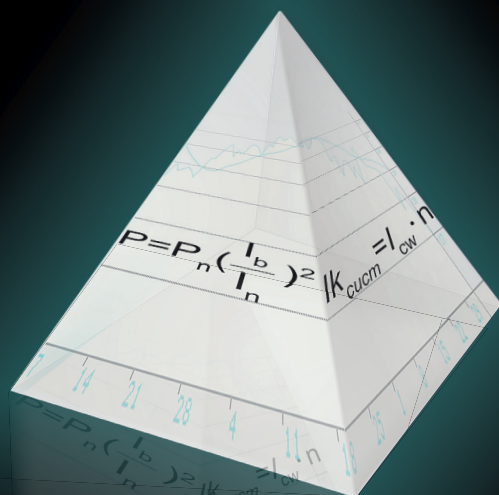




Оборудование для автоматизации

Устройства защиты и управления

Справочник по электрооборудованию

Том 1

Power and productivity
for a better world™



Содержание

Введение	2
1 Стандарты	3
1.1 Общие положения	3
1.2 Стандарты МЭК и соответствующие им стандарты ГОСТ Р для электрооборудования	15
2 Устройства защиты и управления	22
2.1 Паспортные таблички автоматических выключателей	22
2.2 Основные определения	24
2.3 Типы расцепителей	28
2.3.1 Термагнитные и электромагнитные расцепители	28
2.3.2 Электронные расцепители	30
2.3.3 Аппараты защиты дифференциального тока	34
3 Общие характеристики	38
3.1 Электрические характеристики автоматических выключателей	38
3.2 Характеристические кривые и программа "Curves"	45
3.2.1 Программа "Curves 1.0"	45
3.2.2 Характеристические кривые термагнитных и электромагнитных расцепителей	46
3.2.3 Функции электронных расцепителей	51
3.3 Предельные характеристические кривые	76
3.4 Характеристические кривые удельной сквозной энергии	79
3.5 Ухудшение номинальных характеристик в зависимости от температуры	80
3.6 Ухудшение номинальных характеристик в зависимости от высоты размещения над уровнем моря	90
3.7 Электрические характеристики выключателей нагрузки-разъединителей	91
4 Координация защитных устройств	98
4.1 Координация защитных устройств	98
4.2 Таблицы селективности	107
4.3 Таблицы резервирования	140
4.4 Таблицы координации между автоматическими выключателями и выключателями нагрузки-разъединителями	144
5 Специальные области применения	148
5.1 Электрические сети постоянного тока	148
5.2 Электрические сети с особыми частотами 400 Гц и 16 2/3 Гц	159
5.3 Электрические сети 1000 В (пост. тока) и 1000 В (перем. тока)	176
5.4 Устройства автоматического включения резерва (ABP)	188
6 Распределительные щиты	190
6.1 Электрические распределительные щиты	190
6.2 Распределительные щиты MNS	198
6.3 Распределительные щиты Striebel & John	199
Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов	202
Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890	211
Приложение С: Примеры областей применения: Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/P и PR333/P	225

Введение

Область применения и назначение

Целью настоящего справочника по электрооборудованию является обеспечение проектных организаций, разработчиков электрощитового оборудования, а также персонала, эксплуатирующего электроустановки, всей необходимой информацией. Данное пособие не является ни теоретическим трудом, ни техническим каталогом. В дополнение к предыдущему изданию оно ставит своей задачей помочь правильно выбрать оборудование для применения в самых разнообразных электроустановках. Том 2 справочника является переизданием “Учебного пособия по электроустановкам” (январь 2007).

Большое количество различных устройств, используемых в электроустановках, требует широких знаний в различных областях, например, в области энергосистем, электрических проводников и прочих компонентов. Это приводит к тому, что инженер вынужден искать нужную информацию в многочисленных документах и технических каталогах. Данное пособие имеет цель собрать воедино многочисленные справочные таблицы, предназначенные для быстрого определения основных параметров электрооборудования, а также таблицы по выбору защитных устройств для широкого диапазона электроустановок. В справочнике приводятся примеры, иллюстрирующие принципы пользования таблицами для выбора.

Пользователям справочника по электрооборудованию

Данный справочник предназначен для всех, кто интересуется электроустановками. Он окажется полезным инженерам-монтажникам, техникам по ремонту и обслуживанию электроустановок своими краткими, но очень важными справочными данными по электротехнике, а инженерам по сбыту – таблицами для выбора, удобными для быстрого наведения справки по устройствам.

Применимость справочника по электрооборудованию

В некоторых таблицах приводятся приблизительные значения величин вследствие обобщения процесса выбора. В каждом таком случае, по возможности, приводятся поправочные коэффициенты для реальных условий, которые могут отличаться от предполагаемых. В целях безопасности таблицы составлены с завышенными величинами. Для более точных расчетов рекомендуется использовать разработанную АББ программу DOCWin, предназначенную для выбора оборудования и проведения необходимых расчетов при проектировании электроустановок.

1 Стандарты

1.1 Основные положения

В любой технической области, и в особенности в области электротехники, достаточным, если не обязательным, условием для разработки устройств в соответствии с **“современным уровнем развития техники”** и удовлетворения запросов заказчиков и сообщества, является четкое соблюдение всех правил и технических стандартов.

Таким образом, четкое знание стандартов является основополагающим фактором для правильного подхода к проблемам электроустановок, которые должны проектироваться в соответствии с **“приемлемым уровнем безопасности”**, который никогда не является абсолютным.

Юридические стандарты

К этим стандартам относятся все стандарты, диктующие правила поведения для юридических лиц, находящихся под суверенитетом того или иного государства.

Технические стандарты

Эти стандарты являются сводом правил, на основе которых должны быть спроектированы, изготовлены и испытаны все механизмы, аппараты, материалы и установки таким образом, чтобы гарантировать эффективность и безопасность эксплуатации.

Технические стандарты, изданные национальными и международными органами, тщательно составлены и могут иметь правовую силу, если она им придается законодательными актами.

Области применения

	Электротехника и Электроника	Телекоммуникации	Механика, эргономика и безопасность
Международная организация IEC (МЭК)		ITU (МСЭ)	ISO (ИСО)
Европейская организация	CENELEC	ETSI	CEN

Этот сборник технических стандартов принимает во внимание только организации в области электротехники и электроники.

IEC – Международная электротехническая комиссия (МЭК)

Международная электротехническая комиссия (МЭК) была официально основана в 1906 г. с целью обеспечения международного сотрудничества в отношении стандартизации и сертификации в области электротехники и электроники. Данную организацию представляют международные комитеты более 40 стран мира.

МЭК издает международные стандарты, технические пособия и статьи, которые являются основой для национальной и европейской деятельности в области стандартизации.

Стандарты МЭК, как правило, издаются на двух языках: английском и французском.

В 1991 г. МЭК утвердила договоры о сотрудничестве с CENELEC (Европейская организация по стандартизации), согласно которым любая деятельность по стандартизации должна быть спланирована и утверждена в установленном порядке.

1 Стандарты

CENELEC – Европейский комитет по электротехнической стандартизации

Европейский комитет по электротехнической стандартизации (CENELEC) был основан в 1973 г. В настоящее время комитет объединяет 30 стран (Австрия, Бельгия, Болгария, Кипр, Чешская Республика, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Польша, Румыния, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Великобритания) и сотрудничает с 8 присоединившимися странами (Албания, Босния и Герцеговина, Тунис, Хорватия, бывшая Югославская Республика Македония, Сербия и Черногория, Турция, Украина), которые на первом этапе, наряду с документами CENELEC, сохраняли свои национальные документы, а затем заменили их согласованными документами.

Разница между Европейскими стандартами (EN) и согласованными документами заключается в следующем: первые должны быть приняты без изменений и дополнений в любой стране и на любом уровне, во втором случае могут быть внесены поправки в соответствии с требованиями той или иной страны.

Европейские стандарты публикуются на трех языках: английском, французском и немецком. С 1991 г. CENELEC сотрудничает с МЭК с целью ускорить процесс преобразования стандартов в международные стандарты.

Деятельность CENELEC в области стандартизации достаточно специфична и крайне востребована.

Когда МЭК начинает изучение какого либо конкретного вопроса, Европейская организация по стандартизации (CENELEC) может решить, принять или, в случае необходимости, внести поправки в документы, уже одобренные международной организацией стандартизации.

ДИРЕКТИВЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СООБЩЕСТВА (ЕС), ОТНОСЯЩИЕСЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ

Одной из основных задач ЕС является издание директив, которые должны быть приняты различными государствами-членами и введены в национальное законодательство.

После принятия директивы вступают в юридическую силу и становятся базисными для производителей, монтажников электрооборудования и торговых посредников, которые должны выполнять предписания, установленные законом.

Директивы основываются на следующих принципах:

- согласование ограничено важнейшими требованиями;
- только продукция, соответствующая указанным в директивах важнейшим требованиям, может поступить на рынок и вводится в эксплуатацию;
- согласованные стандарты, регистрационные номера которых опубликованы в Официальном бюллетене ЕС и введены систему национальных стандартов, должны приниматься в соответствии с важнейшими требованиями;
- применение согласованных стандартов и других технических спецификаций является обязательным, и производитель вправе выбирать другие технические решения, которые будут соответствовать важнейшим требованиям;
- у производителя есть возможность выбора среди различных процедур оценки соответствия, предусмотренных соответствующей директивой.

Цель каждой директивы заключается в том, чтобы производитель принял все необходимые меры к тому, чтобы выпускаемая им продукция была безопасна для жизни и здоровья людей и животных, а также имущества.

1 Стандарты

Директива 2006/95/СЕ “Низковольтное оборудование”

Директива “Низковольтное оборудование” относится к электрооборудованию, для питания которого используется номинальное напряжение от 50 до 1000 В переменного тока или напряжение от 75 до 1500 В постоянного тока.

Данная Директива, по сути, применима для любых устройств, предназначенных для производства, преобразования, передачи, распределения и потребления электроэнергии, таких как двигатели, трансформаторы, приборы, измерительные инструменты, защитные устройства, а также электротехнические материалы.

На следующие категории данная Директива не распространяется:

- электрооборудование, предназначенное для использования во взрывоопасных средах;
- электрооборудование, предназначенное для рентгенологии и медицинских целей;
- электроаппаратура для грузовых и пассажирских лифтов;
- счетчики электроэнергии;
- штепсельные вилки и розетки бытового назначения;
- контроллеры электрифицированных ограждений;
- радио- и электропомехи, создаваемые при работе электрических устройств;
- специальное электрооборудование, используемое на кораблях, самолетах и железной дороге и соответствующее мерам безопасности, установленным международными организациями, в которые входят государства-члены сообщества.

(*) Новая Директива 2004/108/СЕ вступила в силу 20-го января 2005 года, но предполагается переходный период (до июля 2009 года), во время которого еще допускается выпуск на рынок или ввод в эксплуатацию аппаратуры и систем в соответствии с предыдущей Директивой 89/336/СЕ. Положения новой Директивы могут применяться, начиная с 20-го июля 2007 года.

Директива ЭМС 89/336/ЕЕС* (“Электромагнитная совместимость”)

Директива по электромагнитной совместимости относится ко всем электрическим и электронным аппаратам, так же как к системам и установкам, содержащим электрические и/или электронные компоненты. Аппараты, подпадающие под действие данной Директивы, делятся на следующие категории в зависимости от их характеристик:

- бытовые радио- и телеприемники;
- промышленно-производственное оборудование;
- мобильное радиооборудование;
- мобильное радио- и коммерческое радиотелефонное оборудование;
- медицинские и научно-исследовательские аппараты;
- оборудование для обработки информации (ИТЕ);
- бытовые электроприборы и домашняя электроника;
- авиационная и морская радиоаппаратура;
- электронное оборудование, используемое в сфере образования;
- телекоммуникационные сети и аппаратура;
- передатчики системы радио- и телевидения;
- осветительные и люминесцентные лампы.

Аппараты должны быть сконструированы таким образом, чтобы

- а) производимые ими электромагнитные помехи не превышали уровень, допустимый для нормальной работы радио- и телекоммуникационного оборудования и другой аппаратуры;
- б) для нормальной работы аппараты должны иметь соответствующий уровень внутренней защиты от электромагнитных помех.

Аппарат может считаться соответствующим положениям по пунктам а) и б) в том случае, если он соответствует согласованным стандартам, применимым к данной категории продукции, если таковые отсутствуют, - общим стандартам.

1 Стандарты

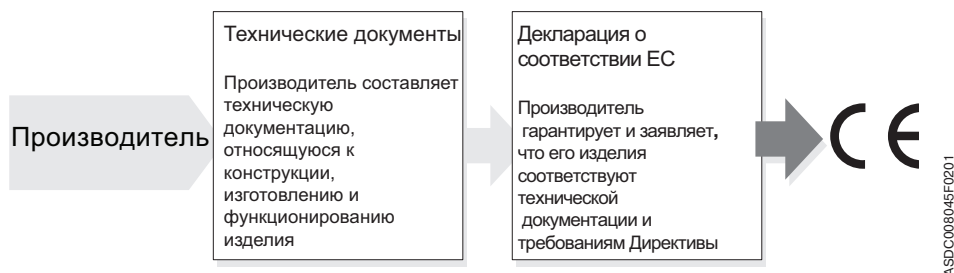
Знак соответствия Европейским стандартам (знак СЕ)

Знак СЕ призван указывать на соответствие данного продукта всем требованиям и директивам ЕС, установленным Европейским сообществом для производителей в отношении их продукции.



Маркировка СЕ на продукции подтверждает заявление производителя или его законного представителя о том, что данный продукт соответствует всем необходимым требованиям, в том числе, связанными с процедурами оценки соответствия. Это позволяет не допустить ограничения государствами-участниками продажи и ввода в эксплуатацию продукции с маркировкой СЕ, за исключением тех случаев, когда такие меры являются оправданными на основании доказанного несоответствия продукции стандартам.

Данная схема представляет собой процедуры оценки соответствия, учрежденные Директивой 2006/95/СЕ для электрооборудования, предназначенного для работы в определенном диапазоне напряжений:



Морской регистр

Условия окружающей среды, в которых используются автоматические выключатели бортовых установок, могут отличаться от стандартных условий эксплуатации в промышленности. По существу, оборудование для морского применения может потребовать установки в особых условиях, таких как:

- окружающая среда, характеризующаяся высокой температурой и влажностью, включая атмосферу соляного тумана (насыщенный солью туман и влажное тепло);
- окружающая среда машинного отделения, в котором работает аппаратура, характеризуется вибрациями значительной амплитуды и продолжительности.

Для обеспечения нормального функционирования аппаратов в подобных условиях, согласно морскому регистру требуется, чтобы аппаратура испытывалась в соответствии с утвержденными перечнем испытаний особого типа, наиболее важными из которых являются испытания на вибрационную стойкость, подверженность динамическому воздействию, влагостойкость и воздействие сухого нагрева.

1 Стандарты

Автоматические выключатели ABB SACE (Tmax-Emax) утверждены следующими морскими регистрами:

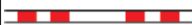
Российский морской регистр судоходства		
• RINA	Registro Italiano Navale	Итальянский морской регистр
• DNV	Det Norske Veritas	Норвежский морской регистр
• BV	Bureau Veritas	Французский морской регистр
• GL	Germanischer Lloyd	Германский морской реестр
• LRs	Lloyd's Register of Shipping	Британский морской регистр
• ABS	American Bureau of Shipping	Американский морской регистр

Знаки соответствия национальным и международным стандартам

Международные и национальные знаки соответствия собраны в следующую таблицу (исключительно для информации):

ГОСУДАРСТВО	Символ	Б у к в е н н о е о б о з н а ч е н и е з н а к а	Применение/Организация
ЕВРОПА		–	Знак соответствия согласованным Европейским стандартам, перечисленным в Соглашении ENEC.
АВСТРАЛИЯ		Знак AS	Электрические и неэлектрические изделия. Этот знак гарантирует соответствие SAA (Австралийская ассоциация по стандартизации).
АВСТРАЛИЯ		Знак S.A.A.	Австралийская ассоциация по стандартизации (S.A.A.). Электротехническое управление Нового Южного Уэльса, Сидней, Австралия
АВСТРИЯ		Австрийский знак испытаний	Электрооборудование и материалы

1 Стандарты

ГОСУДАРСТВО	Символ	Б у к в е н н о е о б о з н а ч е н и е з н а к а	Применение/Организация
АВСТРИЯ		ÖVE Обозначение прокладки кабеля	Кабели
БЕЛЬГИЯ		Знак CEBEC	Электротехническое оборудование и бытовые электроприборы
БЕЛЬГИЯ		Знак CEBEC	Кабелепроводы, каналы, провода и гибкие шнуры
БЕЛЬГИЯ		Сертификат соответствия	Электротехнические материалы и бытовые электроприборы (в случаях отсутствия эквивалентного национального стандарта или критерия)
КАНАДА		Знак CSA	Электрические и неэлектрические изделия. Этот знак гарантирует соответствие CSA (Канадская ассоциация по стандартизации)
КИТАЙ		Знак CCC	Этот знак требуется для широкого спектра изделий, прежде чем их экспортировать или продавать на рынке Китайской Народной Республики.
ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА		Знак EZU	Электротехнический испытательный институт
СЛОВАЦКАЯ РЕСПУБЛИКА		Знак EVPU	Электротехнический проектно-исследовательский институт

1 Стандарты

ГОСУДАРСТВО	Символ	Б у к в е н н о е о б о з н а ч е н и е з н а к а	Применение/Организация
ХОРВАТИЯ		KONKAR	Электротехнический институт
ДАНИЯ		DEMKO Знак утверждения	Низковольтное оборудование. Этот знак гарантирует соответствие продукции требованиям (безопасности) “Стандарты для сильноточного оборудования”
ФИНЛЯНДИЯ		Знак безопасности Elektriska Inspek- toratet	Низковольтное оборудование. Этот знак гарантирует соответствие продукции требованиям (безопасности) согласно нормам “Стандарты для сильноточного оборудования”
ФРАНЦИЯ		Знак ESC	Бытовые электроприборы
ФРАНЦИЯ		Знак NF	Провода и кабели – кабелепроводы, каналы – монтажное оборудование
ФРАНЦИЯ		NF Обозначение прокладки кабеля	Кабели
ФРАНЦИЯ		Знак NF	Портативные инструменты с электроприводом
ФРАНЦИЯ		Знак NF	Бытовые электроприборы

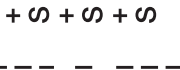
1 Стандарты

ГОСУДАРСТВО	Символ	Б у к в е н н о е о б о з н а ч е н и е з н а к а	Применение/Организация
ГЕРМАНИЯ		Знак VDE	Для электроприборов и технического оборудования, а так же монтажных принадлежностей, таких как вилки, розетки, предохранители, провода, кабели и другие компоненты (конденсаторы, системы заземления, патроны для ламп и электронные приборы)
ГЕРМАНИЯ		VDE Обозначение прокладки кабеля	Кабели и провода
ГЕРМАНИЯ		Знак VDE для кабелей	Для кабелей, изолированных проводов, кабелепроводов, каналов
ГЕРМАНИЯ		Знак VDE-GS для технического оборудования	Знак безопасности технического оборудования. Присваивается после испытания и сертификации продукта Испытательной лабораторией VDE в Оффенбахе; знаком соответствия является маркировка VDE, которая может использоваться как самостоятельно, так и в сочетании с маркировкой GS
ВЕНГРИЯ		MEEI	Венгерский институт испытания и сертификации электрооборудования
ЯПОНИЯ		Знак JIS	Знак, гарантирующий соответствие промышленным стандартам Японии.
ИРЛАНДИЯ		Знак IIRS	Электрическое оборудование
ИРЛАНДИЯ		Знак IIRS	Электрическое оборудование

1 Стандарты

ГОСУДАРСТВО	Символ	Б у к в е н н о е о б о з н а ч е н и е з н а к а	Применение/Организация
ИТАЛИЯ		Знак IMQ	Знак наносят на электротехнические изделия для непрофессиональных пользователей. Он удостоверяет соответствие Европейским стандартам.
НОРВЕГИЯ		Норвежский знак утверждения	Обязательное подтверждение безопасности низковольтных изделий и оборудования
НИДЕРЛАНДЫ		КЕМА-КЕУР	Общий знак для любого оборудования
ПОЛЬША		KWE	Электротехническая продукция
РОССИЯ		Сертификат соответствия	Электрические и неэлектрические изделия. Этот знак гарантирует соответствие национальному стандарту (Госстандарту России)
СИНГАПУР		SISIR	Электротехнические и неэлектротехнические изделия
СЛОВЕНИЯ		SIQ	Словенский институт качества и метрологии
ИСПАНИЯ		AEE	Электротехнические изделия. Эта марка находится под контролем Испанской электротехнической ассоциации (Asociación Electrotécnica Española)

1 Стандарты

ГОСУДАРСТВО	Символ	Буквенное обозначение знака	Применение/Организация
ИСПАНИЯ		AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación. (Испанская ассоциация по сертификации и стандартизации)
ШВЕЦИЯ		SEMKO Знак	Обязательный знак, подтверждающий безопасность низковольтных изделий и оборудования.
ШВЕЙЦАРИЯ	 * PZ 1	Знак безопасности	Низковольтное оборудование Швейцарии, подлежащее обязательной аттестации (безопасность).
ШВЕЙЦАРИЯ		–	Кабели, подлежащие обязательной аттестации
ШВЕЙЦАРИЯ		Знак безопасности SEV	Низковольтные изделия, подлежащие обязательной аттестации
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		Знак ASTA	Знак, который гарантирует соответствие нормам Британского института стандартов
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		Знак BASEC	Знак, гарантирующий соответствие нормам Британского института стандартов для проводов, кабелей и вспомогательных изделий.
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		Знак BASEC Обозначение прокладки кабеля	Кабели

1 Стандарты

ГОСУДАРСТВО	Символ	Б у к в е н н о е о б о з н а ч е н и е з н а к а	Применение/Организация
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		Знак безопасности BEAB	Соответствие нормам Британского института стандартов для бытовой техники
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		BSI Знак безопасности	Соответствие нормам Британского института стандартов
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		Кайтмарк, знак качества Британского института стандартов BEAB	Соответствие применимым британским стандартам "British Standards" в отношении безопасности и рабочих характеристик
США		Знак ЛАБОРАТОРИИ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ в США (UL) Знак	Электротехнические и неэлектротехнические изделия
США		Знак ЛАБОРАТОРИИ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ в США (UL)	Электрические и неэлектрические изделия
США		Знак утверждения UL	Электротехнические и неэлектротехнические изделия
CEN (Европейский комитет по стандартизации)		Знак CEN	Знак, установленный Европейским комитетом по стандартизации (CEN): Этот знак гарантирует соответствие Европейским стандартам.
CENELEC		Знак	Кабели

1 Стандарты

ГОСУДАРСТВО	Символ	Б у к в е н н о е о б о з н а ч е н и е з н а к а	Применение/Организация
CENELEC		Знак согласования	Знак сертификации, подтверждающий, что согласованный кабель соответствует применимым стандартам CENELEC – обозначение прокладки кабеля
EC		Знак Ex EUROPEA	Знак, гарантирующий соответствие Европейским стандартам на изделия, предназначенные для использования во взрывоопасных средах
CEEel		Знак CEEel	Знак, применяемый для некоторых бытовых электроприборов (бритвы, электрические часы и т.д.)

Декларация о соответствии ЕС

Декларация о соответствии ЕС – это заявление изготовителя, который под свою ответственность объявляет, что все оборудование, технологии или услуги соответствуют конкретным стандартам (директивам) или другим нормативным документам.

Декларация о соответствии ЕС должна содержать следующую информацию:

- наименование и адрес изготовителя либо его европейского представителя;
- описание изделия;
- ссылку на соответствующие согласованные стандарты и директивы;
- какую-либо ссылку на технические спецификации, соответствие которым подтверждается;
- две последние цифры года присвоения маркировки ЕС;
- удостоверение подписавшейся стороны.

