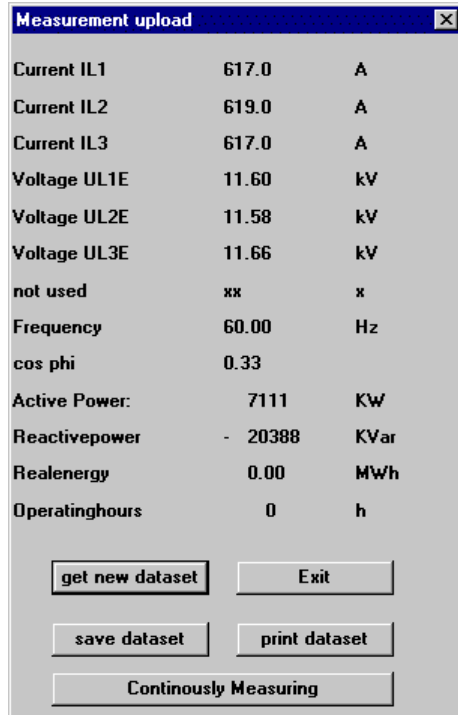


Схема 34: Пример диалогового окна для изображения величин рабочих измерений

Нажмите на кнопку `get new dataset` (Получить новые данные). Если связь с REF542plus функционирует правильно, в соответствующем поле будут изображены текущие данные во время передачи. Если невозможно связаться с REF542plus, то появятся сообщения об ошибке. После принятия их во внимание диалоговое окно появится опять с пустым информационным полем.

- Если нажать опять на кнопку `get new dataset`, содержание информационного окна обновится.
- Нажмите на кнопку `save dataset` (Сохранить данные, чтобы начать стандартный диалог с операционной системой. Это позволяет сохранить данные в любом директории под любым именем, которое можно свободно выбрать. Данные сохраняются в формате ASCII как текст, разделенный на строки.

Примечание

Существует риск, что приложение может быть переписано. Поэтому не выбирайте название текущего приложения..

- Нажмите на кнопку `print dataset` (распечатать данные), чтобы начать стандартный диалог с операционной системой. Это позволяет отослать данные к распечатке на принтере.
- Нажмите на кнопку `Exit` (Выход), чтобы закрыть диалоговое окно и вернуться в главное меню конфигурационной программы.

Выберите кнопку `Continuously Measuring` (Продолжительные измерения), чтобы начать диалог, показанный на схеме 35. Это позволяет регулярным и

автоматическим способом экспортировать с REF542*plus* значения рабочих измерений и состояние бинарных вводов и выводов.

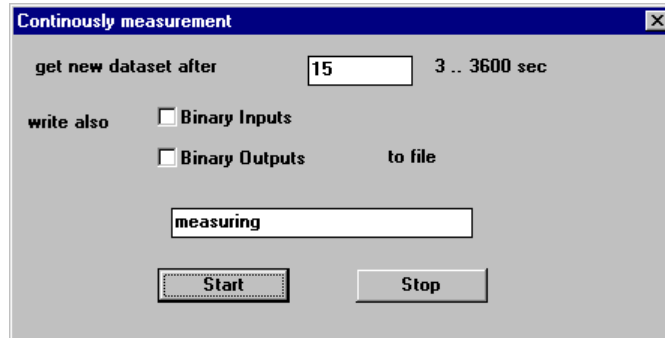


Схема 35: Конфигурационный диалог для просмотра значений рабочих измерений

- Введите в поле ввода `get new dataset after` (получение данных после) период между измерениями в секундах.  
Параметры установки: от 3 до 3600 секунд (один шаг: 1 секунда)  
По умолчанию: 15 секунд
- Обозначьте окна флажка Бинарные вводы и/или бинарные выходы для выбора значений продолжительных измерений.  
Поле ввода над двумя кнопками (измерение) не имеет никакой функции.
- Нажмите на кнопку `Start` (Старт), чтобы начать получение значений продолжительных рабочих измерений (и, при соответствующей конфигурации, состояние бинарных вводов и выводов). Диалоговое окно закрывается.  
Нажмите на кнопку `Stop` (Стоп), чтобы закрыть диалоговое окно и, таким образом, остановить получение значений продолжительных измерений.
- Появится стандартное диалоговое окно операционной системы для создания запасной копии файла. Здесь производится настройка различных параметров, необходимых для создания запасной копии значений продолжительных измерений.  
Данные сохраняются в формате ASCII как текст, разделенный на строки, и соответствующая информация о времени; некоторые данные отделены табулятором. Новые данные всегда добавляются к предыдущим данным.
- Появляется диалоговое окно с рабочими измерениями. Оно всегда показывает последние значения, переданные с REF542*plus*. Кнопка `OK` теперь заменяется кнопкой `Stop` (Стоп).
- Нажмите кнопку `Stop` (Стоп) для остановки записи продолжительных измерений. Кнопка `Stop` после того заменяется кнопкой `Exit` (Выход). Нажмите на кнопку `Exit`, чтобы закрыть диалоговое окно и вернуться в главное меню конфигурационной программы.

### 4.3 Доступ к главным страницам

Доступ к главным страницам зависит от выбранного режима работы. В следующей таблице показан полный список доступных страниц:



Режим работы / Страница меню	без управл.	локал. управл.	дистан. управл.	Л и Д управл.	устан.	рабоч.
Статус электрон. клавиши	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Измерения	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Аварийная сигнализация	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Страница установки						
– авар. сигналов	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– максим. значений	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
– энергет. значений	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
– циклов выключателя	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
– регистрации сбоев	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
- Старт/Выключение	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
– счетчики	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Стр. стартов/выключений	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Стр. активной установки						
– Просмотр параметров	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Изменение параметров	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Защитные функции						
– Просмотр параметров	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Изменение параметров	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Стр. обслуживания						
– Статистика	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Версии	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Адрес коммуникации	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Контраст ЖК-экран	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Время микроконтроллера	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Направл. потока нагрузки	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Режим автопереключения	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
– панель IEC 60870-5-103	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
Стр. тестирования						
– Блок управления	Да	Да	Да	Да	Да	Да
– Первичное	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет

В следующих главах будет описано как работать с наиболее важными страницами.

#### 4.3.1 Поиск значений измерений и вычислений

Значения измерений и вычислений оборудования REF542plus могут быть непрерывно изображены в правой половине жидкокристаллического экрана. Они изображены в форме абсолютных. Можно также указать максимальное значение в пределах выбранного интервала времени. С этой целью в конфигурационном программном обеспечении необходимо задать вычисление максимального значения через меню <Конфигурация/Вычисляемые значения>.

Кроме этого, с помощью панели светодиодов можно обозначить три другие величины измерений, токи и/или напряжение. Могут быть изображены измерения от 0 до 120% номинальных значений каждой величины измерения.

Изображаемые измерения можно организовать с помощью кольцевого меню на нескольких страницах измерений. Изображаются только те величины, которые измеряются или вычисление которых было задано в конфигурации. Вычисляемые значения необходимы также для защитных функций. Это

позволяет свести на минимум требования к обрабатывающей способности процессора (процессора защиты и изменений).

Для того, чтобы выбрать следующую/предыдущую страницу, можно нажать кнопки ВВЕРХ < ↑ > или ВНИЗ < ↓ >. В следующей таблице показаны все возможные величины, которые могут быть изображены, соответствующие единицы измерения и условия, необходимые для изображения каждого значения.

Изображ. величина	Ед. изм.	Условия
Ток IL1	A	Мин. 1 измерение тока при соединении с аналоговым вводом 1 или 4
Ток IL2	A	Мин. 2 измерения тока при соединении с аналоговыми вводами 1,2 или 4,5
Ток IL3	A	Мин. 3 измерения тока при соединении с аналоговыми вводами 1,2,3 или 4,5,6
Ток I1L1 Ток I1L2 Ток I1L3 Ток I2L1 Ток I2L2 Ток I2L3	A	Мин. 6 измерений тока при соединении с аналоговыми вводами 1, 2,3,4,5,6)
Ток IE	A	Мин. 1 измерение тока при соединении с аналоговым вводом 7 или вычисленное функцией защиты от нарушений заземления
Напряжение U1E	кВ	Мин. 1 измерение напряжения при соединении с аналоговым вводом 1 или 4
Напряжение U2E	кВ	Мин. 2 измерения напряжения при соединении с аналоговыми вводами 1,2 или 4,5
Напряжение U3E	кВ	Мин. 3 измерения напряжения при соединении с аналоговыми вводами 1,2,3 или 4,5,6
Напряжение U12	кВ	Мин. 2 измерения напряжения при соединении с аналоговыми вводами 1,2 или 4,5
Напряжение U23	кВ	Мин. 3 измерения напряжения при соединении с аналоговыми вводами 1,2,3 или 4,5,6
Напряжение U31	кВ	Мин. 3 измерения напряжения при соединении с аналоговыми вводами 1,2,3 или 4,5,6
Напряжение U11E Напряжение U12E Напряжение U13E Напряжение U112 Напряжение U123 Напряжение U131 Напряжение U21E Напряжение U22E Напряжение U23E Напряжение U212 Напряжение U223 Напряжение U231	кВ	Мин. 6 измерения напряжения при соединении с аналоговыми вводами 1, 2,3,4,5,6

Изображ. величина	Ед. изм.	Условия
Ток IL1m Ток IL2m Ток IL3m	А	Максим. знач. IL1 задано в конфигурации Максим. знач. IL1 задано в конфигурации Максим. знач. IL1 задано в конфигурации
Очевидная мощн S Активная мощн P Реактивная мощн Q Активная энергия Реактивная энергия	кВА кВт. КВАг. КВтч кВАh	Выбраны вычисления мощности и соединены соотв. аналоговые вводы
Частота	Гц	Всегда
Рабочее время	ч	Всегда (Если не активирован счетчик рабочего времени функционального блока, подсчитывается время, когда REF542plus работает на вспомогательном напряжении. Если счетчик рабочего времени функционального блока активирован, подсчитывается время когда соблюдены условия)
Циклы переключений ток переключения	- кА	Конфигурация выключателя
Разница фаз Разница напряжения U11E U12E U13E U112 U212	° В кВ кВ кВ кВ кВ	Изображается только если активирована функция проверки синхронности
Температура мотора Старт мотора через	°С мин	Изображается при применении функции защиты от избыточной термической нагрузки
Температура трансф Трансф. включ. через	°С мин	Изображается при применении функции защиты от избыточной термической нагрузки
Температура кабеля Кабель включ. через	°С мин	Изображается при применении функции защиты от избыточной термической нагрузки
Счетчики энергии	-	Макс. 15, количество изображенных значений соответствует количеству счетчиков, заданных в конфигурации

#### 4.3.2 Просмотр индикации светодиодов

В конфигурационном программном обеспечении можно по желанию запрограммировать тексты сообщений на восьми светодиодах. Текст может быть задан в цвете, отличном от цвета светодиода, и должен нести информацию о том, что обозначает светодиод. По желанию можно задать значение светодиода в режиме с замком. В этом случае изменение конфигурации светодиода с замком должно производиться после вывода информации.

#### 4.3.3 Изменение величин, сохраненных в оборудовании

В оборудовании REF542plus сохранено много различной информации. Например, значения токов переключения или максимальных токов для каждого проводника в определенный период времени. Для удаления определенных данных из памяти оборудования используется страница переустановки.

Необходимо сделать следующее:

Установить электронную клавишу в положение локального управления. Затем с помощью кнопок ВВЕРХ < ↑ > или ВНИЗ < ↓ > на странице переустановки выбрать подменю «переустановка максимальных значений». Затем на экране должно появиться подтверждение. Вернуться в меню страницы можно нажатием кнопки Ввода < <- >.

#### 4.3.4 Просмотр страницы стартов/выключений

На странице стартов/выключений изображена полноэкранная информация, основанная на защитных функциях старта/выключения, заданных в конфигурации. Во время просмотра страницы стартов/выключений не может быть изображена однолинейная диаграмма. Данная информация относится к защитным функциям и имеется в наличии когда вступают в действие защитные функции. Страница стартов/выключений имеет следующую структуру:

- Порядковый номер (0...65537, затем опять 0),
- Дата и время маркировки,
- Название защитной функции,
- Действие защитной функции (старт или выключение) и
- Различные относящиеся величины с единицами измерения.

Данные для этой страницы сохраняются в кольцевом буфере, вмещающем 50 записей. Если кольцевой буфер заполнен, самые старые данные будут удалены, и на их месте будут сохранены новые данные (стратегия FIFO: First In, First Out – первым пришел, первым обслужен).

Нажмите на < **Меню** > , а затем с помощью кнопок ВВЕРХ < ↑ > или ВНИЗ < ↓ > откройте страницу стартов/выключений. С помощью кнопок ВВЕРХ < ↑ > или ВНИЗ < ↓ > выберите предыдущие или следующие значения. Чтобы опять выйти из страницы стартов/выключений, нажмите клавишу < **Меню** >.

Если открыть страницу во время стойкого сбоя, время и значения будут обозначены звездочками \*\*\*\*\*. Если принятие сообщение о сбое подтверждено, вместо звездочек появятся соответствующие значения.

#### 4.3.5 Изменение активного набора параметров

У большинства защитных функций есть два набора параметров, в которых можно определить различные характеристики стартов и выключений. Измерение набора параметров возможно только в защитном режиме «Настройка». С помощью этой страницы можно переключать с одного набора параметров на другой. С помощью электронной клавиши выберите режим «Настройка». Кнопками ВВЕРХ < ↑ > или ВНИЗ < ↓ > откройте страницу «Активная установка». После этого на экране будет изображен активный набор параметров. Нажатием кнопки ВВОД < <- > можно изменить активный набор параметров.

#### Примечание

Если на блоке управления REF542plus подается аварийный сигнал, активный набор параметров нельзя изменить. Необходимо сначала подтвердить принятие аварийного сигнала.

### 4.3.6 Просмотр параметров отдельных защитных функций

Оба набора параметров защитных функций можно просмотреть на странице меню «Защитные функции». Эту страницу можно открыть, нажав на клавишу <Меню>, а затем нажимая на кнопки ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓>. Открыв страницу, кнопки ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓> можно использовать еще раз для открытия необходимой страницы параметров. В зависимости от количества защитных функций, заданных при конфигурации, с этой целью используется несколько страниц.

Многие защитные функции и их параметры изображаются по-разному в конфигурационной программе и на страницах параметров. Различия будут перечислены позже в главе «Названия параметров».

### 4.3.7 Изменение параметров защитных функций

Различные параметры, заданные при конфигурации защитных функций, можно изменить на странице защиты. Но необходимо, чтобы при этом электронная клавиша находилась в состоянии защиты в режиме «Установки». Пользуясь кнопками ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓> можно выбрать параметры, которые необходимо изменить. После подтверждения клавишей ВВОДА <↵> значения параметров можно увеличить или уменьшить с помощью кнопок ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓>. Выйти из этой страницы можно, нажав на кнопку ВВОДА <↵>. По желанию измененные значения параметров можно сохранить в следующем меню.

### 4.3.8 Страница обслуживания

Страницу обслуживания можно открыть, нажав на клавишу <Меню> и выбрав с помощью кнопок ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓> страницы обслуживания. С этой страницы можно перейти на следующие подстраницы:

#### 4.3.8.1 Просмотр циклического времени FUPLA

Циклическое время FUPLA можно просмотреть в подменю «Статистика» в меню «Страница обслуживания».

#### 4.3.8.2 Просмотр версии программно-аппаратных средств

Внедренные программно-аппаратные средства можно просмотреть в вышеупомянутом меню «Страница обслуживания» в подменю «Версии».

#### 4.3.8.3 Просмотр адреса коммуникации

Текущий адрес коммуникации можно просмотреть в вышеупомянутом меню «Страница обслуживания», в подменю «Адрес коммуникации».

#### 4.3.8.4 Настройка контраста жидкокристаллического экрана

У жидкокристаллического экрана есть подсветка. Продолжительность подсветки в настоящее время фиксированная. При нажатии какой-либо кнопки

автоматически включается подсветка экрана. Контрастность подсветки экрана REF542*plus* можно изменить в подменю «контраст экрана» в меню «Страница обслуживания». Для настройки контрастности экрана используйте кнопки ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓>, которые увеличивают или снижают контрастность.

#### 4.3.8.5 Настройка внутреннего времени микроконтроллера

Подменю «Время микроконтроллера» находится в меню «Страница обслуживания». На этой странице можно настроить дату и время внутренних часов, нажав кнопку ВВОДА <←> для выбора необходимого значения. После этого выбранное значение можно увеличить или уменьшить с помощью кнопок ВВЕРХ <↑> или ВНИЗ <↓>.

#### 4.3.8.6 Просмотр направления потока нагрузки

Для просмотра направления потока нагрузки необходимо зайти в подменю «Направление потока нагрузки» в меню «Страница обслуживания». Изображенное направление зависит от соединения измеряемых аналоговых вводов тока и напряжения.

#### 4.3.8.7 Доступность/недоступность автопереключения

У некоторых защитных функций есть возможность автопереключения (AR). Эту функцию можно активировать и деактивировать в подменю «Режим автопереключения».

---

#### Примечание

Обычно при настройке оборудования с помощью конфигурационного программного обеспечения необходимо оставлять автопереключение доступным

#### 4.3.8.8 Наладка коммуникационной панели в соответствии с IEC 60870-5-103

Факультативная коммуникационная панель соответствующая протоколу IEC 60870-5-103 может быть установлена на REF542*plus*, в подменю «панель IEC103» при локальном режиме управления доступны следующие параметры:

##### **Блокирование наблюдения**

При выборе параметра «Блокирование наблюдения» и его подтверждении кнопкой Ввода <←> информация, генерируемая оборудованием REF542*plus* не будет передаваться к системе автоматизированной станции. Эта функция удобна для тестирования защитной функции во время техобслуживания.

##### **Режим тестирования**

В режиме тестирования вся информация посылается к системе автоматической станции с соответствующей причиной передачи.

#### 4.3.8.9 Тестирование переключающих устройств

Это подменю используется для тестирования переключающих устройств. Все взаимные блокировки деактивируются. Этот режим тестирования можно установить только при локальном управлении. После подтверждения о принятии во внимание экранного сообщения об отключении блокировки можно начать тестирование переключающих устройств.

---

#### Примечание

При настройке оборудования с помощью конфигурационного программного обеспечения необходимо оставить режим тестирования доступным.

## 5 Названия параметров

Многие защитные функции их параметры имеют различные названия в конфигурационном программном обеспечении и на следующих страницах жидкокристаллического экрана:

- страницы с просмотром параметров
- страницы настройки параметров
- страницы стартов/выключений

Это является результатом ограничений длины текста на страницах экрана. В следующей таблице эквивалентные названия приведены друг напротив друга.

**Таблица 3:** Различные названия параметров в конфигурационном программном обеспечении и на экране блока управления

Конфигурационная программа	Назв. параметра на стр. установки
<b>Защитные функции тока</b>	
<b>Блокирование напора входящего потока</b>  N M Время	Входящий напор  n m Время
<b>Сверхток немедленный</b> <b>Сверхток, определенное время, высокий</b> <b>Сверхток, определенное время, низкий</b>  Стартовое значение Время	Сверхток Немедл Сверхток Опр Выс Сверхток Опр Низк  Старт Время
<b>Сверхток направленный высокий</b> <b>Сверхток направленный низкий</b>  Стартовое значение Время Направление – вперед – назад	Сверхток Опр Напр Выс Сверхток Опр Напр Низк  Старт Время Напр – 0 – 1
<b>IDMT</b>  I/In k	IDMT (тип кривой)  Старт k
<b>Наруш. заземл. ненаправл. значительное</b> <b>Наруш. заземл. ненаправл. незначительное</b>  Стартовое значение Время	Заземл Ненапр Выс Заземл Ненапр Низк  Старт Время
<b>Наруш. заземл. направл. значительное</b> <b>Наруш. заземл. направл. незначительное</b>  Стартовое значение Время	Заземл Напр Выс Заземл Напр Низк  Старт Время



Конфигурационная программа	Назв. параметра на стр. установки
Тип сети – изолированная – заземленная Направление – вперед – назад	– 0 – 1 Напр – 0 –1
<b>Нарушение заземления IDMT</b>  I/In k	Заземл IDMT (тип кривой)  Старт k
<b>Защитные функции напряжения</b>	
<b>Избыт. напряжение немедленное</b> <b>Избыт. напряжение высокое</b> <b>Избыт. напряжение низкое</b> <b>Остаточное напряжение высокое</b> <b>Остаточное напряжение низкое</b>  Стартовое значение Время	Избыт напряж немедл Избыт напряж опр выс Избыт напряж опр низк Ост напряж опр выс Ост напряж опр низк  Старт Время
<b>Недостаточное напряжение немедленное</b> <b>Недостаточное напряжение высокое</b> <b>Недостаточное напряжение низкое</b>  Стартовое значение Время	Недост напр немедл Недост напр опр выс Недост напр опр низк  Старт Время
<b>Защитные функции мотора</b>	
<b>Количество стартов</b>  Количество теплых стартов Количество холодных стартов Температура для теплого старта Время	Кол-во стартов  N tepl N холодн T tepl Время блокироваки
<b>Старт мотора</b>  Ток мотора Ie Стартовое значение Is Время Старт мотора	Старт мотора  Ie Is Время It
<b>Термическая перенагрузка</b>  T ном I ном Начальная температура Временная константа I < 0.1 Ie Временная константа стандартная Временная константа I > 2 Ie Максим температура Предупреждающая температура Температура среды Op Время	Термическая перенагрузка  T ном I ном T начальн ТС ВЫКЛ ТС НОРМ ТС ОШИБКА T макс T предупр T амб Время

Конфигурационная программа	Назв. параметра на стр. установки
<b>Блок ротор</b> Ток мотора Ie Стартовое значение Is Время	Блокирующий ротор Ie Is Время
<b>Дистанционная защита</b>	
<b>Дистанционная защита</b> Тип сети – высокая омическая – низкая омическая Старт заземления – IE> использован – IE> не использован Заземление трансформатора тока – линейная сторона – шинная сторона Переключение при сбоях – нормальное поведение – зона сверхдостижения – выключение после общего старта Выбор фазы – ациклические L3-L1-L2 – циклические L1-L2-L3-L1 – ациклические L1-L3-L2 – циклические L3-L2-L1-L3 Тип линии передач – только кабель – только надземные линии – надземные перед кабелем – кабель перед надземными граничный кабель/надземн – Реагирование кабеля – реагирование линий передач I> I0> IF> UF< Фактор k Угол k Время сигнала Зона 1,2,3, сверхдост, автопереключение - Сопротивление R – Реагирование X – Угол дельта 1 – Угол дельта 2 – Время – Направление – вперед – назад – неиспользов. зона  Запасное направление – Направление – вперед – назад – неиспользов. зона – Время Ненаправл. запасн – Время	Дистанционная защита тип сети – 0 – 1 Est/Gst – 0 – 1 Tr/Gr сторона – 0 – 1 Переключение при сбое – 2 – 0 –1 Фаза S – 0 – 1 – 2 – 3 – Усл. = 1    Зажиг = 0 – Усл. = 1    Зажиг = 1 – Усл. = 0    Зажиг = 0 – Усл. = 0    Зажиг = 1 Zb – Zкабелье – Zнадземн I> I0> IF> UF< EF реалън EF вообраз Сигн С время Зона 1,2,3, зона сверхдост, зона AR – R – X – d1 – d2 –Время –Направление – 0 – 1 – 2  Напр. Запасное – Направление – 0 – 1 – 2 – Время Ненаправл. запасн – Время

Конфигурационная программа	Назв. параметра на стр. установки
<b>Дифференциальная защита</b>	
<b>Дифференциальная защита</b>	Дифференциальная защита
Группа трансформатора	g
Заземление трансформатора	- ES1
– первичная сторона	- ES2
– вторичная сторона	In1
Первичный нормальный ток (In1)	In2
Вторичный нормальный ток (In2)	Idt
Пороговый ток	Ibu
Несмещенная граница области	Ids
Слегка смещенная область порога	Ibs
Слегка смещенная граница области	Chi
Сильно смещенный наклон	Id3
Выключение Id>	
Второй гармонический	Гамма
– Порог	H2BE
– Блок	
Пятый гармонический	Эпсилон
– порог	H5BE
– блок	
<b>Другая защита</b>	
<b>Несбалансированная нагрузка</b>	Несбалансированная нагрузка
Is	Ie
k	k
Время сброса	Время сброса
Сокращение времени	альфа
<b>Направленная мощность</b>	Направленная мощность
Номин Реальн Мощность	P ном
Максим нагрузка	Максим нагрузка
Время	Время
Направление	Направление
– вперед	– 0
– назад	– 1
<b>Низкая нагрузка</b>	Низкая нагрузка
Номин Реальн Мощность	P ном
Минимальная нагрузка	Миним ток
Время	Время
<b>Наблюдение за частотой</b>	Наблюдение за частотой
Стартовое значение	Старт
Время	Время
<b>Проверка синхронности</b>	Синхропроверка
Стартовое значение	Дельта U
Время	Время
Разница фаз	Дельта фаза

## 6 Настройка функций управления и защиты

Главной задачей оборудования REF542*plus* является осуществление защитных функций с целью быстрого и выборочного устранения сбоев, возникших в системе. Поэтому измеряемые величины должны быть получены с соответствующей точностью. Таким образом, чрезвычайно важно при применении традиционных измерительных трансформаторов тщательно определить требования к трансформаторам тока (СТ). Иначе трансформатор тока перейдет в состояние насыщения. Состояние насыщения трансформатора тока оказывает влияние на поведение защитных функций и, соответственно, на выборочность в целой защитной схеме фидера. В следующих параграфах приведены некоторые примеры настройки функций управления и защиты.

### 6.1 Требования к трансформаторам тока

Защита должна быть способна отключить систему, в которой произошел сбой, быстро и эффективно. Для осуществления этой задачи необходимо получить как можно более точные измерения тока. Поэтому трансформаторы тока должны соответствовать следующим требованиям:

#### 6.1.1 Трансформаторы тока для дистанционной защиты

Поведение дистанционной и дифференциальной защиты зависит от качества измерений тока. В случае насыщения трансформатора тока, которое происходит из-за медленно портящегося компонента постоянного тока, значения измерений тока могут быть деформированы таким образом, что дистанционная защита больше не будет в состоянии работать надлежащим способом. Поэтому необходимо, чтобы трансформатор тока соответствовал определенным требованиям, независимым от величины тока короткого замыкания в месте, где установлен трансформатор тока. В следующих главах описана конструкция трансформатора тока, предназначенного для защиты REF542*plus*. Конструкция составлена таким образом, чтобы всегда гарантировать надлежащее действие защитных функций. Но после осуществления выключения трансформатор тока может быть насыщен, поэтому точность вычислений задержки сбоя в определителе нахождения сбоя может быть сильно нарушена.

В принципе, могут быть использованы трансформаторы тока типов TPS, TPX или TPY с точностью в соответствии со стандартом IEC 60044-6 или выше. Также можно применять линейные трансформаторы типа TPZ. Из-за термической константы необходимо все время иметь в виду соотношение между максимальным током короткого замыкания в месте установки трансформатора тока и первичным номинальным током, которое должно быть меньше чем 100. С другой стороны, необходимо также иметь в виду, что минимальный ток короткого замыкания, который определяется защитой, должен быть в пределах параметров настройки дистанционной защиты. Так как груз трансформатора тока пропорционален номинальному току в квадрате, рекомендуется преимущественно использовать трансформаторы тока с номинальным током 1А, чем трансформаторы на 5А.

В принципе, дистанционная защита REF542*plus* сконструирована таким образом, чтобы не быть чувствительной к насыщению трансформатора тока. Применяя алгоритм, основанный на цифровой трансформации нежелательного выключения можно избежать. Но время выключения может быть надолго

отложено и вся система выборочности может быть в опасности. По этой причине необходимо выполнить хотя бы следующие минимальные требования к конструкции при выборе трансформатора тока. Необходимо, чтобы трансформатор тока был способен передавать симметрический ток короткого замыкания без насыщения и сбоев немедленно в место поблизости установки трансформатора тока. С точки зрения защиты необходимо, чтобы сбой по направлению вперед или назад не приводили к насыщению трансформатора.

При конструировании трансформатора необходимо применять так называемое «загнанное в угол» (критическому) напряжение на вторичной стороне трансформатора тока. Таким образом, вышеупомянутые минимальные требования критическому напряжению можно сформулировать таким образом:

$$E_{2\min} \geq \frac{I_{k\max} I_{Sn}}{I_{Pn}} \left( R_{CT} + R_L + \frac{0,1 \text{ VA}}{I_{REF542}^2} \right)$$

где

$E_{2\min}$	минимальное критическое напряжение в условиях симметрического тока короткого замыкания,
$I_{k\max}$	максимальный симметричный ток короткого замыкания на первичной стороне трансформатора тока,
$I_{Sn}$	номинальный ток на вторичной стороне трансформатора тока,
$I_{REF542}$	номинальный ток дистанционной защиты REF542 <i>plus</i> ,
$R_{CT}$	сопротивление вторичной обмотки трансформатора тока (внутренний груз),
$R_L$	сопротивление соединения и дополнительной нагрузки.