Копия Декларации о соответствии ЕС должна храниться у изготовителя либо его представителя вместе с другой технической документацией.

1 Стандарты

1.2 Стандарты МЭК и соответствующие им стандарты ГОСТ Р для электрооборудования

СТАНДАРТ	ГОД	НАИМЕНОВАНИЕ
МЭК 60027-1	1992	Буквенные обозначения, используемые в электротехнике – Часть 1: Общие положения
МЭК 60034-1	2004	Вращающиеся электрические машины – Часть 1: Номинальные и эксплуатационные характеристики
МЭК 60617-DB-Snapshot	2007	Графические обозначения на схемах
МЭК 61082-1	2006	Подготовка документов, используемых в электротехнике - Часть 1: Правила
МЭК 60038	2002	Стандартные напряжения по МЭК
МЭК 60664-1	2002	Координация изоляции для оборудования низковольтных систем - Часть 1: Принципы, требования и испытания
МЭК 60909-0	2001	Токи короткого замыкания в трехфазных системах переменного тока - Часть 0: Расчет токов
МЭК 60865-1	1993	Токи короткого замыкания - Расчет воздействий - Часть 1: Определения и методы расчета
МЭК 60076-1	2000	Силовые трансформаторы – Часть 1: Общие положения
МЭК 60076-2	1993	Силовые трансформаторы – Часть 2: Повышение температуры
МЭК 60076-3	2000	Силовые трансформаторы – Часть 3: Уровни изоляции, испытания на диэлектрическую прочность и воздушные зазоры
МЭК 60076-5	2006	Силовые трансформаторы – Часть 5: Прочность при коротком замыкании
МЭК/TR 60616	1978	Маркировка выводов и ответвлений силовых трансформаторов
МЭК 60076-11	2004	Силовые трансформаторы – Часть 11: Сухие трансформаторы
МЭК 60445	2006	Основные принципы безопасности для интерфейса человек-машина, маркировка и обозначения – обозначения выводов оборудования и зажимов для проводов
МЭК 60073	2002	Основные принципы безопасности для интерфейса человек-машина, маркировка и обозначения – кодировка измерительных приборов и исполнительных механизмов
МЭК 60446	1999	Основные принципы безопасности для интерфейса человек-машина, маркировка и обозначения – обозначения проводников цветом или цифрами
МЭК 60447	2004	Основные принципы безопасности для интерфейса человек-машина, маркировка и обозначения – принципы срабатывания
МЭК 60947-1	2004	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1: Общие положения
ГОСТ Р 50030.1	2000	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие требования и методы испытаний
МЭК 60947-2	2006	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели
ГОСТ Р 50030.2	1994	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели

1 Стандарты

СТАНДАРТ	ГОД	НАИМЕНОВАНИЕ
МЭК 60947-3	2005	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 3. Выключатели, разъединители, выключатели-разъединители и комбинации их с предохранителями
ГОСТ Р 50030.3	1999	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 3. Выключатели, разъединители, выключатели-разъединители и комбинации их с предохранителями
МЭК 60947-4-1	2002	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-1. Контактторы и пускатели. Электромеханические контактторы и пускатели
ГОСТ Р 50030.4.1	2002	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-1. Контактторы и пускатели. Электромеханические контактторы и пускатели
МЭК 60947-4-2	2007	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-2. Контактторы и пускатели. Полупроводниковые пускатели переменного тока.
МЭК 60947-4-3	2007	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-3. Контактторы и пускатели. Полупроводниковые контактторы для недовыкатных нагрузок.
МЭК 60947-5-1	2003	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-1: Устройства управления цепями и переключающие элементы – Электромеханические устройства для управления цепями
МЭК 60947-5-2	2004	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-2: Устройства для цепей управления и переключающие элементы – концевые выключатели
МЭК 60947-5-3	2005	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-3: Устройства для управления цепями и переключающие элементы – требования к концевым выключателям с определенным поведением в условиях короткого замыкания
МЭК 60947-5-4	2002	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5: Устройства для управления цепями и переключающие элементы – Раздел 4: Методы оценки характеристик маломощных контактов. Специальные испытания.
МЭК 60947-5-5	2005	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-5: Устройства для цепей управления и переключающие элементы – Электрические аварийные выключатели с функцией механической блокировки
МЭК 60947-5-6	1999	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-6: Устройства для управления цепями и переключающие элементы – Интерфейс постоянного тока для бесконтактных датчиков и коммутирующих усилителей (NAMUR)
МЭК 60947-6-1	2005	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 6-1: Многофункциональная аппаратура – оборудование для переключения без разрыва тока
МЭК 60947-6-2	2002	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 6-2: Многофункциональная аппаратура – коммутационное устройства (или оборудование) защиты и управления (CPS)

1 Стандарты

СТАНДАРТ	ГОД	НАИМЕНОВАНИЕ
МЭК 60947-7-1	2002	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7: Вспомогательное оборудование – Раздел 1: Клеммные колодки для медных проводников
МЭК 60947-7-2	2002	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7: Вспомогательное оборудование – Раздел 2: Клеммные колодки защитных медных проводников
МЭК 60439-1	2004	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний
ГОСТ Р 51321.1	2000	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний
МЭК 60439-2	2005	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 2. Частные требования к системам сборных шин (шинопроводам)
ГОСТ 28668.1	2003	Низковольтные комплектные устройства распределения и управления. Часть 2. Частные требования к системам сборных шин (шинопроводам)
МЭК 60439-3	2001	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 3. Дополнительные требования к устройствам распределения и управления, предназначенным для эксплуатации в местах, доступных неквалифицированному персоналу, и методы испытаний
ГОСТ Р 51321.3		Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 3. Дополнительные требования к устройствам распределения и управления, предназначенным для эксплуатации в местах, доступных неквалифицированному персоналу, и методы испытаний
МЭК 60439-4	2004	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 4. Дополнительные требования и методы испытаний к устройствам распределения и управления для строительных площадок
ГОСТ Р 51321.4	2000	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 4. Дополнительные требования и методы испытаний к устройствам распределения и управления для строительных площадок
МЭК 60439-5	2006	Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 5: Особые требования к низковольтным комплектным устройствам для распределения мощности в сетях общего пользования
МЭК 61095	2000	Электромеханические контакторы бытового и аналогичного назначения
МЭК/TR 60890	1987	Экстраполяционные методы оценки превышения температуры для НКУ, прошедших частичные типовые испытания (ЧИ НКУ)
МЭК/TR 61117	1992	Методы оценки прочности при коротком замыкании частично испытанных комплектных устройств (ЧИ НКУ)
МЭК 60092-303	1980	Судовые электроустановки. Часть 303: Оборудование – Силовые трансформаторы и трансформаторы для осветительного оборудования

1 Стандарты

СТАНДАРТ	ГОД	НАИМЕНОВАНИЕ
МЭК 60092-301	1980	Судовые электроустановки. Часть 301: Оборудование - Генераторы и электродвигатели
МЭК 60092-101	2002	Судовые электроустановки - Часть 101: Определения и общие требования
МЭК 60092-401	1980	Судовые электроустановки. Часть 401: Монтаж и испытание комплектного электрооборудования
МЭК 60092-201	1994	Судовые электроустановки - Часть 201: Проектирование системы - общие положения
МЭК 60092-202	1994	Судовые электроустановки - Часть 202: Проектирование системы - защита
МЭК 60092-302	1997	Судовые электроустановки - Часть 302: Низковольтные комплектные устройства
МЭК 60092-350	2001	Судовые электроустановки - Часть 350: Бортовые силовые кабели – Общая конструкция и требования к испытаниям
МЭК 60092-352	2005	Судовые электроустановки - Часть 352: Выбор и прокладка электрических кабелей
МЭК 60364-5-52	2001	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки
ГОСТ Р 50571.15	1997	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки
МЭК 60227		Кабели с поливинилхлоридной изоляцией номинального напряжения до 450/750 В включительно
	1998	Часть 1: Общие требования
	2003	Часть 2: Методы испытаний
	1997	Часть 3: Кабели без оболочки для стационарной электропроводки
	1997	Часть 4: Кабели в оболочке для стационарной электропроводки
	2003	Часть 5: Гибкие кабели (шнуры)
	2001	Часть 6: Лифтовые кабели и кабели для гибких соединений
	2003	Часть 7: Гибкие кабели экранированные и неэкранированные, с двумя и более жилами
МЭК 60228	2004	Жилы изолированных кабелей
МЭК 60245		Кабели с резиновой изоляцией номинального напряжения до 450/750 В включительно
	2003	Часть 1: Общие требования
	1998	Часть 2: Методы испытаний
	1994	Часть 3: Кабели с термостойкой силиконовой изоляцией
	2004	Часть 4: Провода и гибкие кабели
	1994	Часть 5: Лифтовые кабели
	1994	Часть 6: Кабели для электродной электродуговой сварки
	1994	Часть 7: Кабели с термостойкой этиленвинилацетатной резиновой изоляцией
	2004	Часть 8: Провода для случаев, требующих особой гибкости
МЭК 60309-2	2005	Вилки, штепсельные розетки и соединительные устройства промышленного назначения – Часть 2: Требования к размерной взаимозаменяемости оборудования со штыревыми и контактными гнездами

1 Стандарты

СТАНДАРТ	ГОД	НАИМЕНОВАНИЕ
МЭК 61008-1	2006	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтоков (ВДТ) бытового и аналогичного назначения. Часть 1: Общие положения
МЭК 61008-2-1	1990	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтоков (ВДТ) бытового и аналогичного назначения. Часть 2-1: Применимость общих требований к ВДТ, функционально не зависящим от напряжения в сети
МЭК 61008-2-2	1990	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтоков (ВДТ) бытового и аналогичного назначения. Часть 2-2: Применимость общих требований к ВДТ, функционально зависящих от напряжения в сети
МЭК 61009-1	2006	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтоков (АВДТ) бытового и аналогичного назначения – Часть 1: Общие положения
МЭК 61009-2-1	1991	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтоков (АВДТ) бытового и аналогичного назначения. Часть 2-1: Применимость общих требований к АВДТ, функционально не зависящих от напряжения в сети
МЭК 61009-2-2	1991	Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтоков (АВДТ) бытового и аналогичного назначения – Часть 2-2: Применимость общих требований к АВДТ, функционально зависящих от напряжения в сети
МЭК 60670-1	2002	Корпуса и кожухи для электрических компонентов бытовых и аналогичных стационарных электроустановок - Часть 1: Общие требования
МЭК 60669-2-1	2002	Переключатели для бытовых и аналогичных стационарных электроустановок - Часть 2-1: Особые требования – электронные переключатели
МЭК 60669-2-2	2006	Переключатели для бытовых и аналогичных стационарных электроустановок - Часть 2: Особые требования – Раздел 2: Переключатели дистанционного управления (RCS)
МЭК 60669-2-3	2006	Переключатели для бытовой техники и аналогичных стационарных электроустановок - Часть 2-3: Определенные требования – переключатели с выдержкой времени (TDS)
МЭК 60079-10	2002	Электрические аппараты для взрывоопасных газовых атмосфер – Часть 10: Классификация взрывоопасных зон
МЭК 60079-14	2002	Электрические аппараты для взрывоопасных газовых атмосфер – Часть 14: Электрические установки во взрывоопасных зонах (кроме шахт)
МЭК 60079-17	2002	Электрические аппараты для взрывоопасных газовых атмосфер – Часть 17: Наладка и монтаж электрических установок во взрывоопасных зонах (кроме шахт)
МЭК 60269-1	2006	Плавкие предохранители низкого напряжения – Часть 1: Общие требования

1 Стандарты

СТАНДАРТ	ГОД	НАИМЕНОВАНИЕ
МЭК 60269-2	2006	Плавкие предохранители низковольтные. Часть 2: Дополнительные требования к плавким предохранителям, предназначенным для использования квалифицированным персоналом (плавкие предохранители промышленного назначения), примеры предохранителей стандартизированной системы от А до I
МЭК 60269-3	2006	Плавкие предохранители низкого напряжения – Часть 3-1: Дополнительные требования к плавким предохранителям, предназначенным для использования неквалифицированным персоналом (плавкие предохранители, бытового и аналогичного назначения) – Разделы с I по IV примеры предохранителей стандартизированной системы от А до F
МЭК 60127-1/10		Миниатюрные предохранители –
	2006	Часть 1: Определения для миниатюрных предохранителей и общие требования для миниатюрных плавких вставок
	2003	Часть 2: Патронные плавкие вставки
	1988	Часть 3: Сверхминиатюрные плавкие вставки
	2005	Часть 4: Универсальные модульные плавкие вставки, штырьковый и поверхностный монтаж
	1988	Часть 5: Руководство по оценке качества миниатюрных плавких вставок
	1994	Часть 6: Держатели для миниатюрных патронных плавких вставок
	2001	Часть 10: Руководство по применению миниатюрных плавких вставок
МЭК 60364-1	2005	Электроустановки зданий. Основные положения
ГОСТ Р 51571.1	1993	Электроустановки зданий. Основные положения
ГОСТ Р 51571.2	1994	Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики
МЭК 60364-4-41	2005	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током
ГОСТ Р 50571.3	1994	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током
МЭК 60364-4-42	2001	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий
ГОСТ Р 50571.4	1994	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий
МЭК 60364-4-43	2001	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока
ГОСТ Р 50571.5	1994	Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока
МЭК 60364-4-44	2006	Электроустановки зданий Часть 4-44: Защита и безопасность - защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных помех
МЭК 60364-5-51	2005	Электроустановки зданий Часть 5-51: Выбор и монтаж электрооборудования Общие правила
МЭК 60364-5-52	2001	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки
ГОСТ Р 50571.15	1997	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки

1 Стандарты

СТАНДАРТ	ГОД	НАИМЕНОВАНИЕ
МЭК 60364-5-53	2002	Электроустановки зданий Часть 5-53: Выбор и монтаж электрооборудования Изоляция, коммутация и управление
МЭК 60364-5-54	2002	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники
ГОСТ Р 50571.10	1996	Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники
МЭК 60364-5-55	2002	Электроустановки зданий Часть 5-55: Выбор и монтаж электрооборудования. Прочее оборудование
МЭК 60364-6	2006	Электроустановки зданий Часть 6: Освидетельствование
МЭК 60364-7	1984...2006	Электроустановки зданий Часть 7: Требования к специальным установкам и местам расположения
МЭК 60529	2001	Степени защиты оболочек (IP- коды)
МЭК 61032	1997	Защита персонала и оборудования, обеспечиваемая оболочками – датчики для освидетельствования
МЭК/TR 61000-1-1	1992	Электромагнитная совместимость (ЕМС) Часть 1: Общие сведения - Раздел 1: применение и интерпретация основных определений и терминов
МЭК/TR 61000-1-3	2002	Электромагнитная совместимость (ЕМС) Часть 1-3: Общие сведения - Воздействие высотного ЭМИ на оборудование и системы общего назначения

2 Устройства защиты и управления

2.1 Паспортные таблички автоматических выключателей

Автоматический выключатель в литом корпусе (MCCB) Tmax

Тип выключателя			
Серия	Типоразмер	Номинальная предельная наибольшая отключающая способность при 415 В перем. тока	Номинальный непрерывный ток
T	1	B = 16 кА	160 А
	2	C = 25 кА	250 А
	3	N = 36 кА	320 А
	4	S = 50 кА	400 А
	5	H = 70 кА	630 А
	6	L = 85 кА (для T2)	800 А
	7	L = 120 кА (для T4-T5-T7)	1000 А
		L = 100 кА (для T6)	1250 А
		V = 150 кА (для T7)	1600 А
		V = 200 кА	

Tmax	T2L	160	Iu=160A	Ue=690V	Ui=800V	Uimp=8kV	IEC 60947-2
Ue (V)	230	400/415	440	500	690	250	500
Icu (kA)	150	85	75	50	10	85	85
Ics (% Icu)	75	75	75	75	75	75	75
Cat A			~	50-60Hz		2 P --- 3 P in series	CE

Номинальное напряжение изоляции Ui; т.е. максимальное среднеквадратическое значение напряжения, которое может выдержать автоматический выключатель при частоте сети в установленных условиях испытания.

Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение Uimp; т.е. пиковое значение импульсного напряжения, которое может выдержать автоматический выключатель в установленных условиях испытания.

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (Icu) и номинальная рабочая наибольшая отключающая способность (Ics) при разных значениях напряжения.

Согласно международному Стандарту МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2), автоматические выключатели делятся на выключатели Категории А, для которых не установлен номинальный кратковременно выдерживаемый ток, и выключатели Категории В, для которых установлен номинальный кратковременно выдерживаемый ток.

Нанесенная на автоматические выключатели АББ маркировка CE указывает на соответствие следующим Директивам CE: «Директива по низковольтному оборудованию» (LVD) № 2006/95/CE «Директива по электромагнитной совместимости» (EMC) № 89/336 EEC.

Соответствие международному Стандарту МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2): «Аппаратура распределения и управления низковольтная – Автоматические выключатели».

2 Устройства защиты и управления

Воздушный автоматический выключатель: Emax

Серия

E

Типоразмер

X1

1

2

3

4

6

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность при 415 В переменного тока

B = 42 кА
N = 65 кА (50 кА E1)
S = 75 кА (85 кА E2)
H = 100 кА
L = 130 кА (150 кА X1)
V = 150 кА (130 кА E3)

Номинальный непрерывный ток

630 A
800 A
1000 A
1250 A
1600 A
2000 A
2500 A
3200 A
4000 A
5000 A
6300 A

Номинальный непрерывный ток I_n

Номинальное рабочее напряжение U_e

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw}; т.е. максимальный ток, который может выдержать автоматический выключатель в течение установленного времени.

SACE E3V 32

I_n=3200A U_e=690V
I_{cw}=85kA x 1s

Cat B

~ 50-60 Hz

IEC 60947-2
made in Italy by
ABB-SACE

U_e (V)

230

415

440

525

690

I_{cu} (kA)

130

130

130

100

100

I_{cs} (kA)

100

100

100

85

85

CE

Согласно международному Стандарту МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2), автоматические выключатели делятся на выключатели Категории А, для которых не установлен номинальный кратковременно выдерживаемый ток, и выключатели Категории В, для которых установлен номинальный кратковременно выдерживаемый ток.

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (I_{cu}) и номинальная рабочая наибольшая отключающая способность (I_{cs}) при разных значениях напряжения.

Нанесенная на автоматические выключатели АББ маркировка CE указывает на со-ответствие следующим Директивам CE: «Директива по низковольтному оборудованию» (LVD) № 2006/95/CE «Директива по электромагнитной совместимости» (EMC) № 89/336 EEC.

Соответствие международному Стандарту МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2): «Аппаратура распределения и управления низковольтная – Автоматические выключатели».

ASDC008048F0201

Устройство защиты и управления

23

9CND00000000027

2 Устройства защиты и управления

2.2 Основные определения

Основные определения по низковольтным комплектным устройствам приведены в ГОСТ Р 50030.1, 50030.2 и 50030.3.

Основные характеристики

Автоматический выключатель

Контактный коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях в цепи, а также включать, проводить в течение установленного нормированного времени и отключать токи при указанных ненормальных условиях в цепи, таких как короткое замыкание.

Токоограничивающий автоматический выключатель

Автоматический выключатель с чрезвычайно малым временем отключения, в течение которого ток короткого замыкания не успевает достичь своего максимального значения.

Вставной (втычной) автоматический выключатель

Выключатель, который дополнительно к своим собственным контактам имеет комплект контактов, позволяющих снимать выключатель.

Выдвижной (выкатной) автоматический выключатель

Автоматический выключатель, оснащенный не только отключающими контактами, но и дополнительным комплектом разъединяющих контактов, дающих возможность отсоединить этот автоматический выключатель от главной цепи в выдвинутом положении для создания воздушного зазора в соответствии с установленными требованиями.

Автоматический выключатель в литом корпусе (МССВ)

Автоматический выключатель в корпусе из формованного изоляционного материала, являющегося неотъемлемой частью выключателя.

Разъединитель

Коммутационный аппарат, который в отключенном положении удовлетворяет определенным требованиям для изолирующей функции.

Расцепитель

Устройство, механически связанное с контактным коммутационным аппаратом, которое освобождает удерживающие приспособления и тем самым допускает размыкание или замыкание коммутационного аппарата.

2 Устройства защиты и управления

Типы неисправностей и токи повреждения

Перегрузка

Условия появления сверхтока в электрически не поврежденной цепи.

Короткое замыкание

Случайное или намеренное соединение резистором или импедансом со сравнительно низким сопротивлением двух или более точек в цепи, нормально находящихся под различным напряжением.

Дифференциальный ток (I_{Δ})

Это векторная сумма токов, протекающих в главной цепи автоматического выключателя.

Номинальные характеристики

Напряжения и частоты

Номинальное рабочее напряжение (U_e)

Номинальное рабочее напряжение аппарата — это значение напряжения, в сочетании с номинальным рабочим током определяющее назначение аппарата, на которые ориентируются при проведении соответствующих испытаний и установлении категории применения.

Номинальное напряжение изоляции (U_i)

Номинальное напряжение изоляции аппарата — значение напряжения, по которому определяют испытательное напряжение при испытании изоляционных свойств, расстояние утечки и воздушные зазоры.

Максимальное значение номинального рабочего напряжения не должно превышать наибольшего значения номинального напряжения изоляции.

Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение (U_{imp})

Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение — пиковое значение импульсного напряжения заданной формы и полярности, которое может выдержать аппарат без повреждений в установленных условиях испытания и к которому отнесены значения воздушных зазоров.

Номинальная частота

Частота тока, на которую рассчитан аппарат и при которой обеспечиваются установленные характеристики.

Токи

Номинальный длительный ток (I_u)

Номинальный длительный ток аппарата — указанное изготовителем значение тока, который может проводить аппарат в продолжительном режиме.

Номинальный отключающий дифференциальный ток ($I_{\Delta n}$)

Это среднеквадратичное значение синусоидального отключающего дифференциального тока, указанное изготовителем для автоматического выключателя, при котором выключатель должен срабатывать при заданных условиях.

2 Устройства защиты и управления

Характеристики в условиях короткого замыкания

Номинальная включающая способность

Номинальная включающая способность аппарата — указанное изготовителем значение тока, который аппарат может удовлетворительно включать в установленных условиях включения.

Номинальная отключающая способность

Номинальная отключающая способность аппарата — указанное изготовителем значение тока, который аппарат может удовлетворительно отключать в установленных условиях отключения.

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (I_{cu})

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность — это максимальное значение тока КЗ, которое автоматический выключатель может дважды отключить (в соответствии с последовательностью откл – время – вкл.откл.) при соответствующем номинальном рабочем напряжении. После выполнения последовательности отключения и включения от автоматического выключателя не требуется проводить его номинальный ток.

Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность (I_{cs})

Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность — это максимальное значение тока КЗ, которое автоматический выключатель может трижды отключить в соответствие с последовательностью операций отключения и включения (откл – время – вкл.откл. – время – вкл.откл.) при определенном номинальном рабочем напряжении (U_g) и определенном коэффициенте мощности. После выполнения этой последовательности от автоматического выключателя требуется проводить его номинальный ток.

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток (I_{cw})

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток — это ток, который автоматический выключатель в замкнутом положении может проводить в течение установленного короткого периода времени при заданных условиях эксплуатации и режиме работы; автоматический выключатель должен быть способен проводить этот ток в течение соответствующей кратковременной выдержки для обеспечения селективности между последовательно подключенными автоматическими выключателями.

Номинальная наибольшая включающая способность (I_{cm})

Номинальная наибольшая включающая способность устройства — это значение наибольшей включающей способности, установленное изготовителем при номинальном рабочем напряжении, номинальной частоте и при определенном коэффициенте мощности для переменного тока.

2 Устройства защиты и управления

Категории применения

Категория применения автоматического выключателя должна устанавливаться на основании того, специально предназначен или нет выключатель для селективности в условиях КЗ с помощью намеренной выдержки времени относительно других выключателей, установленных последовательно со стороны нагрузки (Таблица 4 МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2)).

Категория А - выключатели, не обладающие селективностью при коротком замыкании по отношению к другим устройствам защиты от коротких замыканий, включенных последовательно на стороне нагрузки, т.е., без выдержки времени, специально предусмотренной для селективности, при коротком замыкании и без кратковременно допустимого тока.

Категория В - выключатели, обладающие селективностью при коротких замыканиях относительно других устройств, соединенных последовательно на стороне нагрузки, т.е. с установленной кратковременной выдержкой времени (она может быть регулируемой), обеспечивающей селективность при коротком замыкании. Эти выключатели имеют допустимый кратковременный ток.

Автоматический выключатель относится к категории В, если его ток I_{cw} выше, чем (Таблица 3 МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2)):

12·In или 5 кА, (наибольшая из величин)
30 кА

для $I_n \leq 2500$ А
для $I_n \geq 2500$ А

Коммутационная и механическая износостойкость

Механическая износостойкость

Механическая износостойкость аппарата выражается количеством рабочих циклов без нагрузки (каждый рабочий цикл состоит из одной операции включения и отключения), которые могут быть выполнены до того, как потребуются обслуживание или замена механических деталей устройства (но может допускаться нормальное, по инструкции изготовителя, обслуживание).

Коммутационная износостойкость

Коммутационная износостойкость аппарата выражается количеством рабочих циклов под нагрузкой и отражает стойкость контактов к износу при искрении в рабочих условиях, установленных в соответствующем стандарте на изделие.

2 Устройства защиты и управления

2.3 Типы расцепителей

В случае возникновения повреждений или сбоев в работе электроустановки, автоматический выключатель должен обеспечить управление и защиту подключенных элементов установки. Для выполнения этой функции после обнаружения аварийного состояния через определенное время срабатывает расцепитель, отключая неисправную часть электроустановки.

Защитные расцепители, установленные в воздушных выключателях и выключателях в литом корпусе АББ, могут обеспечить управление и защиту любой установки - от самых простых до установок с особыми требованиями, благодаря своей способности регулировать и пороговые величины, и время срабатывания.

Среди реагирующих на сверхтоки устройств можно выделить следующие типы:

- термоманитные и электромагнитные расцепители;
- микропроцессорные расцепители;
- защитные устройства дифференциального тока.

Выбор и регулировка защитных расцепителей основаны на конкретных требованиях по защите электроустановки, а также по координации с другими устройствами; в целом, факторами, обуславливающими выбор, являются требуемая пороговая величина, время и характеристическая кривая.

2.3.1 ТЕРМОМАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РАСЦЕПИТЕЛИ

В термоманитных расцепителях для обнаружения перегрузок и коротких замыканий используются биметаллическая пластина и электромагнит. Эти расцепители предназначены для защиты сетей переменного и постоянного тока.

В таблице ниже показаны типы термоманитных и электромагнитных расцепителей для автоматических выключателей Tmax.

Авт. выключатель	Термоманитные расцепители					
	MF	MA	TMF	TMD	TMA	TMG
T1	-	-	■	■	-	-
T2	■	■	-	■	-	■
T3	-	■	-	■	-	■
T4	-	■	-	■	■	-
T5	-	-	-	-	■	■
T6	-	-	-	-	■	-

Условные обозначения

MF Электромагнитные расцепители с фиксированной уставкой

MA Электромагнитный расцепитель с регулируемой уставкой

TMG Термоманитный расцепитель для защиты генераторов

TMF Термоманитный расцепитель с фиксированной уставкой теплового и магнитного порога

TMD Термоманитный расцепитель с регулируемой уставкой теплового порога и фиксированной уставкой магнитного порога

TMA Термоманитный расцепитель с регулируемыми уставками теплового и магнитного порога

2 Устройства защиты и управления

Распределительные системы

In	Авт. выкл-тели МССВ	T1	T2	T3	T4	T5		T6	
	I _n	160	160	250	250	400	630	630	800
1,6									
2									
2,5									
3,2									
4									
5									
6,3									
8									
10									
12,5									
16									
20									
25									
32									
40									
50									
63									
80									
100									
125									
160									
200									
250									
320									
400									
500									
630									
800									

Защита электродвигателя

Авт. выкл-тели МССВ	T2	T3	T4
I _n	I _n 160	250	250
1			
1,6			
2			
2,5			
3,2			
4			
5			
6,5			
8,5			
10			
11			
12,5			
20			
25			
32			
52			
80			
100			
125			
160			
200			

Условные обозначения

- MF Электромагнитные расцепители с фиксированной уставкой
- MA Электромагнитный расцепитель с регулируемой уставкой
- TMG Термомагнитный расцепитель для защиты генераторов
- TMF Термомагнитный расцепитель с фиксированной уставкой теплового и магнитного порога
- TMD Термомагнитный расцепитель с регулируемой уставкой теплового порога и фиксированной уставкой магнитного порога
- TMA Термомагнитный расцепитель с регулируемыми уставками теплового и магнитного порога

2 Устройства защиты и управления

2.3.2 ЭЛЕКТРОННЫЕ РАСЦЕПИТЕЛИ

Данные расцепители подключаются к трансформаторам тока (три или четыре в зависимости от количества защищаемых проводов) и расположены внутри автоматического выключателя. Они обладают двойной функцией - подают питание, необходимое для правильной работы расцепителя (автономное питание) и обнаруживают значение тока, протекающего в проводах под напряжением, поэтому их можно использовать только в цепях переменного тока.

Сигнал от трансформаторов и катушек Роговского обрабатывается электронным элементом (микропроцессором), который сравнивает его с заданными порогами. Когда сигнал превышает пороги срабатывания, автоматический выключатель приводится в действие отключающим электромагнитом, который воздействует непосредственно на исполнительный механизм автоматического выключателя.

Если для питания электронного расцепителя используется вспомогательный источник питания (помимо автономного питания от трансформаторов тока), то его напряжение должно составлять $24 \pm 20\%$ В пост. тока.

Кроме стандартных защитных функций расцепители обеспечивают следующие:

- измерение токов (PR222, PR232, PR331, PR121);
- измерение токов, напряжения, частоты, мощности, энергии, коэффициента мощности (PR223, PR332, PR122), а для PR333 и PR123 - измерение нелинейных искажений;
- последовательную связь с системами диспетчеризации (автоматизации) для полного управления электроустановкой (PR222, PR223, PR232, PR331, PR332, PR333, PR121, PR122, PR123).

В таблице ниже показаны типы электронных отключающих устройств для автоматических выключателей Tmax и Emax.

Выкл-ли	Автоматические выключатели АББ с электронным расцепителем:										
	PR221	PR222	PR223	PR231	PR232	PR331	PR332	PR333	PR121	PR122	PR123
T2	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-
T5	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-
T6	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-
T7	-	-	-	■	■	■	■	-	-	-	-
X1	-	-	-	-	-	■	■	■	-	-	-
E1	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■
E2	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■
E3	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■
E4	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■
E5	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■
E6	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■

2 Устройства защиты и управления

В таблице ниже показаны номинальные токи автоматических выключателей Tmax и Emax.

Авт. выкл- тели МССВ	T2		T4		T5		T6			T7			
	160	250	320	400	630	630	800	1000	800	1000	1250	1600	
10	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
63	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
100	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
160	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
250	-	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
320	-	-	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	
400	-	-	-	■	■	-	-	-	■	■	■	■	
630	-	-	-	-	■	■	-	-	■	■	■	■	
800	-	-	-	-	-	-	■	-	■	■	■	■	
1000	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	■	■	
1250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	
1600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	

Авт. выкл- тели АСВ	E3H-V		E3 N-S-H-V		E3 S-H-V-L		E3 N- S-H-V	E4S-H-V		E6V	E6H-V		
	E2S	E2N- S-L	E2B-N- S-L	E2B- N-S									
	E1B-N												
	X1B-N-L		X1B-N										
	630	800	1250*	1600	2000	2500	3200	4000	3200	4000	5000	6300	
400	■	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-	-	
630	■	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-	-	
800	-	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-	-	
1000	-	-	■	■	■	■	■	-	-	-	-	-	
1250	-	-	■	■	■	■	■	■	■	-	-	-	
1600	-	-	-	■	■	■	■	■	■	-	-	-	
2000	-	-	-	-	■	■	■	■	■	-	-	-	
2500	-	-	-	-	-	■	■	■	■	-	-	-	
3200	-	-	-	-	-	-	■	■	■	■	■	■	
4000	-	-	-	-	-	-	-	■	-	■	■	■	
5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	
6300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	

* Также для In = 1000 A (не имеется для E3V и E2L).
Пример пользования таблицей
Автоматический выключатель типа E3L имеется с током In=2000 A и In=2500 A, но не имеется с током In=3200 A.

2.3.2.1 ЗАЩИТНЫЕ ФУНКЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ РАСЦЕПИТЕЛЕЙ

Электронные расцепители обладают следующими защитными функциями:

- L - защита от перегрузки с обратнoзависимой длительной выдержкой по времени**
Функция защиты от перегрузки с обратнoзависимой длительной выдержкой по времени и постоянной удельной сквозной энергией; эту функцию нельзя отключить.
- L - защита от перегрузки в соответствии со стандартом МЭК 60255-3**
Функция защиты от перегрузки с обратнoзависимой длительной выдержкой времени и кривыми срабатывания в соответствии со Стандартом МЭК 60255-3; применяется для координации с предохранителями и устройствами защиты среднего напряжения.
- S - защита от короткого замыкания с регулируемой выдержкой по времени**
Функция защиты от короткого замыкания с регулируемой выдержкой, благодаря которой эта защита становится особенно полезной, когда необходимо добиться селективности между различными аппаратами.

2 Устройства защиты и управления

S₂ - Двойная защита S

Эта функция позволяет независимо задавать два порога срабатывания защиты S и одновременно включать ее, селективность также может быть обеспечена в особенно сложных условиях.

D - Направленная защита от короткого замыкания с регулируемой выдержкой по времени

Направленная защита, сходная с функцией S, может работать по-разному, в зависимости от направления тока КЗ; особенно полезна в узловых сетях или в сетях с несколькими параллельными линиями питания.

I - Защита от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием

Функция мгновенной защиты от КЗ.

EFDP - Раннее обнаружение и предотвращение неисправности

Благодаря этой функции расцепитель может изолировать неисправность за более короткое время, чем имеющиеся в настоящее время на рынке расцепители, реализующие зонную (логическую) селективность.

Rc - Защита от токов утечки на землю

Комплексная защита, основанная на измерениях токов на внешнем тороиде и являющаяся альтернативой защите от замыкания на землю (G).

G - Защита от замыкания на землю с регулируемой выдержкой по времени

Функция защиты установки от замыканий на землю.

U - Защита от перекоса фаз

Эта защитная функция срабатывает, когда обнаруживается избыточная несимметрия между токами различных фаз.

OT - Самозащита от перегрева

Эта защитная функция управляет отключением автоматического выключателя, когда температура внутри расцепителя угрожает его работе.

UV - Защита от понижения напряжения

Эта функция служит для защиты, когда фазное напряжение падает ниже заданного порога срабатывания.

OV - Защита от повышения напряжения

Эта функция служит для защиты, когда фазное напряжение превышает предварительно заданный порог срабатывания.

RV – Защита от остаточного напряжения

Эта защита обнаруживает аномальные напряжения в нейтральном проводе.

RP - Защита от изменения направления потока мощности

Эта защита срабатывает, когда направление активной мощности противоположно таковому при нормальной эксплуатации.

UF - защита от снижения частоты

Эта частотная защита обнаруживает снижение частоты питающей сети сверх заданного порога срабатывания, подавая аварийный сигнал или отключая цепь.

OF - Защита от превышения частоты

Эта частотная защита обнаруживает повышение частоты питающей сети сверх установленного порога срабатывания, подавая аварийный сигнал или отключая цепь.

M - Температурная память

Благодаря этой функции можно учитывать нагрев элемента таким образом, что срабатывание выключателя происходит тем быстрее, чем меньше времени прошло с момента последнего отключения.

R - Защита при заклинивании ротора

Эта защитная функция срабатывает, когда обнаруживаются условия, которые могли бы привести к заклиниванию ротора электродвигателя, защищаемого автоматическим выключателем, во время его работы.

2 Устройства защиты и управления

linst - Защита от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием

Эта особая функция защиты нацелена на поддержание работоспособности автоматического выключателя и установки в случае больших токов, для которых требуются временные выдержки меньше тех, что гарантированы защитой от мгновенного КЗ. Эта защита должна устанавливаться исключительно компанией ABB SACE, и ее нельзя исключить.

Двойная уставка

С этой функцией можно запрограммировать два разных набора параметров (LSIG), и при поступлении внешней команды переключаться между ними.

К - Управление нагрузкой

Управление нагрузкой позволяет включать/отключать отдельные нагрузки со стороны нагрузки выключателя до срабатывания защита от перегрузки L.

В следующей таблице приведены типы электрических расцепителей и функции, которые они выполняют.

										PR221	Расцепители
										PR222	
										PR223	
										PR231	
										PR232	
										PR331	
										PR332	
										PR333	
										PR121	
										PR122	
										PR123	Защитные функции
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	L (t=k/2)	Защита от перегрузки
										L	Стандартная кривая срабатывания согласно МЭК 60255-3
■	■		■	■	■	■	■	■	■	S1 (t=k)	Защита от короткого замыкания с выдержкой времени
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	S1 (t=k/2)	Защита от короткого замыкания с выдержкой времени
										S2 (t=k)	Защита от короткого замыкания с выдержкой времени
										D (t=k)	Направленная защита от короткого замыкания
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	I (t=k)	Защита от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием
	■	■		■	■	■	■	■	■	G (t=k)	Защита от замыкания на землю с регулируемой выдержкой
	■	■		■	■	■	■	■	■	G (t=k/2)	Защита от замыкания на землю с регулируемой выдержкой
										Gext (t=k)	Защита от замыкания на землю с регулируемой выдержкой
										Gext (t=k/2)	Защита от замыкания на землю с регулируемой выдержкой
										Gext (Idn)	Защита от замыкания на землю с регулируемой выдержкой
				○	■		○			Rc (t=k)	Защита от дифференциального тока
				■	■		■	■		U (t=k)	Защита от перекоса фаз
				■	■		■	■		OT	Самозащиты от перегрева
				○	■		○			UV (t=k)	Защита от понижения напряжения
				○	■		○	■		OV (t=k)	Защита от повышения напряжения
				○	■		○	■		RV (t=k)	Защита от остаточного напряжения
				○	■		○	■		RP (t=k)	Защита от изменения направления потока мощности
				○	■		○	■		UF	Защита от понижения частоты
				○	■		○	■		OF	Защита от повышения частоты
				■	■	■	■	■		linst	Мгновенная самозащита
	■									EF	Раннее обнаружение и предупреждение неисправностей

○ Только с PR120/V для Emax и PR330/V для X1

2 Устройства защиты и управления

2.3.3 АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТОКА

Расцепители дифференциального тока используются в автоматических выключателях для обеспечения в одном аппарате двух основных функций:

- защита от перегрузки и короткого замыкания;
- защита от косвенных прикосновений (к открытым токопроводящим частям, из-за повреждения изоляции оказавшимся под напряжением).

Кроме того, они могут обеспечить дополнительную защиту от возгорания при возникновении короткого замыкания или из-за токов утечки, которые могут не обнаруживаться стандартными устройствами защиты от перегрузки.

Расцепители дифференциального тока с номинальной величиной не выше 30 мА также используются для дополнительной защиты от прямого прикосновения в случае отказа соответствующих аппаратов защиты.

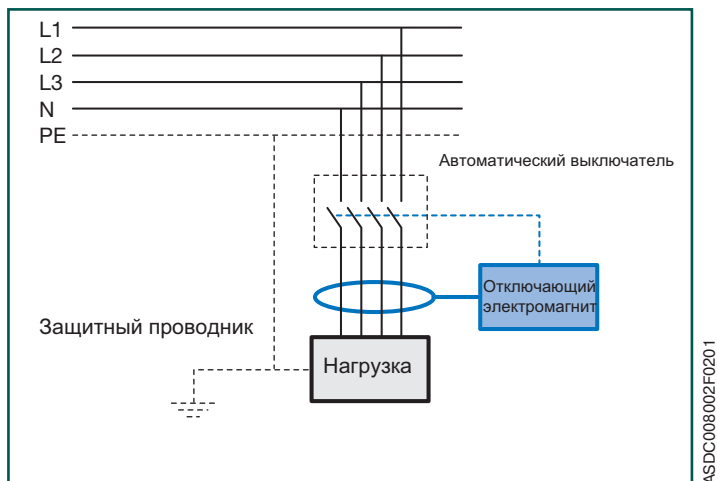
Логическая схема данных расцепителей основана на обнаружении векторной суммы линейных токов через внутренний или внешний тороид.

Эта сумма равна нулю в нормальном режиме или току замыкания на землю (I_{Δ}), если такое замыкание возникло.

Когда расцепитель обнаруживает ненулевой дифференциальный ток, он размыкает автоматический выключатель с помощью отключающего электромагнита.

Как видно из схемы, представленной на рисунке ниже, необходимо установить защитный или эквипотенциальный проводник снаружи внешнего тороида.

Общая схема подключения потребителя (IT, TT, TN)



Принцип работы расцепителя дифференциального тока позволяет использовать его в распределительных системах TT, IT и TN-S. В системах TN-C использование данного распределителя невозможно, т.к. в этих системах нейтраль используется в качестве защитного проводника, что делает обнаружение дифференциального тока невозможным (т.к. если нейтраль проходит через тороид, то векторная сумма токов всегда равна нулю).

2 Устройства защиты и управления

Одной из основных характеристик расцепителя дифференциального тока является его номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$. Это параметр чувствительности расцепителя.

По отношению к форме и характеру изменения дифференциального тока расцепители относятся к следующим классам:

- тип AC: расцепители дифференциального тока, срабатывающие при синусоидальном переменном дифференциальном токе, нарастающем медленно либо скачком, при отсутствии компонента постоянного тока;
- тип A: расцепители дифференциального тока, реагирующие на синусоидальный дифференциальный ток в присутствии указанных дифференциальных пульсирующих постоянных токов, медленно нарастающих либо возникающих скачком;
- расцепители дифференциального тока типа B, реагирующие на дифференциальные синусоидальные переменные токи в присутствии указанных дифференциальных пульсирующих токов, нарастающих медленно либо скачком, когда постоянные дифференциальные токи могут создаваться выпрямительными цепями.

	Форма дифференциального тока	Правильная работа расцепителей дифференциального тока		
		Тип		
Синусоидальный переменный ток	 Подаваемый внезапно	AC	A	B
	 Плавно нарастающий			
Пульсирующий постоянный ток	 Подаваемый внезапно		+	+
	с током 0,006 А или без  Плавно нарастающий			
Плавно изменяющийся постоянный ток				+

ASDC008003F020 1

При наличии электроаппаратуры с электронными элементами (компьютеры, принтеры, факсы и т.д) ток замыкания на землю может быть не синусоидальным, а пульсирующим однонаправленным постоянным током. В этих случаях необходимо использовать расцепитель дифференциального тока типа А.

При наличии выпрямляющих цепей (т.е., однофазное соединение с емкостной нагрузкой, обуславливающей ровный постоянный ток, 3-импульсное соединение звездой или 6-импульсное соединение мостом, 2-импульсное межфазное соединение) ток замыкания на землю может принять форму однонаправленного постоянного тока. В этих случаях необходимо использовать расцепитель дифференциального тока типа В.

2 Устройства защиты и управления

Для выполнения соответствующих требований защиты от короткого замыкания на землю АББ разработала следующие расцепители дифференциального тока.

Расцепители дифференциального тока для автоматических выключателей в литом корпусе:

- Расцепители дифференциального тока RC221, устанавливаемые на автоматических выключателях Tmax T1, T2, T3 с номинальным током от 16 А до 250 А;
- Расцепители дифференциального тока RC222, устанавливаемые на автоматических выключателях Tmax T1, T2, T3, T4, T5 с номинальным током от 16 А до 500 А;
- Расцепители дифференциального тока RC223, устанавливаемые на автоматических выключателях Tmax T4 с номинальным током до 250 А;
- Электронные расцепители PR222DS/P, PR223 DS/P LSIg, устанавливаемые на автоматических выключателях T4, T5, T6 с номинальным током от 100 А до 1000 А;
- Электронные расцепители PR331, PR332 LSIg, устанавливаемые на автоматических выключателях Tmax T7 с номинальным током от 800 А до 1600 А;
- Электронные расцепители R332 LSIg с встроенным расцепителем дифференциального тока, устанавливаемые на автоматических выключателях типа Tmax T7 с номинальным непрерывным током от 800 А до 1600 А.

		RC221	RC222		RC223
Типоразмеры автоматических выключателей		T1 - T2 - T3	T1 - T2 - T3	T4 и T5 4p	T4 4p
Способ присоединения к автоматич. выключателю		L-образный		установка снизу	
Технология		Микропроцессорная			
Действие		с отключающим электромагнитом			
Первичное рабочее напряжение ⁽¹⁾	[В]	85...500	85...500	85...500	110...500
Рабочая частота	[Гц]	45...66	45...66	45...66	0-400-700-1000
Испытательный рабочий диапазон ⁽¹⁾		85...500	85...500	85...500	110...500
Номинальный рабочий ток	[А]	до 250	до 250	до 500	до 250
Номинальная уставка дифференциального тока	[А]	0,03-0,1-0,3 0,5-1-3	0,03-0,05-0,1-0,3 0,5-1-3-5-10	0,03-0,05-0,1 0,3-0,5-1-3-5-10	0,03-0,05-0,1 0,3-0,5-1
Выдержка времени до срабатывания	[с]	мгновенное	мгновенное - 0,1 -0,2-0,3-0,5-1-2-3	мгновенное - 0,1 -0,2-0,3-0,5-1-2-3	мгновенное - 0- 0,1 -0,2-0,3-0,5-1-2-3
Допустимые отклонения времени срабатывания			±20%	±20%	±20%

⁽¹⁾ Работа при напряжении до 50 В фаза-нейтраль (55 В для RC223).

- Расцепители дифференциального тока для воздушных автоматических выключателей:

- Электронные расцепители PR331, PR332, PR333 LSIg, устанавливаемые на автоматических выключателях Emax X1 с номинальным током от 630 А до 1600 А;
- Электронные расцепители типа PR121, PR122, PR123 LSIg, устанавливаемые на автоматических выключателях Emax E1 - E6 с номинальным током от 400 А до 6300 А;
- Электронные расцепители PR332, PR333 с встроенным расцепителем дифференциального тока, устанавливаемые на автоматических выключателях типа Emax X1 с номинальным током от 630 А до 1600 А;
- Электронные расцепители PR122 и PR123 с встроенным расцепителем дифференциального тока, устанавливаемые на автоматических выключателях типа Emax E1 - E6 с номинальным током от 400 А до 6300 А.

2 Устройства защиты и управления

В таблице ниже приводятся данные по применимости расцепителей дифференциального тока в автоматических выключателях АББ.