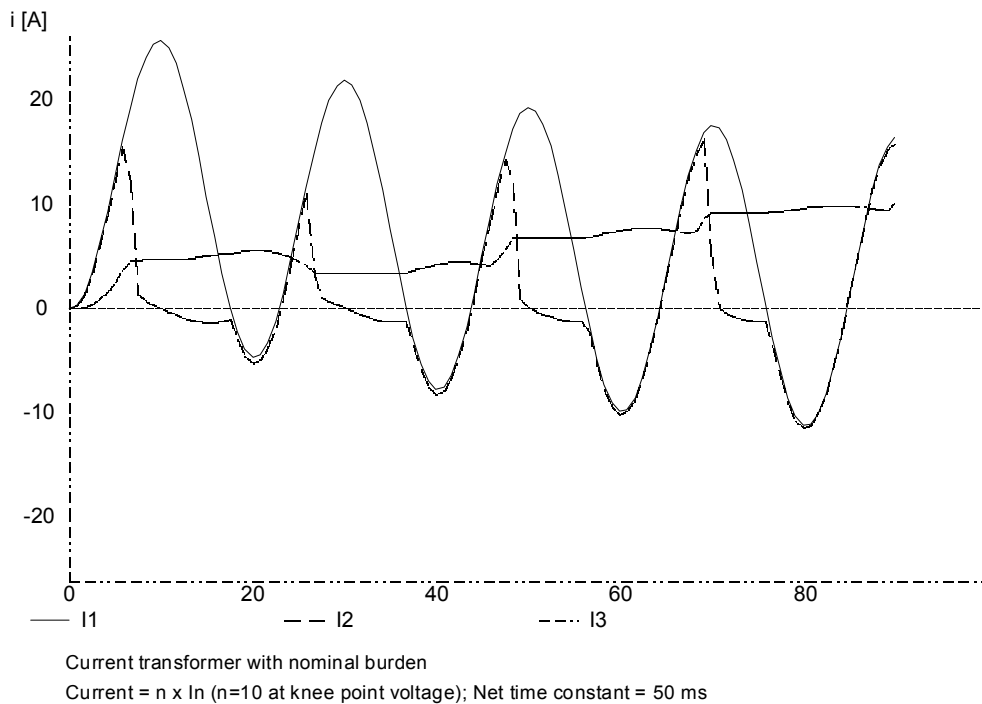
Обычно максимальное значения тока короткого замыкания будет в трех фазах сбоев. В системах с нейтральной точкой напрямую заземленной возможно, чтобы значение тока короткого замыкания во время нарушения одной фазы заземления было выше, чем ток короткого замыкания во время нарушения трех фаз. Поэтому рекомендуется произвести вычисление короткого замыкания для обоих случаев. Затем при конструировании трансформатора тока необходимо учесть значение тока короткого замыкания. Кроме того, при определении критического значения напряжения важно различать сбой между фазами и нарушение заземления. В случае сбоя между фазами необходимо учитывать только сопротивление прямого соединения между REF542*plus* и терминалом трансформатора тока. При сбое между фазой и заземлением необходимо учитывать соединение трансформатора тока с нейтральной точкой.

В принципе, дистанционная защита с помощью REF542*plus* может быть осуществлена с вышеупомянутым критическим напряжением. В случае сбоя, при котором ток короткого замыкания преувеличен компонентом постоянного тока, нельзя избежать насыщения трансформатора тока. В таком случае дистанционная защита может быть задержана на период в три раза превышающий временную константу. Быстрое время выключения, которое при синусоидных измерениях составляет 30 мсек, больше не будет возможным. В результате может быть нарушена выборочность системы.

Если нельзя избежать насыщения трансформатора тока, рекомендуется установить первую зону смещения дистанционной защиты с быстрым ответным временем 30 мсек. Такой подход при настройке необходим для того, чтобы как можно больше облегчить трансформатор тока. Применяя такую настройку

трансформатору тока необходимо только правильно перенести ток короткого замыкания на протяжении 25 мсек.

При конструировании трансформатора тока необходимо предположить, что сбой находится в середине первой зоны сопротивления дистанционной защиты. Трансформатор тока должен быть способен правильно перенести ток короткого замыкания за первые 25 мсек. При этом условии защитная функция произведет выключение выключателя через короткое время выключения 30 мсек. Это правило было выведено после широкого компьютерного исследования с симуляцией.



Трансформатор тока с номинальной нагрузкой  
Ток =  $n \times I_n$  ( $n=10$  при критическом напряжении) временная константа = 50 мсек

**Схема 36:** Пример вычисления тока при компьютерной симуляции

На схеме 36 приведен пример вычисления тока короткого замыкания при дистанционной защите REF542plus. Нагрузка трансформатора тока нормальная. Симметрическая часть тока короткого замыкания в этом случае соответствует так называемому значению номинального, что означает, что при симметрическом условии точно достигается критическое напряжение. Временная константа портящегося компонента постоянного тока составляет 50 мсек. При этом I1 является первичным, I2 вторичным током трансформатора, используя алгоритм, основанный на цифровой трансформации. Из-за насыщения трансформатора тока в первые 25 мсек результат вычисления тока составляет только 35% реального значения тока короткого замыкания. В результате сбой будет вычислен неправильно, что приведет к ошибке в вычислении времени до сбоя. Выключение будет, соответственно, задержано. Поэтому необходимо выполнить вышеперечисленные требования.

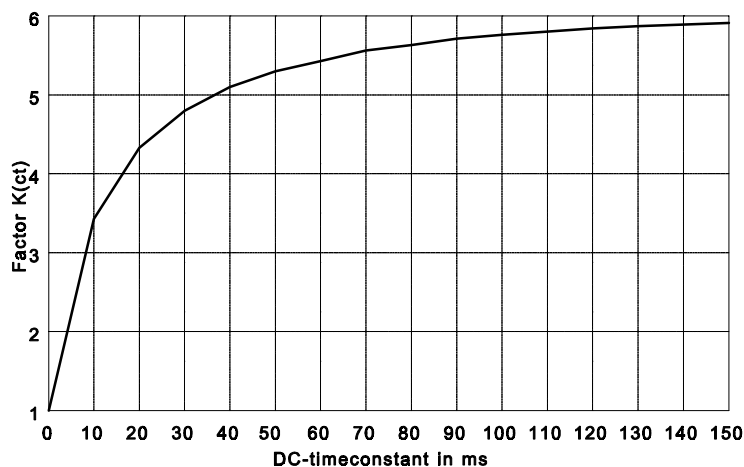
С помощью вычисления тока короткого замыкания можно определить максимальное значение всех токов короткого замыкания и соответствующие временные константы в каждом месте размещения трансформатора тока. После этого можно рассчитать необходимое критическое напряжение, применяя следующее равенство:

$$E_{2DC} \geq \frac{I_{kmax} I_{Sn}}{I_{Pn}} \left( R_{CT} + R_L + \frac{0,1 VA}{I_{REF542}^2} \right) K(ct)$$

где:

- $E_{2DC}$       необходимое критическое напряжение в случае тока короткого замыкания с разрушающимся компонентом постоянного тока
- $I_{kmax}$       максимальный симметрический ток короткого замыкания первичной стороны трансформатора тока
- $I_{Sn}$         номинальный ток вторичной стороны трансформатора тока
- $I_{REF542}$     номинальный ток дистанционной защиты с REF542*plus*,
- $R_{CT}$         сопротивление вторичной обмотки трансформатора тока (внутренний груз),
- $R_L$         сопротивление соединения и дополнительной нагрузки
- $K(ct)$       Фактор для конструкции трансформатора тока в случае суперпозиции компонента постоянного тока.

Фактор  $K(ct)$  предложен для конструкции трансформатора тока. Применяя этот фактор, за первые 25 мсек после появления сбоя не может произойти насыщение. Значения фактора  $K(ct)$  могут быть взяты со следующей схемы.



**Схема 37:** Фактор  $K(ct)$  для конструкции трансформатора тока, используемый для дистанционной защиты.

### 6.1.2 Трансформаторы тока для дифференциальной защиты

Такие же требования, как для дистанционной защиты, должны быть применены и в случае, когда трансформатор должен быть защищен дифференциальной защитой. Необходимо, чтобы первые 25 мсек тока короткого замыкания могут быть дублированы на вторичной стороне без насыщения. За это время дифференциальная защита может решить, находится ли сбой внутри или вне защитной зоны. Если такой возможности нет, время выключения при сбое внутри защитной зоны может быть задержано из-за проблем с определением местонахождения сбоя.

### 6.1.3 Трансформаторы тока для IDMT и защита при сверхтоке с определенным временем

Рекомендуется применять трансформаторы тока, соответствующие стандарту IEC VDE класс 5P. или 10P. Трансформаторы тока, сконструированные в соответствии со следующими требованиями, гарантируют правильное функционирование функции выключения.

Вышеупомянутая защитная функция также обеспечивает надежный выключающий сигнал с насыщенным трансформатором тока.

Функция немедленной защиты при сверхтоке стартует если максимальный ток при сбое не превышает в 10 раз симметрический ток, при котором трансформатор тока начинает перенасыщаться. Смещение постоянного тока не окажет влияние на рабочее время, но может привести к большей задержке.

Для оборудования с инверсированным временем, что обычно реализуется с помощью функции защиты IDMT, насыщение трансформатора тока может превышать  $I_B$  не более чем в 20 раз. Насыщение трансформатора тока выше этой границы допускается, но в таком случае это окажет влияние на задержки рабочего времени, перенасыщение трансформатора тока приведет к увеличению времени выключения защитной функции IDMT.

Рекомендуется использовать небольшие установочные значения оборудования (например  $I_B = 0,1 \times I_n$ ) и предложенный номинальный ток трансформатора тока как описано ниже:

- $I_{CT1} \leq 6 \times I_L$  для защиты IDMT
- $I_{CT1} \leq 2 \times I_L$  для термической защиты
- $I_{CT1} = 1 \times I_L$  для любой комбинации, при добавлении защитной функции заземления, вычисляемой с нулевым компонентом последовательности.

При этом:

$I_{CT1}$ : номинальный первичный ток трансформатора тока

$I_L$ : первичный ток нагрузки фидера

$I_B$ : базовая установка защитной функции

#### **Предупреждение!**

При применении функции защиты от сверхтока при нарушении заземления, вычисляемой с нулевым компонентом последовательности в группе трехфазных трансформаторов тока, если трансформаторы тока начнут перенасыщаться, они будут подавать сигналы тока. Выходящий ток также появится без заземления. Ввиду этих обстоятельств чрезвычайно важно чтобы конструкция трансформаторы тока и/или настройка оборудования защиты были произведены правильно.

## 6.2 Контролер фактора мощности

Функция контролера фактора мощности призвана компенсировать реактивную мощность с помощью максимум 4 банков конденсаторов, которые можно включать или выключать. Контроллер фактора мощности предназначен для компенсации реактивной мощности в энергетических системах. Величина



мощности в сети производна от измеряемого фактора мощности. Соответственно, контролер фактора мощности непрерывно наблюдает за фактором мощности, который определяется как соотношение эффективной мощности к активной мощности.

При подключении к сети потребителя реактивной мощности увеличивается переменная тока. Одновременно увеличивается фазовое смещение по отношению к количеству ассоциируемого напряжения. В результате активная мощность увеличивается, а фактор мощности уменьшается на ту же величину. Из-за увеличения переменной тока и угла фазного смещения можно ожидать большего падения напряжения в энергосистеме.

На следующей схеме показано происхождение падения напряжения. В правой части показана однополюсная цепь с трансформатором тока. В этом случае  $U_1$  означает исходное напряжение, принимаемое за константу,  $U_2$  означает напряжение в сети после подключения в нее потребителя активной мощности и реактивной мощности. Для упрощения объяснения предположим, что коэффициент трансформации трансформатора тока равно 1. В центре схемы изображен случае, когда потребляется только чистая активная мощность. Величины тока и напряжения находятся в фазе. Как показано на векторной схеме, амплитуда напряжения  $U_2$  виртуально не испытывает этого влияния. Тем не менее, при использовании дополнительной индуктивной реактивной мощности, как показано в правой части схемы, амплитуда напряжения  $U_2$  в сети может быть существенно сокращена.

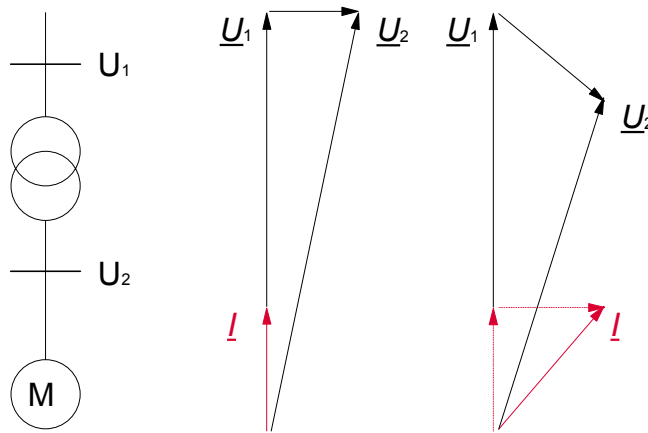


Схема 38: Падение напряжения в результате индуктивной реактивной мощности

Для удержания падения напряжения в допустимых пределах в случае большого потребления реактивной мощности для компенсации необходимо использовать конденсаторы. В микропроцессорном оборудовании управления и защиты REF542plus внедрена функция контроллера фактора мощности, что предоставляет возможность регулировать потребность в конденсаторной мощности в сетях с изменяемым потреблением реактивной мощности и, таким образом, позволяет оптимизировать переключение необходимых конденсаторных банков.

### Функционирование

Принцип компенсации реактивной мощности объяснен на схеме 39.  $P$  означает активную мощность,  $Q$  – реактивную мощность. Так же как и на векторной диаграмме на предыдущей иллюстрации, активная мощность  $P$  изображена на вертикальной оси, а реактивная мощность  $Q$  – на горизонтальной оси. Фактор мощности  $\cos \varphi_1$ , который изображен на диаграмме в виде прямой линии, показывает соотношение между активной мощностью  $P_1$  и активной мощностью

$S_1$ . Активная мощность  $S_1$  опять же зависит от количества потребляемой реактивной мощности  $Q_1$ . Это приводит к компенсации потребленной реактивной мощности с помощью измеряемого фактора мощности таким образом, чтобы спад напряжения в сети всегда оставался в допустимых пределах.

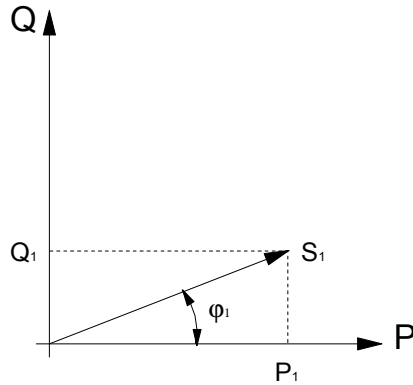


Схема 39: Диаграмма реактивной мощности

Выходную мощность конденсатора, необходимая для компенсации потребленной реактивной мощности, можно определить, как показано на диаграмме (см. схему 40). В таком случае  $\cos \varphi_1$  является фактором мощности, который обычно называют обратной точкой контролера фактора мощности. В результате появляются активная мощность  $S_1$ , активная мощность  $P_1$  и реактивная мощность  $Q_1$ . Кроме этого,  $S_2$  - немедленная активная мощность,  $P_2$  - немедленная активная мощность и  $Q_2$  - немедленная реактивная мощность.

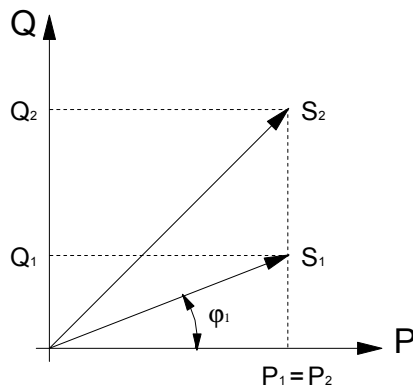


Схема 40: Определение выходной мощности конденсатора для компенсации

Для определения необходимой выходной мощности конденсатора активная мощность  $P_1$  в обратной точке или фактор мощности  $\cos \varphi_1$  устанавливается равной немедленной активной мощности  $P_2$ . Соответствующую или допустимую реактивную мощность  $Q_1$  можно вычислить с помощью следующего равенства:

$$Q_1 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \varphi_1}$$

Реактивная мощность  $\Delta Q$ , которую необходимо компенсировать, вычисляется как разница между немедленной и допустимой реактивной мощностью:

$$\Delta Q = Q2 - Q1$$

Таким образом, вывод мощности конденсатора, определяющий включение или выключение конденсаторных банков для компенсации реактивной мощности можно определить на основе реактивной мощности  $\Delta Q$ , которую необходимо компенсировать.

### **Режимы работы и необходимые требования**

Контролер фактора мощности может функционировать в следующих рабочих режимах:

- ручной
- автоматический

При ручном режиме работы каждый отдельный конденсаторный банк можно включить или выключить с помощью вводов, предназначенных для этой цели. Для этого необходимо, чтобы сигналы для включения и выключения были сигналами импульсного типа.

Если конденсаторный банк включен, на соответствующем выводе будет логический сигнал 1. При он выключен, на выводе будет логический сигнал 0.

Для того, чтобы контролер был всегда информирован о состоянии переключения конденсаторных банков, проверенные подтверждения о переключениях посылаются обратно через бинарные вводы.

Компенсация реактивной мощности обычно необходима только когда сеть находится в рабочем состоянии. Поэтому, работа контролера фактора мощности зависит от состояния напряжения в энергетической системе. По этой причине при планировании компенсации реактивной мощности контролер фактора мощности всегда включает функцию сверхнапряжения ( $U \gg$ ) и функцию недостаточного напряжения ( $U \ll$ ) для наблюдения за состоянием напряжения в сети. Если один из установленных лимитов, максимальный или минимальный, превысил допустимое значение и соответствующее время задержки истечет, все активные конденсаторные банки будут немедленно выключены. Эта функция зависит от того, находится ли контролер фактора мощности в ручном или автоматическом режиме работы. Бинарный ввод  $V_{MIN}$  используется для этой функции.

Бинарный ввод DISCONNECT (••••••••••) также способен отключать все активные конденсаторные банки после получения бинарного сигнала 1.

### **Настройка времени**

После активации снабжения вспомогательного напряжения функция контролера фактора мощности будет заблокирована впервые после периода инициализации. Она будет вновь введена в действие только по истечении этого периода инициализации. Отсчет периода инициализации начинается также как только напряжение в сети возвращается после нарушения в системе, например, когда защита от недостаточного напряжения выведена из рабочего положения, бинарный ввод ОТКЛЮЧЕНИЕ DISCONNECT является активным. Поэтому период инициализации должен быть всегда установлен на больший срок чем время блокирования для разрядки конденсаторных банков.

Если конденсаторный банк включен для компенсации реактивной мощности в процессе управления, обычно в сети будет инициирован переходный процесс. Определение мощности для целей управления будет таким образом задержано до тех пор пока переходный процесс не утихнет в большей мере. Время

запаздывания, необходимое для этого, должно быть установлено в контролере фактора мощности. Последующее переключение группы конденсаторов будет возможным только по истечении времени запаздывания. Тем не менее, для этого необходимо, чтобы соответствующий конденсаторный банк был уже полностью разряжен.

При выключении конденсаторного банка необходимо сначала разрядить хранящуюся в нем мощность. После разрядки он опять включается. Контролер фактора мощности может иметь установленный период блокирования разрядки. Это позволяет обеспечить конденсаторному банку достаточно времени для разрядки аккумулированной мощности до того, как он будет опять включен.

### **Индикация**

Как упоминалось в предыдущем разделе, управление стартует только когда ввод реактивной мощности в сети упадет ниже фактора мощности  $\cos \phi$  установленного как поворотная точка. Кроме того, для того, чтобы непрерывно контролировать ввод реактивной мощности в сети, контролер фактора мощности должен иметь дополнительную установку фактора мощности  $\cos \phi$  для формирования аварийного сообщения (бинарный вывод `ALARM COS  $\phi$` ). Имеет смысл установить значение  $\cos \phi$  аварийного сигнала меньше, чем установочное значение  $\cos \phi$  поворотной точки для начала процесса управления. Это позволяет предупреждению  $\cos \phi$  быть подготовленному только если контролер фактора мощности не может включить конденсаторный банк из-за рабочих условий.

Тем не менее, если все конденсаторные банки уже включены и поворотная точка еще не достигнута, сформируется аварийный сигнал `Q` (бинарный вывод `ALARM Q`). Это сигнализирует о том, что реактивная мощность больше не может быть компенсирована, так как все конденсаторные банки уже включены.

В случае сбоя энергетической системы, например, когда активируется защита от сверхнапряжения или недостаточного напряжения (бинарный ввод `V MIN/V MAX` используется для этой функции), все включенные конденсаторные банки будут выключены. После этого будет сформирован Общий Аварийный Сигнал (бинарный вывод `ALARM GENERAL`).

Контроллер фактора мощности также имеет входы, которые сформируют сообщение об Общей Аварийной Ситуации если они получают соответствующий сигнал. В таком случае дается информация об избыточной температуре (бинарный ввод `OVERTEMP.`) в конденсаторных банках или о превышении верхнего лимита обслуживающего напряжения  $U >$  (бинарный ввод `V A MAX`). После возникновения Общей Аварийной ситуации функции контролера фактора мощности блокируются в автоматическом режиме. Контролер фактора мощности можно повторно активировать после того, как эта индикация будет переустановлена.

Количество переключающих циклов распределительного устройства для переключения отдельных конденсаторных банков отслеживается и сравнивается с установленными значениями переключающих циклов. Если значение превышено, посылается аварийный сигнал (бинарный вывод `ALARM OPERAT.`)

### **Автоматический контроль за фактором мощности**

В автоматическом режиме работы фактор мощности и необходимая реактивная мощность в сети непрерывно отслеживаются. Знак разницы реактивной мощности  $\Delta Q$ , которая определяется как разница между текущей и допустимой реактивной мощностью, позволяет конденсаторным банкам включаться и выключаться для компенсации реактивной мощности. Если знак

положительный, конденсаторный банк должен быть включен. Если знак отрицательный, соответствующий банк должен быть выключен.

Для включения конденсаторного банка необходимо сначала определить реактивную мощность как активирующий порог  $Q_{ON}$ . Активирующий порог необходимо установить умножая коэффициент  $K_{ON}$  в процентах на наименьшую реактивную мощность конденсаторного банка  $Q_{C0}$ .

$$Q_{ON} = K_{ON} Q_{C0}$$

После этого конденсаторный банк 0 ( $C_0$ ) устанавливается как наименьший банк. Контролер приводится в действие для точки возврата в качестве фактора мощности  $\cos \varphi$  как только соотношение между компенсирующей реактивной мощностью  $\Delta Q$  в сети и наименьшей установленной выходной мощностью конденсатора  $Q_{C0}$  больше чем установленный активирующий порог  $Q_{ON}$  в процентах. Это показано в следующем равенстве:

$$\left( \frac{\Delta Q}{Q_{C0}} - \frac{K_{ON}}{100\%} \right) > 0$$

Количество  $N_{ON}$  ( $Q_{C0}$ ) конденсаторных банков, которые должны быть включены, можно определить с помощью следующего равенства:

$$N_{ON} (Q_{C0}) = \left( \frac{\Delta Q}{Q_{C0}} - \frac{K_{ON}}{100\%} \right) + 1$$

Как только конденсаторный банк включен, стартует установленная последовательность нерабочего времени. Задержка необходима до тех пор пока не произойдут переходные процессы в сети. Вычисление мощности может быть произведено только по истечении этого времени задержки, и только после этого будет разрешено опять начать процесс управления.

Тем не менее, если индуктивная реактивная мощность уменьшается, текущий фактор мощности  $\cos \varphi$  в сети может стать емкостным. В этом случае реактивная мощность  $\Delta Q$ , которая генерируется в результате разницы между током и возникающей в результате реактивной мощностью, соответствующей точке возврата, которая будет негативной. Это емкостное состояние также является желательным для функционирования системы, потому что в этих обстоятельствах в системе можно ожидать сверхнапряжение. Поэтому в таком случае хотя бы один конденсаторный банк должен оставаться выключенным. Критерий для порога выключения определяется подобным образом, как было продемонстрировано выше для включения.

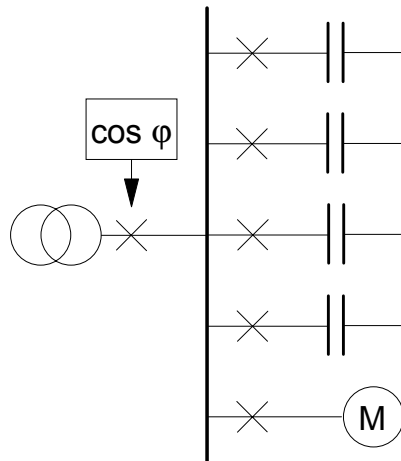
$$Q_{OFF} = (K_{OFF} - K_{ON}) Q_{C0}$$

При этом  $Q_{OFF}$  означает порог выключения, определяющий выключение конденсаторного банка,  $K_{OFF}$  – это так называемая нечувствительная зона в процентах (гистерезис) которую можно установить на контролере фактора мощности,  $K_{ON}$  – это регулируемый коэффициент для активации порога в процентах, а  $Q_{C0}$  – это наименьшая установленная мощность конденсаторного банка. Контролер фактора мощности будет осуществлять управление выключением конденсаторного банка если соотношение разницы отрицательной реактивной мощности  $\Delta Q$  к наименьшей установленной выходной мощности конденсатора больше, чем порог выключения  $Q_{OFF}$  в процентах. Это показано в следующем равенстве:

$$\left( \frac{\Delta Q}{Q_{C0}} - \frac{Q_{ON}}{100\%} \right) > 0$$

Количество  $N_{OFF}$  ( $Q_{C0}$ ) конденсаторов, которые подлежат выключению, можно определить с помощью следующего равенства:

$$N_{OFF} (Q_{C0}) = \left( \frac{\Delta Q}{Q_{C0}} - \frac{Q_{OFF}}{100\%} \right) - 1$$



**Схема 41:** Конфигурация конденсаторных банков для компенсации реактивной мощности в сети

На вышеуказанной схеме приведен пример конфигурации конденсаторных банков для компенсации реактивной мощности в однолинейном изображении. Конденсаторные банки необходимо включать и выключать в зависимости от поглощения мощности индуктивным потребителем таким образом, чтобы фактор мощности не опустился ниже допустимого значения.

Микропроцессорное устройство управления и защиты REF542plus позволяет контролировать происходящие процессы с помощью максимально 4 конденсаторных банков. Различные конденсаторные банки называют банк  $C_0$ , банк  $C_1$ , банк  $C_2$  и банк  $C_3$ . Отдельные конденсаторные банки можно определить отдельно или отличным образом с одной и той же реактивной мощностью. В случае различных значений мощности банк  $I_n C_0$  необходимо конфигурировать с наименьшей выходной мощностью конденсатора. В таком случае рекомендуется использовать значения мощности  $C_0$  указанные в следующей таблице.

$C_0 / C_0$	$C_1 / C_0$	$C_2 / C_0$	$C_3 / C_0$
1	1	1	1
1	1	2	2
1	2	2	2
1	2	4	4
1	2	4	8

Если все конденсаторные банки определены одинаково, их включение и выключение возможно согласно линейной или круговой переключающей программы. Согласно линейной переключающей программе конденсаторные банки включаются в восходящем порядке и выключаются в нисходящем порядке индексов. В отличие, при круговой переключающей программе конденсаторные банки включаются и выключаются всегда в восходящем порядке.

Конденсаторные банки включаются и выключаются в соответствии с вычисленным числом  $N_{ON}$  или  $N_{OFF}$ . Принимается внимание только целое число перед десятичным знаком. Например, предположим, что вычисленное значение для включения конденсаторных банков равно 3, и если конфигурация конденсаторных банков установлена на 1:2:4:8, контролер сначала пытается включить следующий банк  $C_1$  с  $2Q_{C0}$ . Если из повторного подтверждения переключения известно, что банк  $C_1$  уже включен, к следующему меньшему банку  $C_0$  будет применен  $Q_{C0}$ . Но если банк  $C_1$  уже включен, следующий свободный банк, например банк  $C_2$  с выходящей мощностью конденсатора  $4 Q_{C0}$ , будет выбран и включен.

После включения банка  $C_2$ , функция управления будет заблокирована на установленное время задержки. Контролер реактивной мощности опять приводится в действие по истечении времени задержки. Так как выходящая мощность включенного конденсатора в условиях неразряженной сети является слишком большой, контролер фактора мощности должен будет определить, что конденсаторный банк с мощностью  $Q_{C0}$  должен быть выключен. Если условия выключения, которые определяются из установки нейтральной зоны, выполнены, начнется процесс выключения для  $C_0$ . Выключение конденсаторных банков в принципе подобно из включению.

### 6.3 Текущие защитные функции

Защита при сверхтоке, с определенным или инверсированным временем (IDMT), направленном или ненаправленным, действует как главная защита для простого фидера. Она отключает сверхтоки, превышающие максимальный ток нагрузки, с временем задержки. То, какое время защиты при сверхтоке будет использовано, зависит от метода работы оператора, а также от конфигурации сети.