		In	RC221	RC222	RC223	PR222 LSIG	PR223 LSIG	PR331 PR332 PR333 ⁽²⁾ LSIG	PR332 PR333 ⁽²⁾ LSIRc	PR121 PR122 PR123 LSIG	PR122 LSIRc
		тип	A-AC	A-AC	B	-	-	-	A-AC	-	A-AC
MCCb	T1	16÷160	■	■	-	-	-	-	-	-	-
	T2	10÷160	■	■	-	-	-	-	-	-	-
	T3	63÷250	■	■	-	-	-	-	-	-	-
	T4	100÷320	-	■	■ ⁽¹⁾	■	■	-	-	-	-
	T5	320÷630	-	■	-	■	■	-	-	-	-
	T6	630÷1000	-	-	-	■	■	-	-	-	-
	T7	800÷1600	-	-	-	-	-	■	■	-	-
ACB	X1	400÷1600	-	-	-	-	-	■	■	-	-
	E1	400÷1600	-	-	-	-	-	-	-	■	■
	E2	400÷2000	-	-	-	-	-	-	-	■	■
	E3	400÷3200	-	-	-	-	-	-	-	■	■
	E4	1250÷4000	-	-	-	-	-	-	-	■	-
	E6	3200÷6300	-	-	-	-	-	-	-	■	-

(1) Только для T4 250.

(2) Только для X1.

Реле дифференциального тока с внешним трансформатором

Автоматические выключатели АББ также могут работать совместно с реле дифференциального тока RCQ с внешним трансформатором для выполнения требований в случае особенных ограничений, например, если автоматические выключатели уже установлены или при ограниченном пространстве для установки и т. д.

Благодаря задаваемым характеристикам дифференциального тока и величинам времени срабатывания реле дифференциального тока с внешним трансформатором легко устанавливаются на последних этапах монтажа установки. В частности, при выборе номинального отключающего дифференциального тока $I_{\Delta n}=0,03A$ с мгновенным срабатыванием, автоматический выключатель гарантирует защиту от косвенного прикосновения и представляет собой дополнительную защитную меру от прямого прикосновения также при наличии особо высоких значений сопротивления заземления. Такие реле дифференциального тока относятся к типу устройств непрямого действия: сигнал на отключение, подаваемый реле, должен вызывать срабатывание автоматического выключателя через независимый отключающий расцепитель, который должен быть предварительно установлен на автоматический выключатель.

Реле дифференциального тока		SACE RCQ	
Напряжение питания		перем. ток [В]	80...500
		пост. ток [В]	48...125
Рабочая частота		[Гц]	45÷66
Регулировка порога срабатывания по току $I_{\Delta n}$	1-й диапазон настройки	[А]	0,03-0,05-0,1-0,3-0,5
	2-й диапазон настройки	[А]	1-3-5-10-30
Регулировка времени срабатывания		[с]	0-0,1-0,2-0,3-0,5-0,7-1-2-3-5

3 Общие характеристики

3.1 Электрические характеристики автоматических выключателей Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax

		Tmax T1 1 P			Tmax T1			Tmax T2			
Номинальный непрерывный ток, Iu	[A]	160			160			160			
Полюсы	[Кол-во]	1			3/4			3/4			
Номинальное рабочее напряжение, Ue (перем. ток) 50-60 Гц	[В]	240			690			690			
	[В]	125			500			500			
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, Uimp	[кВ]	8			8			8			
Номинальное напряжение изоляции, Ui	[В]	500			800			800			
Испытательное напряжение при токе промышленной частоты в течение 1 минуты	[В]	3000			3000			3000			
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность, Icu		B			B C N			N S H L			
(перем. ток) 50-60 Гц 220/230 В	[кА]	25*			25 40 50			65 85 100 120			
(перем. ток) 50-60 Гц 380/415 В	[кА]	–			16 25 36			36 50 70 85			
(перем. ток) 50-60 Гц 440 В	[кА]	–			10 15 22			30 45 55 75			
(перем. ток) 50-60 Гц 500 В	[кА]	–			8 10 15			25 30 36 50			
(перем. ток) 50-60 Гц 690 В	[кА]	–			3 4 6			6 7 8 10			
(пост. ток) 250 В - 2 полюса последовательно	[кА]	25 (при 125)			16 25 36			36 50 70 85			
(пост. ток) 250 В - 3 полюса последовательно	[кА]	–			20 30 40			40 55 85 100			
(пост. ток) 500 В - 2 полюса последовательно	[кА]	–			– – –			– – – –			
(пост. ток) 500 В - 3 полюса последовательно	[кА]	–			16 25 36			36 50 70 85			
(пост. ток) 750 В - 3 полюса последовательно	[кА]	–			– – –			– – – –			
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, Ics											
(перем. ток) 50-60 Гц 220/230 В	[%Icu]	75%			100% 75% 75%			100% 100% 100% 100%			
(перем. ток) 50-60 Гц 380/415 В	[%Icu]	–			100% 100% 75%			100% 100% 100% 75% (70 кА)			
(перем. ток) 50-60 Гц 440 В	[%Icu]	–			100% 75% 50%			100% 100% 100% 75%			
(перем. ток) 50-60 Гц 500 В	[%Icu]	–			100% 75% 50%			100% 100% 100% 75%			
(перем. ток) 50-60 Гц 690 В	[%Icu]	–			100% 75% 50%			100% 100% 100% 75%			
Номинальная наибольшая включающая способность, Icm											
(перем. ток) 50-60 Гц 220/230 В	[кА]	52,5			52,5 84 105			143 187 220 264			
(перем. ток) 50-60 Гц 380/415 В	[кА]	–			32 52,5 75,6			75,6 105 154 187			
(перем. ток) 50-60 Гц 440 В	[кА]	–			17 30 46,2			63 94,5 121 165			
(перем. ток) 50-60 Гц 500 В	[кА]	–			13,6 17 30			52,5 63 75,6 105			
(перем. ток) 50-60 Гц 690 В	[кА]	–			4,3 5,9 9,2			9,2 11,9 13,6 17			
Время отключения (415 В)	[мс]	7			7 6 5			3 3 3 3			
Категория применения МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2)		A			A			A			
Стандарт		ГОСТ Р 50030.2			ГОСТ Р 50030.2			ГОСТ Р 50030.2			
Изоляционные свойства		■			■			■			
Взаимозаменяемость		–			–			–			
Исполнения		F			F			F-P			
Механический срок службы	Число циклов срабатывания	25000			25000			25000			
	[Число циклов срабатывания в час]	240			240			240			
Электрический срок службы при 415 В перем. тока	Число циклов срабатывания	8000			8000			8000			
	[Число циклов срабатывания в час]	120			120			120			

F = стационарные автоматические выключатели (*) Отключающая способность для уставок
P = втычные автоматические выключатели In=16 А и In=20 А равна 16 кА
W = выкатные автоматические выключатели

3 Общие характеристики

Tmax T3		Tmax T4					Tmax T5					Tmax T6				Tmax T7			
250		250/320					400/630					630/800/1000				800/1000/1250/1600			
3/4		3/4					3/4					3/4				3/4			
690		690					690					690				690			
500		750					750					750				–			
8		8					8					8				8			
800		1000					1000					1000				1000			
3000		3500					3500					3500				3500			
N	S	N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L	S	H	L	V ⁽⁶⁾
50	85	70	85	100	200	200	70	85	100	200	200	70	85	100	200	85	100	200	200
36	50	36	50	70	120	200	36	50	70	120	200	36	50	70	100	50	70	120	150
25	40	30	40	65	100	180	30	40	65	100	180	30	45	50	80	50	65	100	130
20	30	25	30	50	85	150	25	30	50	85	150	25	35	50	65	40	50	85	100
5	8	20	25	40	70	80	20	25	40	70	80	20	22	25	30	30	42	50	60
36	50	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100	–	–	–	–
40	55	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	25	36	50	70	100	25	36	50	70	100	20	35	50	65	–	–	–	–
36	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	16	25	36	50	70	16	25	36	50	70	16	20	36	50	–	–	–	–
75% 50%		100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% 75%				100% 100% 100% 100%			
75% 50% (27 кА)		100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% 75%				100% 100% 100% 100%			
75% 50%		100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% 75%				100% 100% 100% 100%			
75% 50%		100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% 100% ⁽¹⁾ 100% ⁽²⁾					100% 100% 100% 75%				100% 100% 75% 100%			
75% 50%		100% 100% 100% 100% 100%					100% 100% 100% ⁽¹⁾ 100% ⁽²⁾ 100% ⁽²⁾					75% 75% 75% 75%				100% 75% 75% 75%			
105 187		154 187 220 440 660					154 187 220 440 660					154 187 220 440				187 220 440 440			
75,6 105		75,6 105 154 264 440					75,6 105 154 264 440					75,6 105 154 220				105 154 264 330			
52,5 84		63 84 143 220 396					63 84 143 220 396					63 94,5 105 176				105 143 220 286			
40 63		52,5 63 105 187 330					52,5 63 105 187 330					52,5 73,5 105 143				84 105 187 220			
7,7 13,6		40 52,5 84 154 176					40 52,5 84 154 176					40 46 52,5 63				63 88,2 105 132			
7 6		5 5 5 5 5					6 6 6 6 6					10 9 8 7				15 10 8 8			
A		A					B (400 A) ⁽³⁾ - A (630 A)					B (630 A - 800 A) ⁽⁵⁾ - A (1000 A)				B ⁽⁷⁾			
ГОСТ Р 50030.2		ГОСТ Р 50030.2					ГОСТ Р 50030.2					ГОСТ Р 50030.2				ГОСТ Р 50030.2			
■		■					■					■				■			
–		■					■					■				■			
F-P		F-P-W					F-P-W					F-W ⁽⁴⁾				F-W			
25000		20000					20000					20000				10000			
240		240					120					120				60			
8000		8000 (250 A) - 6000 (320 A)					7000 (400 A) - 5000 (630 A)					7000 (630 A) - 5000 (800 A) - 4000 (1000 A)				2000 (исполнения S-H-L) - 3000 (исполнение V)			
120		120					60					60				60			

(1) 75% для T5 630

(2) 50% для T5 630

(3) I_{cw} = 5 кА

(4) Для T6 1000 A исполнение W отсутствует

(5) I_{cw} = 7,6 кА (630 A) - 10 кА (800 A)

(6) Только для T7 800/1000/1250 A

(7) I_{cw} = 20 кА (исполнения S, H, L) - 15 кА (исполнение V)

Примечание: во втычном исполнении T2, T3, T5 630 и в выкатном исполнении T5 630 максимальный номинальный ток снижается на 10% при 40 °C

3 Общие характеристики

Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax для защиты электродвигателей

		Tmax T2				Tmax T3	
Номинальный непрерывный ток, Iu	[A]	160				250	
Номинальный рабочий ток, In	[A]	1...100				100...200	
Полосы	[Кол-во]	3				3	
Номинальное рабочее напряжение, Ue (перем. ток) 50-60 Гц	[В]	690				690	
(пост. ток)	[В]	500				500	
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, Uimp	[кВ]	8				8	
Номинальное напряжение изоляции, Ui	[В]	800				800	
Испытательное напр. при токе пром. частоты в течение 1 минуты	[В]	3000				3000	
Ном. предельная наибольшая отключающая способность, Icu		N	S	H	L	N	S
(перем. ток) 50-60 Гц 220/230 В	[кА]	65	85	100	120	50	85
(перем. ток) 50-60 Гц 380/415 В	[кА]	36	50	70	85	36	50
(перем. ток) 50-60 Гц 440 В	[кА]	30	45	55	75	25	40
(перем. ток) 50-60 Гц 500 В	[кА]	25	30	36	50	20	30
(перем. ток) 50-60 Гц 690 В	[кА]	6	7	8	10	5	8
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, Ics							
(перем. ток) 50-60 Гц 220/230 В	[%Icu]	100%	100%	100%	100%	75%	50%
(перем. ток) 50-60 Гц 380/415 В	[%Icu]	100%	100%	100%	75% (70 кА)	75%	50% (27 кА)
(перем. ток) 50-60 Гц 440 В	[%Icu]	100%	100%	100%	75%	75%	50%
(перем. ток) 50-60 Гц 550 В	[%Icu]	100%	100%	100%	75%	75%	50%
(перем. ток) 50-60 Гц 690 В	[%Icu]	100%	100%	100%	75%	75%	50%
Номинальная наибольшая включающая способность, Icm							
(перем. ток) 50-60 Гц 220/230 В	[кА]	143	187	220	264	105	187
(перем. ток) 50-60 Гц 380/415 В	[кА]	75,6	105	154	187	75,6	105
(перем. ток) 50-60 Гц 440 В	[кА]	63	94,5	121	165	52,5	84
(перем. ток) 50-60 Гц 550 В	[кА]	52,5	63	75,6	105	40	63
(перем. ток) 50-60 Гц 690 В	[кА]	9,2	11,9	13,6	17	7,7	13,6
Время отключения (415 В)	[мс]	3	3	3	3	7	6
Категория применения МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2)		A				A	
Изоляционные свойства		■				■	
Стандарт		ГОСТ Р 50030.2				ГОСТ Р 50030.2	
Защита от короткого замыкания		■ (MF до In 12,5 A)				■	
Только магнитный расцепитель	MA	—				—	
Электронный расцепитель	PR221DS-I	—				—	
	PR231/P-I						
Встроенная защита (МЭК 60947-4-1 (ГОСТ Р 50030.4.1))		—				—	
Электронное отключающее устройство	PR222M	—				—	
Взаимозаменяемость		—				—	
Исполнения		F - P				F - P	
Крепление на DIN-рейке		DIN EN 50022				DIN EN 50022	
Механический срок службы	[Число циклов срабатывания]	25000				25000	
	[Число циклов срабатывания в час]	240				240	
Электр. срок службы при 415 В перем. тока	[Число циклов срабатывания]	8000				8000	
	[Число циклов срабатывания в час]	120				120	

⁽¹⁾ 75% для T5 630

⁽²⁾ 50% для T5 630

⁽³⁾ Icu = 5 кА

⁽⁴⁾ Icu = 10 кА

⁽⁵⁾ Icu = 20 кА (исполнение S, H, L) - 15 кА (исполнение V)

Примечание: во втычном исполнении T2, T3, T5 630 и выкатном исполнении T5 630 максимальный номинальный ток снижается на 10% при 40 °C

3 Общие характеристики

Tmax T4					Tmax T5					Tmax T6				Tmax T7			
250, 320					400, 630					630, 800				800/1000/1250			
10...320					320, 400, 630					630				–			
3					3					3				3			
690					690					690				690			
750					750					750				–			
8					8					8				8			
1000					1000					1000				1000			
3500					3500					3500				3500			
N	S	H	L	V	N	S	H	L	V	N	S	H	L	S	H	L	V
70	85	100	200	200	70	85	100	200	200	70	85	100	200	85	100	200	200
36	50	70	120	200	36	50	70	120	200	36	50	70	100	50	70	120	150
30	40	65	100	180	30	40	65	100	180	30	45	50	80	50	65	100	130
25	30	50	85	150	25	30	50	85	150	25	35	50	65	40	50	85	100
20	25	40	70	80	20	25	40	70	80	20	22	25	30	30	42	50	60
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100% ¹⁾	100% ²⁾	100%	100%	100%	75%	100%	100%	75%	100%
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100% ¹⁾	100% ²⁾	100% ²⁾	75%	75%	75%	75%	100%	75%	75%	75%
154	187	220	440	660	154	187	220	440	660	154	187	220	440	187	220	440	440
75,6	105	154	264	440	75,6	105	154	264	440	75,6	105	154	220	105	154	264	330
63	84	143	220	396	63	84	143	220	396	63	94,5	105	176	105	143	220	286
52,5	63	105	187	330	52,5	63	105	187	330	52,5	73,5	105	143	84	105	187	220
40	52,5	84	154	176	40	52,5	84	154	176	40	46	52,6	63	63	88,2	105	132
														15 10 8 8			
A					B (400 A) ³⁾ - A (630 A)					B ⁴⁾				B ³⁾			
																	
ГОСТ Р 50030.2/МЭК 60947-4					ГОСТ Р 50030.2/МЭК 60947-4					ГОСТ Р 50030.2/IEC 60947-1				ГОСТ Р 50030.2			
					–					–				–			
														–			
–					–					–							
														–			
																	
F - P - W					F - P - W					F - W				F-W			
–					–					–				–			
20000					20000					20000				10000			
240					120					120				60			
8000					7000					5000				2000 (исполнения S-H-L) - 3000 (исполнение V)			
120					60					60				60			

3 Общие характеристики

Воздушные автоматические выключатели SACE Emax

Общие сведения

Напряжения		
Номинальное рабочее напряжение Ue	[В]	690 ~
Номинальное напряжение изоляции Ui	[В]	1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение Uimp	[кВ]	12
Рабочая температура	[°C]	-25....+70
Температура хранения	[°C]	-40....+70
Частота f	[Гц]	50 - 60
Количество полюсов		3 - 4
Исполнение	стационарное выкатное	

Уровни производительности

Токи: номинальный непрерывный ток (при 40 °C) Iu	[А]
	[А]
	[А]
	[А]
	[А]
	[А]
Нагрузочная способность нейтрального полюса для 4-полюсных выключателей	[%Iu]
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность Icu	
220/230/380/400/415 В ~	[кА]
440 В ~	[кА]
500/525В ~	[кА]
660/690В ~	[кА]
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность Ics	
220/230/380/400/415 В ~	[кА]
440 В ~	[кА]
500/525В ~	[кА]
660/690В ~	[кА]
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток Icw	(1с) [кА]
	(3с) [кА]
Номинальная наибольшая включающая способность (пиковое значение) Icm	
220/230/380/400/415 В ~	[кА]
440 В ~	[кА]
500/525В ~	[кА]
660/690В ~	[кА]
Категория применения (согласно МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2))	
Режим работы изоляции (согласно МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2))	
Защита от сверхтоков	
Электронные расцепители для переменного тока	
Время срабатывания	
Время включения (макс)	[мс]
Время отключения при I < Icw (макс) (1)	[мс]
Время отключения при I < Icw (макс)	[мс]

- (1) Без преднамеренно установленных выдержек времени
- (2) При напряжении 600 В ток составляет 100 кА

Воздушные выключатели SACE Emax

Номинальный непрерывный ток (при 40 °C) Iu	[А]
Механический срок службы при регулярном стандартном обслуживании	[Число циклов x 1000]
Частота циклов срабатывания	[Циклов/час]
Электрический срок службы (440В ~)	[Число циклов x 1000]
	(690В ~) [Число циклов x1000]
Частота циклов срабатывания	[Циклов/час]

X1

E1 B-N

800	1250	1600	800	1000-1250	1600
12,5	12,5	12,5	25	25	25
60	60	60	60	60	60
6	4	3	10	10	10
3	2	1	10	8	8
30	30	30	30	30	30

3 Общие характеристики

X1			E1		E2				E3					E4			E6	
B	N	L	B	N	B	N	S	L	N	S	H	V	L	S	H	V	H	V
630	630	630	800	800	1600	1000	800	1250	2500	1000	800	800	2000	4000	3200	3200	4000	3200
800	800	800	1000	1000	2000	1250	1000	1600	3200	1250	1000	1250	2500		4000	4000	5000	4000
1000	1000	1000	1250	1250		1600	1250			1600	1250	1600					6300	5000
1250	1250	1250	1600	1600		2000	1600			2000	1600	2000						6300
1600	1600					2000				2500	2000	2500						
										3200	2500	3200						
										3200								
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50	50
42	65	150	42	50	42	65	85	130	65	75	100	130	130	75	100	150	100	150
42	65	130	42	50	42	65	85	110	65	75	100	130	110	75	100	150	100	150
42	50	100	42	50	42	55	65	85	65	75	100	100	85	75	100	130	100	130
42	50	60	42	50	42	55	65	85	65	75	85 ⁽²⁾	100	85	75	85 ⁽²⁾	100	100	100
42	50	150	42	50	42	65	85	130	65	75	85	100	130	75	100	150	100	125
42	50	130	42	50	42	65	85	110	65	75	85	100	110	75	100	150	100	125
42	42	100	42	50	42	55	65	65	65	75	85	85	65	75	100	130	100	100
42	42	45	42	50	42	55	65	65	65	75	85	85	65	75	85	100	100	100
42	42	15	42	50	42	55	65	10	65	75	75	85	15	75	100	100	100	100
			36	36	42	42	50	–	65	65	65	65	–	75	75	75	85	85
88,2	143	330	88,2	105	88,2	143	187	286	143	165	220	286	286	165	220	330	220	330
88,2	143	286	88,2	105	88,2	143	187	242	143	165	220	286	242	165	220	330	220	330
88,2	121	220	88,2	105	88,2	121	143	187	143	165	187	220	187	165	220	286	220	286
88,2	121	132	88,2	105	88,2	121	143	187	143	165	187	220	187	165	187	220	220	220
B	B	A	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
30	30	12	30	30	30	30	30	12	30	30	30	30	12	30	30	30	30	30

E2 B-N-S				E2 L		E3 N-S-H-V						E3 L		E4 S-H-V		E6 H-V			
800	1000-1250	1600	2000	1250	1600	800	1000-1250	1600	2000	2500	3200	2000	2500	3200	4000	3200	4000	5000	6300
25	25	25	25	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15	15	15	12	12	12	12
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
15	15	12	10	4	3	12	12	10	9	8	6	2	1,8	7	5	5	4	3	2
15	15	10	8	3	2	12	12	10	9	7	5	1,5	1,3	7	4	5	4	2	1,5
30	30	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	10	10	10	10	10

3 Общие характеристики

Воздушные автоматические выключатели SACE Emax с полноразмерным нейтральным проводом

		E4S/f	E4H/f	E6H/f
Номинальный непрерывный ток (при 40°C) I_n	[A]	4000	3200	4000
	[A]		4000	5000
				6300
Количество полюсов		4	4	4
Номинальное рабочее напряжение U_e	[В ~]	690	690	690
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu}				
220/230/380/400/415 В ~	[кА]	80	100	100
440 В ~	[кА]	80	100	100
500/525 В ~	[кА]	75	100	100
660/690 В ~	[кА]	75	100	100
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs}				
220/230/380/400/415 В ~	[кА]	80	100	100
440 В ~	[кА]	80	100	100
500/525 В ~	[кА]	75	100	100
660/690 В ~	[кА]	75	100	100
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw}				
(1 с)	[кА]	75	85	100
(3с)	[кА]	75	75	85
Номинальная наибольшая включающая способность I_{cm}				
220/230/380/400/415 В ~	[кА]	176	220	220
440 В ~	[кА]	176	220	220
500/525 В ~	[кА]	165	220	220
660/69				
Категория применения (по МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2))	В	В	В	
Характеристика изоляции (по МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2))	■	■	■	
Габаритные размеры				
Стационарный: В = 418 мм - Г = 302 мм Д	[мм]	746	746	1034
Выкатной: В = 461 мм - Г = 396,5 мм Д	[мм]	774	774	1062
Масса (автоматический выключатель в сборе с расцепителями и ТТ, без принадлежностей)				
Стационарный	[кг]	120	120	165
Выдвижной (включая стационарную часть)	[кг]	170	170	250

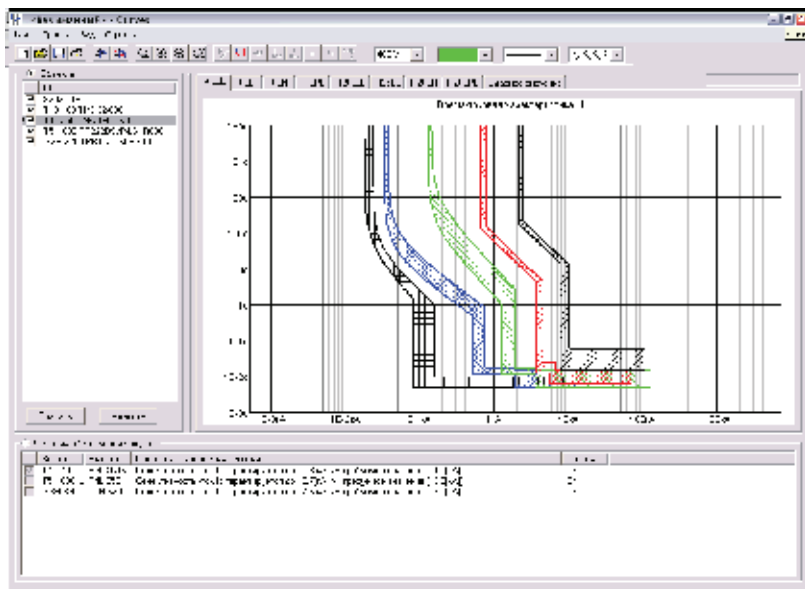
3 Общие характеристики

3.2 Характеристические кривые и программа “Curves”

3.2.1 Программа “Curves 1.0”

Программа “Curves 1.0” предназначена для специалистов в области электротехники. Данная программа позволяет визуализировать:

- I-t LLL: характеристики срабатывания при авариях в трехфазных системах;
- I-t LL: характеристики срабатывания при авариях в двухфазных системах;
- I-t LN: характеристики срабатывания при авариях в однофазных системах;
- I-t LPE: характеристики срабатывания при авариях в трехфазных системах;
- I-I²t LL: удельная сквозная энергия при авариях в двухфазных системах;
- I-I²t LN: удельная пропускаемая энергия при авариях в трехфазных системах;
- I-I²t LPE: удельная пропускаемая энергия при авариях в трехфазных системах;
- Пиковое значение: токоограничивающая характеристика;
- Характеристики кабелей и плавких предохранителей.