Защита при сверхтоке с ненаправленным определенным временем достаточна для простой радиальной сети с определенным направлением мощности от одного источника энергии к нескольким пользователям. Время задержки, установленное при этом, зависит от того, где установлено защитное устройство, и указано в таблице. Наиболее короткое время задержки устанавливается для защиты при сверхтоке, которая расположена наиболее близко к конечному пользователю. Время задержки регулируется по отношению к наименьшему току фазового сбоя или наибольшему току нагрузки. В таблице настройки каждой следующей защите при сверхтоке более высокого порядка соответствует более долгое время задержки и более высокий отключающий ток.

В некоторых странах вместо варианта с определенным временем используется защита при сверхтоке с инверсированным временем (IDMT). В таком случае период задержки обратно пропорционален току текущего сбоя; если токи сбоя увеличиваются, сокращается время. Имеется несколько гиперболических характеристик времени (обратного времени). Для более оптимальной настройки защиты необходимо установить одинаковые временные характеристики для всех защит при сверхтоке по целой сети.

При конфигурации кольцевой или ячеечной сети больше нельзя выборочно распределять определенное время и обратное (IDMT). В этом случае, как минимум, необходимо использовать функции сверхтока с направленным

определенным временем. Тогда защитная система будет работать выборочно. В комплексных ячеечных сетях защита при сверхтоке даже с направленным определенным временем уже недостаточна. В этом случае необходима дистанционная защита.

Все защитные функции при сверхтоке можно также применять как запасные защитные функции в трансформаторе и несущих фидерах или кабельных фидерах. Такое применение называют также определенным временем при аварийном сверхтоке с носителем или кабельными фидерами.

В моторных фидерах функции определенного времени включены в качестве постоянных компонентов защиты мотора.

Вышеописанные пункты относятся к защитным функциям при сверхтоке от фазы к фазе, а также от фазы к нарушению заземления. В последнем случае аналоговые измеряемые величины можно вычислить из суммы линейных токов или их можно получить как измеренные величины на седьмом измерительном вводе оборудования REF542*plus*.

Функционирование и установка защитных функций при нарушении заземления, особенно при направленной защите, зависят от того, как осуществляется заземление системы в сети. При применении нейтральной точки с низким сопротивлением токи нарушений заземления достигают значений токов при мультифазовом нарушении. Поэтому используют термин «ток нулевой последовательности». Если нейтральная точка сети обладает высоким сопротивлением заземления, значение тока при нарушении заземления будет очень низким, и его называют током нарушенного заземления.

В зависимости от того, заземлена ли нейтральная точка прямо через резистор или катушку или функционировала без заземления, соответственно меняется фазный угол между остаточным током и напряжением нулевой последовательности. Это необходимо учитывать при направленной функции для локализации нарушений заземления.

### 6.3.1 Блокировка входящего потока

Следующим защитным функциям тока может оказывать сопротивление блокирование входящего потока при отключении. Для этого нет необходимости в дополнительной схематике в функциональной.

- Защита при сверхтоке с определенным временем/мгновенный сверхток
- Защита при сверхтоке с определенным временем/ сверхток значительный
- Защита при сверхтоке с определенным временем/сверхток незначительный
- Защита при направленном сверхтоке с определенным временем/сверхток значительный
- Защита при направленном сверхтоке с определенным временем/сверхток незначительный

Если блокирование входящего потока оказывает сопротивление другим защитным функциям, в FUPLA необходимо настроить их блокировку.

#### Примечание

Для того, чтобы функции блокирования входящего потока функционировали надлежащим образом, в оборудование должны быть включены функции защиты при сверхтоке с определенным временем.



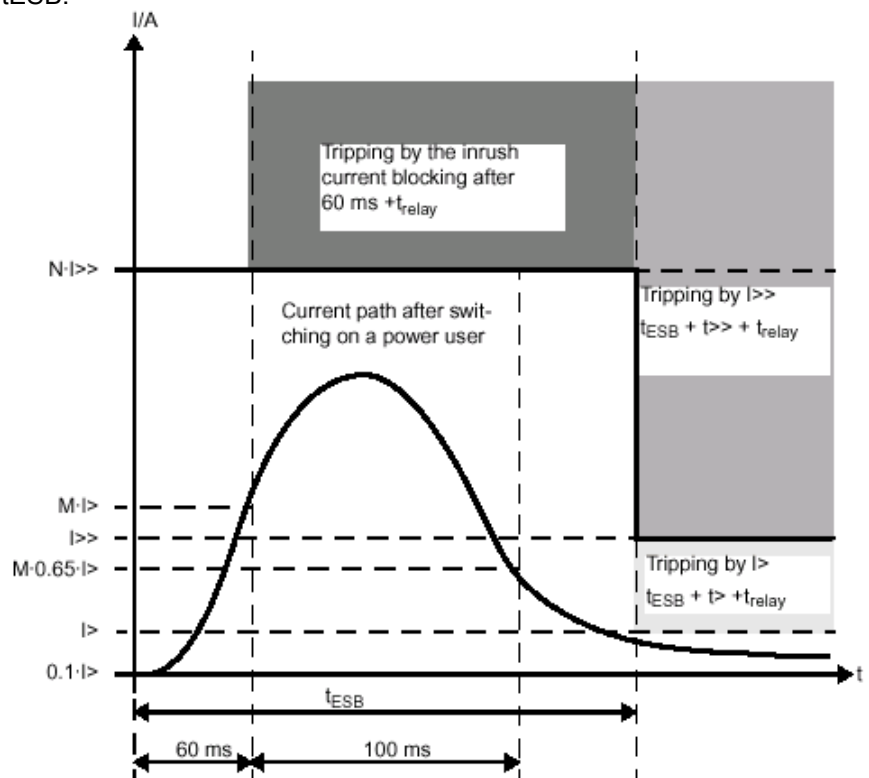
Блокирования тока входящего потока можно активировать на основе оценки временного отрезка измеряемого тока (значение в rms). Для представления процесса включения измеренный ток должен превосходить заданное значение  $M \cdot I >$  до 60 мсек и после 100 мсек спуститься ниже чем  $M \cdot 0.65 \cdot I >$ . Блокирование внутреннего потока остается активным на все время при настройке параметров ( $t_{ESB}$ ). При этом  $I >$  представляет собой начальное значение защитной функции при незначительном сверхтоке. Если эта функция не задана в конфигурации, используется стандартное  $0.05 \cdot I_N$ .

Блокирование входящего потока вступает в действие если измеренный ток превышает лимит  $N \cdot I >>$  за менее чем 20 мсек после процедуры старта. Если этот лимит превышает хотя бы на протяжении 60 мсек после старта, блокирование входящего потока немедленно выключается. В этом случае защитная функция при волновом коротком замыкании будет задержана на установленный период  $t >>$ .

На следующих двух схемах нет размеров, они приведены только для лучшего понимания приведенных выше объяснений о функциях блокирования входящего потока. Переменные  $M$  и  $N$  а также время  $t_{ESB}$  (*time*) устанавливается в конфигурационном программном обеспечении.

Первая схема описывает обнаруженный процесс включения. Для этого должны быть соблюдены три условия. Поэтому блокирование входящего потока не позволяет, чтобы защитные функции были отключены на протяжении времени  $t_{ESB}$ .

- Первое условие: ток превышает  $M \cdot I >$  предел в течение 60 мсек.
- Второе условие: Ток снижается до  $0.65 \cdot M \cdot I >$  предела в течение последующих 100 мсек.
- Третье условие: Ток остается ниже  $N \cdot I >>$  предела в течение периода  $t_{ESB}$ .

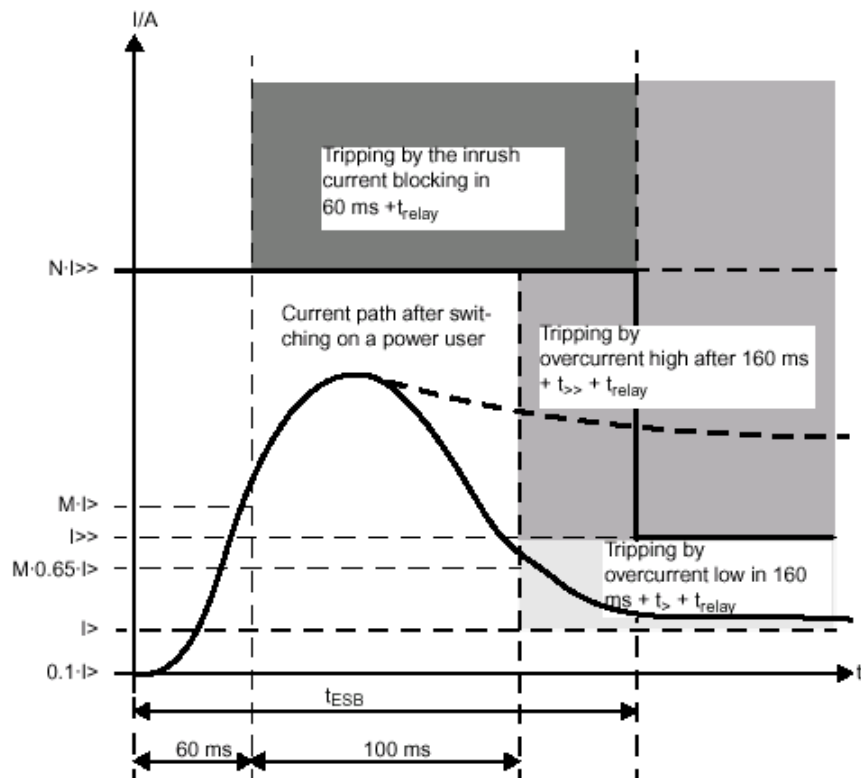


**Схема 42:** Характеристики текущего времени выявленного процесса включения при использовании блокирования входящего потока

На следующей схеме показано выявление нарушения. Три условия, необходимые для выявления процесса включения, не соблюдены. Блокирование входящего потока не позволяет описанным защитным функциям отключиться только на протяжении 160 мсек.

- Первое условие: Ток превышает  $M \cdot I >$  лимит в течение 60 мсек.
- Второе условие: Ток НЕ снижается меньше  $0.65 \cdot M \cdot I >$  предела в течение последующих 100 мсек. В зависимости от количества тока, активируется либо защитная функция для значительного сверхтока или для незначительного сверхтока  $I >$ . После она отключается по истечении 160 мсек плюс период ретрансляции установленный в защитной.
- Третье условие: Ток остается ниже лимита  $N \cdot I >>$  на протяжении периода  $t_{ESB}$ .

На схеме показаны принципиально возможные пути тока, которому адресована одна из двух защитных функций тока.



**Схема 43:** Характеристики текущего времени выявления нарушения при использовании блокирования входящего потока

На последней схеме изображено выявленное нарушение (избыточная нагрузка). Три условия, необходимые для выявления процесса включения, не соблюдены. Блокирование входящего потока не позволяет другим защитным функциям отключиться только на протяжении 60 мсек.

- Первое условие: Ток НЕ превышает лимит  $M \cdot I >$  в течение 60 мсек. В зависимости от величины тока активируется защитная функция для значительного сверхтока или незначительного сверхтока  $I >$  в течение 60 мсек плюс период ретрансляции и минимальный установленный период задержки.

- Второе условие: Значение тока не опускается ниже лимита  $0.65 \cdot M \cdot I >$  в течение последующих 100 мсек. Это условие не оценивается блокированием входящего потока, так как защитная функция тока уже активирована и, если необходимо, отключена.
- Третье условие: Ток остается ниже лимита  $N \cdot I >>$  на протяжении периода  $t_{ESB}$ .

На схеме показаны принципиально возможные пути тока, которому адресована одна из защитных функций тока.

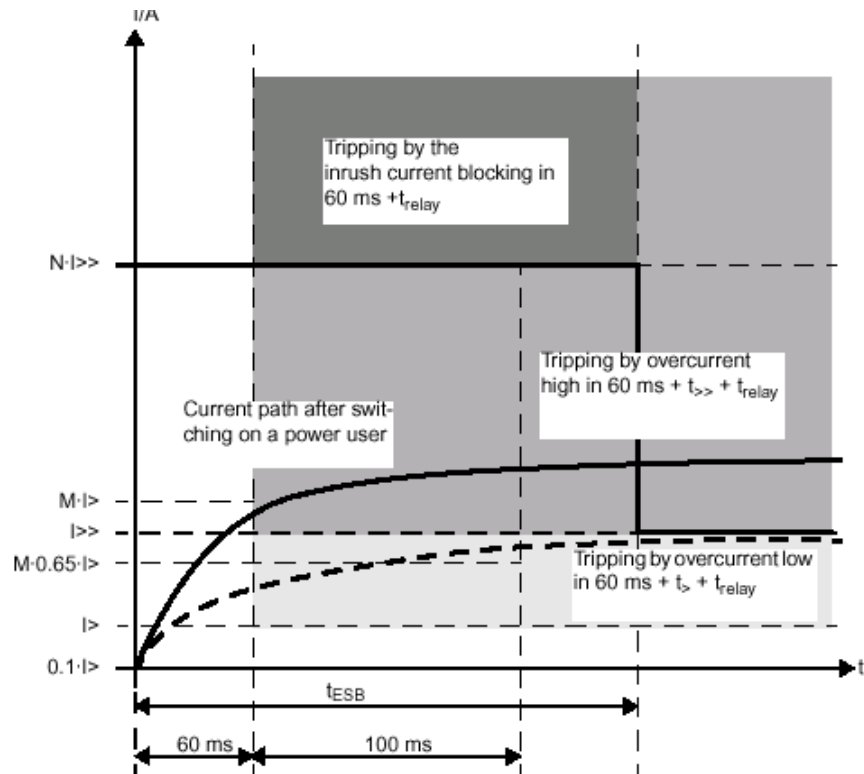


Схема 44: Характеристика текущего времени выявленной избыточной нагрузки при использовании блокирования входящего поток

### 6.3.2 Защита при направленном сверхтоке

На микропроцессорном устройстве REF542plus есть две направленные функции с определенным временем, каждую из них можно активировать и настраивать параметры отдельно:

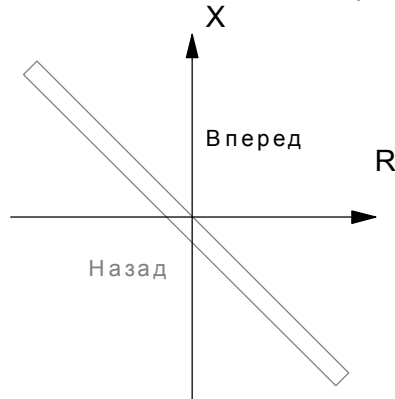
- Сверхток направленный незначительный и
- Сверхток направленный значительный.

Функция защиты при нарушении направленного фазного тока оценивает значение измеренного тока. Если он превышает установленное значение, активируется защитная функция. По истечении установленного рабочего времени защитная функция будет остановлена.

Для определения направления нарушения оборудование REF542plus должно быть соединено со всеми фазами напряжения. Защитная функция обладает памятью напряжения для обеспечения направленного решения, которое должно быть принято даже если нарушение возникнет в непосредственной близости трансформатора / датчика напряжения.

Выявление направления осуществляется звуковыми фазами. Направленный сигнал может быть послан к противоположной станции. Содержание направленного сигнала с противоположной станции может быть использовано для выключения собственных направленных защитных функций. Это позволяет установить направленную сравнительную защиту если между станциями есть сигнальная связь.

На следующей схеме показаны направления вперед и назад в случае трехфазного нарушения. Благодаря использованию звуковых фаз в случае несимметричного сбоя зона направленного решения может меняться в зависимости от системных параметров.



**Схема 45:** Схема сопротивления направленной зоны направленной защиты при сверхтоке в случае трехфазных нарушений

Можно активировать одно- двухэтапное трехфазное автопереключение(AR) с направленной защитой при волновом токе короткого замыкания  $I > dir$ .

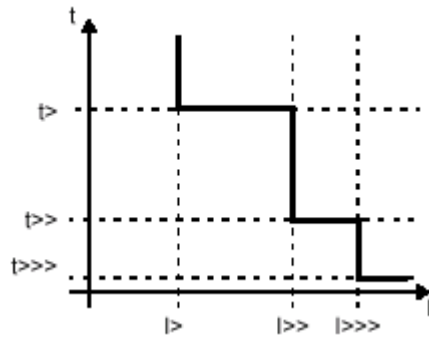
### 6.3.3 Защита при сверхтоке с определенным временем

На оборудовании REF542plus есть три независимые защитные функции при сверхтоке, которые можно активировать и настраивать отдельно:

- Сверхток, определенное время, незначительный
- Сверхток, определенное время, незначительный и
- Сверхток, определенное время, мгновенный.

Каждую из них можно конфигурировать на две или три фазы. Функции с определенным временем оценивают величину  $gms$  и начальная функция тока оценивает  $1/\sqrt{2}$ - пикового значения измеренного значения тока. Если установленное ответное время превышено, сначала происходит активация. Если ответное время превышено хотя бы на установочный временной параметр, она отключается. При этих функциях выбираются фазы.

Три функции с определенным временем позволяют генерировать поэтапные характеристики для одного фидера, как показано на схеме.



**Схема 46:** Схематическое изображение этапов выключения с определенным временем

Одно- или двухэтапное автопереключение (AR) можно активировать функцией волнового I> или начального I>>> тока с фазным нарушением.

Для каждой из трех отдельных защитных функций при сверхтоке можно конфигурировать два варианта настройки.

### 6.3.4 Функция IDMT

REF542plus обеспечивает функцию IDMT, в которой по выбору можно активировать четыре характеристики текущего времени:

- Нормальная инверсия,
- Сильная инверсия,
- Предельная инверсия
- Длительная инверсия.

Эту функцию можно конфигурировать на одну или три фазы. Выключающий сигнал для этой функции не выбран по отношению к фазам. Функция программируется с двумя вариантами параметров.

Функция IDMT оценивает величину rms измеренного значения тока. Если фактор нарушения тока превышен в 1.14 раза, сначала происходит активация. Если ответное время превосходит установленное время, функция будет остановлена. Задержка при этом зависит от величины тока и от выбранных характеристик текущего времени. Формула для времени выключения в соответствии с Британским стандартом (BS) 142 и стандартом IEC 60255-следующая:

$$t = \frac{k \beta}{(I/I_{EB})^\alpha - 1}$$

$$t = \frac{k}{(G/G_S)^\alpha - 1}$$

BS142

IEC60255-3

t: Время до выключения защитной функции при поддерживаемом сверхтоке

k: Параметр кривой (0 = k = 1)(BS 142) или значение времени (IEC 60255-3)

α : Постоянная согласно приведенной ниже таблице

β : Постоянная согласно приведенной ниже таблице (BS 142)

I/I<sub>EB</sub> : Фактор нарушения тока

I = G: Реальный измеренный ток; трансформированный измерительным преобразователем/датчиком

I<sub>EB</sub> = G<sub>S</sub> : Базовая установленная величина тока: Минимальный ток, при котором активируется защита; ; трансформированный измерительным преобразователем/датчиком

В следующей таблице приведены постоянные  $\alpha$  и  $\beta$  для четырех различных характеристик текущего времени. Для сохранения заданных групп кривых используется формула в соответствии со стандартом BS 142, и коэффициент  $k$  от 0.1 до 1 увеличивается на 0.1.

<b>Характеристики</b>	<b><math>\alpha</math> (BS142)</b>	<b><math>\beta</math> (BS142)</b>	<b><math>k</math> (IEC 255)</b>
Средняя инверсия	0.02	0.14	0.14
Большая инверсия	1.0	13.5	13.5
Предельная инверсия	2.0	80.0	80.0
Длительная инверсия	1.0	120.0	120.0

### 6.3.5 Защитная функция заземления

На REF542*plus* есть две функции таймера нарушения заземления, которые активируются и настраиваются независимо друг от друга:

- Нарушение заземление значительное
- Нарушение заземления незначительное.

Каждая защитная функция заземления конфигурируется с одной фазой. Это позволяет вычислять ток нарушения заземления от суммы трех фазных токов. Это можно сделать в сетях с низким сопротивлением нейтрального заземления, в которых токи нулевой последовательности появляются без других установок.

Второй вариант позволяет связать измерение тока при нарушении заземления с отдельным трансформатором остаточного тока. Этот вариант необходимо использовать в сетях с высоким сопротивлением, компенсируемой или изолированной нейтральной точкой. При этом возникает очень незначительный ток нарушения заземления. Поэтому в первичной цепи необходим отдельный трансформатор остаточного тока. Его можно очень легко установить с кабельными фидерами в качестве конвертированного трансформатора.

Функция таймера тока нарушения заземления оценивает значение  $I_{ms}$  измеренного остаточного тока или вычисленного нейтрального тока. Как только будет превышено ответное время, активируется защитная функция. Если ответное время превышает на установленное время задержки, защитная функция будет отключена.

С защитой при значительном нарушении заземления можно активировать одно- или двухэтапное автопереключение (AR).

Можно конфигурировать два набора параметров для обоих этапов нарушения заземления.

### 6.3.6 Направленная защита заземления

На REF542*plus* есть две функции направленной защиты при нарушении заземления, каждую из них можно активировать и настраивать отдельно:

- Нарушение заземления, направленное, незначительное
- Нарушение заземления, направленное, значительное.

Каждая защитная функция заземления конфигурируется с одной фазой. Это позволяет вычислять ток нарушения заземления от суммы трех фазных токов. Это можно сделать в сетях с низким сопротивлением нейтрального заземления, в которых токи нулевой последовательности появляются без других установок.

Второй вариант позволяет связать измерение тока при нарушении заземления с отдельным трансформатором остаточного тока. Этот вариант необходимо использовать в сетях с высоким сопротивлением, компенсируемой или изолированной нейтральной точкой. При этом возникает очень незначительный ток нарушения заземления. Поэтому в первичной цепи необходим отдельный трансформатор остаточного тока. Его можно очень легко установить с кабельными фидерами в качестве конвертированного трансформатора.

Величины тока и напряжения должны быть связаны с функцией для выявления направления. Необходимое напряжение нулевой последовательности вычисляется от трех фаз напряжения.

Функции направленной защиты при нарушении заземления оценивают значения нейтрального тока и нейтрального напряжения. Можно использовать вычисленные или измеренные значения. В случае направленной защиты при нарушении заземления необходимо конфигурировать и соединять все три значения напряжения, так как REF542*plus* использует сумму значений напряжения трех фаз.

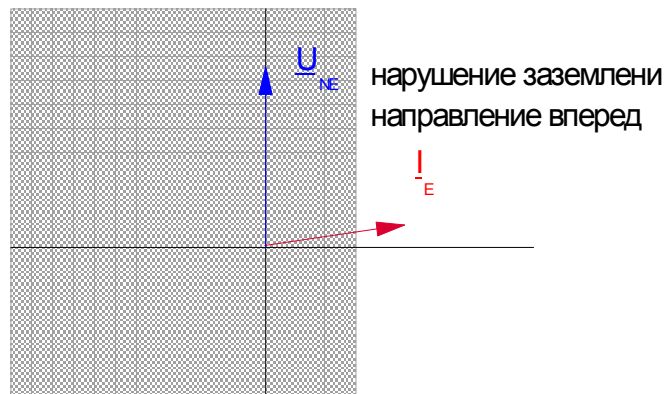
Для определения направления в сетях с постоянным, низким или высоким сопротивлением и с компенсированной нейтральной точкой вычисляется и оценивается пропорция эффективной мощности нейтральной системы. Пропорция реактивной мощности нейтральной системы используется в сетях с изолированной нейтральной точкой. Минимальный нейтральный ток и нейтральное напряжение необходимы для вычисления значения эффективного и нейтрального напряжения системы с нулевой последовательностью. Значение минимального нейтрального тока соответствует установленному значению тока нарушения заземления, а значение минимального нейтрального напряжения равно 10% нейтрали к значению напряжения заземления.

Если установленное ответное время тока при нарушении заземления превышено и установлено минимальное значение напряжения, необходимое для определения направления, будет активирована защитная функция. Если она остается активированной на установленное время задержки, защитная функция будет отключена.

Для обеих защитных функций можно конфигурировать два набора параметров.

### 6.3.6.1 Система с изолированной нейтральной точкой

Высоковольтная система с изолированной нейтралью продолжает функционировать даже если происходит нарушение заземления. Для определения нарушения заземления необходима индикация направления. Высоковольтная система может продолжать функционировать. На следующей схеме показан ток при нарушении заземления и остаточное напряжение при нарушении заземления с направлением вперед.



**Схема 47:** Векторная диаграмма направленной защиты при нарушении заземления (изолированные сети  $\sin \varphi$ )

Как показано на следующей схеме, при настройке защитная функция заземления должна быть "изолированной" или  $\sin \varphi$ . Для определения направления необходимо применять время задержки приблизительно от 500 до 1000 мсек. Направление действия будет определено если в направлении линии обнаружено нарушение заземления. Если индикация необходима относительно



другого направления, необходимо серийно соединить ввод ВО на функциональной схеме с внешним временем задержки (задержка по восходящей), используются те же параметры.



Схема 48: Настройка системы с изолированной нейтралью

Примечание

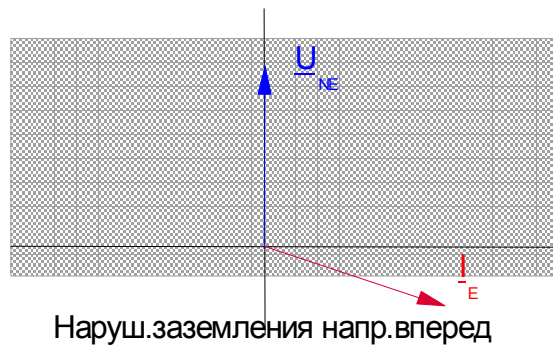
Для проверки направления действия рекомендуется определить величину однофазного тока и величину индуктивного ведущего однофазного напряжения. В таком случае считается, что терминал трансформатора тока К или Р1 указывает по направлению к шине и что терминал L или Р2 по направлению линии.

Примечание

Так как ток сбоя 10 А ответвляется в направлении соединения с фидером, и, соответственно, станет меньше, для выявления нарушения необходимо использовать трансформатор тока с относительно низким номинальным током. Рекомендуется использовать трансформатор тока кабельного типа.

### 6.3.6.2 Системы с заземлением катушкой Петерсона

Высоковольтная система с компенсацией нарушения заземления катушкой Петерсона продолжает функционировать даже если происходит нарушение заземления. Для выявления нарушения заземления необходима индикация направления. Высоковольтная система может остаться действующей. На следующей схеме показаны ток при нарушении заземления и остаточное напряжение в случае нарушения заземления с направлением вперед.



**Схема 49:** Векторные диаграммы направленной защиты при нарушении заземления (изолированные сети  $\cos \varphi$ )

Так же, как и у систем с изолированными нейтралью, используется функция для направленной защиты при нарушении заземления. Как показано на следующей иллюстрации, используется установка "заземлено" или  $\cos \varphi$ . для определения направления необходимо задать время задержки примерно от 500 до 1000 мсек. Направление вперед появляется если нарушение заземления обнаружено в направлении линии. Если необходимо предусмотреть и другое направление, вывод ВО должен быть соединен с внешним временем задержки в FUPLA, используя ту же настройку, как упомянуто выше.



**Схема 50:** Настройка системы с компенсацией нарушения заземления катушкой Петерсона

Примечание

Для проверки направления действия рекомендуется определить величину однофазного тока и величину индуктивного ведущего однофазного напряжения. В таком случае считается, что терминал трансформатора тока К или Р1 указывает по направлению к шине и что терминал L или Р2 по направлению линии

Примечание

Так как ток сбоя 10 А ответвляется в направлении соединения с фидером, и, соответственно, станет меньше, для выявления нарушения необходимо использовать трансформатор тока с относительно низким номинальным током. Рекомендуется использовать трансформатор тока кабельного типа.

### 6.3.6.3 Система с заземлением с низким сопротивлением

В системах с заземлением с низким сопротивлением направленная защита обычно используется как запасная. Тем не менее, в этом случае также необходимо относительно быстрое выключение. Настройка зависит от использованного типа заземления.

#### Заземление низкого сопротивления с противодействием

В случае когда для заземления с низким сопротивлением используется противодействие, при настройке необходимо выбрать 'изолированный' или  $\sin \varphi$ . Тем не менее, при настройке направления необходимо выбрать реверсированное направление для того, чтобы можно было выявлять нарушения заземления в направлении линии.

---

#### Примечание

Для проверки направления действия рекомендуется определить величину однофазного тока и величину индуктивного ведущего однофазного напряжения. В таком случае считается, что терминал трансформатора тока К или Р1 указывает по направлению к шине и что терминал L или Р2 по направлению линии

#### Заземление низкого сопротивления с резистором

Если для заземления с низким сопротивлением используется резистор, при настройке нужно выбрать 'заземленный' или  $\cos \varphi$ . При этом используется та же настройка направления с тем, чтобы можно было выявлять нарушения заземления по направлению к линии.

---

#### Примечание

Для проверки направления действия рекомендуется определить величину однофазного тока и величину индуктивного ведущего однофазного напряжения. В таком случае считается, что терминал трансформатора тока К или Р1 указывает по направлению к шине и что терминал L или Р2 по направлению линии.

### 6.3.7 Чувствительная защита заземления

Особенно в сетях с сильной гармоникой или в сетях, подвергаемых значительным помехам при частоте  $16 \frac{2}{3}$  Гц от железнодорожных систем, необходимо использовать так называемую чувствительную защиту.

Отличие от предыдущих функций состоит в том, как обрабатываются измеренные величины и в конфигурации измерительных преобразователей или датчиков. Сначала на основе измеренных значений в нейтральной системе определяется базовая гармоника, т.е. на основе напряжения нейтральной точки заземления и тока заземления с помощью алгоритма DFT (DFT = discrete Fourier transformation).