Другими особенностями программы являются проверки выполнения условий по защите кабелей, защите человека и селективности. Алгоритмы проверки защиты кабелей описаны в международных стандартах. Алгоритмы проверки селективности реализуются в соответствии с нормативами, приведенными в издании “Селективность низковольтных автоматических выключателей АББ в сетях низкого напряжения”. Данное издание входит в распространяемую АББ на территории России “серию проектировщика”. Программа “Curves” отображает характеристики срабатывания и предельные характеристики в соответствии с каталогами.

3 Общие характеристики

3.2.2 Характеристические кривые термомангнитных и электромагнитных расцепителей

Функция защиты от перегрузки не должна размыкать выключатель в течение 2 часов, если значения тока менее 1,05 тока уставки, и должна отключать выключатель в течение 2 часов, если значения тока менее 1,3 тока уставки.

Под "отключением из холодного состояния" подразумевается, что перегрузка происходит, когда автоматический выключатель еще не достиг нормальной рабочей температуры (до того, как возникнет аварийное условие, ток не проходит через автоматический выключатель); и наоборот, "отключение из горячего состояния" относится к автоматическому выключателю, достигшему нормальной рабочей температуры при проходящем через него номинальном токе до того, как возникнет аварийное условие. Поэтому величины времени "отключения из холодного состояния" всегда больше величин времени "отключения из горячего состояния".

Функция защиты от КЗ представлена время-токовой кривой в виде вертикальной линии, соответствующей номинальному значению порога срабатывания I₃. В соответствии с МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2), реальное значение этого порога находится в пределах 0,8·I₃ и 1,2·I₃. Время срабатывания этой защиты зависит от электрических характеристик КЗ и наличия других защитных устройств: в этой характеристике невозможно достаточно четко отразить все возможные ситуации, поэтому лучше использовать простую прямую линию, параллельную оси тока.

Вся информация, относящаяся к этой области отключения и полезная для выбора устройств защиты электроустановки и координации между ними, представлена на токоограничивающей кривой и на кривых удельной сквозной энергии автоматического выключателя в условиях КЗ.

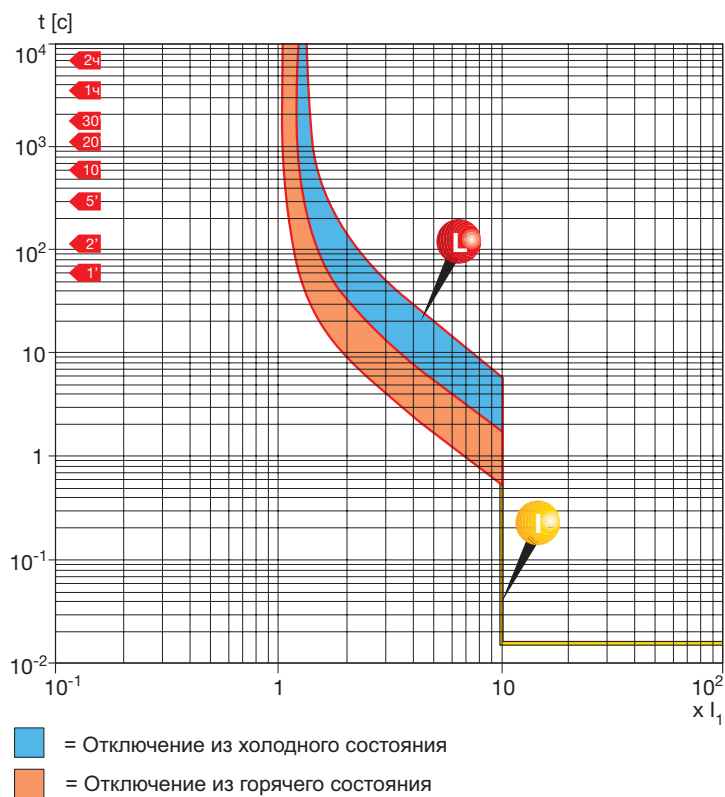
На следующих страницах даны примеры представления данных по уставкам термомангнитных расцепителей.

Для наглядности этих примеров допустимая погрешность срабатывания защитных функций не учитывается.

Для правильной настройки расцепителей необходимо учитывать допустимую погрешность для используемого типа термомангнитных расцепителей. Для получения такой информации, пожалуйста, обратитесь к техническим каталогам.

На следующем рисунке показана времятоковая кривая автоматического выключателя с термомангнитным расцепителем:

3 Общие характеристики



3 Общие характеристики

Защита от перегрузки (L)

Для правильной установки функции L расцепителя необходимо знать ток нагрузки (I_b) и разделить его на номинальный ток термомagnetного расцепителя. Уставка ($I1$) должна быть больше или равна полученному значению:

$$I1 \geq \frac{I_b}{I_n}$$

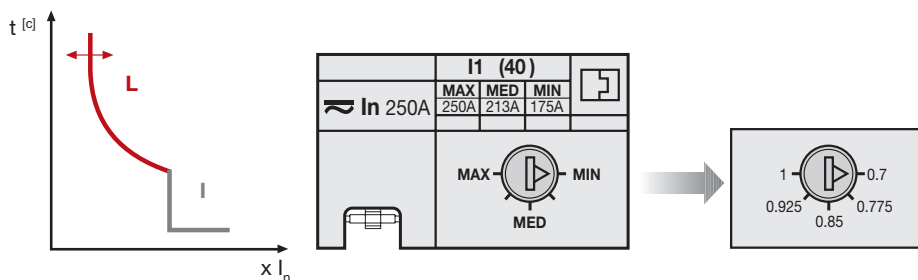
Для защиты кабеля необходимо, чтобы выполнялось следующее условие:

$I_b < I1 < I_z$, где I_z - это нагрузочная способность кабеля, а I_b - рабочий ток цепи.

Пример:

T4N250 In 250 с термомagnetным расцепителем TMA (регулировка функции L от 0,7 до 1 x In)
 $I_b = 175 \text{ A}$

$$I1 \geq \frac{I_b}{I_n} = \frac{175}{250} = 0,7$$



3 Общие характеристики

Защита от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием (I)

Для настройки данной функции защиты электромагнитного расцепителя необходимо знать минимальное расчетное значение тока КЗ в установке.

Порог срабатывания I₃ должен соответствовать следующему условию:

$$I_3 \leq I_{kmin}$$

$$I_3 = \text{уставка}_I \times I_n$$

Для определения уставки надо разделить ток I_{kmin} на номинальный ток расцепителя и принять значение уставки немного ниже.

$$\text{Уставка}_I = \frac{I_{kmin}}{I_n}$$

Пример:

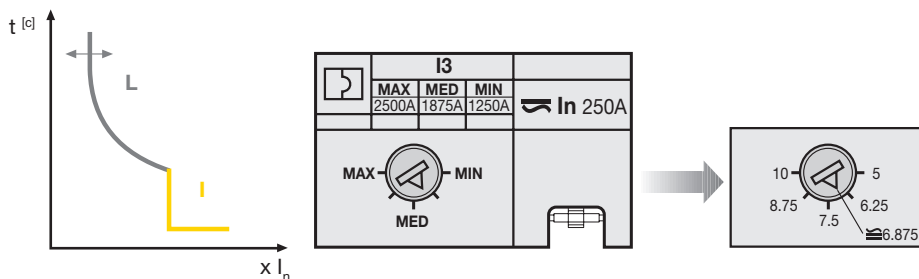
T4N250 I_n 250 с термомангнитным расцепителем TMA с регулируемой функцией мгновенного срабатывания от 5 (=1250 A) до 10 (=2500 A).

I_{kmin}=1750 A

$$\text{Уставка}_I = \frac{I_{kmin}}{I_n} = \frac{1750}{250} = 7$$

Необходимо выбрать: $\approx 6,875$:

$$I_3 = 6,875 \times 250 = 1718 \leq 1750 \text{ A}$$



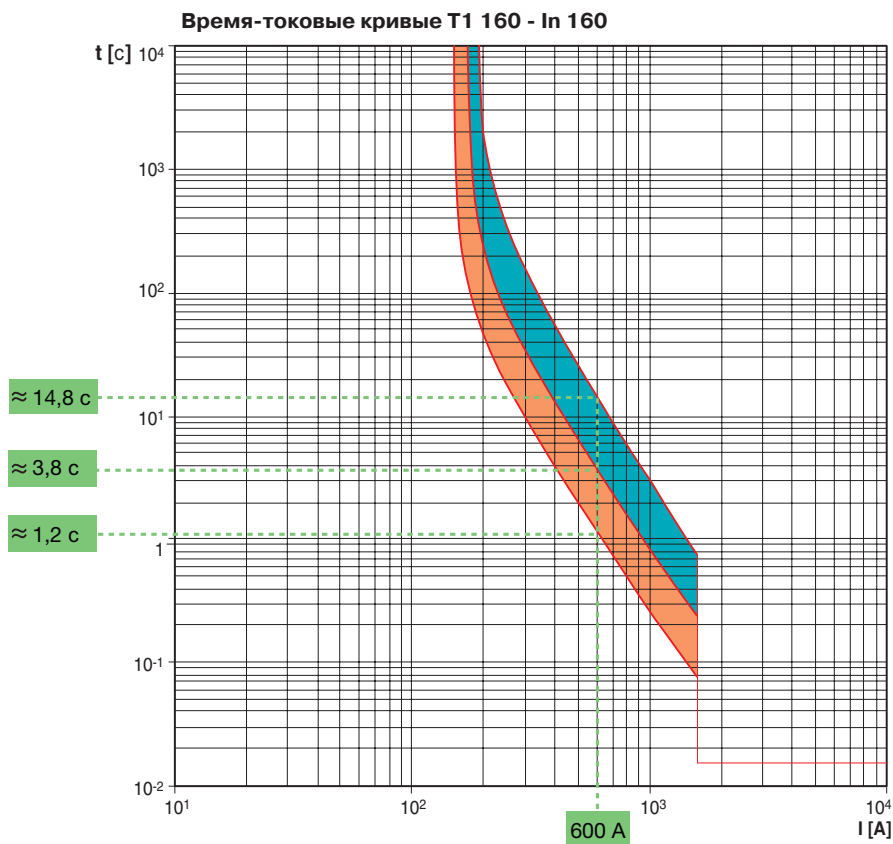
3 Общие характеристики

Пример определения уставки термагнитного расцепителя

Предположим, что используется автоматический выключатель типа Т1 160 In 160, оснащенный регулируемым термагнитным расцепителем. Выберем порог тока, например, 144 А, тогда порог магнитного срабатывания, установленный на $10I_n$, равен 1600 А.

Необходимо отметить, что в соответствии с условиями, при которых происходит перегрузка, т.е. достиг ли автоматический выключатель полной рабочей температуры или нет, срабатывание теплового расцепителя значительно изменяется. Например, для тока перегрузки 600 А, время срабатывания составляет от 1,2 до 3,8 с для отключения из горячего состояния, и от 3,8 до 14,8 с для отключения из холодного состояния.

При токах КЗ выше 1600 А автоматический выключатель срабатывает мгновенно за счет электромагнитной защиты.



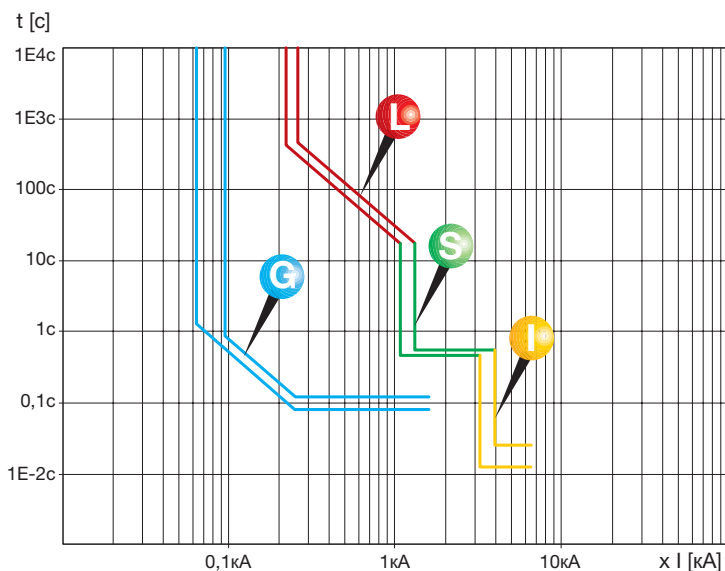
3 Общие характеристики

3.2.3 Функции электронных расцепителей

На следующих страницах показаны функции защиты электронных расцепителей для автоматических выключателей в литом корпусе и воздушных автоматических выключателей. Наличие функций защиты в разных типах расцепителей смотрите в таблице на странице 33. Примеры в этой главе показывают, как можно настроить электронный расцепитель с помощью DIP-переключателей, расположенных на лицевой панели автоматического выключателя. Эту операцию можно также выполнить с помощью представляемого ЖК-дисплеем интерфейса (для расцепителей PR122-PR123-PR332-PR333) или электронным методом посредством испытательного блока PRO10T.

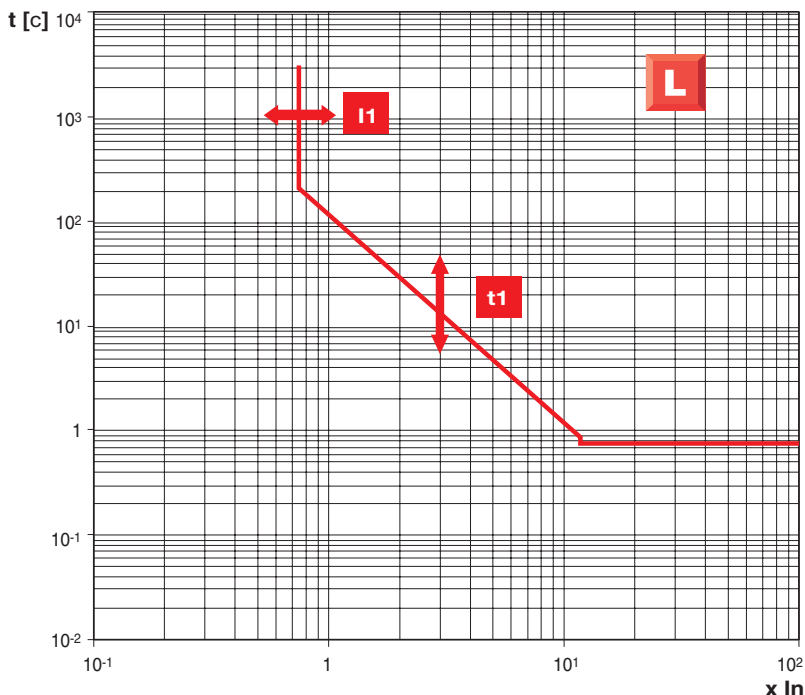
Для наглядности этих примеров допустимая погрешность защитных функций не учитывается. Для правильной настройки расцепителей необходимо учитывать допустимые отклонения для различных функций защиты, относящиеся к используемому электронному расцепителю. За получением такой информации, пожалуйста, обратитесь к техническим каталогам.

На следующем рисунке показана времятоковая кривая срабатывания автоматического выключателя с электронным расцепителем, обладающим функциями LSIG (описанными далее):



3 Общие характеристики

Защита от перегрузки (функция L)



Область применения этой защитной функции относится ко всем установкам, подвергающимся перегрузкам - обычно небольшим, но длительным, опасным для срока службы аппаратуры и кабелей.

Такие токи обычно развиваются в исправной цепи, в результате чего линия оказывается перегруженной (такое событие более вероятно, чем реальное повреждение).

Характеристика срабатывания этой защиты (которую нельзя отключить) определяется порогом тока I_1 и временем срабатывания t_1 . Точнее:

- I_1 представляет значение тока, за пределами которого функция защиты подает сигнал на размыкание автоматического выключателя в соответствии с обратнoзависимой временной характеристикой срабатывания, где отношение время - ток определяется $I^2 t = \text{постоянная}$ (постоянная удельная сквозная энергия);
- t_1 представляет время срабатывания защиты в секундах, соответствующее вполне определенному множителю I_1 , и используется для установления определенной кривой среди других кривых расцепителя.

Информация о диапазонах уставок приведена в технических каталогах.

3 Общие характеристики

Для правильной установки порога срабатывания функции L необходимо знать ток нагрузки (I_b), разделить его на величину тока I_n отключающего устройства. Уставка должна быть немного выше или равна полученному значению:

$$\text{Уставка } L = \frac{I_b}{I_n}$$

Кроме того, в случае защиты кабеля должно выполняться следующее условие: $I_b < I_1 < I_z$, где I_z - это нагрузочная способность кабеля, а I_1 - это уставка защиты от перегрузки.

Пример:

T5N400 I_n 320, отключающее устройство типа PR222DS-LSIG, функция защиты L ($I_1=0,4...1 \times I_n$ с шагом 0,02) посредством ручной настройки.

$I_b=266 \text{ A}$

$$\text{Уставка } L = \frac{I_b}{I_n} = \frac{266}{320} = 0,83$$

Выбирается $I_1=0,84$.

При ручной настройке DIP-переключатели должны располагаться так, чтобы получить коэффициент, равный 0,84; этот коэффициент, умноженный на номинальный ток отключающего устройства, дает требуемое значение тока. На рисунке ниже показана правильная комбинация DIP-переключателей для получения требуемого множителя:

$$I_1 = 320 \times (0,4 + 0,04 + 0,08 + 0,32) = 268,8 \text{ A}$$

Время срабатывания функции L для тока перегрузки изменяется в зависимости от типа используемой характеристики.

Относительно рассматриваемого в примере расцепителя возможны 4 характеристики, каждая из которых считывается по пересечению с характеристическим множителем ($6 \times I_1$), которому соответствуют различные времена срабатывания ($t_1=3\text{с}, 6\text{с}, 9\text{с}, 18\text{с}$); поскольку это зависимости с $I^2 t = \text{const}$, можно определить множители, отличные от $6 \times I_1$, после настройки t_1 .

Поскольку это зависимость с постоянной $I^2 t$, условие

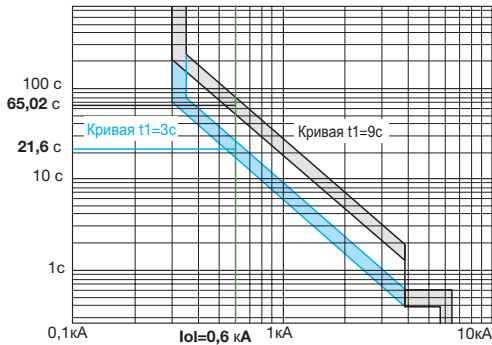
$$(6 \times I_1)^2 \times t_1 = \text{const} = I^2 t$$

должно проверяться всегда.

(*) 0,4 - это фиксированное значение, которое нельзя отключить

3 Общие характеристики

Выражение I^2t представляет произведение тока аварии в квадрате и времени, требующегося защите, чтобы справиться с ним.



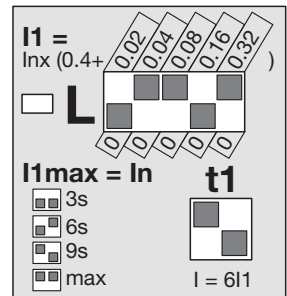
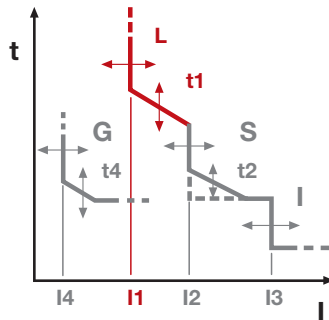
Если предположить, что ток перегрузки составляет 600А (I_{ol}), а время t_1 установлено на 3 с, то получится следующее:

$$(6 \times I_1)^2 \times t_1 = I_{ol}^2 \times t \quad t = \frac{(6 \times 268,8)^2 \times 3}{(600)^2} = 21,6 \text{ с}$$

При том же самом уровне перегрузки (I_{ol})=600 А, если время t_1 было установлено на 9 с, время срабатывания составило бы:

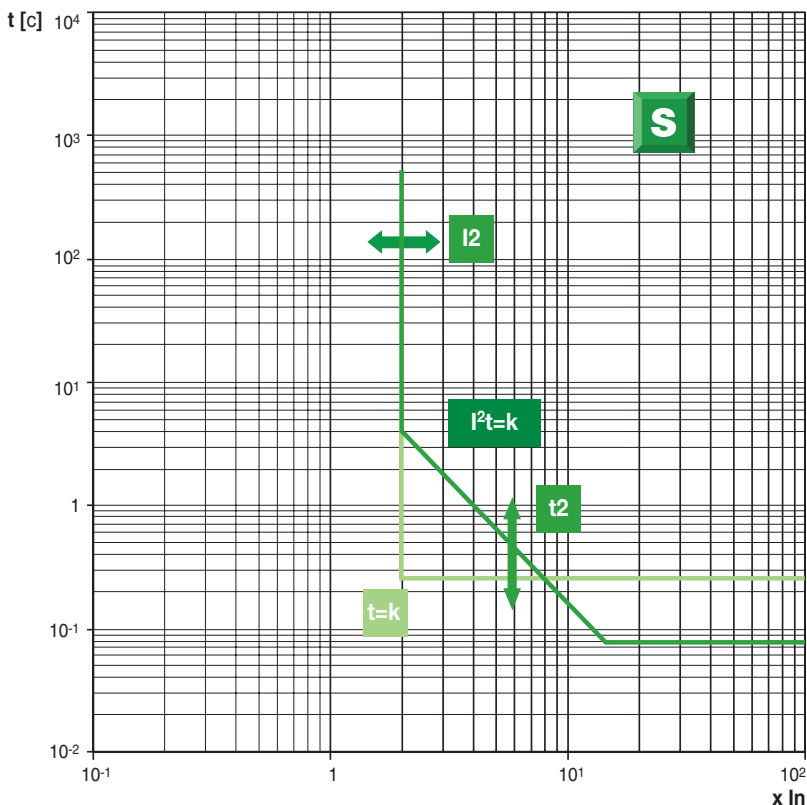
$$(6 \times I_1)^2 \times t_1 = I_{ol}^2 \times t \quad t = \frac{(6 \times 268,8)^2 \times 9}{(600)^2} = 65,02 \text{ с}$$

Время t_1 должно выбираться с учетом координации кабелей и других аппаратов со стороны источника или со стороны нагрузки рассматриваемого автоматического выключателя.



3 Общие характеристики

Защита от короткого замыкания с выдержкой по времени (функция S)



Эта защитная функция используется для ввода выдержки по времени срабатывания при коротком замыкании. Функция S необходима, когда требуется времятоковая селективность, чтобы срабатывание все больше задерживалось по мере приближения к источникам питания.

Характеристика срабатывания этой защиты (которую нельзя отключить) определяется порогом тока I_2 и временем срабатывания t_2 . Подробнее:

- I_2 представляет значение тока, за пределами которого функция защиты подает сигнал на размыкание автоматического выключателя в соответствии с одной из следующих характеристик срабатывания:
 - с обратной зависимой выдержкой по времени, когда зависимость время - ток определяется соотношением $I^2t = k$ (постоянная сквозная энергия);
 - с независимой выдержкой по времени, когда время срабатывания определяется зависимостью $t=k$ (постоянное время); в этом случае, время размыкания одинаково для любого значения тока, превышающего I_2 ;
- t_2 представляет время срабатывания защиты, в секундах, в соответствии с:
 - определенным множителем ln для кривых срабатывания при $I^2t = k$;
 - I_2 для кривой срабатывания при $t = k$.

Информация о диапазонах уставок для различных расцепителей приведена в технических каталогах.

3 Общие характеристики

Чтобы правильно настроить функцию S автоматического выключателя с электронным расцепителем, надо разделить значение I_{kmin} (самое низкое значение тока КЗ) на значение I_n расцепителя и принять расчетное значение уставки немного меньше.

$$\text{Уставка}_S = \frac{I_{kmin}}{I_n}$$

Пример:

T4N320 $I_n=100$ с расцепителем PR222 DS-LSI

Функция S ($I_2=0,6-1,2-1,8-2,4-3-3,6-4,2-5,8-6,4-7-7,6-8,2-8,8-9,4-10 \times I_n$)

$I_{kmin}=900$ A

$$\text{Уставка}_S = \frac{I_{kmin}}{I_n} = \frac{900}{100} = 9$$

тогда надо выбрать значение 8,8.

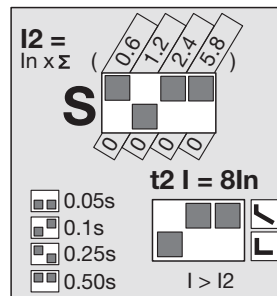
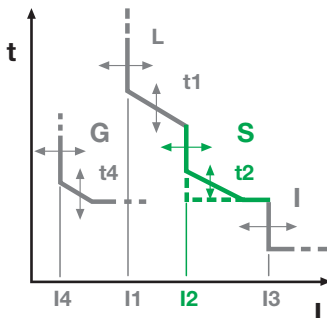
Как и в предыдущем примере, на рисунке показано правильное положение DIP-переключателей для получения требуемого множителя:

$$I_2 = 100 \times (0,6+2,4+5,8) = 880 \text{ A} < 900 \text{ A}$$

Выдержка по времени t_2 функции S изменяется согласно выбранной характеристике: $t=\text{const}$ или $I^2t=\text{const}$.

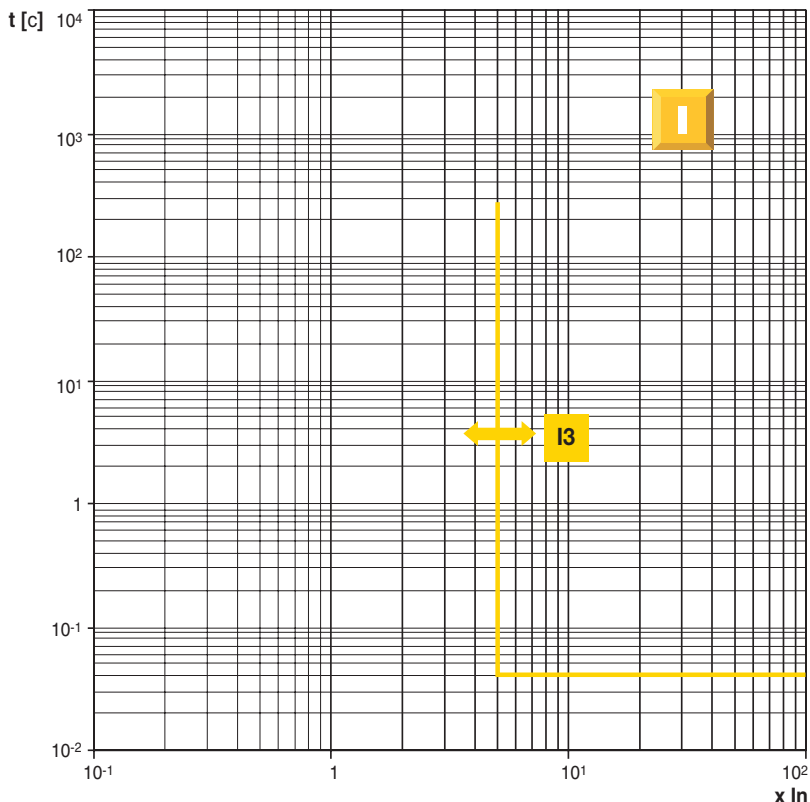
При выборе $t_2=\text{const}$ в случае КЗ, все сверхтоки выше или равные I_2 (в этом случае 880 A) должны отсекаются в пределах установленного времени t_2 ;

однако, при выборе характеристики с $I^2t=\text{const}$, применимы по аналогии те же самые расчеты, сделанные для определения времени срабатывания t_1 , учитывая соответствующие пороги тока I_2 .



3 Общие характеристики

Защита от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием (функция I)



Данная функция позволяет защите срабатывать мгновенно при коротком замыкании. Эта защита действует для токов КЗ, превышающих установленный порог тока I_3 ; время срабатывания (мгновенное) регулировать нельзя.

Функцию I можно отключить; термин "доступно для отключения" означает, что порог срабатывания по току возрастает по сравнению с максимальным порогом, который можно регулировать стандартными настройками.

Чтобы правильно установить порог срабатывания функции I, необходимо знать наименьший ток КЗ из тех, которые могут возникнуть в точке установки защиты.

Порог срабатывания I_3 должен соответствовать следующему условию:

$$I_3 \leq I_{min}$$

$$I_3 = \text{уставка}_I \times I_n$$

Информация о диапазонах уставок для различных расцепителей приведена в технических каталогах.

3 Общие характеристики

Для определения значения уставки надо разделить ток I_{kmin} на величину номинального тока I_n и принять значение уставки немного ниже.

$$\text{Уставка}_I = \frac{I_{kmin}}{I_n}$$

Пример:

T5N400 I_n 320 расцепитель PR222DS-LSIG

функция I ($I_3 = 1-1,5-2-2,5-3-3,5-4,5-5,5-6,5-7-7,5-8-8,5-9-10 \times I_n$)

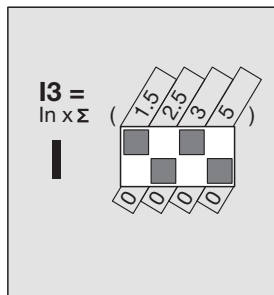
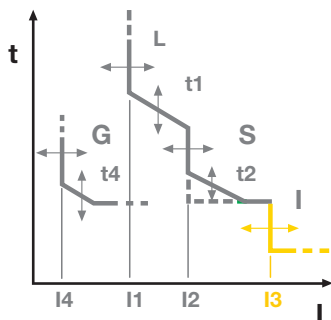
$I_{kmin} = 1500 \text{ A}$

$$\text{Уставка}_I = \frac{I_{kmin}}{I_n} = \frac{1500}{320} = 4,68$$

надо выбрать значение 4,5.

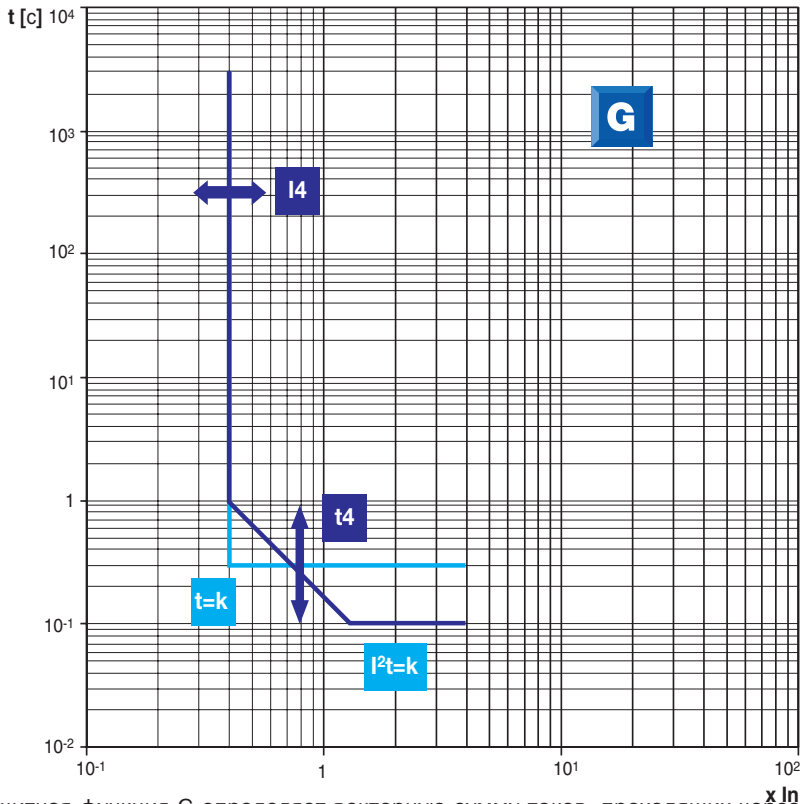
Как и в предыдущем примере, на рисунке показано правильное положение DIP-переключателей для получения требуемого множителя:

$$I_3 = 320 \times (1,5 + 3) = 1440 \text{ A} < 1500$$



3 Общие характеристики

Защита от замыкания на землю (функция G)



Защитная функция G определяет векторную сумму токов, проходящих через провода с потенциалами (трехфазные и нейтральный).

В исправной цепи эта сумма равна нулю, тогда как при замыкании на землю часть тока повреждения возвращается к источнику питания через защитный провод и/или землю, не воздействуя на провода с потенциалами. Характеристика срабатывания этой защиты определяется порогом тока I_4 и временем срабатывания t_4 . Точнее:

- I_4 представляет значение тока, за пределами которого функция защиты подает сигнал на размыкание автоматического выключателя в соответствии с одной из следующих характеристик срабатывания:
 - с обратозависимой выдержкой времени, когда зависимость время - ток определяется соотношением $I^2t = k$ (постоянная сквозная энергия);
 - с независимой выдержкой времени, когда время срабатывания определяется зависимостью $t=k$ (время постоянное); в этом случае, время срабатывания равно для любого значения тока, превышающего I_4 ;
- t_4 представляет время срабатывания защиты в секундах в соответствии с:
 - определенным множителем I_n для кривой срабатывания при $I^2t = k$;
 - I_4 для кривой срабатывания при $t = k$.

Чтобы правильно установить ток I_4 и время t_4 функции G, необходимо выполнить требования, указанные в главе 5 тома 2 - "Защита человека".

3 Общие характеристики

Пример:

T5N400 In 250 с расцепителем PR222DS-LSIG

функция G ($I_d=0,2-0,25-0,45-0,55-0,75-0,8-1 \times I_n$)

$I_{k_{PE}}=220 \text{ A}$

Распределительная система: TN-S.

В системах TN нарушение болтового соединения с заземлителем на стороне низкого напряжения обычно создает ток со значением, аналогичным значению тока КЗ, а ток аварии, проходящий через фазный и/или защитный провод (или провода), вообще не влияет на систему заземления.

Зависимость $Z_s \times I_a \leq U_0$, относящуюся к системам распределения TN-S, можно выразить следующим образом:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{k_{LPE}}$$

где:

- U_0 - это напряжение фаза - PE;
- Z_s - это переходное сопротивление в контуре короткого замыкания;
- I_a - это ток отключения в пределах выдержки времени, установленной стандартом (при $U_0=230 \text{ В}$ время равно 0,4 сек).
- $I_{k_{LPE}}$ = ток КЗ фаза - PE

Поэтому можно утверждать, что защита от косвенного прикосновения обеспечивается, если ток отключения I_a ниже тока КЗ фаза - PE ($I_{k_{LPE}}$), который присутствует в оголенной токопроводящей части установки, подлежащей защите.

В этом случае:

$$\text{Уставка}_G = \frac{I_{k_{PE}}}{I_n} = \frac{220}{250} = 0,88$$

выбирается уставка 0,8.

Как и в предыдущем примере, на рисунке ниже показано правильное положение DIP-

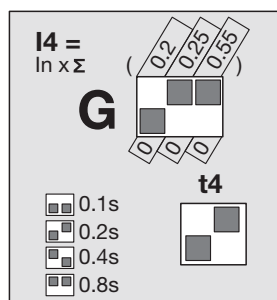
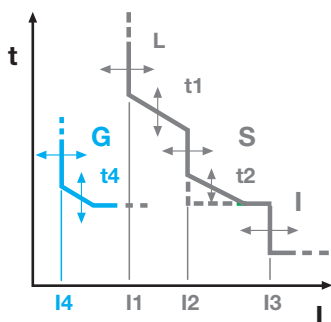
3 Общие характеристики

переключателей для получения требуемого множителя:

$$I_4 = 250 \times (0,25 + 0,55) = 200 \text{ A} < 220 \text{ A}$$

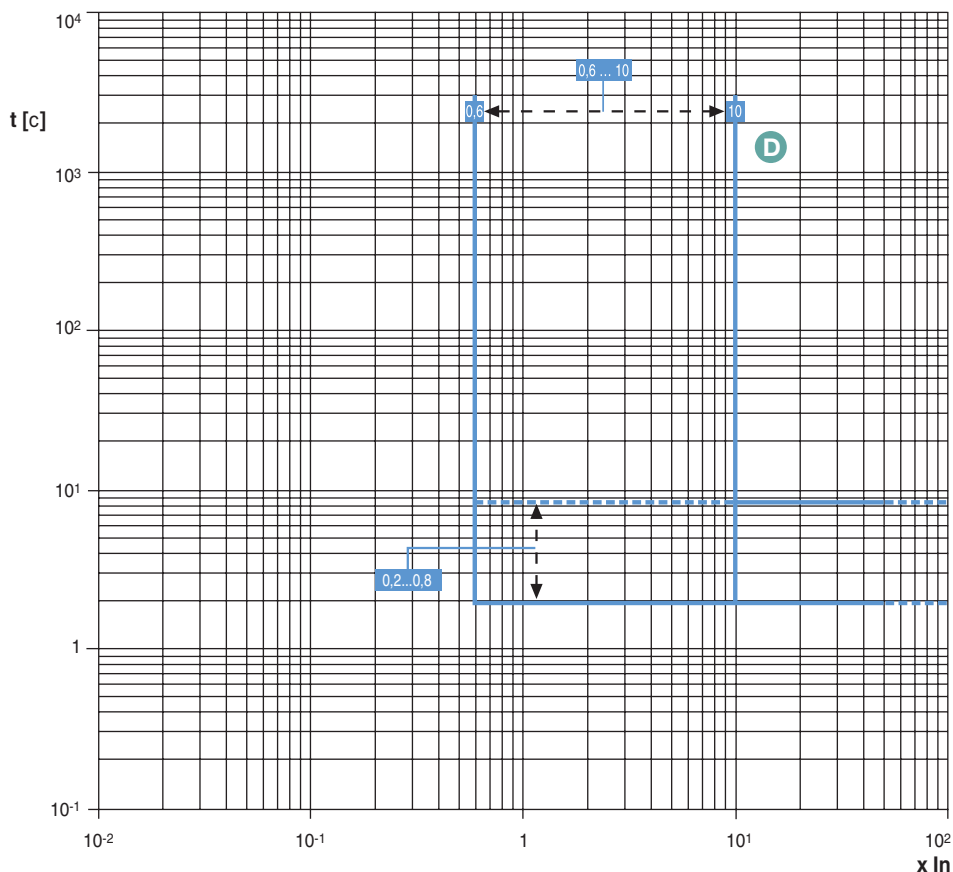
Время срабатывания t_4 должно выбираться в соответствии с положениями стандартов по защите, относящимися к расцепителю, характеристики которого определяют t_4 и имеют постоянную I^2t ; поэтому для определения времени срабатывания необходимо руководствоваться теми же расчетами, что использовались при определении выдержки времени t_1 , но с учетом соответствующих порогов срабатывания I_4 и соответствующих характеристических кривых (t_4).

Например, при использовании расцепителя с временем срабатывания $t_4 = \text{const}$, по достижении и превышении порога срабатывания, автоматический выключатель должен отключиться в пределах заданного времени t_4 .



3 Общие характеристики

Направленная защита от короткого замыкания с регулируемой выдержкой времени
(функция D)



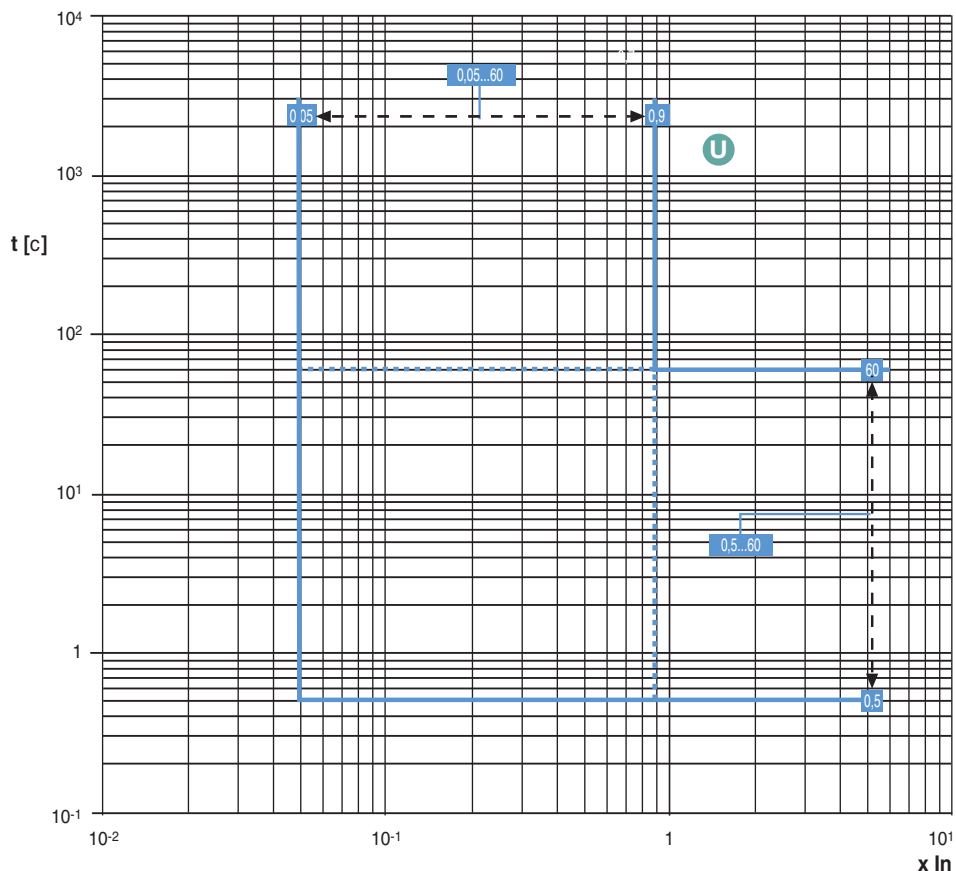
Эта защита очень похожа на функцию S с выдержкой по времени. Помимо величины аварийного тока, она позволяет выявить также его направление и, следовательно, понять, где произошла неисправность - со стороны источника или нагрузки автоматического выключателя, отключив, таким образом, часть установки, затронутую неисправностью. Эта защита особенно подходит для кольцевых распределительных систем и для установок с большим количеством параллельных линий питания.

Диапазон уставок находится в пределах от 0,6 до $10xI_n$, а времена срабатывания устанавливаются в диапазоне от 0,2 до 0,8 секунд.

Функцию D можно отключить.

3 Общие характеристики

Защита от перекоса фаз (функция U)



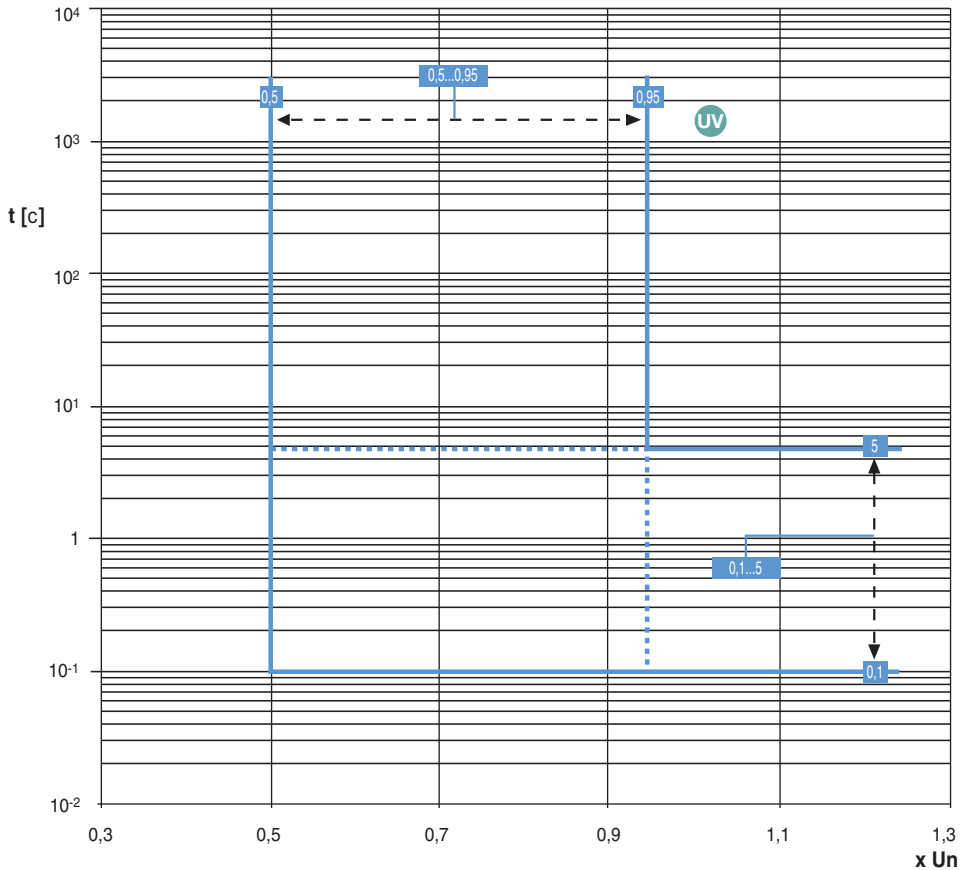
Эта защитная функция размыкает автоматический выключатель, когда обнаруживается ток перекоса фазы, превышающий установленную пороговую величину.

Уставки могут составлять от 5% до 90% номинального тока, а времена срабатывания устанавливаются в диапазоне от 0,5 до 60 с.

Функция защиты U используется, прежде всего, в установках с электрическими машинами вращения, где ток небаланса фазы может оказать нежелательное воздействие на эти машины. Функцию U можно отключить.