Напряжение нейтральной точки заземления вычисляется как сумма трех напряжений проводник-заземление. Следовательно, соединение с трансформаторами нулевого напряжения или с открытой дельта обмоткой в трансформаторе напряжения не нужно. Ток заземления должен быть получен с

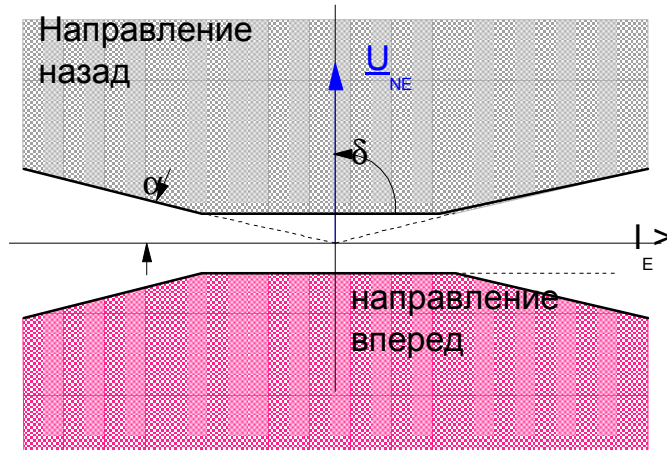
кабеля трансформатора тока, номинальный ток которого должен быть как можно ниже. Измеренные значения кабельного трансформатора тока должны быть всегда на 17-ом вводе. В сетях с компенсацией нарушения заземления пропорция эффективной мощности нейтральной системы (схема  $\cos \varphi$ ) обычно вычисляется и оценивается для определения направления. В отличие, в сетях с изолированной нейтралью нейтральной системы необходимо использовать пропорцию нейтральной мощности (схема  $\sin \varphi$ ).

Если ответное время тока заземления и установленное значение напряжения нейтрального заземления превышены, стартует защитная система. Установка напряжения нейтрального напряжения основана на нейтральном напряжении, которое вычисляется как сумма фазных напряжений. При наличии старта и решения о направлении вперед защитная функция по истечении времени задержки, которое можно регулировать, выдает сигнал выключения. Если принято решение о направлении назад, выдается сигнал "ВО" (блокирующий вывод).

Примечание

Индикация нарушения заземления в заднем направлении немедленно посылается на вывод ВО. В этом случае защитная функция не ждет истечения времени задержки. Сигнал ВО может быть при необходимости использоваться для сравнения сигналов.

Для обеспечения необходимой чувствительности и различительной способности для выявления нарушения заземления на оборудовании REF542plus ответные характеристики возможно дополнительно регулировать. На следующей схеме изображена форма ответных характеристик.

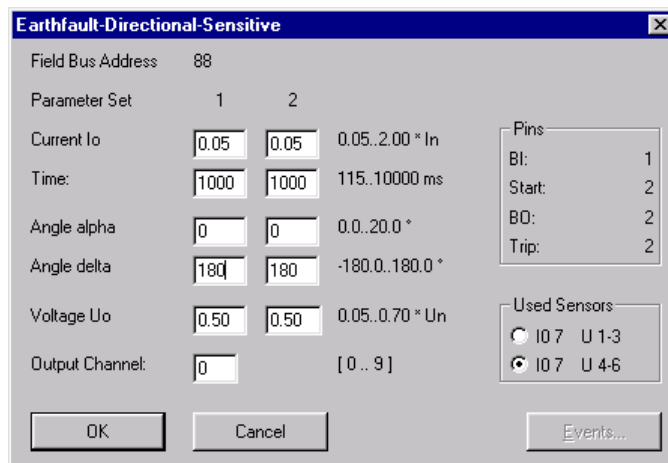


**Схема 51:** Характеристика направленного чувствительного нарушения заземления для сетей с компенсацией нарушения заземления (схема  $\cos \varphi$ ).

Параметр  $\delta$  предлагает возможность различной установки угла между измеренными значениями пропорциональными току и напряжения  $-180^\circ$  до  $180^\circ$ . Это позволяет возможность компенсировать возможные фазовые ошибки измеренных значений, представленных в сети. Например, если можно предположить, что фазовые ошибки могут быть проигнорированы, в сети с компенсацией нарушений заземления (цепь  $\cos$ ) угол  $\delta$  должен быть равен  $180^\circ$ . В отличие от этого, в сетях с изолированной нейтральной точкой (цепь  $\sin j$ ) устанавливается угол  $90^\circ$  (индуктивный). Если фазовая ошибка не должна игнорироваться, необходимо исправить настройку.

Другой параметр  $\alpha$  используется для улучшения распознавания направления. Этот угол может подавить возможный ложный ответ о направлении. Это значит, что должны отвечать только направленные защитные функции заземления, которые находятся в непосредственной близости к месту нарушения.

Установленное значение  $I_E >$  дает параллельное смещение от оси ответных характеристик. На вышеуказанной схеме ответные характеристики для сети с компенсацией нарушения заземления (цепь cos)  $\delta$  показано равным  $180^\circ$ . Смещение горизонтальной оси устанавливается ответным временем  $I_E$ . Ответная характеристика направления вперед или назад должна быть сбалансирована. При настройке сети с изолированной нейтральной точкой (цепь sin j), ответные характеристики должны быть смещены параллельно вертикальной оси.



**Схема 52** Настройка системы с компенсацией нарушения заземления катушкой Петерсона

Пример настройки чувствительной направленной защиты заземления показан на иллюстрации выше. Угол направления, называемый «угол дельта», который определяет рабочее направление, должен быть установлен на  $180^\circ$ . Открывающий угол, называемый «угол альфа», должен быть установлен на ноль. Открывающий угол может быть увеличен только при необходимости.

### 6.3.8 Функция нарушение заземления IDMT

Зависимая защита заземления с таймером IDMT, является функцией со временем задержки и гиперболическими характеристиками текущего времени. Функция нарушения заземления IDMT, в которой можно выбрать четыре характеристики, может быть активирована в REF542:

- Средняя инверсия,
- Большая инверсия,
- Предельная инверсия
- Длительная инверсия.

Для каждого этапа зависимого нарушения заземления можно конфигурировать два набора параметров.

Эта функция конфигурируется с одной фазой. Это позволяет использовать вариант вычисления тока нарушения заземления от суммы трех фазных токов. Это можно сделать в сетях с нейтральным заземлением низкого сопротивления, в которых токи нулевой последовательности не появляются с другой настройкой.

Второй вариант предлагает соединить измерительный ввод тока нарушения заземления с отдельным трансформатором остаточного тока. Этот вариант необходимо использовать в сетях с высоким сопротивлением, с компенсированной или изолированной нейтральной точкой. При этом возникает очень незначительный ток нарушения заземления. С этой целью в первичной цепи включен отдельный трансформатор остаточного тока. Его можно легко установить с кабельными фидерами в качестве конвертируемого трансформатора.

Если фактор превышает 1.14, сначала происходит активация защитной функции. Если ответное время превышает установленное время, происходит отключение. Время задержки при этом зависит от величины тока и выбранной характеристики текущего времени. Формула для отключения в соответствии с британским стандартом (BS) 142 и стандартом IEC 60255-3:

$$t = \frac{k \beta}{(I/I_{EB})^\alpha - 1} \qquad t = \frac{k}{(G/G_S)^\alpha - 1}$$

BS142

IEC60255-3

t: Время до отключения защитной функции при поддерживаемом сверхтоке

k: Параметр кривой (0 < k < ∞ (BS 142) или значение времени (IEC 60255-3)

α: Постоянная в соответствии с нижеприведенной таблицей

β: Постоянная в соответствии с нижеприведенной таблицей (BS 142)

I/I<sub>EB</sub> : Фактор нарушения тока

I = G: Реальный измеренный ток, трансформированный измерительным преобразователем / датчиком

I<sub>EB</sub> = G<sub>S</sub> : Базовое установленное значение тока, минимальный ток, при котором активируется защита

В следующей таблице приведены значения двух постоянных β и α для четырех различных характеристик. Для соблюдения установленных групп кривых используется формула в соответствии со стандартом BS 142 и коэффициент k от 0.1 до 1 увеличивается на 0.1

Характеристики	α (BS142)	β (BS142)	k (IEC 255)
Средняя инверсия	0.02	0.14	0.14
Большая инверсия	1.0	13.5	13.5
Предельная инверсия	2.0	80.0	80.0
Длительная инверсия	1.0	120.0	120.0

## 6.4 Защита напряжения

### 6.4.1 Защита при сверхнапряжении

На REF542*plus* есть две защитные функции перенапряжения с определенным временем, которые можно активировать и настраивать независимо друг от друга:

- Сверхнапряжение незначительное,
- Сверхнапряжение значительное
- Сверхнапряжение мгновенное.

Каждую защитную функцию сверхнапряжения с таймером можно конфигурировать на одну, две или три фазы. Все функции защиты при перенапряжении оценивают значения  $gms$ , мгновенную функцию перенапряжения, а также  $1/\sqrt{2}$  раза пиковое значение линейного напряжения. При превышении установленного ответного времени функция будет отключена.

Для функции защиты при перенапряжении, как и для функции защиты при сверхтоке, используют координаты с временной градацией. Пример градации показан на следующей схеме.

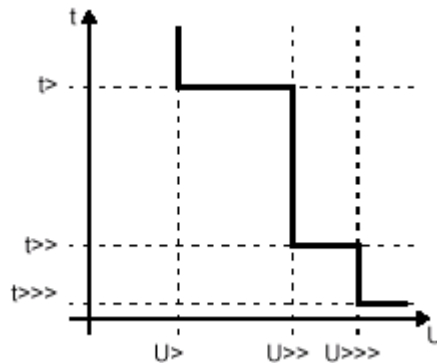


Схема 53: Градация ответа сверхнапряжения.

Для каждой из трех защитных функций при сверхнапряжении можно конфигурировать два набора параметров.

### 6.4.2 Защита при недостаточном напряжении

На REF542*plus* есть три защитные функции недостаточного напряжения, которые можно активировать и настраивать независимо друг от друга:

- Недостаточное напряжение, незначительное.
- Недостаточное напряжение, значительное.
- Недостаточное напряжение, мгновенное.

Каждую защитную функцию недостаточного напряжения с таймером можно конфигурировать на одну, две или три фазы. При превышении установленного ответного времени функция будет отключена

Для функций защиты при недостаточном напряжении используют координаты с временной градацией. Пример градации показан на следующей схеме.

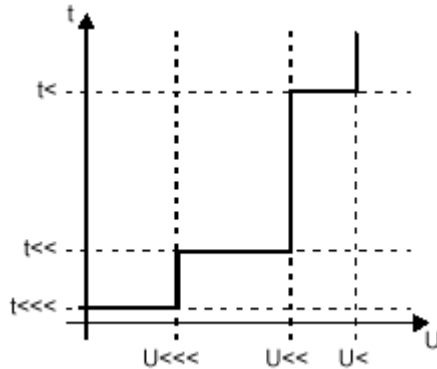


Схема 54: Этапы ответа при недостаточном напряжении

Так как при отключении фидера на нем нет напряжения, защитная функция недостаточного напряжения остается активированной. Фидер нельзя включить опять. Поэтому соответствующий конфигурационный диалог предоставляет возможность отключения функции недостаточного напряжения если напряжение будет в пределах от 0 до 40% ответного времени. Нижеприведенная схема показывает как это действует.

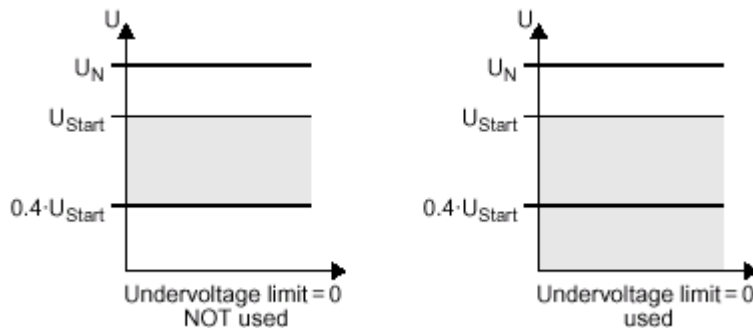


Схема 55: Конфигурация лимита недостаточного напряжения = 0

Если уровень напряжения с 40% ответного времени слишком высок, функцию недостаточного напряжения можно заблокировать через служебный контакт выключателя. Тогда продолжительность выключения фидера отразится на стороне отключения. После того, как блокирование выключателя отключено служебным контактом выключателя, активация функции недостаточного напряжения должна быть задержана. В противном случае она будет отключена немедленно, так как ее собственное время задержки истекло задолго до этого в течение процесса блокирования.

Для каждой из трех функций защиты при недостаточном напряжении можно использовать два набора параметров.

### 6.4.3 Защита при остаточном сверхнапряжении

На REF542plus есть две функции защиты при остаточном сверхнапряжении, которые можно активировать и настраивать независимо друг от друга:



- Остаточное сверхнапряжение, значительное
- Остаточное сверхнапряжение, незначительное.

Обе функции используют значения остаточного напряжения, которые соединены с ними через внешнюю нейтраль к трансформатору напряжения заземления. В качестве альтернативы возможно использовать сумму измеренных фазных напряжений.

Как только ответное время превышено, активируется защитная функция. Если ответное время превысит установленное время задержки, защитная функция будет отключена.

Для каждой из двух функций защиты при остаточном сверхнапряжении можно конфигурировать два набора параметров.

## **6.5 Защита мотора**

Ущерб, нанесенный дефектами в электрических приводах, может причинить не только необходимость в проведении сложных ремонтных работ, но и привести к потерям в производстве.

Для сведения к минимуму последствий нарушений, необходимо быстро выявлять избыточную нагрузку и дефекты изоляции. Поэтому защитное оборудование, особенно для высоковольтных моторов, принимает форму цифрового защитного устройства— такого как REF542*plus*. Это позволяет адаптировать машинные характеристики, а также экономить место.

Защитные функции, описанные в последующих главах, предоставлены для защиты мотора от избыточных нагрузок и сбоев.

### **6.5.1 Термическая защита мотора**

Из защитных функций мотора защита от термической перенагрузки является одной из ключевых для наблюдения за допустимыми температурами мотора с точки зрения потенциальной рабочей перенагрузки. Согласно национальным и международным стандартам REF542*plus* использует термическую картину с функцией полной памяти. Перед началом работы необходимо настроить

следующие

параметры.

**Схема 56:** Конфигурационный диалог для настройки термической перенагрузки

При этом:

$T_{nom}$ ( $\vartheta_{Mn}$ )	Номинальная температура (допустимая температура) мотора
$I_{nom}$	Номинальный ток (Значения тока на первичной стороне) мотора
$T_{ini}$	Начальная температура в теплых условиях содержания памяти после включения или после повторного появления служебного напряжения для источника питания.
$TimeConst I < 0.1 I_e$ ( $\tau_{off}$ )	Постоянная времени охлаждения $I < 0,1 I_{mn}$ (мотор в спокойном состоянии)
$TimeConstNormal$ ( $\tau_{NORMAL}$ )	Постоянная времени нагревания при $0,1 I_{mn} < I < 2 I_{mn}$ (мотор в рабочем состоянии)
$TimeConst I > 2 I_e$ ( $\tau_{FAULT}$ )	Постоянная времени нагревания при $I > 2 I_{mn}$ (мотор в условиях старта)
Max. Temp. ( $\vartheta_{MAX}$ )	Установленное значение температуры выключения
Warn. Temp ( $\vartheta_{WARN}$ )	Установленное значение температуры для предупреждения
Enviro. Temp ( $\vartheta_U$ )	Установленное значение окружающей температуры
Op.Time	Дополнительное время задержки для выключения

Примечание

Для правильной настройки защиты мотора необходимо иметь соответствующие технические данные мотора

### 6.5.1.1 Установка временной постоянной

В данном примере предполагается, что мотор является роторно-критическим. Поэтому предполагается, что постоянная времени нагревания остается неизменной на всем диапазоне значений тока  $I > 0.1 I_n$ . Поэтому установка  $\tau_{\text{FAULT}}$  (временная постоянная  $I > 2 I_e$ ) и  $\tau_{\text{NORMAL}}$  (нормальная временная постоянная) должны быть идентичными.

Для установки временной постоянной можно предположить, что термическая память заполнена если холодный мотор остается заблокированным по истечении времени блокирования. Из следующей зависимости можно вывести равенство:

$$\tau_{\text{NORMAL}} = \frac{t_e(\text{cold})}{\ln \frac{(I_e/I_{Mn})^2}{(I_e/I_{Mn})^2 - 1}}$$

где  $\tau_{\text{NORMAL}}$  – постоянная времени нагревания (необходимо определить в роторно-критическом моторе, которая должна быть равной установленному значению  $\tau_{\text{FAULT}}$ . Далее,  $t_e$  (холодн.) максимальное допустимое время блокирования в условиях холодного мотора,  $I_e$  – возникающий ток блокирования,  $I_{Mn}$  – номинальный ток мотора. Если значение тока блокирования неизвестно, вместо него можно использовать значение максимального стартующего тока.

Постоянная времени нагревания  $\tau_{\text{NORMAL}}$  для моторов, не являющихся роторно-критическими обычно может быть выше, чем выше упомянутая постоянная времени нагревания. Рекомендуется проконсультироваться в этом вопросе с производителем мотора. Если этот параметр неизвестен, можно использовать значение временной константы  $\tau_{\text{FAULT}}$ , так как в этом случае ожидается преждевременное выключение.

Постоянная времени охлаждения для мотора в спокойном состоянии  $\tau_{\text{OFF}}$  временная постоянная  $I < 0,1 I_e$  должна хотя бы в 3 - 5 раз превышать  $\tau_{\text{NORMAL}}$ . В этом случае также рекомендуется проконсультироваться с производителем мотора.

### 6.5.1.2 Установка температуры

После вычисления временных постоянных необходимо определить термическую память. Для этого необходимо установить пределы температуры для термической памяти. При  $\vartheta_{Mn}$ , номинальная температура для мотора должна быть установлена на величину верхнего предела. Номинальная температура = это температура, развивающаяся во время устойчивого состояния работы мотора при номинальном токе. Верхний предел можно узнать из нижеприведенной таблицы если известен класс термической стабильности.

**Таблица 4:** Класс термической стабильности

Класс терм. стабильности	Y	A	E	B	F	H	C
Продолж. температура (°C)	90	105	120	130	155	180	> 180

Если класс термической стабильности неизвестен, будет целесообразным выбрать для верхней границы температуру 120°. После этого окружающая температура  $\vartheta_u$  (температура среды) вводится в качестве нижнего предела, например, 20 °С. Разница между верхним и нижним пределом обычно представляет собой 100 % заполнения термической памяти. В выбранном примере, 100°С соответствует 100% заполнения памяти.

Теперь можно определить значения температуры для предупреждения или выключения. Если температура выключения будет выбрана равной номинальной температуре мотора, выключение произойдет при 100 % заполнения памяти. Если производитель мотора допускает более высокую температуру выключения, содержание памяти можно увеличить, увеличив температуру выключения. Например, если выключение должно произойти при 110% заполнения памяти, в таком примере температура выключения — при выбранной окружающей температуре — будет  $T_{\max}$  или  $\vartheta_{\max} = 110^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} = 130^\circ\text{C}$ .

Время отключения можно вычислить с помощью следующего равенства:

$$t = \tau \ln \frac{\left(\frac{I}{I_{Mn}}\right)^2 - \frac{\vartheta_p - \vartheta_u}{\vartheta_{Mn} - \vartheta_u}}{\left(\frac{I}{I_{Mn}}\right)^2 - \frac{\vartheta^* - \vartheta_u}{\vartheta_{Mn} - \vartheta_u}}$$

при этом  $I$  - реальный ток нагрузки,  $I_{Mn}$  - номинальный ток мотора,  $\vartheta_p$  - температура, возникающая после начальной нагрузки,  $\vartheta_u$  - окружающая температура,  $\vartheta_{Mn}$  - номинальная температура мотора, и  $\vartheta^*$  - предельная температура для предупреждения или выключения.

Если для сравнения привести пример термической защиты мотора без функции полной памяти, начальная нагрузка не принимается во внимание. В таком случае температура для начальной нагрузки выбирается равной окружающей температуры  $\vartheta_u$ . Температура выключения  $\vartheta^*$  обычно устанавливается на температуру, которая развивается во время работы мотора при номинальном токе  $\vartheta_{Mn}$ . Это упрощает равенство:

$$t = \tau \ln \frac{\left(\frac{I}{I_{Mn}}\right)^2}{\left(\frac{I}{I_{Mn}}\right)^2 - 1}$$

В этот раз не принимается во внимание начальная нагрузка и предполагается, что выключение произойдет при 100% заполнения памяти. Для выключения при более высоком заполнении памяти, например 110%, как в вышеприведенном примере, знаменатель соответственно меняется как показано в следующем равенстве:

$$t = \tau \ln \frac{\left(\frac{I}{I_{Mn}}\right)^2}{\left(\frac{I}{I_{Mn}}\right)^2 - 1.1}$$

Если снабжение постоянного тока выключается и включается опять, термальная картина с заранее определенным содержанием памяти  $\vartheta_{INI}$  начнет вычисление. Рекомендуется устанавливать значение на 40 - 60% памяти. Например, при установке 40% заполнения памяти определение выводится от установки температуры  $\vartheta_{Mn}$  и  $\vartheta_U$ , сначала для полной памяти. Необходимо заметить, что в теплых условиях обычно предполагается заполнение памяти от 20 до 80%.

На основе вышеприведенного примера заполнение памяти пропорционально разнице температур

$$(120 - 20) \text{ }^{\circ}\text{C} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

При предположении, что заполнение памяти 40 %, установка должна быть следующей:

$$\vartheta_{ini} = 20 + 40 = 60^{\circ}\text{C}$$

Так как установка  $\vartheta_{ini}$  соотносится с  $\vartheta_{Mn}$ , необходимо выбрать величину 50 %.

### 6.5.1.3 Установка времени

Возможно задержать выключение с помощью дополнительной установки времени. Так как максимальная допустимая температура уже была превышена, установка дополнительного времени задержки нежелательна. Поэтому рекомендуется устанавливать время задержки на самое минимальное значение, т.е. 1 сек.

### 6.5.1.4 Функциональная проверка

Для функциональной проверки необходимо оборудование для трехфазного испытания. Фазовые токи проверяются с тремя идентичными испытательными токами для того, чтобы правильно установить время выключения. Если функциональная проверка должна проводиться с однофазным испытательным оборудованием, нужно обратить внимание на тот факт, что необходимо соответственно увеличить токи. В этом случае вычисление заполнения памяти основывается на значениях отдельных фазных токах как показано в следующем равенстве.

$$I_{\text{average}} (3\text{-phase}) = \sqrt{\frac{I_{L1}^2 + I_{L2}^2 + I_{L3}^2}{3}}$$

где:

$I_{\text{average}} (3\text{-phase})$       корневое значение среднего арифметического квадратов токов нагревания при трехфазном функциональном испытании

$I_{L1}$                               Ток в фазе L1.

$I_{L2}$                               Ток в фазе L2.

$I_{L3}$                               Ток в фазе L3.

Поэтому при использовании однофазного испытательного оборудования используется только один ток нагревания:

$$I_{\text{average}} (1\text{phase}) = \sqrt{\frac{I_{L1}^2}{3}}$$

где:

$I_{\text{average}} (3\text{-phase})$       корневое значение среднего квадрата тока нагревания при однофазном функциональном испытании

$I_{L1}$                               Ток в фазе L1

В результате для однофазного испытания ток

$$I(1\text{phase}) = I(3\text{phase}) \cdot \sqrt{3}$$

необходимо увеличить на  $\sqrt{3}$  для того, чтобы получить сравнимую величину нагревания, как в случае трехфазного функционального испытания.

## 6.5.2 Защита при старте мотора

При старте мотора может произойти перенагрузка если увеличиваются продолжительность нагрузки или ток. Поведение мотора при старте зависит от силы вращения при конкретной нагрузке. В основном эти нагрузки более критичны для ротора (роторно-критический мотора) чем для стартера. Производитель определяет допустимый стартовый интеграл  $I^2 \cdot t$  для мотора. В качестве альтернативы предлагаются максимально допустимый стартовый ток и максимально допустимое стартовое время.

Стартовый интеграл тока-времени пропорционален кратковременной термической нагрузке на мотор. Он вычисляется интеграцией пути тока  $i$ (с интервалом времени от 0 до  $t_{\text{START}}$ ):

$$I^2 \cdot T = \int_0^{T_{MStart}} i(t)^2 dt$$

В упрощенной форме действует следующее равенство:

$$I^2 \cdot T = I_{MStart}^2 \cdot T_{MStart}$$

I:                              Значение rms  
T:                              Продолжительность  
i(t):                          Временный путь тока  
 $I_{MStart}$ :                      Значение rms при старте мотора  
 $T_{MStart}$ :                      Время старта мотора

Защитная функция при старте мотора на REF542plus руководит поведением мотора при старте с помощью описанных величин. Интеграл стартового тока-времени измеряется если значение тока при старте  $I_{\text{starting}}$  превышает на протяжении первых 100 мсек старта мотора. Она отключается если интеграция тока-времени превышает установленное значение  $I^2 \cdot t$ .

Старт регистрируется когда пошаговое изменение увеличивается  $I < 0.10 \cdot I_{n,M}$  (= номинальный моторный ток) до  $I > I_{\text{starting}}$  в течение 100 мсек. Стартовый сигнал переустанавливается если  $I < I_{\text{starting}}$ . Если моторный ток будет меньше  $0.10 \cdot I_{n,M}$ ,

мотор остановится. Активируется соответствующая временная константа полного охлаждения. Руководство стартом может опять реагировать на следующий старт мотора.

Защитная функция старта мотора суммирует интегралы стартового тока времени с трех проводников, делит их на три и сравнивает их с результатом  $I_{MStart}^2 \cdot T_{MStart}$ . Для вычисления этого результата используются установленные значения *start value* (стартовое значение) и *time* (время) активного набора параметров.

Функциональный блок старта мотора имеет два выходящих сигнала, которые можно использовать для контроля и блокирования в FUPLA. Защитная функция активируется (*Start*) если был выявлен старт мотора и ответное время было превышено. Если ответное время превышено хотя бы на время, установленное в параметрах, функция будет остановлена (*Trip*). Функции, доступные при сбоях в стандартной работе мотора могут блокироваться во время процедуры старта мотора.

Тем не менее, как заблокированные функции истекают после установленного времени задержки, они будут остановлены сразу после остановки блокирующего сигнала если критерий для активации все еще присутствует. Поэтому вниз по течению от блокирующего сигнала необходимо установить цепь с задержанным временем переустановки (наклонная задержка). Это позволит задержать блокирование на время, пока моторный ток снизится от стартового ответного значения  $I_{starting}$  на номинальный моторный ток  $I_{n,M}$ . Рекомендуется установка 1% стартового времени мотора в качестве задержанного времени переустановки.

Сигнал старта (*START*) считается с холодными и теплыми стартами и их также необходимо конфигурировать в FUPLA.

Можно конфигурировать два набора параметров для функции управления стартом.

### 6.5.3 Блокирование ротора

Защитная функция блокирования ротора на вводе *BS* блокируется через тахометрический генератор или переключатель скорости, который посылает определенный сигнал с определенной скоростью. Если ротор наблюдаемого мотора заблокирован, недостающий сигнал скорости обеспечит, чтобы функции сверхтока, интегрированная с защитной функцией, продолжала оставаться активной. Если установленное ответное время (*start value*) превышено, функция будет сначала активирована. Если ответное время превышено на время задержки, установленное в параметрах (*Trip*), функция будет отключена.

Защитную функцию как таковую можно использовать без сигнала скорости. Тем не менее, в таком случае необходимо выбрать порог выключения и период задержки таким образом, чтобы не отключить стандартную процедуру старта. Преимуществом быстрого выключения возможно только с сигналом скорости. Сигнал выключения в таком случае может быть послан за более короткое время, чем установленное стартовое время мотора если сигнал скорости не получен.

#### Примечание

Сигнал с тахометрического генератора или с индикатора *grm* должны быть в FUPLA для блокирования защитной функции ротора

#### 6.5.4 Количество стартов

REF542*plus* имеет дополнительную защитную функцию мотора, которая следит за количеством стартов мотора. Она различает холодные и теплые старты, допустимое количество которых обычно определяется производителем мотора. Если производитель не предоставил эту информацию, в соответствии с нормами IEC 60034 и IEC 60050 рекомендуется три холодных и два теплых старта. Для подсчета стартов используется стартовый сигнал (вывод *Start*) защитной функции. Это нужно настроить в FUPLA.

Вычисление температуры определяет, можно ли считать старт холодным или теплым. Температуру, с которой начинается теплый старт, можно установить. Если вычисленная температура будет ниже установленного значения, старт будет считаться холодным.

Период переустановки также настраивается. Это имеет две цели:

- Если старт осуществится только после нескольких допустимых попыток, насчитанное количество стартов будет переустановлено на один по истечении периода переустановки (период охлаждения).
- Если достигнуто установленное количество стартов, активируется защитная функция. Если произойдет еще один старт, защитная функция отключится. Сигнал выключения (вывод TRIP) остается в силе до тех пор, пока не истечет период переустановки. Стартующий блок можно запрограммировать в FUPLA с этим предупреждающим сигналом.