3 Общие характеристики

Защита от понижения напряжения (функция UV)



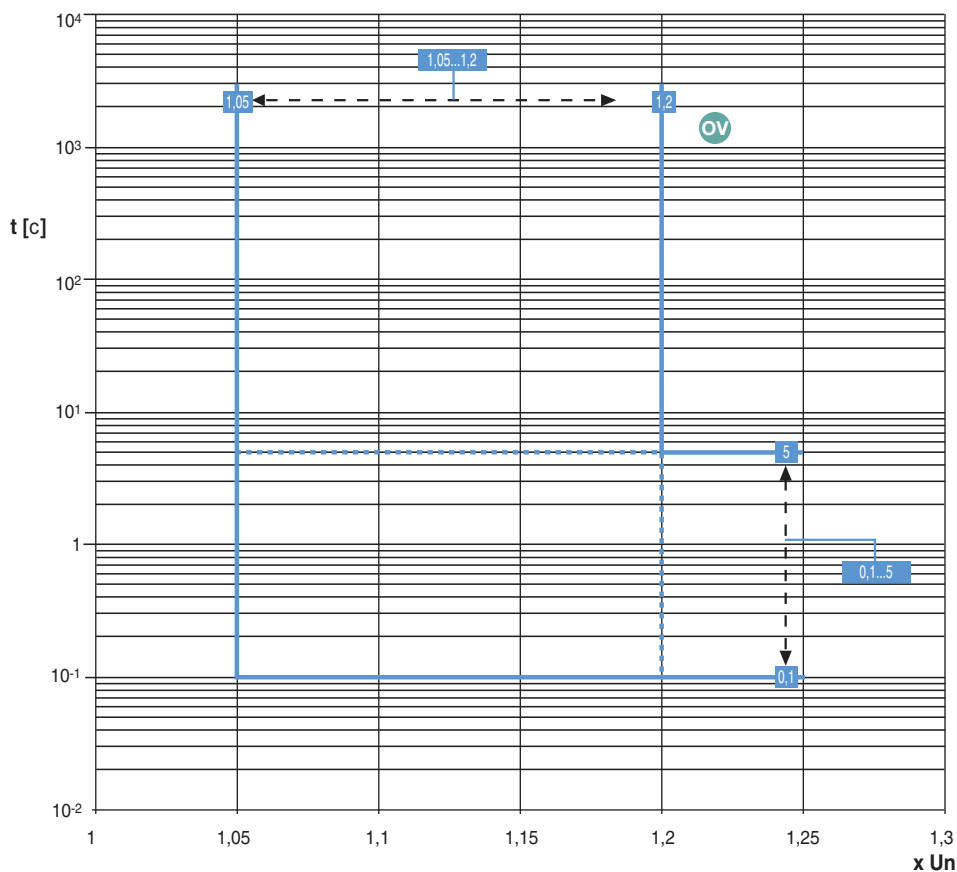
Эта защита срабатывает по истечении регулируемой выдержки по времени (t_8), когда фазное напряжение снижается ниже заданного порога U_8 .

Пороги напряжения устанавливаются в пределах от 0,5 до $0,95 \times U_n$, а порог времени срабатывания устанавливается в диапазоне от 0,1 до 5 с.

Функцию UV можно отключить.

3 Общие характеристики

Защита от повышения напряжения (функция OV)



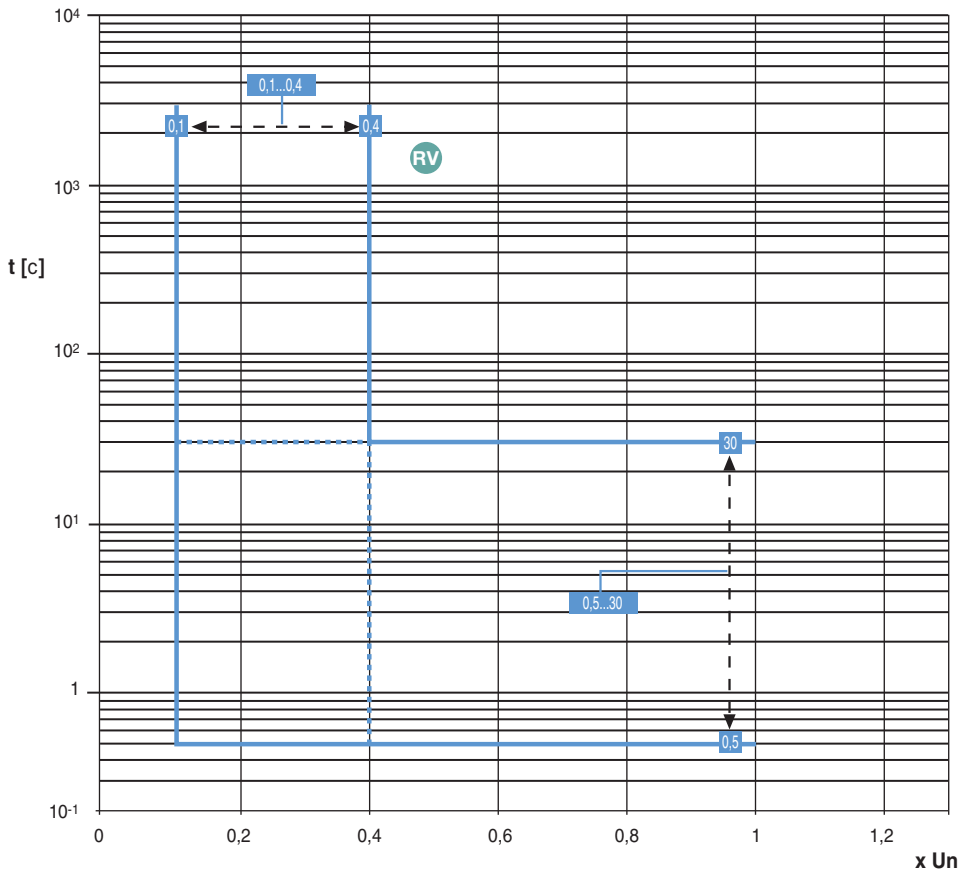
Эта защита срабатывает по истечении регулируемой выдержки по времени (t_9), когда фазное напряжение превышает установленный порог U_9 .

Порог напряжения устанавливается в пределах от 1,05 до $1,2 \times U_n$, а порог времени срабатывания - в диапазоне от 0,1 до 5 с.

Функцию OV можно отключить.

3 Общие характеристики

Защита от остаточного напряжения (функция RV)



Защита от остаточного напряжения позволяет обнаружить неисправности, которые вызывают смещение центра "звезды" в системе с изолированной нейтралью.

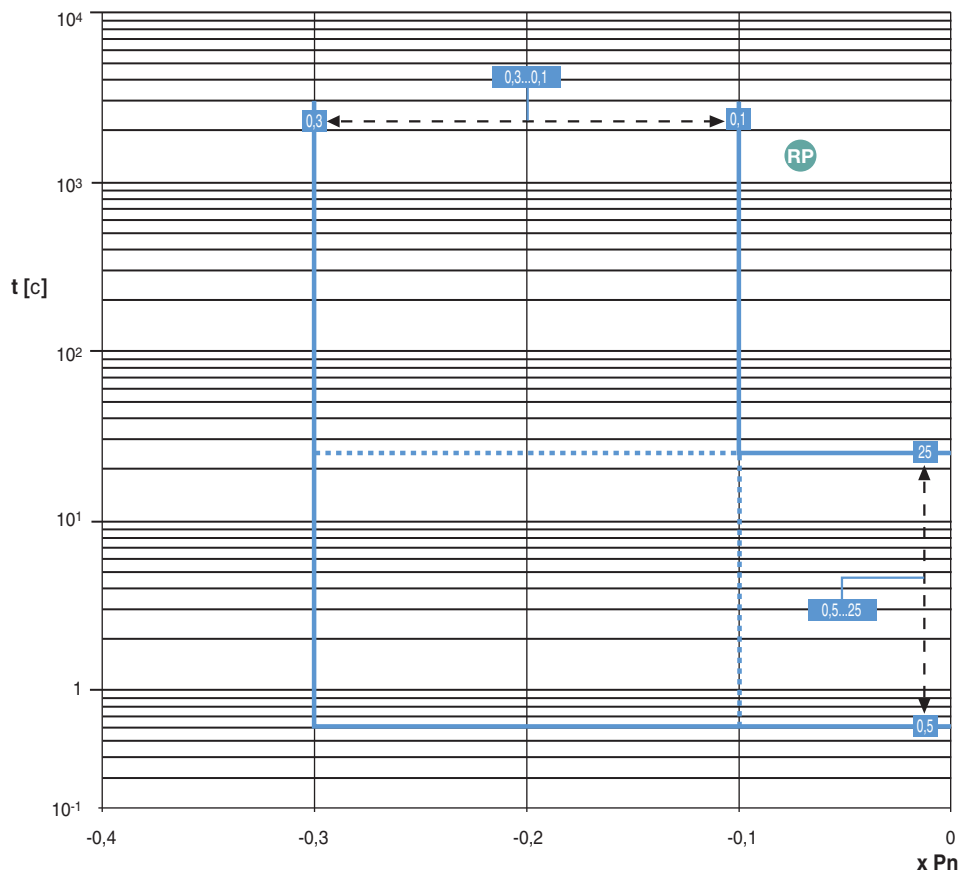
Эта защита срабатывает по истечении регулируемой выдержки времени, если остаточное напряжение превысит установленный порог U_{10} .

Этот порог может быть установлен в пределах от 0 до $0,4xU_n$, а порог времени срабатывания - в диапазоне от 0,5 до 30 с.

Функцию RV можно отключить.

3 Общие характеристики

Защита от изменения направления потока мощности (функция RP)



Защита от реверсирования мощности особенно подходит для защиты мощных электрических машин вращения (например, двигателей).

При определенных условиях двигатель может переходить в режим генератора.

Когда полная активная мощность в обратном направлении (сумма мощности трех фаз) превышает установленный порог мощности P11, функция защиты срабатывает по истечении регулируемой выдержки по времени t11, приводя к размыканию автоматического выключателя.

Функцию RP можно отключить.

3 Общие характеристики

Защита от снижения частоты (функция UF)

Эта защита срабатывает, подавая аварийный сигнал или размыкая автоматический выключатель по истечении регулируемой выдержки по времени (t_9), когда частота снижается ниже заданного порога f_{12} .

Прежде всего, она используется для оборудования, питаемого от генераторов или установок с комбинированным циклом.

Защита от превышения частоты (функция OF)

Эта защита срабатывает, подавая аварийный сигнал или размыкая автоматический выключатель по истечении регулируемой выдержки по времени (t_{10}), когда частота превышает заданный порог f_{13} .

Прежде всего, она используется для оборудования, питаемого от генераторов или установок с комбинированным циклом.

Защита от перегрева (функция OT)

Данная защита позволяет сигнализировать о присутствии аномальных температур, которые могут привести к сбоям в работе электронных компонентов расцепителя.

Если температура достигает первого порога (70°C), отключающее устройство должно сообщить об этом оператору посредством включения "предупредительного" светодиода. Если температура достигает второго порога (85°C), помимо включения "предупредительного" и "аварийного" светодиодов, сработает автоматический выключатель.

Защита от перегрузки с характеристическими кривыми в соответствии с МЭК 60255-3

Данная функция защиты от перегрузки находит свое применение при координации с расцепителями. Можно добиться координации характеристик срабатывания автоматических выключателей, приближаясь к наклонным участкам характеристик расцепителей и предохранителей среднего напряжения, чтобы достичь времятоковой селективности между низким и средним напряжением. Кроме определения порогом тока I_1 и временем срабатывания t_1 , характеристики в соответствии со Стандартом МЭК 60255 задаются параметрами "K" и "a", определяющими их наклон.

Это следующие параметры:

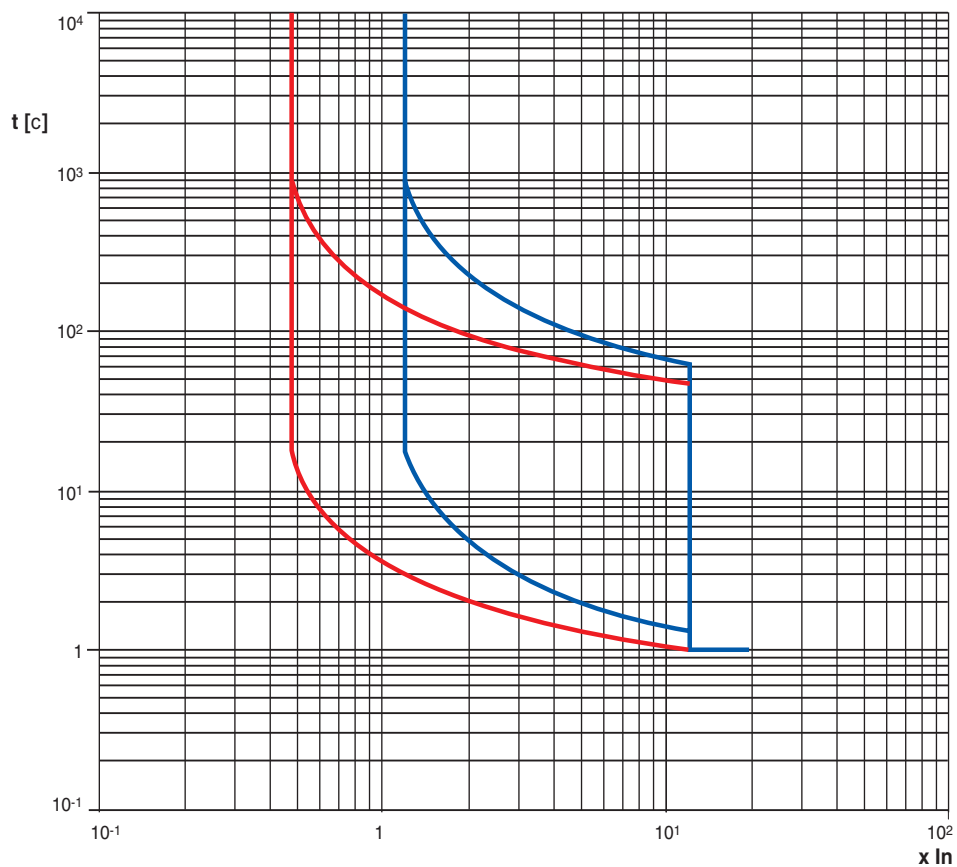
Тип характеристики			
Параметры	A	B	C
K	0,14	13,5	80,0
a	0,02	1,0	2,0

Характеристика L в соответствии со Стандартом МЭК 60255-3 применима к электронным расцепителям типа PR332-PR333 для автоматических выключателей серии T7 и X1 и к электронным расцепителям типа PR122-PR123 для автоматических выключателей серии Emax.

3 Общие характеристики

Кривая А

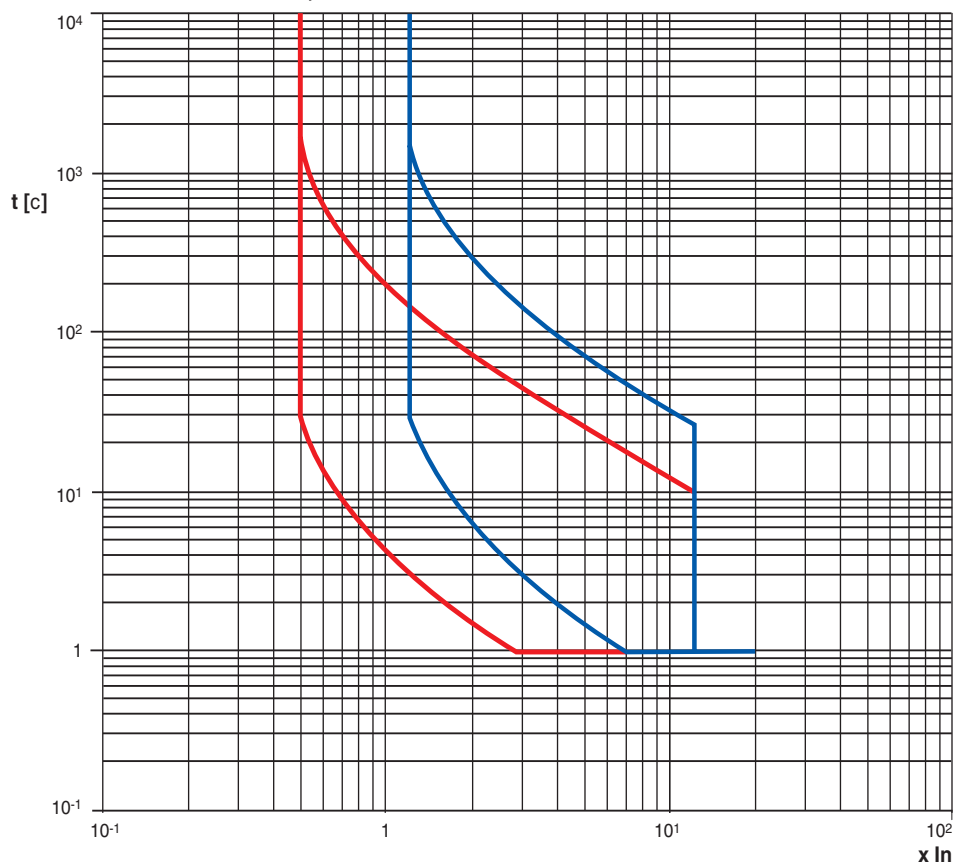
$k=0,14$ $\alpha=0,02$



3 Общие характеристики

Кривая В

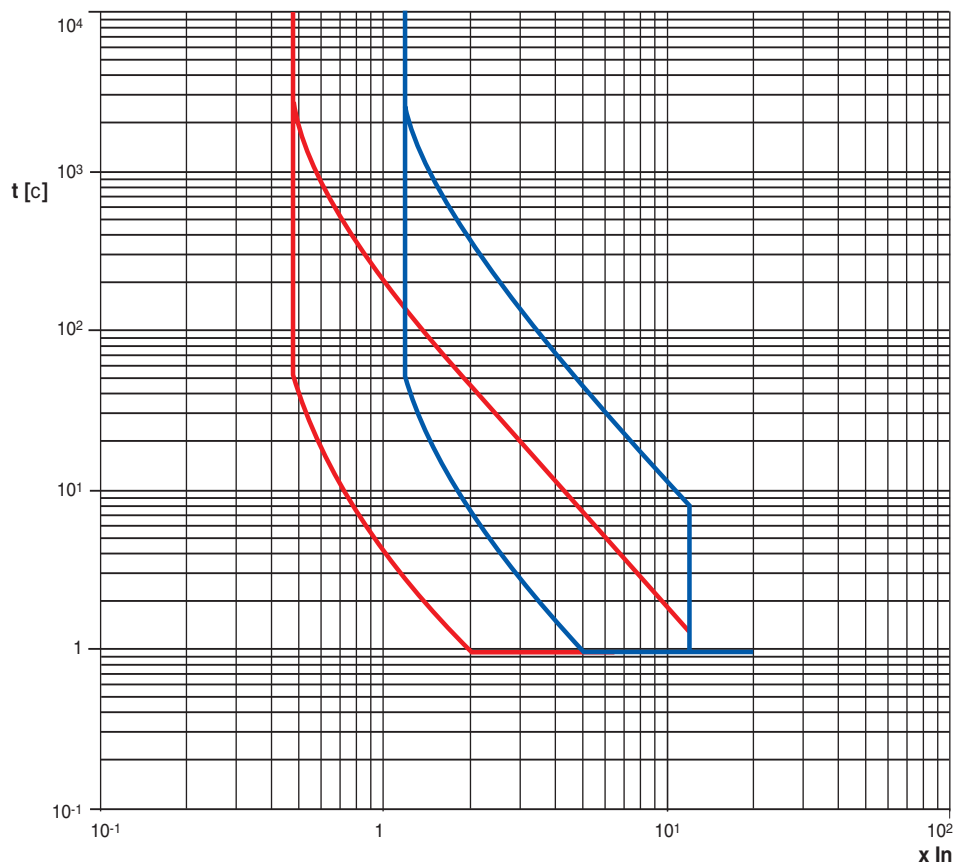
$k=13,5$ $\alpha=1$



3 Общие характеристики

Кривая С

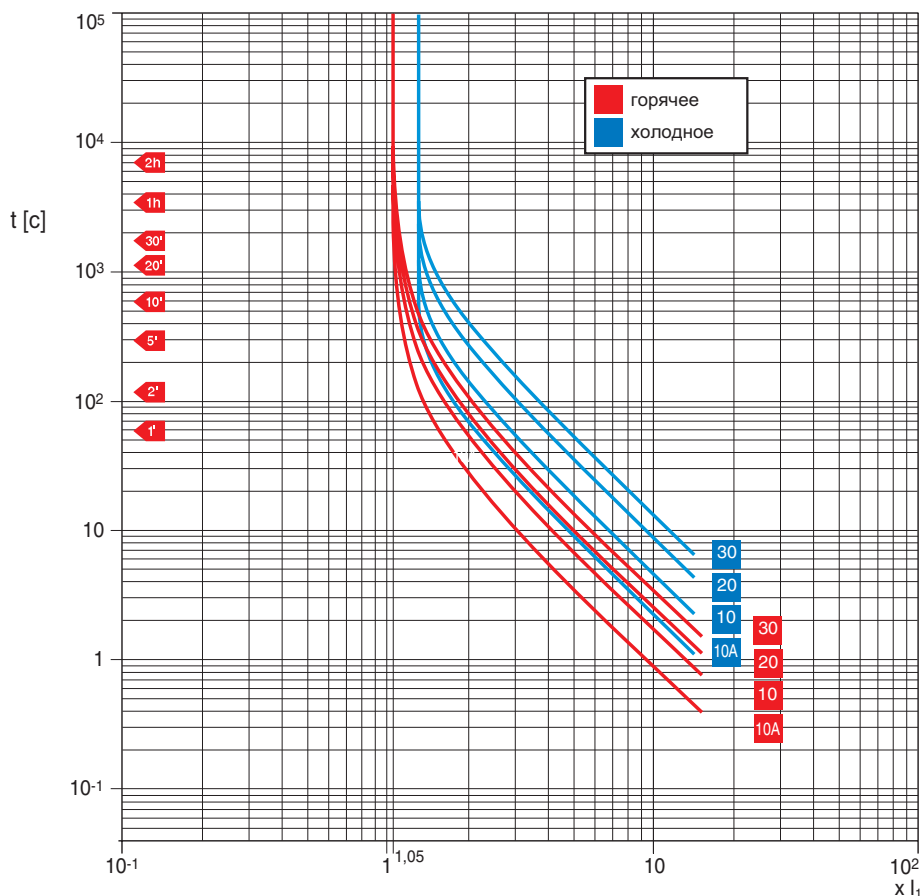
$k=80$ $\alpha=2$



3 Общие характеристики

Защита электродвигателя

L: функция защиты электродвигателя от перегрузки согласно признакам и классу защиты МЭК 60947-4-1 (ГОСТ Р 50030.4.1)



Функция *L*, реализуемая на расцепителях для защиты двигателя, защищает электродвигатель от перегрузок в соответствии с признаками и классом защиты, определенным МЭК 60947-4-1 (ГОСТ Р 50030.4.1). Эта защита основана на предварительно заданной тепловой модели, которая, имитируя перегрев медных и стальных элементов внутри двигателя, позволяет надежно защитить сам двигатель. Выдержка времени срабатывания определяется выбором класса расцепления, приведенного в вышеуказанном стандарте.