При наладке периода переустановки необходимо принять во внимание информацию производителя мотора о периоде охлаждения.

Для функции количества стартов можно конфигурировать два набора параметров.

### 6.6 Дистанционная защита

Дистанционная защита предназначена для защиты смешанных высоковольтных сетей и простых высоковольтных сетей. В таком случае режим использования нейтральной точки не играет роли. Дистанционная защита состоит из следующих подчиненных функций:

- Старт,
- Определение полного сопротивления,
- Направленная память
- Логика выключения.

#### 6.6.1 Функция

Функция старта предусмотрена для проверки наличия сбоя и выборочно для определения типа сбоя. Необходимые измеряемые величины для определения полного сопротивления и принятия решения о направлении выбираются в зависимости от типа сбоя. Как только определено направление и определена зона возникновения сбоя, для определения времени выключения в соответствии с установленной характеристикой времени полного сопротивления используется логика выключения.



Дистанционная защита также включает функцию автопереключения, в последующем также называемой AR. Это позволяет проводить короткие отключения. Возможно максимум два автопереключения. Необходимо принять во внимание, что после второго автопереключения силовому выключателю будет необходимо больше нерабочего времени для восстановления полного цикла включения-выключения.

Имеется также защитная функция сравнения сигнала, с которой может быть выборочно защищена короткая линия. Для этого необходима пара пилотных проводов для обмена сигналами.

Для функционирования системы важно обнаружить где находится сбой как можно раньше после его возникновения, чтобы предотвратить последствия. Так как высоковольтные сети обычно расположены на больших пространствах, для функционирования сети необходимо прослеживание информации в километрах после того как сбой приведет к выключению. С этой целью в дистанционную защиту входит также обнаружитель сбоя, который может определить расстояние до места происхождения сбоя на основе измеряемого полного сопротивления. Он вычисляет расстояние в километрах до нарушения от противодействия носителя или кабеля.

Как только сбой в системе остановлен и обнаружено его местонахождение, для оператора сети может быть интересным проанализировать сбой с последовательностью нарушающих переменных и сигнализирующих событий. Для этой цели REF542plus предоставляет функцию записи нестандартных системных данных.

Функция записи нарушений стартует либо с помощью внешнего сигнала (через бинарный ввод) или с помощью сигнала с дистанционной защиты. Общий старт, общие выводы старта или выключения могут быть использованы для этой цели.

Если запись нарушений стартует с общим стартовым сигналом, переменные нарушений будут записываться для каждого сбоя, происходящего в сети, в которой дистанционная защита находится в рабочем состоянии на основе активации настройки. Но если запись должна осуществляться только в случае возникновения сбоя в защищенной зоне дистанционной защиты, запись нарушений должна стартовать вместе с сигналом отключения.

В сетях с изолированной нейтральной точкой или с компенсацией нарушения заземления к дистанционной защите можно добавить функцию направленной защиты заземления.

Также предоставлена возможность переключать функцию дистанционной защиты на функцию защиты при сверхтоке. Эту процедуру обычно называют аварийной защитой при сверхтоке с определенным временем, она необходима когда из-за сбоя в работе MCB нельзя получить вводные значения напряжения. Функция программирования (FUPLA), предоставленная в конфигурационной программе, должна использоваться для блокирования дистанционной защиты с помощью сигнала бинарного ввода.

FUPLA также помогает внедрить другие дополнительные логики. Это позволяет очень легко внедрить дополнительные цепи, необходимые для конкретного проекта.

## **6.6.2 Аналоговые входы**

Измеренные величины пропорциональные току и напряжению необходимы для дистанционной защиты.

Линейные токи и фазные напряжения всегда организованы в группах по три. При этом можно конфигурировать следующие комбинации:

- Измерительный ввод 1,2,3:  
Трансформатор тока или датчик в линии L1, L2, L3,
- Измерительный ввод 4,5,6:  
Трансформатор напряжения или датчик в линии L1, L2, L3,

или

- Измерительный ввод 1,2,3:  
Трансформатор напряжения или датчик в линии L1, L2, L3,
- Измерительный ввод 4,5,6:  
Трансформатор тока или датчик в линии L1, L2, L3,

Седьмой измерительный ввод обычно предназначен для получения измеренных значений тока для направленного ватт-метрического контроля при нарушении заземления.

### 6.6.3 Старт

Функция старта в дистанционной защите предназначена для того, чтобы выявлять сбои в сети быстро и выборочно. Ее активация должна обеспечить надлежащее функционирование дистанционной защиты как в сетях с заземлением с высоким сопротивлением, так и в сетях с заземлением с низким сопротивлением. При этом заземление с высоким сопротивлением значит, что сеть функционирует с изолированной нейтральной точкой или с компенсацией нарушения заземления. Дистанционная защита должна также функционировать правильно когда сеть переключается с компенсации нарушения заземления к заземлению низкого сопротивления на короткое время.

Активация при соответствующем выборе измеряемых величин должна быть способна адаптироваться к изменяемой мощности в сети. В течение дня минимальный ток обычно значительно выше чем максимальный возникающий ток нагрузки из-за наличия высокой мощности фазного нарушения. На протяжении этого периода одного старта сверхнапряжения достаточно для быстрого и выборочного выявления нарушения.

Тем не менее, ночью мощность фазного нарушения может увеличиться в такой мере, что ток нарушения может быть меньше чем вышеупомянутый ток нагрузки. В этих условиях надежное выявление нарушение невозможно без обработки информации о напряжении.

Для обеспечения бесперебойного функционирования с дистанционной защитой во всех ситуациях активация состоит из:

- Старт сверхтока  $I >$ ,
- Старт тока нарушенного заземления  $IE >$  и
- Старт сверхтока, контролируемый напряжением  $UF </ IF >$

Старт сверхтока  $I >$  используется для наблюдения за литейными токами, превышающими пороговые значения. На следующей схеме показана соответствующая обработка сигнала.

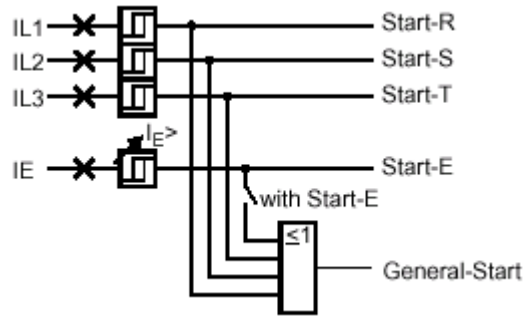


Схема 57: Логическая схема старта сверхтока

Если критерий сверхтока в проводнике превышен, появляются стартовые сигналы Start-R, Start-S и Start-T для соответствующего проводника. Сигнал Start-E зависит от тока заземления, который вычисляется от суммы всех линейных токов. После этого вырабатывается сигнал общего старта General-Start взаимно связующий все стартовые сигналы (возможен также вариант с сигналом Start-E). Тем не менее, необходимо заметить, что настройка старта Start-E выбирается для предотвращения старта вследствие нарушения заземления, возникающего в сети с изолированной нейтральной точкой или с компенсацией нарушения заземления.

Старт сверхтока с контролем напряжения основан на взаимосвязи между нижней точкой тока  $I_F >$  и нижней точкой напряжения  $U_F <$ . Системное напряжение в этом случае должно быть меньше установленной нижней точки напряжения  $U_F <$  и соответствующий линейный ток должен превышать нижнюю точку тока  $I_F >$ .

Как показано на следующей схеме, сигналы старта для двух- или трехполюсного нарушения без земного контакта формируются из комбинации двух линейных токов, каждый с соответствующим внешним напряжением с фазы на нейтраль. Вырабатывается только один сигнал старта если токи нижней точки в двух проводниках превышены и выполнены условия недостаточного напряжения внешнего напряжения с фазы на нейтраль.

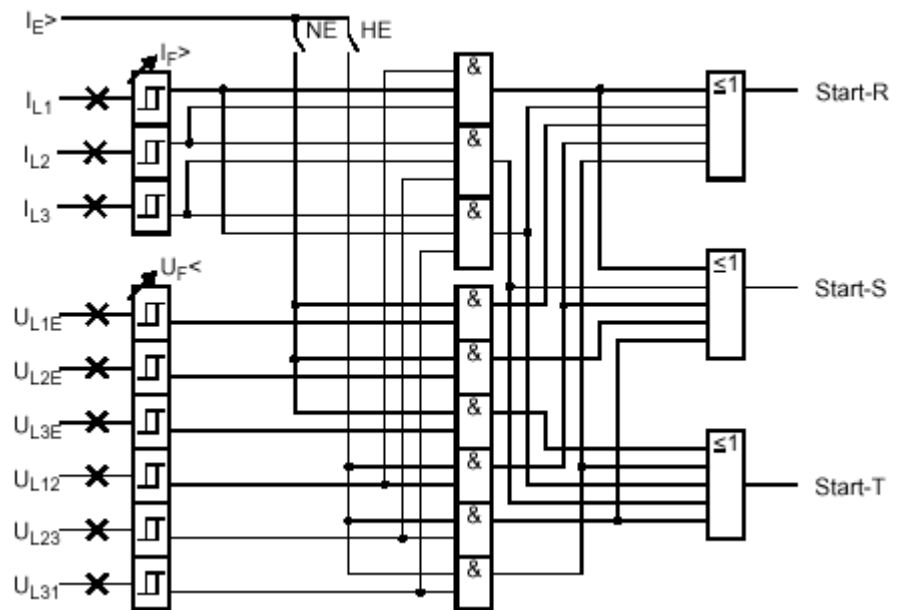


Схема 58: Логическая схема старта сверхтока с контролем напряжения

В случае нарушений контакта заземления, в зависимости от отношения к нейтрали с током заземления комбинируются только фазное напряжение или линейный ток. В этом случае наличие тока заземления уже достаточно для обнаружения состояния нарушенной системы. При этом линейные токи не контролируются. Наконец, для выявления поврежденного проводника используется наблюдение за условием недостаточного напряжения.

В сетях с заземлением низкого сопротивления сигнал с тока заземления связан с сигналом напряжения фаз. Напротив, в сетях с заземлением высокого сопротивления сигнал с тока заземления логично комбинируется с сигналами внешнего напряжения с фазы на нейтраль. Комбинация с внешним напряжением с фазы на нейтраль позволяет осуществление старта только при обширном сбое.

Логические взаимные соединения (алгебра Буля) сигналов для формирования соответствующих сигналов старта формулируются следующим образом:

Для сетей с заземлением высокого сопротивления:

$$\text{Start R} = \text{IR} > \vee \{(\text{IFR} > \wedge \text{IFS} > \wedge \text{UFRS} <) \wedge (\text{IFT} > \wedge \text{IFR} > \wedge \text{UFTR} <)\} \\ \vee \{(\text{IE} > \wedge \text{UFRS} <) \wedge (\text{IFR} \wedge \text{IE} > \wedge \text{UFTR} <)\}$$

$$\text{Start S} = \text{IS} > \vee \{(\text{IFS} > \wedge \text{IFT} > \wedge \text{UFST} <) \wedge (\text{IFR} > \wedge \text{IFS} > \wedge \text{UFRS} <)\} \\ \vee \{(\text{IE} > \wedge \text{UFST} <) \wedge (\text{IFS} \wedge \text{IE} > \wedge \text{UFRS} <)\}$$

$$\text{Start T} = \text{IT} > \vee \{(\text{IFT} > \wedge \text{IFR} > \wedge \text{UFTR} <) \wedge (\text{IFS} > \wedge \text{IFT} > \wedge \text{UFST} <)\} \\ \vee \{(\text{IE} > \wedge \text{UFTR} <) \wedge (\text{IF}_T \wedge \text{IE} > \wedge \text{UF}_{ST} <)\}$$

и для сетей с заземлением низкого сопротивления:

$$\text{Start R} = \text{IR} > \vee \{(\text{IFR} > \wedge \text{IFS} > \wedge \text{UFRS} <) \wedge (\text{IFT} > \wedge \text{IFR} > \wedge \text{UFTR} <)\} \\ \vee \{(\text{IFR} \wedge \text{IE} > \wedge \text{UFRE} <)\}$$

$$\text{Start S} = \text{IS} > \square \{(\text{IFS} > \wedge \text{IFT} > \wedge \text{UFST} <) \wedge (\text{IFR} > \wedge \text{IFS} > \wedge \text{UFRSRS} <)\} \\ \vee \{(\text{IFS} \wedge \text{IE} > \wedge \text{UFSE} <)\}$$

$$\text{Start T} = \text{IT} > \vee \{(\text{IFT} > \wedge \text{IFR} > \wedge \text{UFTR} <) \wedge (\text{IFS} > \wedge \text{IFT} > \wedge \text{UFST} <)\} \\ \vee \{(\text{IF}_T \wedge \text{IE} > \wedge \text{UF}_{TE} <)\}$$

∨: межсоединение OR (ИЛИ)

∧: межсоединение AND (И)

Примечание

В сетях с кратковременным заземлением низкого сопротивления необходимо выбрать тип сети «заземление низкого сопротивления».

## 6.6.4 Выбор фазы

Сети с изолированной нейтральной точкой или с компенсацией нарушения заземления из-за зависимости функционирования сети от энергоснабжения не должны отключаться при нарушении заземления. Тем не менее, если нарушение заземления становится обширным перекрестным сбоем, можно отключить одну или две нижних точки нарушения заземления.

Для координации отключения нижней точки нарушения заземления в дистанционном управлении запрограммирован выбор фазы. Это позволяет отключить проводник с нарушенным заземлением в соответствии с установленной последовательностью. Можно установить следующие последовательности:

- Ациклическая: L3 перед L1 перед L2
- Циклическая: L1 перед L2 перед L3 перед L1
- Ациклическая: L1 перед L3 перед L2
- Циклическая: L3 перед L2 перед L1 перед L3

Например, если в дистанционном управлении установлена ациклическая последовательность L3 перед L1 перед L2, в случае обширного нарушения L2-L3-E сначала будет отключена нижняя точка проводника L3. Нарушение заземления в проводнике L2 останется активным пока он не будет отключен системным центром управления после соответствующего переключающего действия в сети.

Примечание

Для обеспечения нормального функционирования последовательности проводников измеренные величины фазных напряжений должны быть правильно соединены (правильная фазная последовательность).

### 6.6.5 Определение полного сопротивления

После того, как старт уловит нарушение и правильно его выявит, вычисляется полная величина полного сопротивления. Дискретная трансформация Фурье (DFT) используется для вычисления соответствующих реальных и мнимых компонентов от оцифрованного тока и измеренных измерений пропорциональных напряжению. DFT используется при этом, так как измеренные величины обычно искажены переходными влияниями и помехами с изменяемой частотой. DFT позволяет устранить помехи, превышающие базовую частоту, так эффективно, что улучшается вычисление полного сопротивления.

Равенство для вычисления реального и мнимого компонента переменной тока с DFT показано в следующем примере:

Реальный компонент: 
$$Re\{I\} = \frac{2^{n-1}}{n_{k=0}} i_k \cdot \cos\left(\frac{k \cdot 2\pi}{n}\right)$$

Мнимый компонент: 
$$Im\{I\} = \frac{2^{n-1}}{n_{k=0}} i_k \cdot \sin\left(\frac{k \cdot 2\pi}{n}\right)$$

Модельная частота REF542 равна 1.2 кГц. Количество модельных значений  $n$  равно 24 при частоте в сети 50 Гц.

После вычисления реального и мнимого компонентов полное сопротивление определяется с помощью следующего соотношения для двухполюсного нарушения без заземляющего контакта:

$$Z_{L-L} = \frac{U_{L-L}}{I_{L-L}}$$

$Z_{L-L}$  – это полное сопротивление нарушения, которое необходимо определить и  $U_{L-L}$  или  $I_{L-L}$  – соответствующие переменные напряжения или тока. Обе переменные соответствуют геометрической разнице напряжения или токов в соответствующих проводниках.

Следующее равенство можно использовать при нарушении с заземляющим контактом:

$$Z_{L-E} = \frac{U_{L-E}}{I_L + k \cdot I_E}$$

$Z_{L-E}$  опять означает полное сопротивление при нарушении, которое необходимо определить,  $U_{L-E}$  или  $I_L$  – это соответствующие переменные напряжения или тока соответствующего проводника и  $I_E$  – ток заземления как сумма всех линейных токов.

$$I_E = I_R + I_S + I_T$$

Тем не менее, для финального вычисления полного сопротивления ток заземления необходимо откорректировать комплексным фактором заземления  $k$  как показано ниже:

$$k = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{Z_0}{Z_1} - 1 \right)$$

При этом  $Z_0$  – полное сопротивление нейтральной системы и  $Z_1$  – полное сопротивление системы положительной последовательности. Положительная последовательность, негативная последовательность и нейтральная система определены в теории симметрических компонентов.

Для правильного определения всех типов нарушений необходимо вычислить шесть циклов полного сопротивления; три цикла для нарушений без заземляющего контакта и три цикла для нарушений с заземляющим контактом. Вычисление полного сопротивления при этом должно быть основано на определении полного сопротивления нарушения для нарушения между проводниками L2 и L3. Согласно вышеуказанному соотношению необходимо получить линейное напряжение  $U_{23}$  и каскадированное соединение  $I_{23}$  на основе разницы двух фазных напряжений и соответствующих линейных токов.

Линейное напряжение  $U_{23}$ :

$$\operatorname{Re}\{U_{L23}\} = \operatorname{Re}\{U_{L2}\} - \operatorname{Re}\{U_{L3}\}$$

$$\operatorname{Im}\{U_{L23}\} = \operatorname{Im}\{U_{L2}\} - \operatorname{Im}\{U_{L3}\}$$

Ток сцепления  $I_{23}$ :

$$\operatorname{Re}\{I_{L23}\} = \operatorname{Re}\{I_{L2}\} - \operatorname{Re}\{I_{L3}\}$$

$$\operatorname{Im}\{I_{L23}\} = \operatorname{Im}\{I_{L2}\} - \operatorname{Im}\{I_{L3}\}$$

После завершения операции вычисления можно получить соотношение для вычисления реального сопротивления R и реактивного сопротивления X:

$$R = \frac{\operatorname{Re}\{U_{L23}\} \operatorname{Re}\{I_{L23}\} + \operatorname{Im}\{U_{L23}\} \operatorname{Im}\{I_{L23}\}}{(\operatorname{Re}\{I_{L23}\})^2 + (\operatorname{Im}\{I_{L23}\})^2}$$

$$X = \frac{\operatorname{Im}\{U_{L23}\} \cdot \operatorname{Re}\{I_{L23}\} - \operatorname{Re}\{U_{L23}\} \cdot \operatorname{Im}\{I_{L23}\}}{(\operatorname{Re}\{I_{L23}\})^2 + (\operatorname{Im}\{I_{L23}\})^2}$$

Затем полное сопротивление можно вычислить с помощью следующего равенства.

$$\underline{Z} = R + jX$$

Так как из-за различных влияний полное сопротивление может сильно отклоняться от теоретического значения полного сопротивления линейной единицы. Типичным примером является дуга короткого замыкания. В этом случае полное сопротивление нарушения наложено нелинейным дуговым резистором. Во избежание сбоев, приводящих к отключению, по умолчанию команду выключения формирует плоскость отключения.

На схеме 59 показана характеристика полигонного выключения для дистанционного управления.

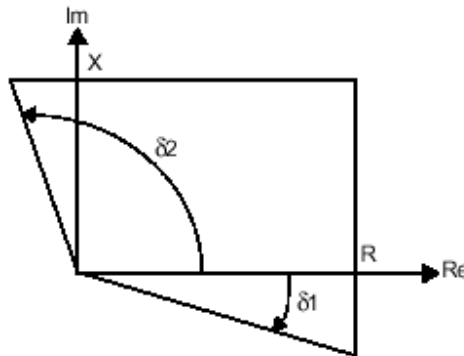


Схема 59: Характеристика выключения при дистанционном управлении

В первом квадранте характеристика выключения установлена горизонтальной и вертикальной линией. Установка реагирования  $X$  является стандартной для горизонтальной линии и установка резистора  $R$  - для вертикальной линии. Плоскость выключения в последствии соединяется двумя лучами со вторым и с четвертым квадрантом. Угол вращения луча равен  $\delta_2$  во втором квадранте и  $\delta_1$  в четвертом квадранте.

### 6.6.6 Направленная память

Направленное решение обычно принимается на основе комплексной величины полного сопротивления нарушения. Поэтому для определения направления используется измеренная величина напряжения при нарушении. Тем не менее, если нарушение возникнет в непосредственной близости от установленных трансформаторов/датчиков, принятие решения о направлении может быть серьезно нарушено из-за измеряемой величины низкого напряжения и рассеянных помех.

Поэтому при направленном решении всегда используется память напряжения. Все напряжения (фазные и линейные напряжения) которые были измерены до возникновения нарушения, сохраняются здесь.

После появления нарушения может возникнуть угол смещения приблизительно  $\pm 30^\circ$ . Например, это возникает при переходе с бесперебойной работы к обширному нарушению. Этот факт необходимо принять во внимание при установлении плоскости выключения.

Плоскость выключения устанавливается следующим образом для сохранения правильного направления:

Во втором квадранте

$$\delta_2 = 90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$$

и в четвертом квадранте

$$\delta_1 = 0^\circ - 30^\circ = -30^\circ.$$

### 6.6.7 Логика выключения

Логика выключения соединяет дистанционное и направленное решение от определения полного сопротивления к установлению характеристик функции таймера или характеристик настройки. Всего есть три зоны полного сопротивления, одна направленная зона независимая от полного сопротивления и пять функций таймера. На следующей схеме показаны регулируемые характеристики полного сопротивления-таймера.

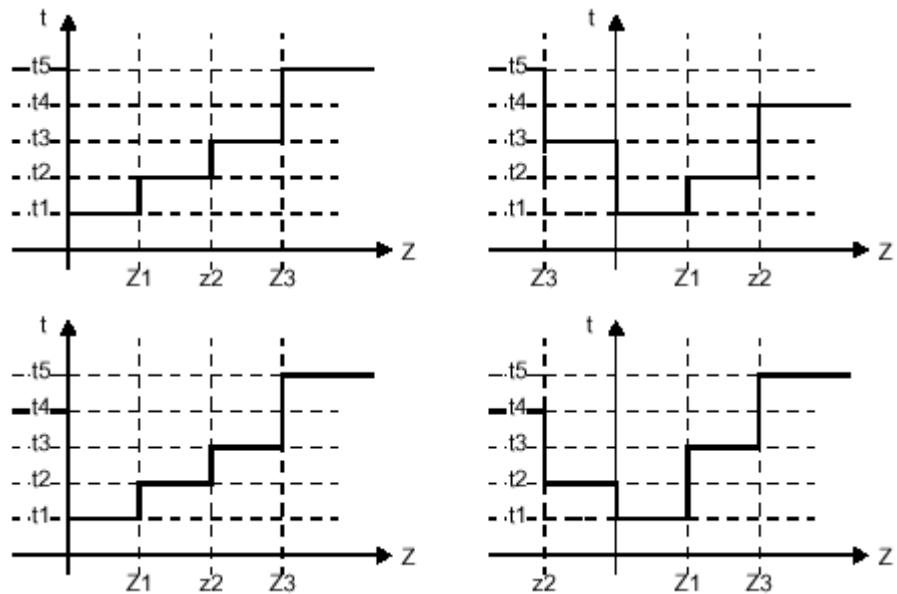


Схема 60: Характеристики полного сопротивления-таймера

Как показано на схеме, для каждой зоны полного сопротивления и направленной зоны независимой от полного сопротивления можно установить направление вперед или назад. Функции таймера распределены следующим образом:

- Время  $t_1$  полного сопротивления  $Z_1$ ,
- Время  $t_2$  полного сопротивления  $Z_2$ ,
- Время  $t_3$  полного сопротивления  $Z_3$ ,
- Время  $t_4$  направленной зоны независимой от полного сопротивления в качестве направленного запасного варианта
- Время  $t_5$  полного сопротивления и направленной зоны независимой от полного сопротивления в качестве направленного запасного варианта

Каждую отдельную зону можно отключить. То, какие из характеристик должны быть выбраны, определяется с одной стороны топологией сети и, с другой стороны, проектом защитной концепции.

Кроме этого, логика выключения показывает интерфейс для автопереключения (AR), защиту сравнения сигналов и включение в случае нарушений. Поэтому функционирование зоны полного сопротивления  $Z_1$  обеспечивается двумя



специальными зонами и зоной блокирования автопереключения. В следующем разделе описаны параметры настройки, которые учитывать.

### 6.6.8 Автопереключение

Автопереключение (AR) предназначено для восстановления работы сети после выключения в результате сбоя. Статистика повреждений VDEW показывает, что нарушения на линиях передач обычно имеют переходный характер. Нарушение в кабеле линии передач, например, возникшее в результате удара молнии, можно восстановить после цикла автопереключения (Выкл–Вкл–Выкл). Работа сети может быть после этого восстановлена без проблем.

Для этой функции необходим выключатель способный осуществлять автопереключение. Он должен быть способен осуществить полный цикл автопереключения за определенное время. При осуществлении нескольких циклов автопереключения, силовой выключатель должен быть способен к относительно быстрому восстановлению для следующего цикла. Эта функция должна быть активирована через дистанционную защиту для введения действие автопереключения в сети.

Автопереключение может осуществляться только после того, когда получено подтверждение, что силовой выключатель готов к работе (СВ–ОК). В этой связи необходимо, чтобы истекло время блокирования после предыдущего автопереключения. Как только автопереключение готово к функционированию, в дистанционной защите активируется зона сверхдостижения  $Z_0$  с соответствующим временем  $t_0$ . Эта зона налагается на первую зону полного напряжения  $Z_1$ .

На следующих двух схемах показаны блок-схемы автопереключения для дистанционной защиты.

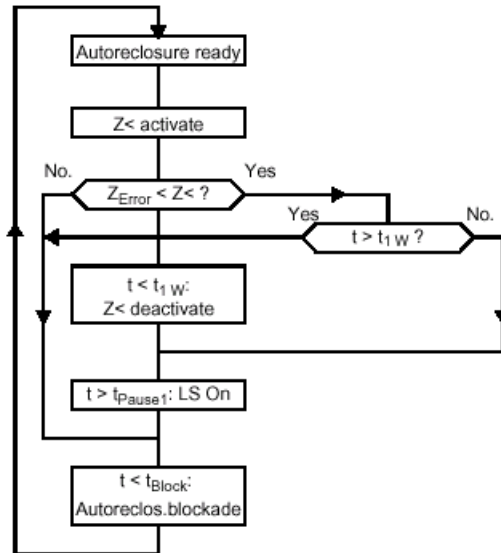


Схема 61: Блок-схема автопереключения с дистанционной защитой

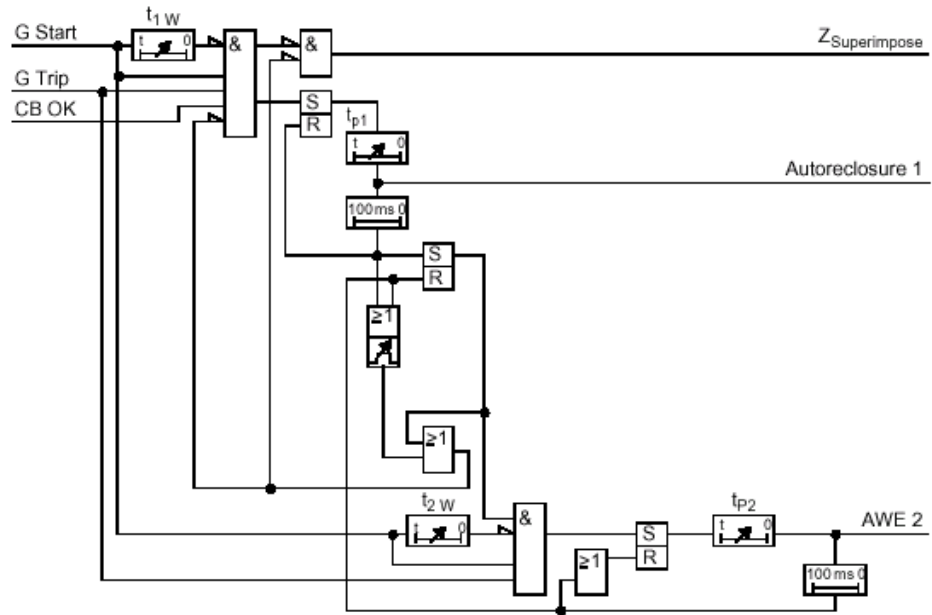


Схема 62: Блок-схема сигнала для автопереключения с дистанционной защитой

На схеме 63 изображена главная характеристика времени полного сопротивления. Линейная единица должна быть защищена между станциями А и В. Характеристика времени полного сопротивления показана с автопереключением с дистанционной защитой на станции А.

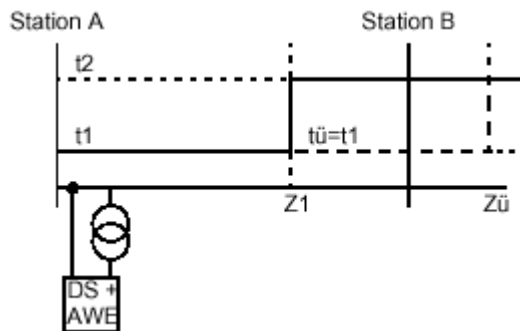


Схема 63: Характеристики времени полного сопротивления для автопереключения на линиях передач

В сетях линий передач зона  $Z_{\bar{0}}$  обычно устанавливается на 120 - 150% линейного полного сопротивления  $Z_L$ . В этом случае установка таймера  $t_{\bar{0}}$  должна соответствовать времени  $t_1$  первой зоны полного сопротивления  $Z_1$ . Зона блокирования автопереключения при этом должна быть неактивной.

При возникновении сигнала Общего Старта время нарушения  $t_{w1}$  стартует при возникновении сбоя в сети. Оно тоже должно быть установлено на время зоны сверхдостижения  $t_{\bar{0}}$ . Если дистанционная защита на протяжении времени сбоя приводит в действие выключение, стартует автопереключение. При выключении по истечении времени нарушения автопереключение блокируется. Если время запаздывания  $t_{p1}$  истекло после старта автопереключения, силовой выключатель будет опять приведен в действие. В этом случае будет послан сигнал первого автопереключения *first*. После этого функция

автопереключения будет заблокирована на протяжении времени блокирования  $t_{sp}$  если количество автопереключений установлено на 1.

Если после автопереключения нарушение все еще присутствует, линейная единица будет окончательно выключена только если запрограммирован один цикл автопереключения. В таком случае считается, что автопереключение было неуспешным.

При успешном автопереключении следующий цикл автопереключения при возникновении следующего сбоя будет разрешен только по истечении времени блокирования  $t_{sp}$ .

По истечении времени нарушения  $t_{w1}$  зона  $Z_0$  будет опять отключена. В случае неуспешного автопереключения произойдет выключение согласно характеристикам времени полного сопротивления. Это значит, что будут отключены только нарушения в зоне  $Z_1$  на протяжении времени  $t_1$ . Достижение зоны  $Z_1$  обычно составляет 85 - 90% линейной единицы.

Нарушения вне этой зоны выключаются со временем градации согласно установленным характеристикам времени полного сопротивления. Поэтому автопереключение поддерживает различительную способность.

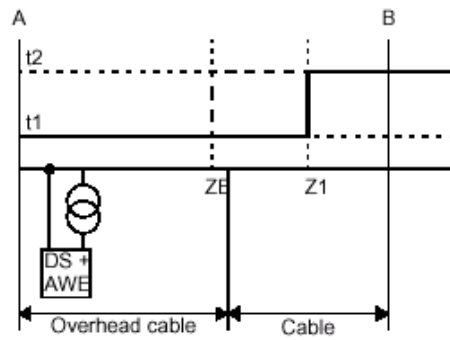
При установлении количества автопереключений на 2, разрешается еще одно автопереключение, если предыдущее было неуспешным. В этом случае время блокирования, отсчет которого начинается после первого автопереключения, не оказывает влияния на течение второго автопереключения. При этом также, подобно первому автопереключению, время нарушения  $t_{w2}$  активируется, когда послан сигнал Общего Старта. Его нужно адаптировать к установке времени  $t_2$  второй зоны полного сопротивления  $Z_2$ . Вторая зона полного сопротивления должна быть установлена с направлением вперед, а первая зона полного сопротивления  $Z_1$  должна быть сразу над ней. При некоторых обстоятельствах такая установка позволяет исправить нарушение во время второго автопереключения, если оно возникает в последней области линейной единицы за пределами зоны полного сопротивления  $Z_1$ .

Если выключение происходит после первого автопереключения на протяжении времени нарушения  $t_{w2}$ , стартует время задержки  $t_{p2}$ . Его необходимо установить соответствующим образом, чтобы обеспечить необходимое время для восстановления силового выключателя. Затем необходимо восстановить готовность автопереключения. Автопереключение будет готово к действию по истечении времени задержки  $t_{p2}$ . В это время силовой выключатель не подлежит прямому контролю и, если необходимо, его можно программировать через FUPLA.

Тем не менее, если первое из двух возможных автопереключений было успешным, по истечении времени блокирования автопереключение будет приведено в состояние готовности. При возникновении нарушения в системе начнется новый цикл автопереключения.

В случае защиты смешанной линейной единицы, состоящей из кабелей и линий передач, автопереключение разрешено не только в области линий передач. С точки зрения дистанционной защиты если линейная единица начинается с линий передач и заканчивается кабелем, остается в принципе та же установка, как для описанного выше стандартного автопереключения. Только зона блокирования автопереключения  $Z_B$  будет установлена приблизительно на 90% полного сопротивления линий передач первой секции.

На схеме 64 показаны соответствующие характеристики времени полного сопротивления.

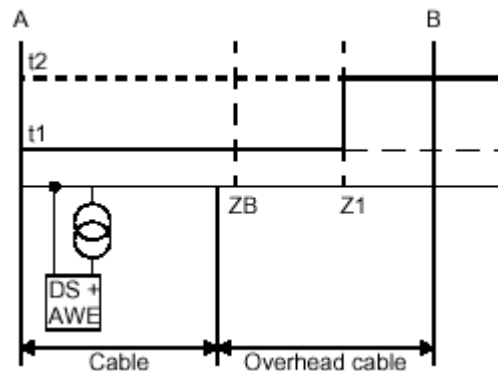


**Схема 64:** Характеристики времени полного сопротивления для автопереключения на линиях передач-кабеле

В этом случае зона блокирования автопереключения призвана осуществлять автопереключение в рамках установленной зоны. Если нарушение происходит в области кабеля, автопереключение будет заблокировано.

Ограничение при достижении зоны сверхдостижения необходимо из-за того, что как известно, можно ожидать приблизительно 5% погрешностей в измерениях тока и напряжения. Если измерения тока и напряжения более точные, достижение зоны сверхдостижения необходимо установить соответствующим образом.

С точки зрения дистанционной защиты, если сначала контролировать кабель, а потом линии передач, для блокады используется зона блокирования автопереключения  $Z_B$ . На следующей схеме показаны характеристики времени полного сопротивления, которые необходимо установить.



**Схема 65:** Характеристики времени полного сопротивления для автопереключения на кабеле-линии передач

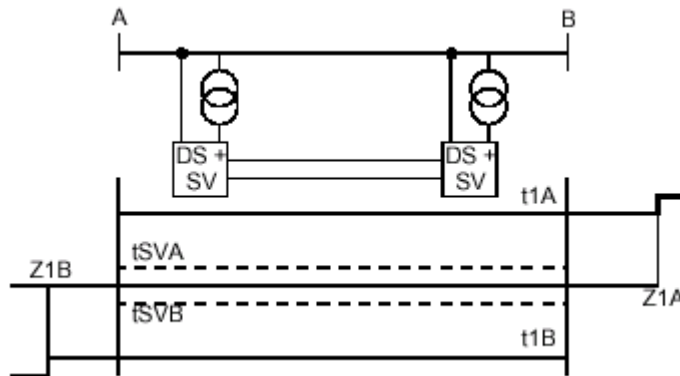
При возникновении нарушения на кабеле автопереключение будет заблокировано в зоне блокирования  $Z_B$ . Из-за вышеупомянутых погрешностей измерений тока и напряжения необходимо устанавливать зону блокирования автопереключения  $Z_B$  на приблизительно 110% полной сопротивляемости всего кабеля. Достижение зоны сверхдостижения  $Z_U$  за соответствующее время  $t_U$  устанавливает область для активации автопереключения на стороне линий передач.

### 6.6.9 Схема сравнения сигнала

Если область защиты ниже наименьшей области установленной на REF542plus, дополнительно с дистанционной защитой необходимо использовать функцию сравнения сигналов. Это позволяет защите с временной градацией

функционировать перемежающе в качестве защиты со сравнением. Со сравнением сигнала дистанционная защита становится системой защиты с коммуникационным соединением. Тем не менее, к соединению сигнала и передаче не предъявляются особые требования, как в случае защиты с линейной дифференциацией. Часть защитной системы, в этом случае дистанционная защита, функционирует без коммуникационного соединения.

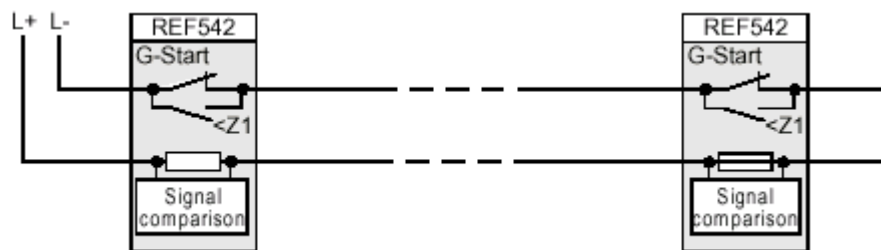
На следующей схеме изображен принцип дистанционной защиты со сравнением сигналов и пара пилотных проводов, необходимых для этого.



**Схема 66:** Характеристика времени полного сопротивления для дистанционной защиты со сравнением сигналов

Как отмечено выше, полное сопротивление линейной единицы, подлежащей защите с обеспечением различающей способности, может быть так малым, что первая зона полного сопротивления  $Z_1$  должна быть больше, чем полное сопротивление целой. Для обеспечения выборочного выключения необходимо сравнение сигналов. Поэтому время  $t_1$  первой зоны полного сопротивления начально увеличивается с 0.2 до 0.3 сек. Таким образом, нарушение может быть всегда выключено дистанционной защитой в течение увеличенного базового времени, независимого от состояния коммуникационного соединения.

Два блока дистанционной защиты на каждом конце линейной единицы соединены между собой парой пилотных проводов, формируя сравнивающую защитную систему. Это позволяет сравнивать сигнал Общего Старта и защитный сигнал полного сопротивления  $Z_1$ , возникающие во время нарушения. На следующей схеме показан пример функционирования сравнения сигналов с помощью простых релейных контактов.



**Схема 67:** Принцип функционирования дистанционной защиты со сравнением сигналов

Два блока дистанционной защиты соединены парой пилотных проводов. Так, два защитных устройства формируют петлю. На каждом конце петли применяется вспомогательное напряжение. Половина каждого

вспомогательного напряжения присваивается двум используемым бинарным вводам. Это можно также использовать для контролирования пары пилотных проводов. Если вспомогательное напряжение будет неправильным, сигнал интерференции может быть произведен по истечении запрограммированного времени задержки, например, 5 сек. Если необходимо, он будет послан далее на станцию управления. Как описано выше, в случае поврежденной пары пилотных проводов линейная единица будет оставаться защищенной дистанционной защитой с увеличенным базовым временем.

Если при этом произойдет нарушение в сети, будут отключены оба дистанционных защитных блока (на концах линии). С каждого из них будет послан сигнал Общего Старта. Контакты G-Start N/C, а вместе с ними и кольцо сравнения, будут открыты. Соединение со сравнением сигналов нарушено. Так как кольцо открывается только на 1 сек, сигнал интерференции не посылается.

Тем не менее, выключение с помощью дистанционной защиты возможно только если оба блока защиты посылают полное сопротивление при нарушении в рамках первой зоны полного сопротивления  $Z_1$ . В этом случае сигнал  $Z_1 <$ , который закрывает кольцо сравнения, посылается еще раз. Закрытое состояние кольца сравнения значит, что нарушение возникло в рамках защитной зоны обоих устройств дистанционной защиты. В случае возникновения нарушения за пределами защитной зоны кольцо не может быть замкнуто блоком дистанционной защиты из-за отсутствия сигнала  $Z_1 <$ . Поэтому выключение не произойдет.

Защита со сравнением сигналов также функционирует, если линейная единица питается только с одной стороны. С кольцом сравнения применена квази-эховая. Кольцо останется закрытым, так как дистанционная защита на другом конце линии остается в неподвижном состоянии с нарушением в рамках защитной зоны.

Нарушение в защитной зоне можно отключить быстро и выборочно с помощью защиты со сравнением сигналов. Тем не менее, при проведении настройки необходимо обратить внимание на рабочее время сигналов. Важно, чтобы сигнал общего старта G-Start всегда появлялся перед сигналом  $Z_1 <$  для обеспечения открытия кольца сравнения в правильное время.

Кроме того, необходимо иметь в виду, что сигналы, необходимые для защиты со сравнением сигналов, не всегда получаются в одно и то же время с обоих концов линии. Необходимо определить достаточную задержку закрытия на бинарных вводах.

## 6.6.10 Переключение при стойких нарушениях

Дистанционная защиты имеет также функцию переключения при стойких нарушениях. Обычно ее называют приобретением ручного переключения. Активировав эту установку, можно дистанционно или на месте оказывать влияние на выключающий ответ командой силовому выключателю как показано ниже:

- Стандартное функционирование  
В этом случае функция «переключения при устойчивых нарушениях» отключена. Дистанционная защита игнорирует команду включения силового выключателя. Нарушение отключается только в соответствии с установленными характеристиками полного сопротивления. Это значит, что нарушение будет отключено в первой зоне полного сопротивления за время  $t_1$  и во второй зоне полного сопротивления за время  $t_2$ .

- Использование зоны сверхдостижения  
С этой установкой стадия сверхдостижения будет активирована на протяжении 200 мсек с помощью команды силового выключателя. Зона защиты определяется установкой стадии сверхдостижения ZÜ. Обычно она составляет 120 ... 150% линейного полного сопротивления ZL. При этом выключение происходит за соответствующее время tÜ. Если силовой выключатель включен функцией автопереключения, зона сверхдостижения не активируется.
- Выключение после общего старта:  
При этой установке сигнал общего старта является стандартным. Если сигнал общего старта возникает в момент, когда силовой выключатель включен, дистанционная защита немедленно выключается. При этом не используется измерение полного сопротивления.

### 6.6.11 Переключение на аварийное определенное время сверхтока

В случае неисправности устройства msb в измерительном трансформаторе напряжения дистанционная защита не будет способна функционировать надлежащим образом из-за неправильно измеренных величин напряжения. Поэтому необходимо заблокировать дистанционную защиту и переключиться на аварийную защитную функцию сверхтока с определенным временем. В настоящее время автоматическое переключение на аварийное определенное время возможно только через автоматический сигнал о неисправности устройства.

### 6.6.12 Установление зоны полного сопротивления

Дистанционная защита является защитой с относительной выборочностью. Для обеспечения необходимой выборочности используется временная градация. Отдельные области ограничиваются с помощью зон полного сопротивления.

После осуществления выключения полное сопротивление нарушения и реагирование изображаются на жидкокристаллическом экране для выявления местонахождения нарушения. Значения полного сопротивления нарушения и реагирования, как принято для обнаружителя нарушения, изображаются как первичные значения.

Зоны полного сопротивления устанавливаются как вторичные значения. Эти значения необходимо вычислить в зависимости от используемых измерительных преобразователей и датчиков. Вторичная установка зоны полного сопротивления обычно базируется на трансформаторах тока и напряжения с вторичными номинальными значениями 1А и 100 V. По умолчанию трансформаторы для конвертирования значений тока и напряжения соответствуют 1А и 100 V. Конверсия основывается на следующем соотношении:

$$Z_{sec} = Z_{pri} \frac{T_i}{T_u}$$

где  $Z_{sec}$  – значение вторичного полного сопротивления,  $Z_{pri}$  – первичное значение полного сопротивления,  $T_i$  – коэффициент трансформации для трансформатора тока, и  $T_u$  – коэффициент трансформации для трансформатора напряжения .

Если вторичное номинальное значение трансформаторов тока отклоняется от 1А, равенство необходимо расширить следующим образом:

$$Z_{\text{sec}} = Z_{\text{pri}} \frac{T_i I_{\text{sn}}}{T_u 1A}$$

где, так же, как и в предыдущем равенстве,  $Z_{\text{sec}}$  – значение вторичного полного сопротивления,  $Z_{\text{pri}}$  – первичное значение полного сопротивления,  $T_i$  – коэффициент трансформации для трансформатора тока, и  $T_u$  – коэффициент трансформации для трансформатора напряжения. Кроме этого, необходимо принять во внимание номинальный ток  $I_{\text{sn}}$ , и номинальное напряжение  $U_{\text{sn}}$  на вторичной стороне измерительных преобразователей.

Следующий пример показывает, как первичное полное сопротивление конвертируется для установки соответствующего значения полного сопротивления. С этой целью используются серии данных с измерительных преобразователей и датчиков.

#### СТ 100/1 А и VT 20,000/100 V

Для вычисления вторичного значения полного сопротивления для функции защиты используем приведенные выше данные трансформаторов тока и напряжения, используя первое равенство:

$$Z_{\text{sec}} = Z_{\text{pri}} \frac{100}{200} = 0.5 Z_{\text{pri}}$$

Первичные значения полного сопротивления можно конвертировать во вторичные значения полного сопротивления, применяя фактор 0.5.

#### СТ 100/5 А и VT 20,000/100 V

С этим измерительным преобразователем вычисление должно быть произведено с использованием второго равенства, которое выглядит следующим образом:

$$Z_{\text{sec}} = Z_{\text{pri}} \frac{20}{200} \frac{5A}{1A} = 0.5 Z_{\text{pri}}$$

#### Примечание

Пожалуйста обратите внимание, что для соединения должен использоваться трансформатор на 5А.

#### СТ 100/1 А и VT 20,000/110 V

Так как трансформатор напряжения трансформирует первичное линейное напряжение до 110В, эталонное значение для вычисления в дистанционной защите должно быть адаптировано. С этой целью необходимо откорректировать факторы калибрации для вводов напряжения с 100В на 110В, установив их на значение 1.1. Для конвертирования используется то же соотношение:

$$Z_{\text{sec}} = Z_{\text{pri}} \frac{100}{181.81} = 0.5 Z_{\text{pri}}$$



### Датчик 80A/150мВ и 20,000V/2В

Датчики трансформируют первичные измеренные значения прямо на эталонное значение для обработки сигнала на REF 542*plus*. Значение тока при этом конвертируется на 150 мВ и значение напряжения конвертируется на 2В. В принципе, для вычисления можно использовать первое равенство. Тем не менее, это только при условии что первичные измеренные величины конвертируются во вторичные величины 1А и 100В. Более того, необходимо, чтобы номинальные значения смежных трансформаторов также равны 1А и 100 В. Таким образом, вторичные величины определяются следующим образом:

$$Z_{sec} = Z_{pri} \frac{80}{200} = 0.4 Z_{pri}$$

#### Примечание

Тот же датчик напряжения, который используется для номинального напряжения 20 кВ с коэффициентом деления 10,000:1 так же используется для систем с номинальным напряжением ниже 20 кВ. Поэтому вычисление полного сопротивления должно быть основано на том же номинальном напряжении 2В x 10.000 = 20 кВ. Номинальное напряжение должно быть основано на действующем коэффициенте деления. Например датчик с коэффициентом деления 20,000 : 1 соответствует номинальному напряжению 2В x 20,000 = 40 кВ.

## 6.7 Дифференциальная защита

Дифференциальная защита используется для защиты силового трансформатора, мотора и генератора с целью выключения появившегося нарушения немедленно и выборочно. Эта защитная функция обладает следующими свойствами:

- Дифференциальная защита силовых трансформаторов с двумя обмотками
- Адаптация амплитуды и векторной группы
- Компенсация тока нулевой последовательности
- Тройная характеристика выключения
- Стабилизация внутреннего потока второй и пятой гармониками
- Стабилизация во время нарушения, также в случае насыщения трансформатора тока
- Обработка сигналов Бухгольца

### 6.7.1 Функционирование

Дифференциальная защита использует схему сравнения токов для защиты компонентов с двумя концами, как, например, силового трансформатора с двумя обмотками, поэтому входящие и выходящие из защищаемого компонента токи сравниваются друг с другом. Если в защитной зоне нет нарушений, входящий и выходящий токи должны быть одинаковыми. Поэтому разница между этими токами, дифференциальный ток, может использоваться в качестве критерия для выявления нарушения. Соответственно, защитная зона

дифференциальной защиты ограничивается местом, где установлены трансформаторы тока или датчики тока.

Для осуществления сравнения тока необходимо корректировать амплитуду тока. В дифференциальной защите коррекция амплитуды производится с помощью специального программного обеспечения. В случае защиты силового трансформатора например, значения измерений тока на первичной и вторичной стороне необходимо откорректировать с учетом номинальные значения различных трансформаторов тока. Также необходимо предусматривать адаптацию векторной группы между первичной и вторичной стороной, включая компенсацию компонента нулевой последовательности тока.

### 6.7.2 Адаптация векторной группы

Векторная группа	Заземление		Вычисление сравнения тока	
	HS	LS	HS	LS
0 (или 6)	Нет	Нет	$\underline{I}_{L11}$ $\underline{I}_{L21}$ $\underline{I}_{L31}$	$\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$ $\underline{I}_{L32}$
	Нет	Да	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$
	Да	Нет	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$
	Да	Да	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$
1 (или 7)	Нет	Нет	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$ $\underline{I}_{L32}$
	Нет	Да	$\underline{I}_{L11}$ $\underline{I}_{L21}$ $\underline{I}_{L31}$	$(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$
	Да	Нет	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$ $\underline{I}_{L32}$
	Да	Да	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L02}$ $\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L02}$ $\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L02}$
2 (или 8)	Нет	Нет	$\underline{I}_{L11}$ $\underline{I}_{L21}$ $\underline{I}_{L31}$	$-\underline{I}_{L22}$ $-\underline{I}_{L32}$ $-\underline{I}_{L12}$
	Нет	Да	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$
	Да	Нет	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$
	Да	Да	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$

Векторная группа	Заземление		Вычисление сравнения тока	
	HS	LS	HS	LS
3 (или9)	Нет	Нет	$(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$ $\underline{I}_{L32}$
	Нет	Да	$\underline{I}_{L11}$ $\underline{I}_{L21}$ $\underline{I}_{L31}$	$(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$
	Да	Да	$(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$ $\underline{I}_{L32}$
	Да	Да	$(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L02}$ $\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L02}$ $\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L02}$
4 (или10)	Нет	Нет	$\underline{I}_{L11}$ $\underline{I}_{L21}$ $\underline{I}_{L31}$	$\underline{I}_{L32}$ $\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$
	Нет	Да	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$
	Да	Нет	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$
	Да	Да	$(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$	$(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$
5 (или11)	Нет	Нет	$(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$ $\underline{I}_{L32}$
	Нет	Да	$\underline{I}_{L11}$ $\underline{I}_{L21}$ $\underline{I}_{L31}$	$(\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L12}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L22}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L32}) / \sqrt{3}$
	Да	Нет	$(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12}$ $\underline{I}_{L22}$ $\underline{I}_{L32}$
	Да	Да	$(\underline{I}_{L21} - \underline{I}_{L11}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L31} - \underline{I}_{L21}) / \sqrt{3}$ $(\underline{I}_{L11} - \underline{I}_{L31}) / \sqrt{3}$	$\underline{I}_{L12} - \underline{I}_{L02}$ $\underline{I}_{L22} - \underline{I}_{L02}$ $\underline{I}_{L32} - \underline{I}_{L02}$

Таблица векторной адаптации, показанная выше, представляет собой вычисление адаптации векторной группы для перечисленных силовых трансформаторов. В случае векторной группы, кратной шести б, в этом вычислении имеет инвертируемую полярность для достижения перемещения фазы на  $180^\circ$ . Поэтому HS – это первичная сторона высокого напряжения, LS – вторичная сторона низкого напряжения,  $I_{L1} - I_{L3}$  – ток в фазах L1 - L3, а индексы 1 и 2 представляют собой соответственно первичную сторону высокого и вторичную сторону низкого напряжения. Если трансформатора заземлен на первичной или на вторичной стороне, необходимо также принять во внимание заземление трансформаторов. Адаптация векторной группы также используется в ситуации, когда заземленный трансформатор находится внутри защитной зоны.

### 6.7.3 Характеристика выключения

Характеристика выключения функции дифференциальной защиты является трехуровневой. Она изображена на следующей схеме. При этом  $I_n$  – номинальный ток защищаемого объекта,  $I_d$  – дифференциальный ток и  $I_D$  – пропускной ток. Из-за ошибки при измерении величины тока на обеих сторонах защищаемого объекта при нормальных рабочих условиях возникнет небольшой дифференциальный ток. Пропускной ток согласно определению стандарта IEC должен быть меньше чем два сравниваемых тока.

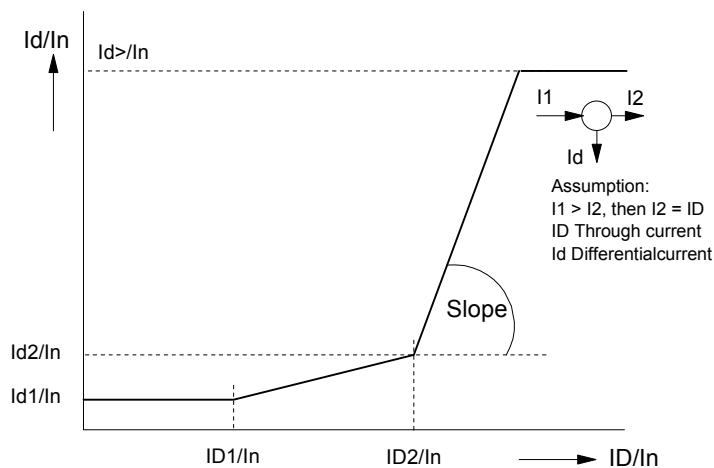


Схема 68: Характеристика выключения при функции дифференциальной защиты

Первый уровень кривой дается настраиваемым пороговым значением дифференциального тока  $I_{d1}$  с пропускным током  $I_D$  равным 0. Второй уровень кривой определяется пороговым значением  $I_{d2}$  дифференциального тока и пропускным током  $I_{D2}$ . После этого характеристика продолжается кривой с наклоном. В случае возникновения высокого дифференциального тока прямое выключение может быть произведено пороговым значением  $I_{d>}$  как третьего уровня характеристики выключения. Установленное значение необходимо выбрать таким образом, чтобы во время усиления силового трансформатора тока не могло произойти выключение.

## 6.7.4 Стабилизация внутреннего потока

При включении ненагруженного силового трансформатора может возникнуть высокий ток внутреннего потока, особенно если в момент включения напряжение было равно нулю. В результате может произойти нежелательное выключение из-за высокой амплитуды тока внутреннего потока.

Для стабилизации условия включения силового трансформатора в качестве критерия можно использовать появление в дифференциальном токе второй гармоники. Поэтому важное значение имеет часть тока второй гармоники с фундаментальной частотой. Как только будет превышено пороговое значение, должен быть произведен блокирующий сигнал для того, чтобы заблокировать функцию полной защиты.

Также в случае переключения на параллельный трансформатор нагрузки в уже работающем трансформаторе может возникнуть ток внутреннего потока. В этом случае необходимо определить в дифференциальном токе пятую гармонику во избежание нежелательного выключения. Поэтому в дифференциальной защите REF542plus предусмотрены возможности блокирования второй и пятой гармоники, которые можно отделить друг от друга.

Примечание

При защите мотора и генератора нет необходимости использовать блокирование гармоник.

## 6.8 Другие функции

### 6.8.1 Защита при несбалансированной нагрузке

Защитная функция при несбалансированной нагрузке используется для наблюдения и защите электрических компонентов против несимметричной нагрузки. Она в основном применяется для защиты моторов и генераторов. Несбалансированная нагрузка в этом случае появляется от компонента тока негативной последовательности. Согласно определению несбалансированная нагрузка представляет собой соотношение между током последовательности негативной фазы и номинальным током компонента, который подлежит защите.

Так как несбалансированная нагрузка может привести к нежелательному нагреванию, например, металлической части ротора, в зависимости и от характеристик квадратичного времени произойдет выключение мотора. Эта характеристика симулирует адиабатическое нагревание ротора несбалансированной нагрузкой. Характеристики выключения можно установить согласно следующему равенству:

$$t = \frac{K}{I_2^2 - I_s^2}$$

При этом  $t$  – время выключения,  $K$  – параметр нагревания защищаемого компонента,  $I_2$  – несбалансированная нагрузка и  $I_s$  – стартовое значение для вычисления условия несбалансированной нагрузки. Обе величины называют также номинальным током защищаемого компонента.

При производстве выключения, например, в случае защиты мотора, мотор должен быть заблокирован для переключения. В этом случае сигнал ВО призван заблокировать возможность переключения мотора. Во время условия блокирования содержание памяти нагревания будет линейно уменьшаться. Поэтому возможно, что при новом переключении мотора более быстрое время выключения приведет к сохранению условия несбалансированной нагрузки.

## 6.8.2 Направленная защита мощности

Направленный контроль за мощностью может использоваться в качестве функции контроля с генераторами, трансформаторами и трехфазными асинхронными моторами. Она наблюдает за направлением потока мощности и генерирует аварийный сигнал или выключение после выявления обратной мощности.

Направленное наблюдение за мощностью основано на сравнении вычисленной эффективной мощности с конфигурированным предельным значением. Если результат вычисления внутренней мощности негативный, измеряется реактивная мощность. Если она превышает установленное ответное время, следует старт. Если ответное время превышает время установленное в параметрах произойдет отключение.

Номинальная эффективная мощность, которую необходимо установить ( $P_{nom}$ ), основана на вычисленной трехфазной эффективной мощности. Она определяется на основе измеренных значений тока и напряжения, которые всегда основаны на номинальных значениях аналоговых вводов REF542plus.

На измерительном преобразователе и датчике должна быть правильная информация о направлении, иначе вычисление мощности не будет осуществлено надлежащим образом.

## 6.8.3 Защита низкой нагрузки

Функция наблюдения за низкой нагрузкой вычисляет эффективную мощность с конфигурированных вводов измерения тока REF542plus и автоматически добавляет соответствующие вводы измерения напряжения. С этой целью на аналоговых вводах необходимо установить параметры для соответствующих вводов напряжения.

Наблюдение за низкой нагрузкой основано на сравнении вычисленной эффективной мощности с конфигурированным ответным временем. Если ответное время меньше установленного, будет активирована защитная функция. Если оно остается меньше на протяжении времени, установленного в параметрах, функция будет отключена. Номинальная эффективная мощность, которая должна быть установлена, основана на одно, двух или трехфазной эффективной мощности, вычисленной на основе номинальных значений тока и напряжения с измерительных вводов.

Кроме этого, можно конфигурировать ток подхвата (*Min.Current*), от которого впервые активируется функция наблюдения за низкой нагрузкой. Коэффициенты разгрузки и подхвата можно учитывать с этими параметрами.

## 6.8.4 Наблюдение за частотой

Изменения частоты влияют, например, на рассеивание мощности, скорость (моторов) и огневые характеристики (конвертеров) оборудования. Есть также потребители, которые контролируют установки времени через частоту в сети.

Функциональный блок наблюдения за частотой используется для выявления изменений частоты в полосе частоты с конфигурируемой позитивной и негативной разницей частоты. Старт активируется если ответное время превышает или не достигает установленного значения. Если частота превышает или не достигает установленное значение на протяжении установленного времени, функция будет отключена. Частота автоматически определяется на основе измеренных значений напряжения с аналогового ввода.

Номинальная частота приводится во время конфигурации в базовой настройке для вычисленных значений.

Для наблюдения за частотой можно использовать два набора параметров.

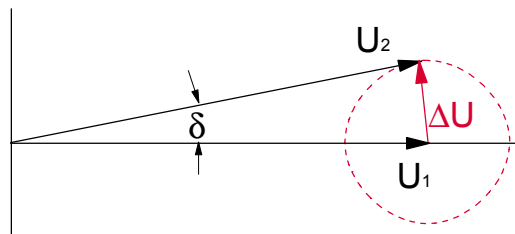
### 6.8.5 Проверка синхронности

Параллельный мониторинг проверяет величины напряжения в двух сетях и производит команду включения только в том случае, если разница амплитуд напряжения, разница фаз и частота находятся в пределах установленных значений в течение соответствующего времени. С этой целью параллельный мониторинг использует два напряжения проводника заземления из первой сети, т.е. напряжение  $U_{1L1E}$  с фазы L1 и напряжение  $U_{1L2E}$  с фазы L2. После этого на основе вышеупомянутых измеренных значений вычисляется линейное напряжение  $U_{1L12}$ . Поэтому для осуществления проверки синхронности необходимо линейное напряжение  $U_{2L12}$  со второй сети между фазами L1 и L2.

Для выполнения функции проверки синхронности необходимо сначала установить дифференциальное напряжение  $\Delta U$  на основе двух линейных напряжений как вспомогательного значения. Это вспомогательное значение используется для проверки синхронности двух сетей с точки зрения угла фазы и амплитуды, в которых дифференциальное напряжение в амплитуде и фазе должны оставаться в пределах установленного времени.

Если значения дифференциального напряжения и разницы фаз находится в пределах установленного значения, будет введена в действие защитная функция (St). Если значения будут оставаться в этих пределах на протяжении установленного времени, частота в обеих сетях. Формируется сигнал (SYN) для параллельного включения обеих сетей. Для параллельного мониторинга можно использовать два набора параметров.

В следующем примере показана установка функции параллельного мониторинга. Если необходимо включить параллельно две сети, амплитуды напряжения в обеих сетях должны быть почти равными и должны приблизительно соответствовать номинальному напряжению. Пока частота в сетях будет различной, напряжения не будут синхронизированы. Между двумя напряжениями возникает смещение фазы, которое необходимо выровнять. В результате возникает дифференциальное напряжение, зависящее от времени. Это дифференциальное напряжение можно использовать для определения возможности параллельного переключения двух сетей. На следующей схеме показаны коэффициенты напряжения.



**Схема 69:** Векторная схема значений напряжения при различной частоте.

Как показано на схеме, фазное различие, которое необходимо установить, зависит от установки дифференциального напряжения следующим образом:



$$\Delta\delta = \arctan\left(\frac{\Delta U}{U}\right)$$

$\Delta\delta$ : установка разницы фаз  
 $\Delta U$ : установка разницы напряжений в качестве стартового значения  
 $U$ : номинальное напряжение в качестве эталонного значения

После транспонирования вышеприведенного равенства можно вычислить необходимую разницу напряжений:

$$\Delta U = U \tan \Delta\delta$$

Для проверки изменения частоты можно использовать окно времени  $t$

$$t = \frac{2 T_n \Delta\delta f_n}{360^\circ \Delta f}$$

$t$ : Окно времени для проверки частоты  
 $T_n$ : Продолжительность при номинальной частоте  
 $f_n$ : Номинальная частота  
 $\Delta f$ : Разница частоты

Пока разница частоты будет в допустимых пределах, может истечь установленное время. Это позволяет сформировать сигнал "SYN" для параллельного включения обеих сетей.

Функция проверки синхронности необходима для соединения двух сетей. Эта функция может быть также использована перед автопереключением.

## 6.9 Запись сбоев

Этот функциональный блок позволяет записывать сигналы с семи аналоговых вводов REF542plus в течение от 1 до максимум 5 секунд. Возможно также записать максимум 32 цифровых сигнала

Запись сбоев стартует вместе с оборудованием. Время записи является комбинацией времени до сбоя и времени после сбоя. Время до сбоя относится к периоду, записанному до того, как фактически началась запись сбоя. Время после сбоя относится к периоду после того, как началась запись сбоя. Динамическая запись сбоя (например, от начала стартового сигнала до сигнала LS OFF) невозможна.

Запись о конкретном сбое сохраняется с помощью процесса кругового буфера, т.е. самая старшая запись всегда переписывается новой. Количество сохраненных записей о сбоях зависит от продолжительности записи. Общая продолжительность всех сохраненных записей о сбоях - 5 секунд. Например, можно сохранить 5 записей о сбоях продолжительностью 1 сек (время до сбоя и время после сбоя).

Записи о сбоях экспортируются с помощью конфигурационной программы и затем конвертируются в формат COMTRADE. Записи сбоев можно также экспортировать через шину.

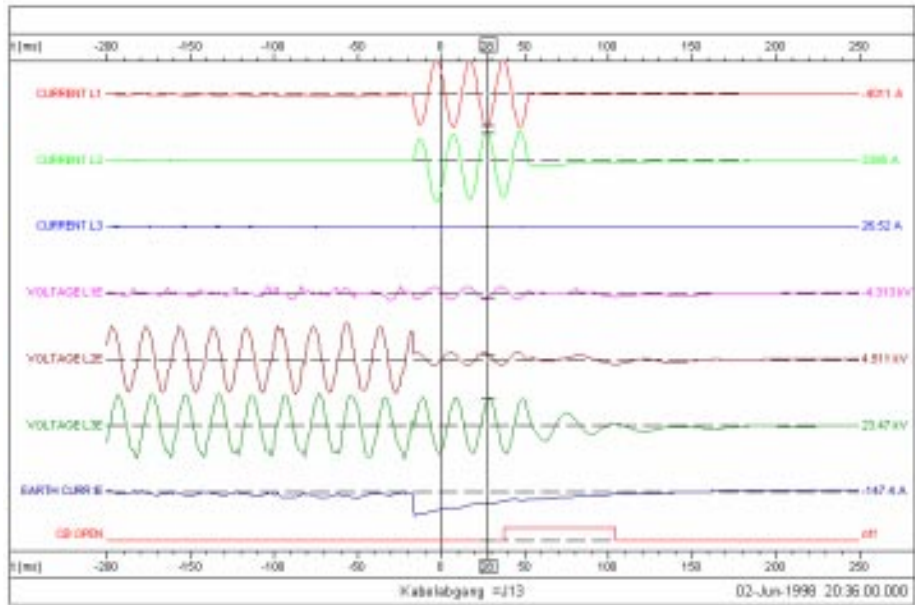
Обратите внимание на следующие условия использования записи сбоев:

- Должна быть конфигурирована хотя бы одна защитная функция и
- В FUPLA должен быть задан сигнал старта для записи сбоев.

Аналоговые сигналы оцифровываются и обрабатываются с частотой 1.2 кГц, т.к. они являются решающими для защитных выключений. Поэтому нужна временная градация 0.833 мсек. Сигналы старта и выключения с защитных функций записываются и немедленно посылаются на бинарные выходы.

В отличие, цифровые сигналы обрабатываются в соответствии с циклическим временем FUPLA. Циклическое время в этом случае зависит от применяемого оборудования.

Цифровые сигналы поэтому в сетке, значительно большей чем сетка аналоговых сигналов. Запись сбоев призвана записывать данные о нарушениях во время короткого замыкания в сети. Данные можно позже экспортировать с REF542plus и изображать в подходящей программе.



**Схема 70:** Пример, изображающий графический дисплей с данными записи сбоев двухполюсного короткого замыкания с помощью программы WINEVE®

## 6.10 Дополнительные функции

Функция, описанная в следующем разделе, не может быть введена в действие в качестве независимого функционального блока, а является компонентом других защитных функций.

Примечание

Автопереключение для дистанционной защиты описано в разделе, посвященном дистанционной защите.

### 6.10.1 Функция автопереключения

На линиях передач наиболее распространенным сбоем является короткое замыкание с дугой. Линию необходимо временно отключить для остановки дуги. После деионизации отрезка, где произошла дуга, ее можно опять включить. Нарушение отключается защитным оборудованием, и последующее быстрое и

независимое автопереключение называют также быстрым разъединением (SD) (а также AR, "autoreclose" или "refermeture automatique" - автопереключение).

Для введения в действие этой процедуры следующие защитные функции, внедренные на REF542 можно комбинировать с функцией автопереключения (AR):

- Сверхток мгновенный
- Сверхток значительный
- Сверхток направленный значительный
- Заземление, значительное
- Заземление направленное значительное

Для автопереключения можно конфигурировать два набора параметров.

### 6.10.2 Конфигурация

Обратите внимание на следующие основные условия для нормального функционирования автопереключения:

- Автопереключение необходимо настроить в конфигурации REF542.
- Время блокирования не должно превышать наибольшее время задержки.
- Время сбоя должно быть больше чем время выключения при защите, для которой конфигурируется автопереключение.
- Команда включения силового выключателя не может быть заблокирована во время работу функции автопереключения.

Для всех защитных функций, совместимых с автопереключением, используется одно и то же диалоговое окно, его можно открыть кнопкой автопереключения в конфигурационном диалоге соответствующей защитной функции.

**Осторожно**

**Определение времени сбоя при этом отличается от стандартного определения времени нарушения.**

Определение, используемое здесь, находится в следующем описании, изображенном на иллюстрации 71 конфигурационного диалога. В отличие от данного, определение времени сбоя для автопереключения дистанционной защиты является стандартным определением.



**Схема 71:** Окно конфигурации автопереключения (AR)

Поле ввода `number of recloses` (одно для набора параметров/установки):  
Указывает, сколько раз автопереключение активируется во время сеанса работы.

Варианты установки: 0, 1 или 2

По умолчанию: 0

Поле ввода `ArTime Shot 1` (одно для набора параметров/установки): Время в мсек, в течение которого должен задерживаться старт защитной функции после первого выключения и перед вторым выключением.

Варианты установки: 30 мсек ... 300 000 мсек (шаг: 1 мсек)

По умолчанию: 80 мсек

---

Примечание

Время, установленное в конфигурационном диалоге защитной функции, будет переписано этим параметром (время сбоя 1).

Поле ввода `ArDelayTime Shot 1` (одно для набора параметров/установки):  
Время в мсек, в течение которого силовой выключатель (LS) остается открытым перед первым автопереключением. После этого дается команда включения LS-On.

Варианты установки: 200 мсек ... 300 000 мсек (шаг: 1 мсек)

По умолчанию: 2 000 мсек

Поле ввода `ArTime Shot 2` (одно для набора параметров/установки): Время в мсек, в течение которого должен задерживаться старт защитной функции после второго выключения и перед третьим выключением.

Варианты установки: 30 мсек ... 300 000 мсек (шаг: 1 мсек)

По умолчанию: 300 мсек

---

Примечание

Время, установленное в конфигурационном диалоге защитной функции будет переписано этим параметром (время сбоя 2).

Поле ввода `ArDelayTime Shot 2` (одно для набора параметров/установки):  
Время в мсек, в течение которого силовой выключатель (LS) остается открытым перед вторым автопереключением. После этого дается команда LS-On.

Варианты установки: 200 мсек ... 300 000 мсек (шаг: 1 мсек)

По умолчанию: 20 000 мсек

Поле ввода `ArReclaimTime` (одно для набора параметров/установки): Время восстановления в мсек для силового выключателя, т.е. время, за которое автопереключение будет полностью заблокировано. Если автопереключение будет выключено во время периода блокирования, произойдет следующее автопереключение.

Варианты установки: 200 мсек ... 300 000 мсек (шаг: 1 мсек)

По умолчанию: 2000 мсек

Кнопка `OK`: Все параметры сохранены в конфигурационной программе. Диалоговое окно закрывается.

Кнопка `Cancel`: Параметры не сохраняются в конфигурационной программе, Диалоговое окно закрывается.

---

Примечание

Необходимо подтвердить принятие сообщения о неуспешном автопереключении. Сигнал активации автопереключения будет задержан пока, не будет получено подтверждение о его получении. Успешное автопереключение нет необходимости подтверждать.

Ниже указаны несколько схем автопереключения.

### 6.10.3 Автопереключения 1 попытка успешная

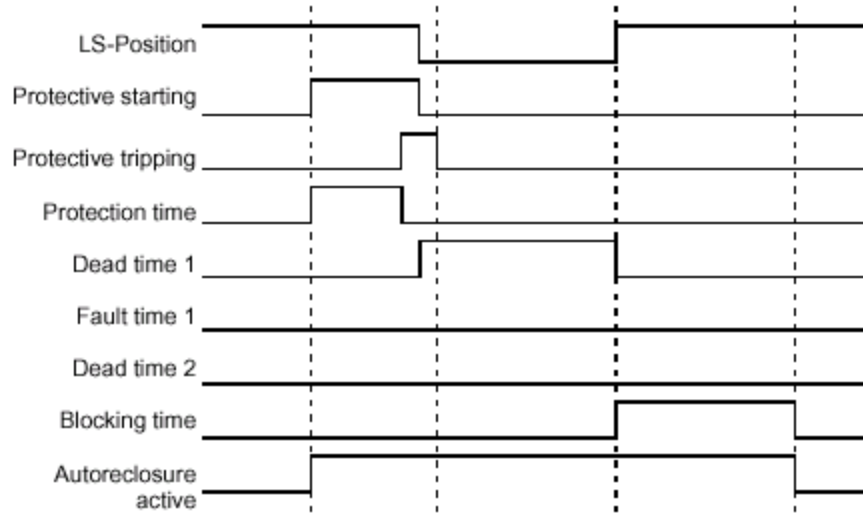


Схема 72: Схема автопереключения, одна успешная попытка

### 6.10.4 Автопереключение 1 попытка неуспешная

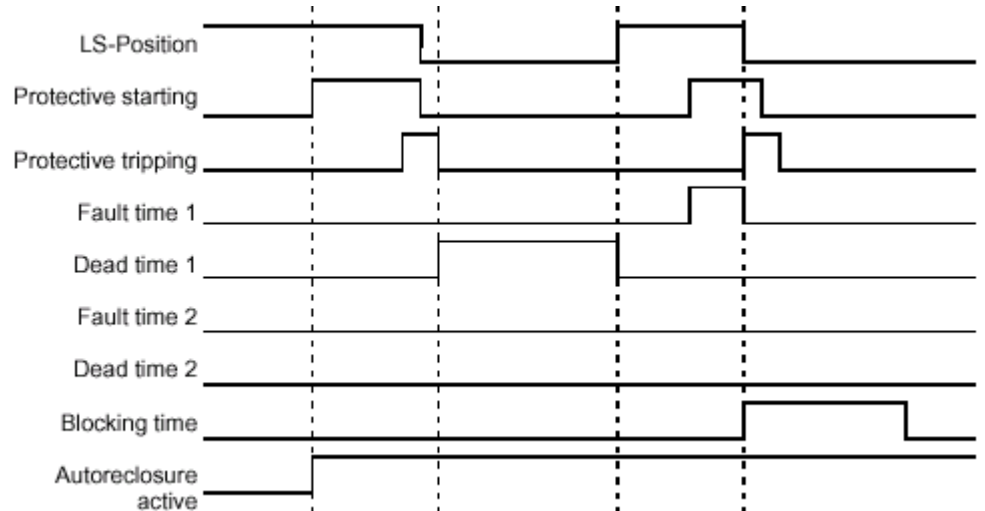


Схема 73: Схема автопереключения, одна неуспешная попытка

### 6.10.5 Автопереключение 2 попытки успешные

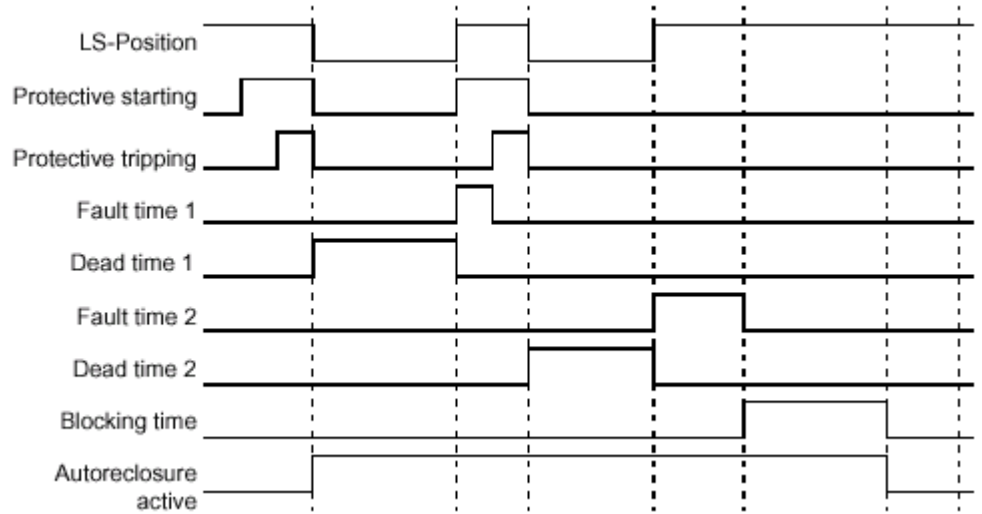


Схема 74: Схема автопереключения, две успешные попытки

### 6.10.6 Автопереключение 2 попытки неуспешные

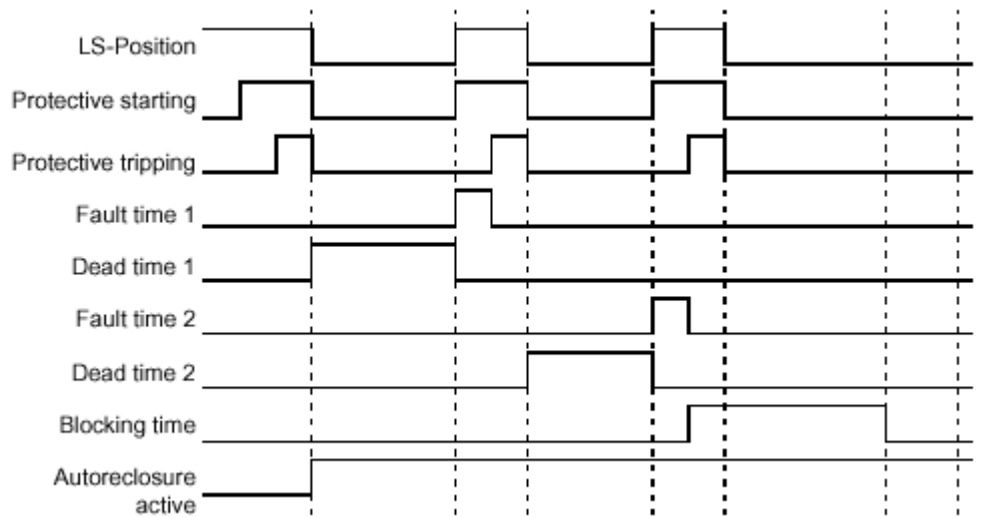


Схема 75: Схема автопереключения, две неуспешные попытки

## 7 Техобслуживание

Так как REF542*plus* и все его компоненты и процессы соответствуют стандартам высокого качества, мы проводим следующие процедуры:

- Функциональное испытание (проводится автоматически при вводе в эксплуатацию)
- Вторичное испытание (защитное испытание – так же проводится автоматически при вводе в эксплуатацию)

В регулярных испытаниях REF542*plus* нет необходимости. Функции самонаблюдения немедленно сигнализируют о возникновении каких-либо нарушений. Тем не менее, стоит проводить следующие проверки для обеспечения безопасности работы оборудования.

### 7.1 Повторное испытание (функциональное и защитное испытание)

Через шесть месяцев после введения в эксплуатацию, а затем каждые 2-5 лет.

### 7.2 Проверка калибрации

Вычисленное длительное смещение используемых компонентов равно 0.3% за 10 лет. Поэтому мы рекомендуем проверять аналоговые значения каждые 10 лет. Рекалибровку можно легко провести прямо на месте.

## 8 Долговечность отдельных компонентов

### 8.1 Контакты силового реле

Контакты силового реле на панели бинарных вводов/выводов с традиционными реле на оборудовании REF542*plus* не могут напрямую осуществлять выключение без сокращения их срока службы. Тем не менее, срок службы контактор соответствует по крайней мере 10 выключениям с полной нагрузкой.

Обычно для сокращения нагрузки на контакты используется механический дополнительный переключатель. Это также позволяет продлить их срок службы.

### 8.2 Электролитные конденсаторы

Долговечность электролитных конденсаторов зависит в основном от окружающей температуры. Вычисленный срок службы REF542*plus* в нормальных условиях составляет более 35 лет.

Если оборудование REF542*plus* постоянно работает при температурах выше указанных в спецификации, электролитные конденсаторы необходимо менять через 10 лет.

### 8.3 Жидкокристаллический экран

Гарантированный срок службы жидкокристаллического экрана составляет 16 лет если температуре окружающей среды ниже 55°C а температуре до 60°C оборудование подвергается не более 10% рабочего времени. Истечение срока службы экрана сигнализируется появлением на нем черных или белых точек.

Если черные точки становятся явными до истечения срока службы экрана, это говорит о дефекте запечатывания жидкокристаллического экрана, в таком случае его необходимо заменить.

При слишком низком контрасте, который больше нельзя увеличить, нарушение возникло в электронике дисплея. В таком случае необходимо заменить целый модуль дисплея.



## 9 Список защитных функций

Код ANSI	Защитная функция и параметры настройки	Нагрузка в %
	Цифровая фильтрация как основная нагрузка	16
68	Стабилизация внутреннего потока Только в соединении с I>> и I>	3
67	Сверхток направленный значительный I>> = 0,05 ... 40 In t = 65 ... 300.000 мсек	7
67	Сверхток направленный незначительный I > = 0,05 ... 40 In t = 65 ... 300.000 мсек	7
50	Сверхток мгновенный I>>> = 0,1 ... 40 In t = 15 ... 300.000 мсек	3
51	Сверхток значительный I>> = 0,05 ... 40 In t = 35 ... 300.000 мсек	2
51	Сверхток незначительный I > = 0,05 ... 40 In t = 35 ... 300.000 мсек	2
51	IDMT Характеристики времени со стандартной, значительной, чрезвычайной или долгой инверсией Ie = 0,05 ... 40 In K = 0,05 ... 1,0	3
51N	Нарушение заземления значительное IE>> = 0,05 ... 40 In t = 65 ... 100.000 мсек	3
51N	Нарушение заземления незначительное IE> = 0,05 ... 40 In t = 65 ... 100.000 мсек	3
51N	Нарушение заземления IDMT Характеристики времени со стандартной, значительной, чрезвычайной или долгой инверсией, Ie = 0,05 ... 40 In K = 0,05 ... 1,0	3
67N	Нарушение заземления направленное значительное IE>> = 0,05 ... 40 In t = 35 ... 300.000 мсек, вперед / назад	3
67N	Нарушение заземления направленное незначительное IE> = 0,05 ... 40 In t = 35 ... 300.000 мсек, вперед / назад	3

Код ANSI	Защитная функция и параметры настройки	Нагрузка в%
67N	Нарушение заземления направленное чувствительное $I_{E>>} = 0,05 \dots 2 I_n$ $t = 100 \dots 100.000$ мсек, вперед / назад $U_{NE>} = 0,05 \dots 0,7 U_n$ Угол наклона $\alpha = 0 \dots 20^\circ$ , Угол наклона $\delta = -180 \dots 180^\circ$	12
59	Избыточное напряжение мгновенное $U_{>>>} = 0,1 \dots 3 U_n$ $t = 15 \dots 300.000$ мсек	2
59	Избыточное напряжение значительное $U_{>>} = 0,1 \dots 3 U_n$ $t = 15 \dots 300.000$ мсек	2
59	Избыточное напряжение незначительное $U_{>} = 0,1 \dots 3 U_n$ $t = 15 \dots 300.000$ мсек	2
27	Недостаточное напряжение мгновенное $U_{<<<} = 0,1 \dots 1,2 U_n$ $t = 45 \dots 300.000$ мсек	2
27	Недостаточное напряжение значительное $U_{<<} = 0,1 \dots 1,2 U_n$ $t = 45 \dots 300.000$ мсек	2
27	Недостаточное напряжение незначительное $U_{<} = 0,1 \dots 1,2 U_n$ $t = 45 \dots 300.000$ мсек	2
59N	Остаточное напряжение значительное $U_{NE>>} = 0,05 \dots 3 U_n$ $t = 35 \dots 300.000$ мсек	2
59N	Остаточное напряжение незначительное $U_{NE>} = 0,05 \dots 3 U_n$ $t = 35 \dots 300.000$ мсек	2
49	Защита при термической перенагрузке (термическое равенство 1-го порядка) С функцией полной памяти $T_n = 50 \dots 400$ °C $I_n(\text{Mot}) = 1 \dots 10000$ A (первичные значения) $T_{ini} = 50 \dots 120$ % $T_n$ $\tau_{cool} = 10 \dots 20.000$ сек при $I$ и $n = 0$ $\tau_{warm} = 10 \dots 20.000$ сек при $0,1 I_n < I < 2 I_n$ $\tau_{warm} = 10 \dots 20.000$ сек при $I > 2 I_n$ $T_{max} = 20 \dots 400$ °C $T_{warm} = 20 \dots 400$ °C $T_{envi} = 50 \dots T_{ini}$	3
51	Защита при старте мотора (адиабатические характеристики) $I(\text{Mot}) = 0,3 \dots 1,2 I_n$ $I(\text{Start}) = 0,1 \dots 20 I(\text{Mot})$ $t = 65 \dots 300.000$ мсек $I_{>} = 0,6 \dots 0,8 I(\text{Start})$	2

Код ANSI	Защитная функция и параметры настройки	Нагрузка в %
51LR	Блокирование ротора (характеристики определен. времени) $I(\text{Mot}) = 0,3 \dots 1,2 I_n$ $I > = 1 \dots 19,99 I_n$ $t = 65 \dots 300.000 \text{ мсек}$	3
66	Количество стартов $n(\text{теплый}) = 1 \dots 10$ $n(\text{холодный}) = 1 \dots 10$ $n(\text{теплый}) = 20 \dots 200 \text{ }^\circ\text{C}$	0
21+79	Дистанционная защита с автопереключением U / I- характеристика старта: $I F > \text{ соответственно } I > = 0,05 \dots 4 I_n$ $U F < = 0,05 \dots 0,9 U_n$ Заземление системы = высоко/низко омическое Выбор фазы = циклическая/ациклическая Фактор заземления: $k = 0,00 \dots 10,00$ $\varphi(k) = -60 \dots 60^\circ$ 3 этапа полного сопротивления- и 1 сверхдостижения: $R = 0,05 \dots 120 \Omega$ (вторичные значения) $X = 0,05 \dots 120 \Omega$ (вторичные значения) $t = 25 \dots 10.000 \text{ мсек}$ 1 направленный этап Направление $0 \dots 90$ или $-45 \dots 135^\circ$ $t = 25 \dots 10.000 \text{ мсек}$ 1 ненаправленный этап $t = 25 \dots 10.000 \text{ мсек}$ AR с коротким/долгим автопереключением	18
87	Дифференциальная защита Группа = $0 \dots 11$ Заземление трансформатора первичное / вторичное Ном. ток $I_n$ первичный / вторичный = $0 \dots 100.000 \text{ A}$ Пороговый ток ( $I_{D=0}$ ) = $0,10 \dots 0,50 I_n$ Пропускной ток $I_{D1} = 0,2 \dots 2 I_n$ Пороговый ток ( $I_{D=I_{D2}}$ ) = $0,20 \dots 2,00 I_n$ Пропускной ток $I_{D2} = 1,0 \dots 10,0 I_n$ Наклон = $0,4 \dots 1,0$ Выключение $I_{d >} = 5 \dots 40 I_n$ Стабилизация 2-й и 5-й гармониками = $0,10 \dots 0,30$ .	22
46	Несбалансированная нагрузка $I_s = 0,05 \dots 0,3 I_n$ $k = 2 \dots 30$ $t_{\text{Reset}} = 0 \dots 200 \text{ сек}$	9
32	Направленная мощность $P_{\text{nom}} = 1 \dots 1000.000 \text{ кВт}$ (первичные значения) $P_{\text{max.rev}} = 1 \dots 50 \% P_n$ $t = 1 \dots 1000 \text{ сек}$	2
37	Низкая нагрузка $P_{\text{nom}} = 50 \dots 1000.000 \text{ кВт}$ (первичные значения) $P_{\text{min}} = 5 \dots 100\% P_n$ $I_{\text{min}} = 2 \dots 20 \% I_n$ $t = 1 \dots 1000 \text{ сек}$	2
81	Наблюдение за частотой Старт при $\Delta f = 0,04 \dots 5 \text{ Hz}$ $t = 1 \dots 30 \text{ сек}$	2

Код ANSI	Защитная функция и параметры настройки	Нагрузка в%
25	Проверка синхронности $\Delta U = 0,02 \dots 0,4 U_n$ $\Delta \varphi = 5 \dots 50^\circ$ $t = 0,50 \dots 1000,00$ сек	4
	Запись сбоев Время записи = 1000 ... 5000 мсек Время до сбоя: = 100 ... 2000 Время после сбоя = 100 ... 4900 мсек Максимум 5 записей	2
55	Контролер фактора мощности Фактор мощности = 0,70 ... 1,00 QC0 = 1,000 ... 20000,000 кВАг Серии банков = 1:1:1:1 ... 1:2:4:8 Количество банков : 1 ... 4 Нечувствительность = 105 ... 200 % QC0 Порог = 0 ... 100 % QC0 Программа переключения = последовательное/цепное переключение	0

**Примечание**

Из-за ограничений вычислительной способности DSP не все функциональные блоки можно комбинировать между собой. В следующей таблице приведены действующие ограничения.

Функциональный блок	Ограничение
Защитные функции	Максимум 12 защитных функций Максимум 120 защитный параметров Максимум 120 защитных параметров 100% нагрузка DSP
Запись сбоев	Максимум 1 рекордер сбоев и минимум 1 конфигурированная защитная функция
Циклическое время	Максимум 30 мсек
Объект памяти	Максимум 1
Счетчик мощности	Максимум 15
Объект переключения	Максимум 62
Пороговый объект	Максимум 10 для аналогового ввода
Прямые команды записи-чтения	Максимум 100
Соединения	Максимум 560, количество соединений 502
Сигнальные светодиоды	Максимум 32 на 4 сторонах по 8 светодиодов

## 10 Технические данные

### 10.1 Каналы аналогового ввода

#### 10.1.1 С трансформаторами тока и напряжения:

Номинальный ток $I_n$	1А или 5А
Номинальное напряжение $U_n$	100В / $\sqrt{3}$ или 100В (также для 110В)
Номинальная частота $f_n$	50 Гц / 60 Гц

#### Способность термической нагрузки

Путь тока	4 $I_n$ непрерывный, 100 $I_n$ для 1сек, 250 $I_n$ (пиковое значение) динамический
-----------	--

Путь напряжения	2 $U_n$ / $\sqrt{3}$ непрерывное.
-----------------	-----------------------------------

#### Потребление

Путь тока	$\leq 0,1$ ВА с $I_n$
Путь напряжения	$\leq 0,25$ ВА с $U_n$

#### 10.1.2 С датчиками тока и напряжения

Номинальный ток $I_n$	150 mV (RMS)
Номинальное напряжение $U_n$	2В (RMS)
Номинальная частота $f_n$	50 Гц / 60 Гц

### 10.2 Бинарные вводы и выходы

Каждая панель бинарных вводов/выводов I/O имеет следующее количество вводов и выводов:

#### 10.2.1 С механическими реле

14 вводов для вспомогательного напряжения  
20 - 90 В при пост.токе (порог 14 В при пост.токе)  
80 - 250 В при пост.токе (порог 50 В при пост.токе)

Каждый ввод имеет фиксированное время фильтрации 1 мсек и его можно увеличить при соответствующей конфигурации.

5 выводов мощности  
Максимальное рабочее напряжение 250В при перем./пост.токе  
Формирующий ток 20 А  
Ток нагрузки 12 А  
Мощность выключения 300Вт  
Рабочее время 9 мсек

2 сигнальных выводов и 1 сторожевой вывод  
Рабочее напряжение 250В при перем./пост.токе  
Ток нагрузки 2 А  
Рабочее время 5 мсек

1 статический вывод  
Максимальное рабочее напряжение 250В при перем./пост.токе  
Рабочее время 1 мсек

1 переключатель наблюдения за цепью

## 10.2.2 Со статическими выводами

14 вводов для вспомогательного напряжения  
48 - 265 В при пост.токе (Порог 35 В при пост.токе)

Каждый ввод имеет фиксированное время фильтрации 1 мсек и его можно увеличить соответствующей конфигурацией.

2 вывода мощности  
Рабочее напряжение 48 - 265В при пост.токе  
Формирующий ток 70 А для  $t \leq 10$  мсек  
Ток нагрузки 12 А для  $t \leq 30$  сек  
Рабочее время 1 мсек

4 вывода мощности  
Рабочее напряжение 48 – 265В при пост.токе  
Формирующий ток 16 А для  $t \leq 10$  мсек  
Ток нагрузки 10 А для  $t \leq 30$  сек  
Рабочее время 1 мсек

2 сигнальных вывода и сторожевой вывод  
Рабочее напряжение 48 – 250В при пост.токе  
Формирующий ток 0,3 А  
Рабочее время 1 мсек

1 переключатель наблюдения за цепью

## 10.3 Интерфейс

### 10.3.1 Блок управления человек-машина

- Оптический интерфейс с персональным компьютером (впереди)
- Электрически изолированный интерфейс согласно RS485 с центральным блоком (сзади)

### 10.3.2 Центральный блок:

- Электрически изолированный интерфейс согласно RS485 с блоком управления HMI
- Электрически изолированный интерфейс согласно RS232 с программно-аппаратными средствами
- Оптический интерфейс IRIG-B для синхронизации реального времени со стандартным соединителем для стекловолокна

## 10.4 Панель аналогового вывода (факультативная)

Для каналов 0 - 20 мА или 4 - 20 мА

## 10.5 Коммуникация (факультативная)

- SPABUS, электрическая с интерфейсом RS232 или оптическим соединителем пластмассового или стандартного типа ST для стекловолокна
- LON (согласно LAG 1.4), оптическая со стандартным соединителем ST для стекловолокна

- IEC 60870-5-103 с расширением согласно VDEW для контролирования, оптическая со стандартным соединением ST для стекловолокна
- Дуальная MODBUS RTU, электрическая с двумя интерфейсами RS 485 , или оптическая с двумя стандартными соединениями ST для стекловолокна

## 10.6 Источник питания

### 10.6.1 Центральный блок

Номинальное напряжение	48 - 220 В пост.тока (-15%, +10%) или по выбору 110 В пост.тока (-15%, +10%) соответственно, 220 В пост.тока (-15%, +10%).
Потребление энергии	≤ 18 Вт
Ток внутреннего потока	≤ 10 А пиковое значение

### 10.6.2 Блок управления HMI

Номинальное напряжение:	48 - 110 В пост.тока (-15%, +10%) или 110 - 220 В пост.тока (-15%, +10%)
Потребление энергии	≤ 6 Вт

## 10.7 Диапазон температур

Эксплуатация	-5 ... + 55°C
Транспортировка и хранение	-20 ... +70°C

## 10.8 Степень защиты

### 10.8.1 Центральный блок

Корпус	IP20
--------	------

### 10.8.2 Блок управления HMI

Передняя часть	IP 54
Задняя часть	IP 22

## 11 Типовые испытания

Все соответствующие испытания проведены согласно стандартам IEC 60255, EN 61000 а также согласно новому стандарту EN 50263

### 11.1 Электромагнитная совместимость

- Подавление помех согласно EN 55022 или IEC CISPR 11, Группа 1
- Устойчивость против электростатической разрядки IEC 61000-4-2, уровень 3
- Устойчивость против излучаемой электромагнитной энергии согласно IEC 61000-4-3, уровень 3
- Устойчивость быстрому электрическому переходу IEC 61000-4-4, уровень 3
- Испытания на волноустойчивость согласно IEC 61000-4-5, уровень 3
- Устойчивость против помех полей радиочастот IEC 61000-4-6, уровень 3
- Устойчивость против магнитных полей частоты IEC 61000-4-8, уровень 5
- Устойчивость против магнитных полей импульсов IEC 61000-4-9, уровень 5
- Устойчивость против затухающих колеблющихся магнитных полей согласно IEC 61000-4-10, уровень 5
- Устойчивость против колеблющихся волн IEC 61000-4-12, уровень 3
- Устойчивость против колеблющихся волн от 0 до 150 кГц согласно IEC 61000-4-16, уровень 3
- Устойчивость против волн на порте мощности ввода постоянного тока согласно IEC 61000-4-17, уровень 3
- Погружение напряжения, краткие перебои и изменения напряжения на порте мощности ввода постоянного тока согласно IEC 61000-4-29, 50 мсек.

### 11.2 Изоляция

- Испытание напряжением IEC 60255-5 с 2кВ RMS, 50 Гц в течение 1мин.
- Испытание импульсным напряжением согласно IEC 60255-5 с 5 кВ 1,2/50  $\mu$ s.

### 11.3 Механическая устойчивость

- Вибрирующее испытание IEC 60255-21-1
- Испытание шоком IEC 60068-2-2
- Сейсмическое испытание IEC 60068-2-30

### 11.4 Климатические условия

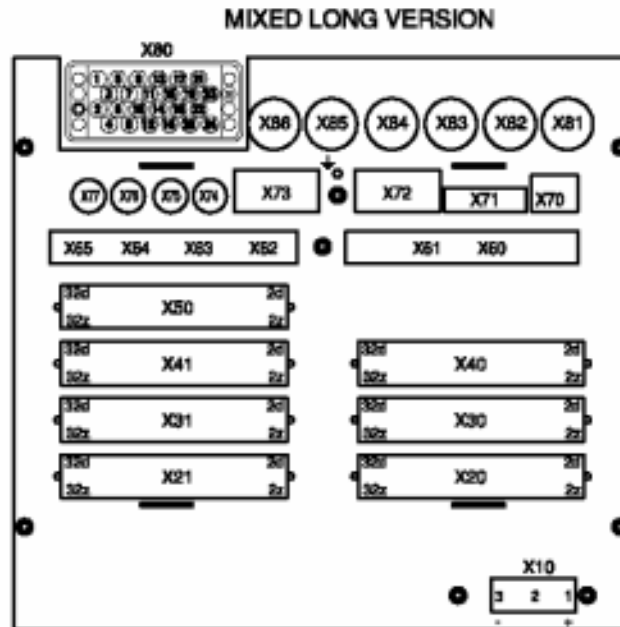
- Испытание холодом IEC 60068-2-1
- Испытание сухой жарой IEC 60068-2-2
- Циклическое испытание влажной жарой IEC 60068-2-30



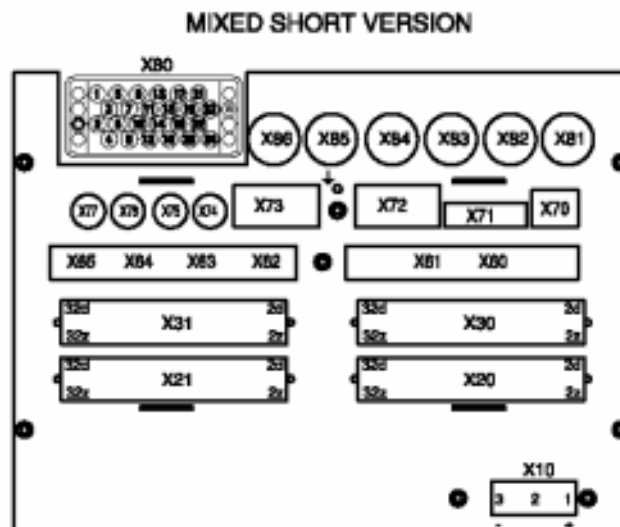
## 12 Соединительная схема

### 12.1 Соединительная плата

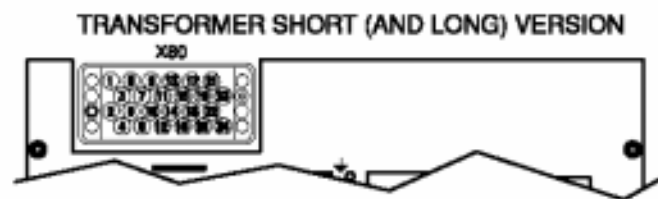
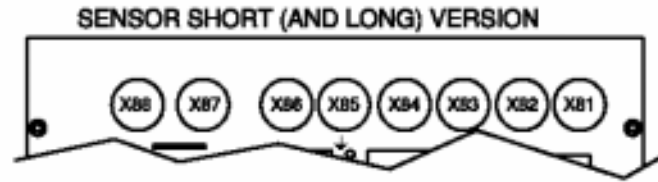
Соединительная плата REF542*plus* для смешанной удлиненной версии



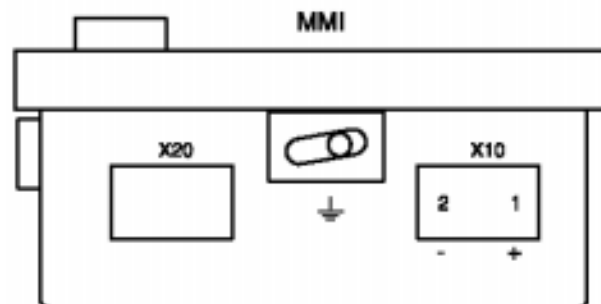
Соединительная плата REF542*plus* для смешанной короткой версии



Соединительная плата REF542plus для короткой (и удлиненной) версии с датчиками и трансформаторами



Соединение источника питания для блока управления НМИ

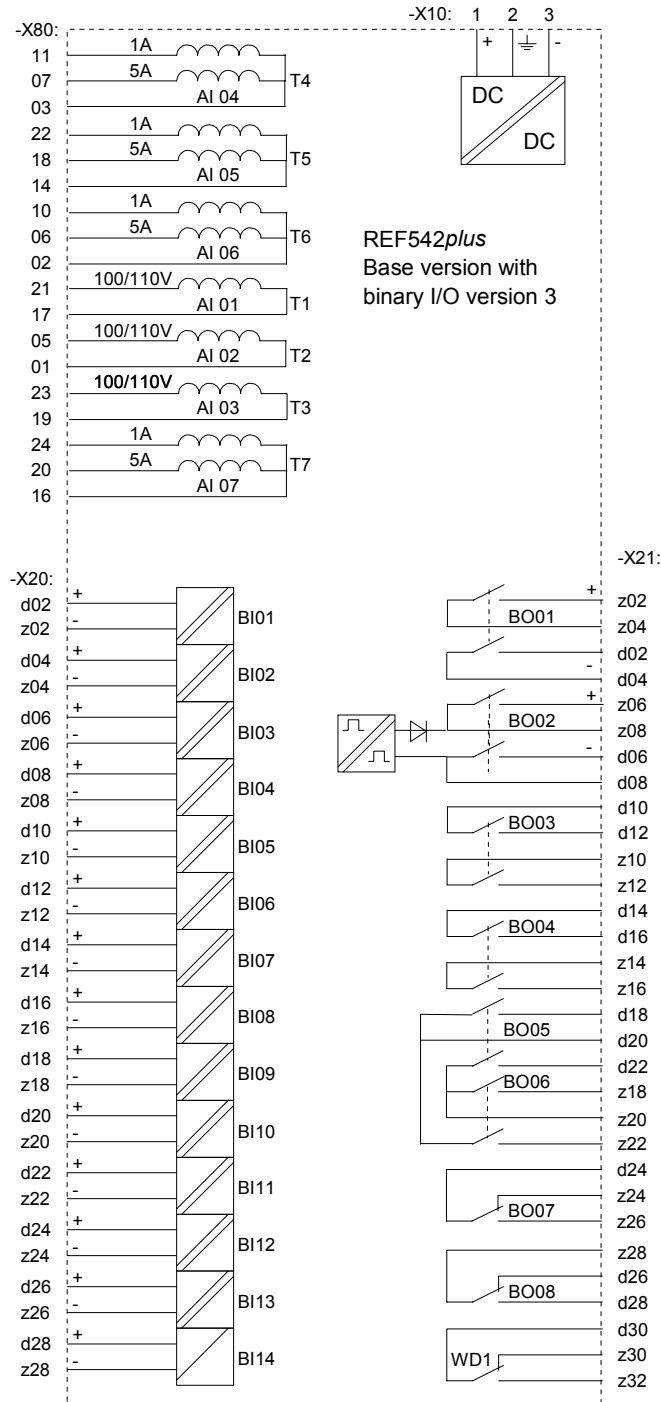


- X10: Источник питания
- X20: RS 485 к центральному блоку

## 12.2 REF542plus с механическим бинарным вводом/выводом

Пример основного исполнения REF542plus с механическим бинарным вводом/выводом версии 3. Возможно расширение 3-й версии двумя дополнительными механическими бинарными вводами/выводами. Возможна также другая конфигурация панели аналоговых вводов, например смешанная конфигурация для соединения трансформаторов и датчиков.

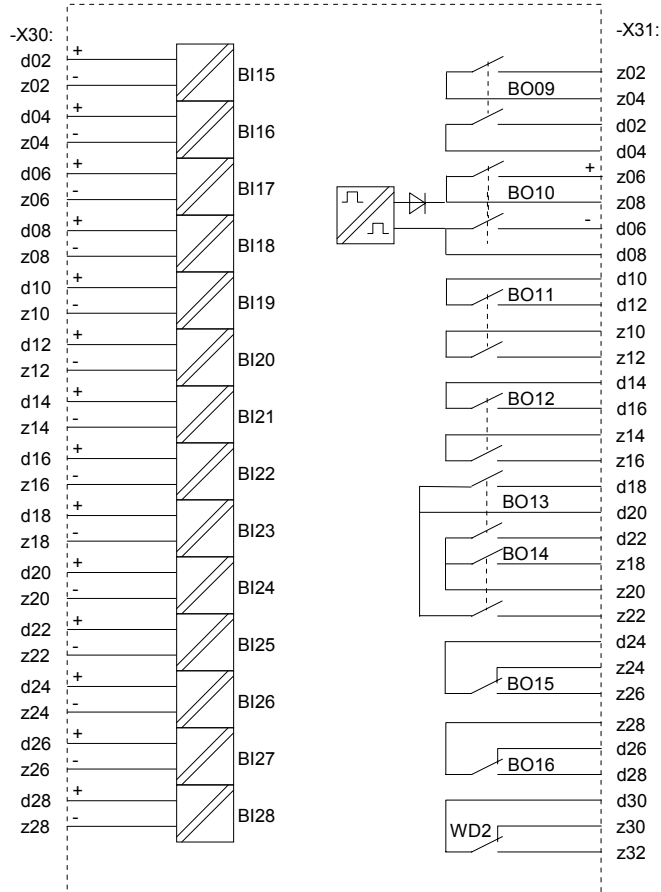
Примечание: Соблюдайте правильную полярность на BO02.



Расширение версии 3 вторым дополнительным механическим бинарным вводом/выводом

Примечание: Соблюдайте правильную полярность

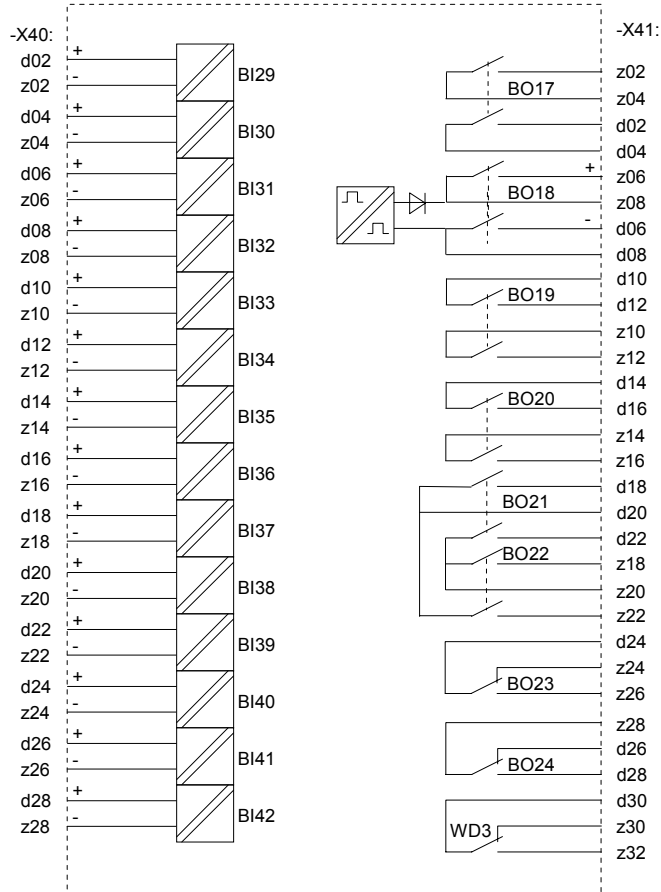
Note: Please connect the right polarity on BO 10



Расширение версии 3 третьим дополнительным механическим бинарным вводом/выводом

Примечание: Соблюдайте правильную полярность

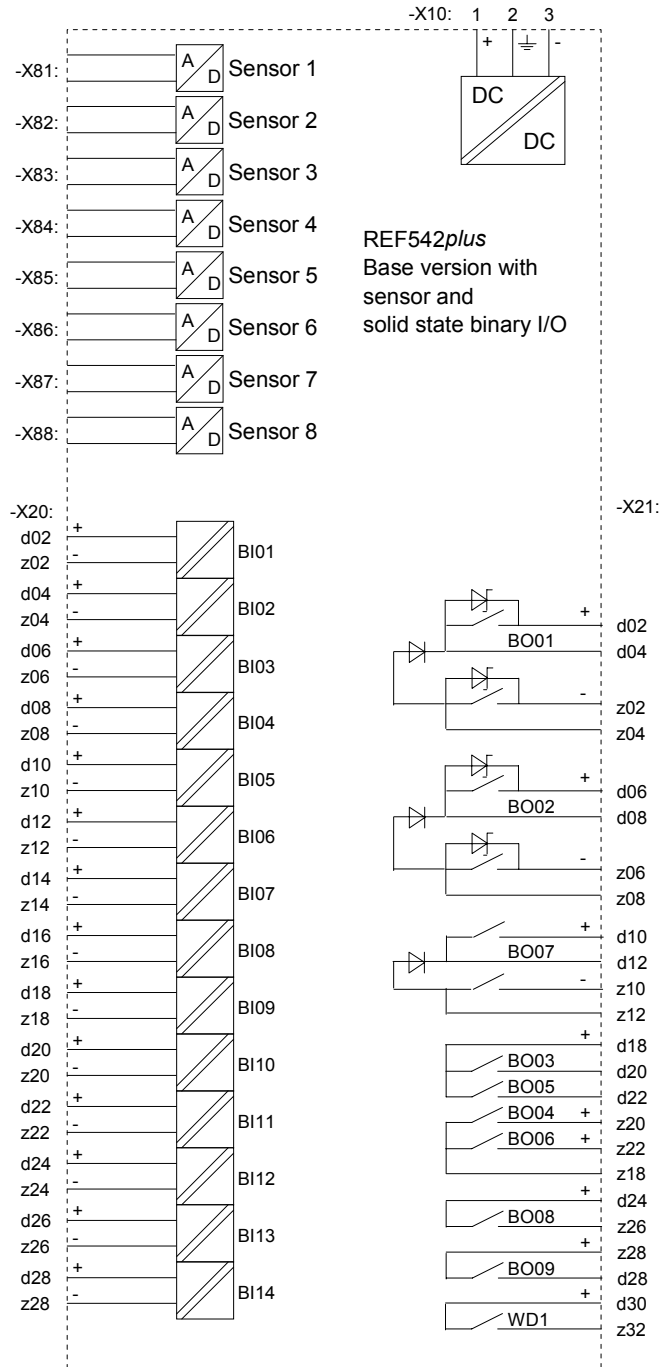
Note: Please connect the right polarity on BO 18



## 12.3 REF542plus со сплошным бинарным вводом/выводом

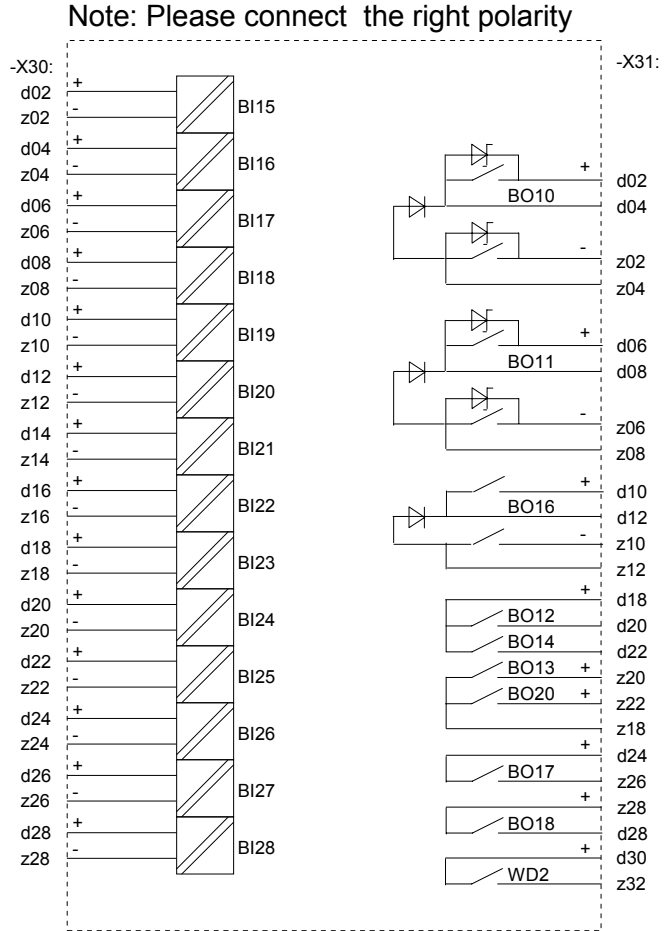
Пример основной исполнения REF542plus для соединения датчика с одним сплошным бинарным вводом/выводом версия 3. Возможно снабжение двумя дополнительными сплошными вводами/выводами. Имеются в наличии и другая конфигурация панели аналогового ввода, например смешанная конфигурация для соединения трансформаторов и датчиков.

Примечание: Соблюдайте правильную полярность



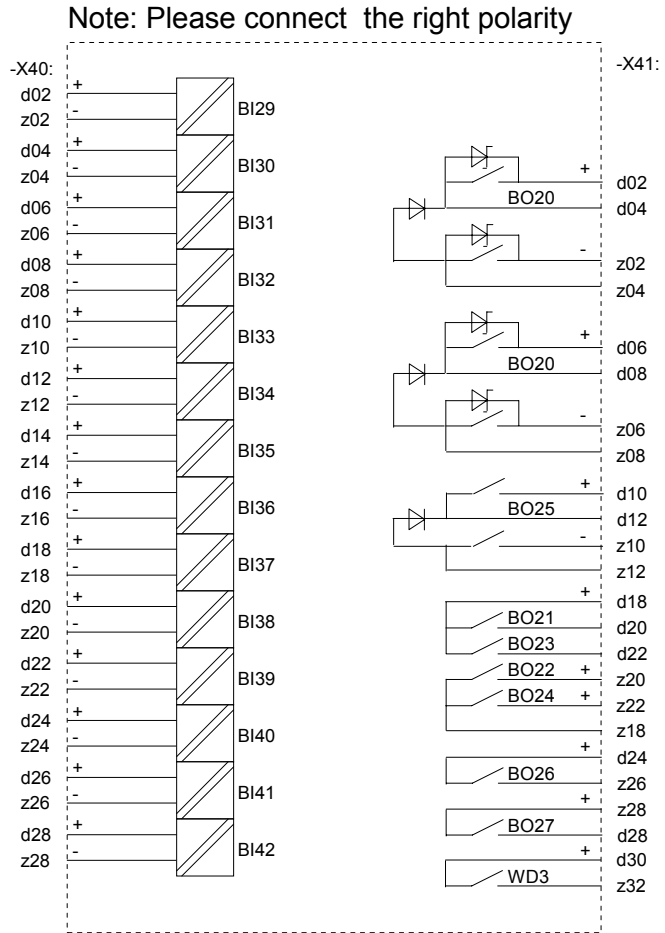
Расширение вторым сплошным бинарным вводом/выводом.

Примечание: Соблюдайте правильную полярность



Расширение третьим сплошным бинарным вводом/выводом.

Примечание: Соблюдайте правильную полярность





## Информация производителя:

ABB s.r.o.

PTMV

Vídeňská 117, 619 00 BRNO, Czech Republic

телефон: +420 5 4715 2731, +420 5 4715 2505

факс: +420 5 4715 2504

E-mail: [info.ejf@cz.abb.com](mailto:info.ejf@cz.abb.com)

Интернет: <http://www.abb.cz/ejf>