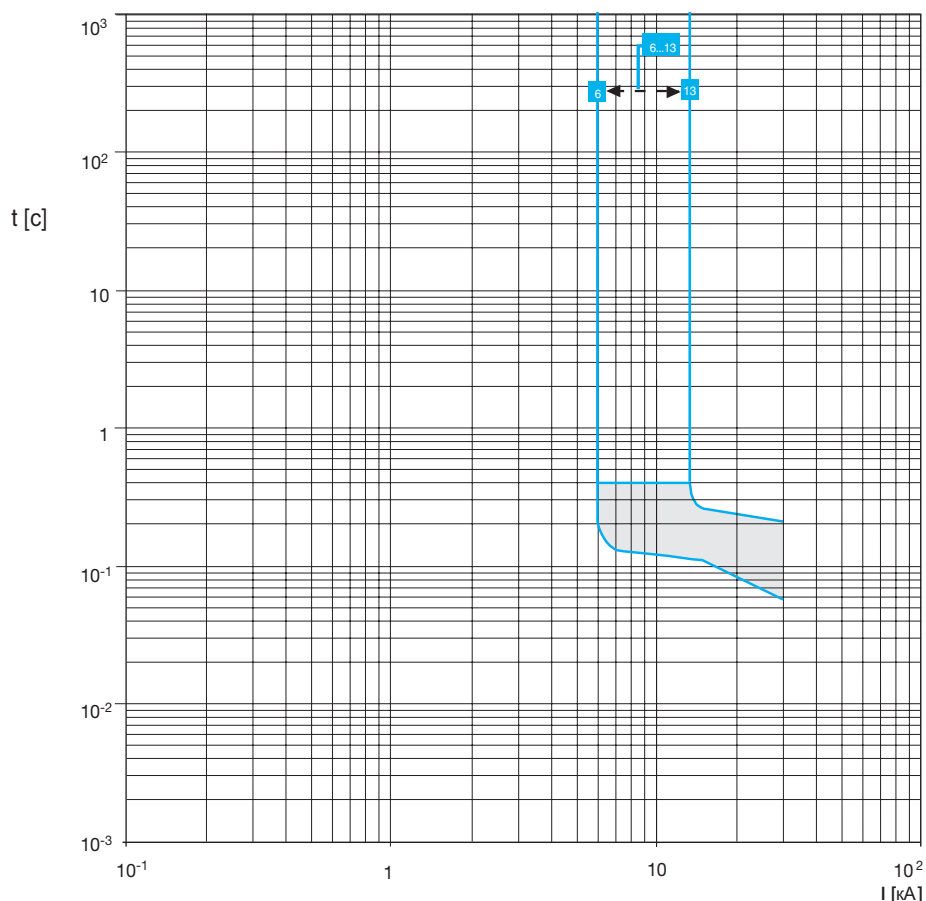
Эта функция с автоматической компенсацией температуры реагирует также на обрыв фазы.

Функция *L*, которую нельзя отключить, может устанавливаться вручную, минимум от 0,4 максимум до $1 \times I_n$. Также необходимо выбрать класс пуска электродвигателя, определяющий время срабатывания с током, равным $7,2 \times I_e$ в соответствии с рекомендациями пункта 4.7.3 Стандарта МЭК 60947-4-1 (ГОСТ Р 50030.4.1). Подробности смотрите в главе 3.3 тома 2.

3 Общие характеристики

Защита электродвигателя

I: защита от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием



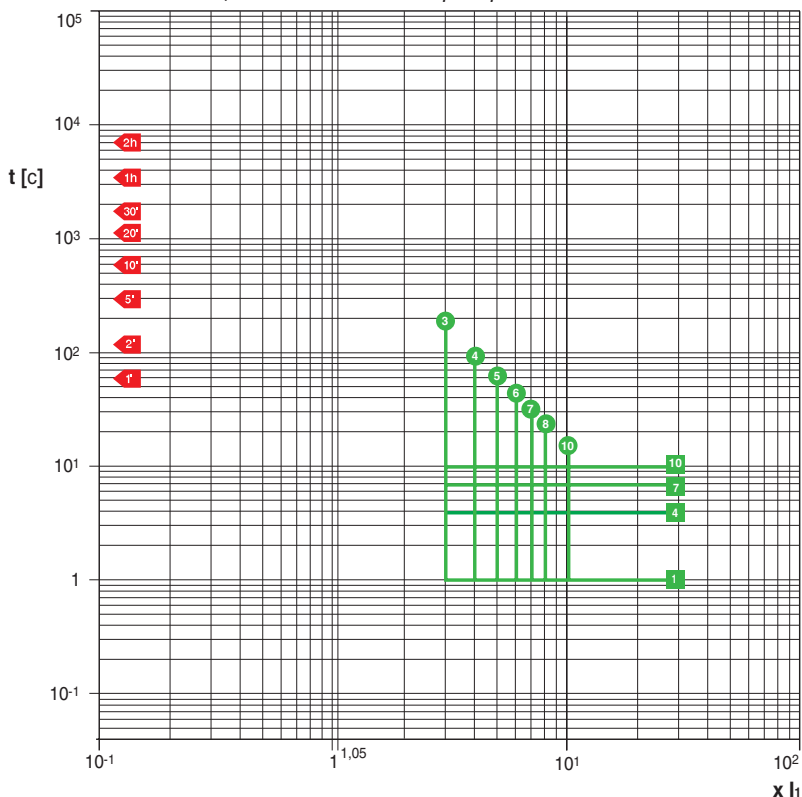
Эта защитная функция срабатывает при коротком замыкании между фазами. Для мгновенного размыкания автоматического выключателя достаточно превысить установленный порог хотя бы для одной фазы.

Ток срабатывания может задаваться до $13 \times I_n$.

3 Общие характеристики

Защита электродвигателя

R: Защита от заклинивания ротора



Функция R защищает электродвигатель от возможного заклинивания ротора во время работы.

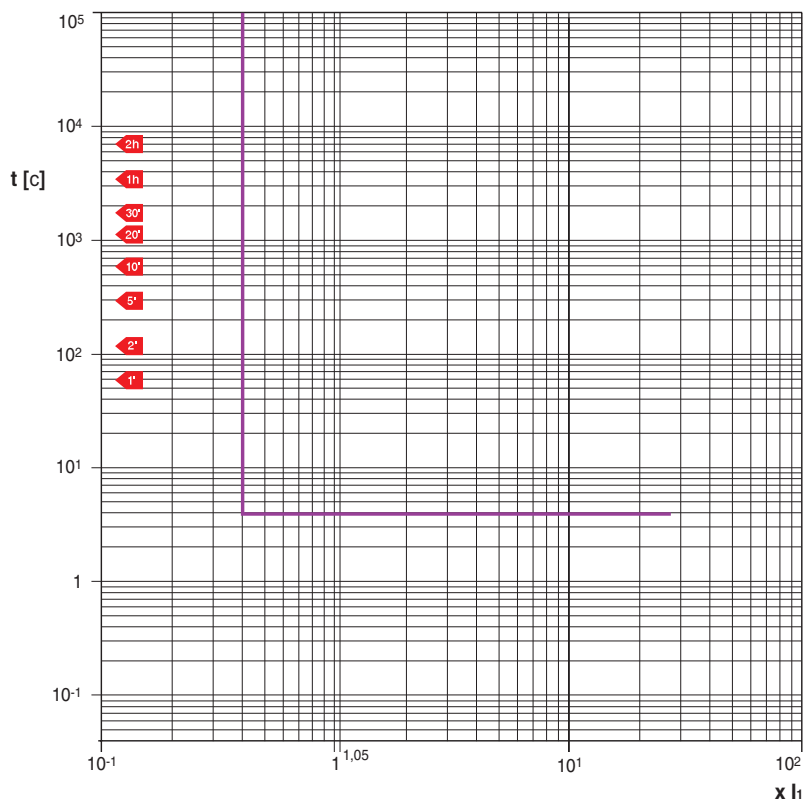
Она имеет два различных режима в зависимости от того, произошло ли заклинивание при пуске электродвигателя или после его выхода на нормальный режим.

В первом случае, защита R связана с защитой L для выбора времени срабатывания: если заклинивание происходит во время пуска, то срабатывание защиты R задерживается на время, установленное в соответствии с классом расцепления. Как только проходит это время, активируется защита R, вызывая срабатывание по истечении регулируемой выдержки по времени t_5 . Во втором случае, защита R уже активирована, поэтому время срабатывания защиты будет равно заданному значению t_5 . Защита R срабатывает, даже когда ток, по крайней мере, одной из фаз превышает установленный порог и остается на этом уровне в течение установленного времени t_5 .

3 Общие характеристики

Защита электродвигателя

U: Защита от перекоса фаз



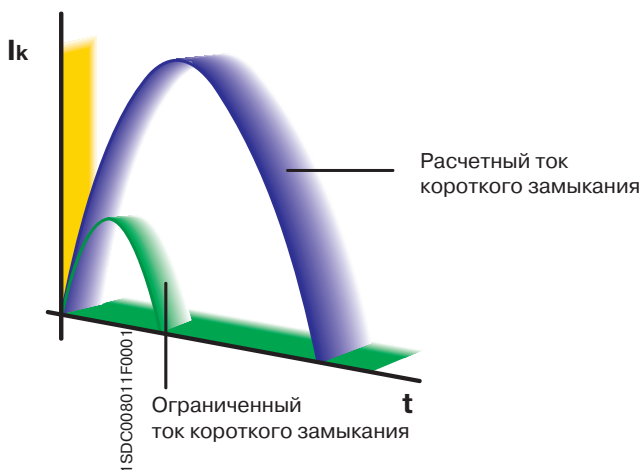
Функция U используется в тех случаях, когда требуется очень точно контролировать обрыв/перекос фаз. Срабатывание происходит только тогда, когда среднеквадратичное значение тока одной или двух фаз падает ниже уровня, равного 0,4 от значения тока I_1 , установленного для защиты L, и остается на таком уровне более 4 секунд.

Эту защиту можно отключить.

3 Общие характеристики

3.3 Характеристические кривые

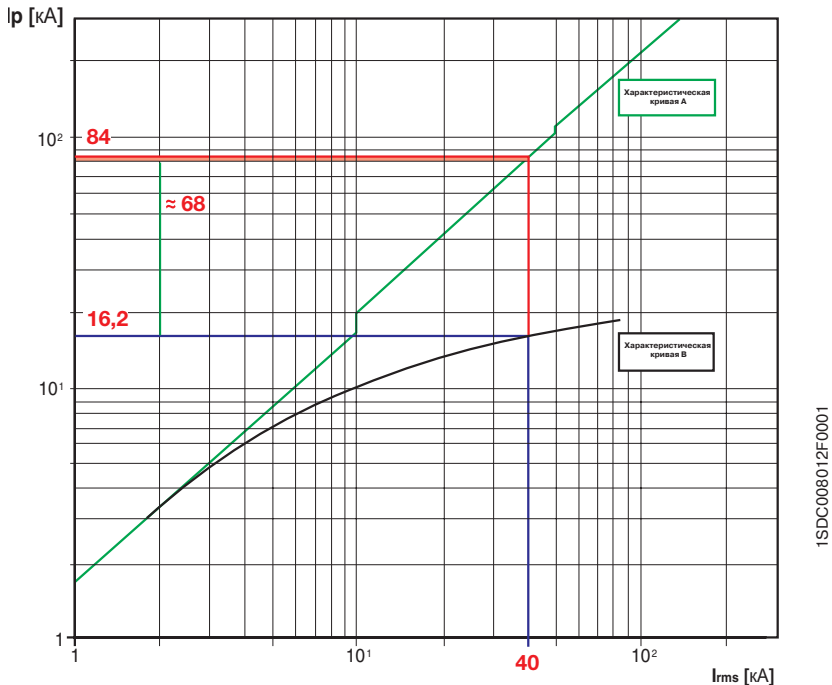
Автоматический выключатель, в котором размыкание контактов происходит после прохождения пикового значения тока КЗ, или который срабатывает при падении тока до нуля, подвергает компоненты системы высоким тепловым и динамическим нагрузкам. Для снижения этих нагрузок разработаны токоограничивающие автоматические выключатели (см. главу 2.2 “Основные определения”), которые способны инициировать операцию размыкания контактов до того, как ток КЗ достиг своего первого пикового значения, и быстро гасить дугу между контактами. На рисунке ниже показана форма волны расчетного тока КЗ и ограниченного тока КЗ.



На графике, приведенном ниже, изображены кривые токоограничения для автоматических выключателей Tmax T2L160, $I_n = 160$ A. По оси X показаны действующие значения симметричного расчетного тока КЗ, а по оси Y показаны относительные пиковые значения. Эффект ограничения тока можно оценить путем сравнения (при одинаковых значениях симметричного тока аварии) соответствующего пикового значения расчетного тока КЗ (кривая A) с пиковым значением расчетного тока КЗ (кривая B).

3 Общие характеристики

Например, автоматический выключатель T2L160 с термомagnetным расцепителем In 160 при напряжении 400 В в случае тока аварии 40 кА ограничивает пиковый ток короткого замыкания до 16,2 кА, что означает снижение примерно на 68 кА по сравнению с пиковым значением (84 кА) при отсутствии ограничения.



Учитывая, что электродинамические и возникающие в результате механические нагрузки связаны с пиковыми значениями тока, применение токоограничивающих выключателей позволяет добиться уменьшения типоразмеров аппаратов защиты электроустановки. Также ограничение тока может использоваться для обеспечения резервной защиты между двумя последовательно установленными автоматическими выключателями.

3 Общие характеристики

Дополнительно к конструктивным преимуществам токоограничивающие автоматические выключатели позволяют для случаев, детально описанных в МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1), избежать проведения испытаний на стойкость к короткому замыканию распределительных щитов. В пункте 8.2.3.1 Стандарта “Цепи НКУ, освобождаемые от проведения испытаний на стойкость к короткому замыканию” говорится, что:

“Проверка на стойкость к короткому замыканию не требуется в следующих случаях...

Для НКУ, защищенных токоограничивающими устройствами с током отсечки не более 17 кА (15 кА по ГОСТ Р 51321.1) при максимально допустимом ожидаемом токе КЗ на выводах входной цепи НКУ...”

Пример на предыдущей странице входит в число других, подпадающих под действие Стандарта: если автоматический выключатель использовался в качестве главного выключателя в распределительном щите, устанавливаемом в какой-либо точке, где ожидаемый ток КЗ составляет 40 кА, нет необходимости в проведении испытаний на стойкость к короткому замыканию.

3 Общие характеристики

3.4 Характеристические кривые удельной сквозной энергии

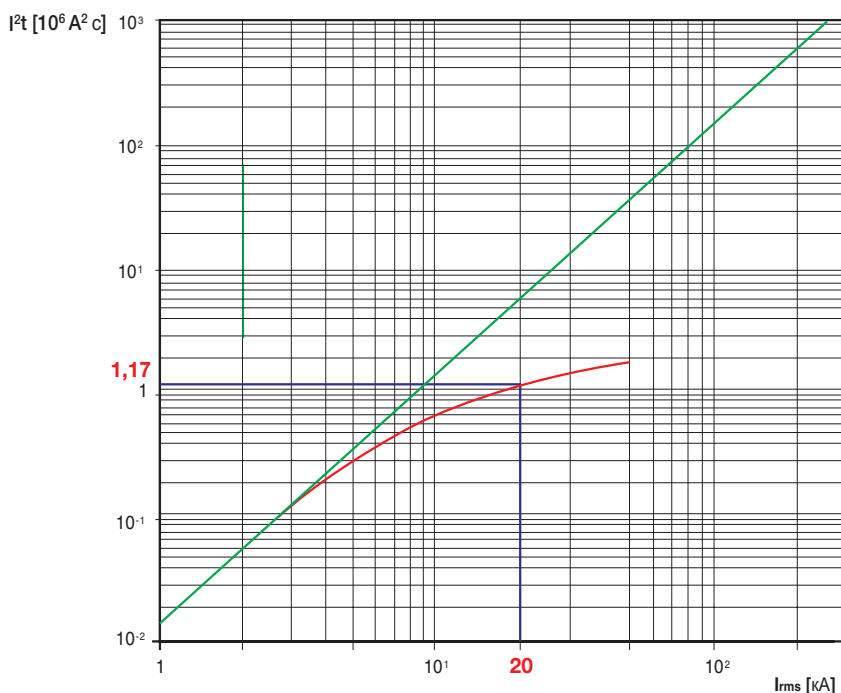
В случае короткого замыкания, части установки, подвергшиеся его воздействию, испытывают тепловые нагрузки, пропорциональные квадрату тока аварии, а также времени, требуемому защитному устройству для отключения этого тока. Энергия, пропускаемая защитным устройством во время отключения, называется “удельной сквозной энергией” (I^2t), измеряется в A^2c . Знать величину удельной сквозной энергии при различных условиях аварии крайне важно для выбора устройств защиты и управления для различных частей электроустановки.

Воздействие ограничения тока и сокращенное время срабатывания влияют на значение удельной сквозной энергии. Для тех значений тока, для которых срабатывание автоматического выключателя регулируется настройкой выдержки по времени срабатывания расцепителя, величина удельной сквозной энергии получается умножением квадрата действующего значения тока аварии на время, требуемое для срабатывания защитного устройства; в других случаях величину удельной сквозной энергии можно получить по нижеприведенным графикам.

Ниже следует пример графика удельной сквозной энергии для выключателя T3S 250 In = 160 А, при напряжении 400 В.

По оси X показаны значения расчетного тока КЗ, а по оси Y показаны величины удельной сквозной энергии, выраженные в MA^2c .

При токе короткого замыкания, равном 20 кА, автоматический выключатель пропускает энергию I^2t , равную 1,17 MA^2c (1170000 A^2c).



1SDC008013F0001

3 Общие характеристики

3.5 Ухудшение номинальных характеристик в зависимости от температуры

В МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2) указано, что пределы повышения температуры для выключателей, работающих при номинальном токе, должны соответствовать пределам, указанным в таблице ниже.

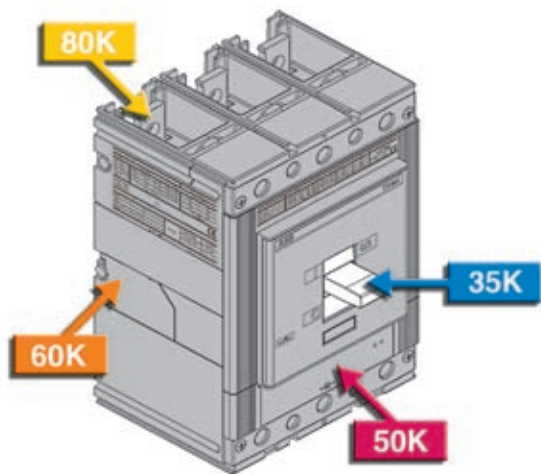
Таблица 1 - Пределы повышения температуры относительно температуры окружающей среды выводов и открытых частей

Описание части*	Пределы повышения температуры, К
- Вывод для внешних подключений	80
- Ручные устройства управления: металлические	25
неметаллические	35
- Части, доступные для прикосновения, но не переноски: металлические	40
неметаллические	50
- Части, которых не требуется касаться при нормальной работе: металлические	50
неметаллические	60

* Для частей, не указанных в списке, значения не определены, но смежным частям из изоляционных материалов не должно быть нанесено повреждений.

Эти значения действительны для максимальной номинальной температуры окружающего воздуха 40°C, как указано в МЭК 60947-2 (ГОСТ Р50030.2) пункт 6.1.1.

На рисунке показано максимально допустимое превышение температуры различных частей автоматического выключателя.



3 Общие характеристики

Для температуры окружающего воздуха, отличной от 40°C, в следующих таблицах приводится значение тока, который автоматический выключатель может проводить непрерывно:

Автоматические выключатели с термомангнитными расцепителями

	In [A]	10°C		20°C		30°C		40°C		50°C		60°C		70°C	
		МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС
T1	16	13	18	12	18	12	17	11	16	11	15	10	14	9	13
	20	16	23	15	22	15	21	14	20	13	19	12	18	11	16
	25	20	29	19	28	18	26	18	25	16	23	15	22	14	20
	32	26	37	25	35	24	34	22	32	21	30	20	28	18	26
	40	32	46	31	44	29	42	28	40	26	38	25	35	23	33
	50	40	58	39	55	37	53	35	50	33	47	31	44	28	41
	63	51	72	49	69	46	66	44	63	41	59	39	55	36	51
	80	64	92	62	88	59	84	56	80	53	75	49	70	46	65
	100	81	115	77	110	74	105	70	100	66	94	61	88	57	81
	125	101	144	96	138	92	131	88	125	82	117	77	109	71	102
	160	129	184	123	176	118	168	112	160	105	150	98	140	91	130
T2	1,6	1,3	1,8	1,2	1,8	1,2	1,7	1,1	1,6	1	1,5	1	1,4	0,9	1,3
	2	1,6	2,3	1,5	2,2	1,5	2,1	1,4	2	1,3	1,9	1,2	1,7	1,1	1,6
	2,5	2	2,9	1,9	2,8	1,8	2,6	1,8	2,5	1,6	2,3	1,5	2,2	1,4	2
	3,2	2,6	3,7	2,5	3,5	2,4	3,4	2,2	3,2	2,1	3	1,9	2,8	1,8	2,6
	4	3,2	4,6	3,1	4,4	2,9	4,2	2,8	4	2,6	3,7	2,4	3,5	2,3	3,2
	5	4	5,7	3,9	5,5	3,7	5,3	3,5	5	3,3	4,7	3	4,3	2,8	4
	6,3	5,1	7,2	4,9	6,9	4,6	6,6	4,4	6,3	4,1	5,9	3,8	5,5	3,6	5,1
	8	6,4	9,2	6,2	8,8	5,9	8,4	5,6	8	5,2	7,5	4,9	7	4,5	6,5
	10	8	11,5	7,7	11	7,4	10,5	7	10	6,5	9,3	6,1	8,7	5,6	8,1
	12,5	10,1	14,4	9,6	13,8	9,2	13,2	8,8	12,5	8,2	11,7	7,6	10,9	7,1	10,1
	16	13	18	12	18	12	17	11	16	10	15	10	14	9	13
	20	16	23	15	22	15	21	14	20	13	19	12	17	11	16
	25	20	29	19	28	18	26	18	25	16	23	15	22	14	20
	32	26	37	25	35	24	34	22	32	21	30	19	28	18	26
	40	32	46	31	44	29	42	28	40	26	37	24	35	23	32
	50	40	57	39	55	37	53	35	50	33	47	30	43	28	40
	63	51	72	49	69	46	66	44	63	41	59	38	55	36	51
	80	64	92	62	88	59	84	56	80	52	75	49	70	45	65
	100	80	115	77	110	74	105	70	100	65	93	61	87	56	81
	125	101	144	96	138	92	132	88	125	82	117	76	109	71	101
	160	129	184	123	178	118	168	112	160	105	150	97	139	90	129

3 Общие характеристики

		10°C		20°C		30°C		40°C		50°C		60°C		70°C	
In [A]		МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС	МИН	МАКС
Т3	63	51	72	49	69	46	66	44	63	41	59	38	55	35	51
	80	64	92	62	88	59	84	56	80	52	75	48	69	45	64
	100	80	115	77	110	74	105	70	100	65	93	61	87	56	80
	125	101	144	96	138	92	132	88	125	82	116	76	108	70	100
	160	129	184	123	176	118	168	112	160	104	149	97	139	90	129
	200	161	230	154	220	147	211	140	200	130	186	121	173	112	161
	250	201	287	193	278	184	263	175	250	163	233	152	216	141	201
Т4	20	19	27	18	24	16	23	14	20	12	17	10	15	8	13
	32	26	43	24	39	22	36	19	32	16	27	14	24	11	21
	50	37	62	35	58	33	54	30	50	27	46	25	42	22	39
	80	59	98	55	92	52	86	48	80	44	74	40	66	32	58
	100	83	118	80	113	74	106	70	100	66	95	59	85	49	75
	125	103	145	100	140	94	134	88	125	80	115	73	105	63	95
	160	130	185	124	176	118	168	112	160	106	150	100	104	90	130
	200	162	230	155	220	147	210	140	200	133	190	122	175	107	160
	250	200	285	193	275	183	262	175	250	168	240	160	230	150	220
Т5	320	260	368	245	350	234	335	224	320	212	305	200	285	182	263
	400	325	465	310	442	295	420	280	400	265	380	250	355	230	325
	500	435	620	405	580	380	540	350	500	315	450	280	400	240	345
Т6	630	520	740	493	705	462	660	441	630	405	580	380	540	350	500
	800	685	965	640	905	605	855	560	800	520	740	470	670	420	610

Примеры:

Выбор автоматического выключателя в литом корпусе, с термомангнитным расцепителем, для тока нагрузки 180 А, для температуры окружающего воздуха 60°C.
Из таблицы для Tmax Т3 видно, что больше всего подходит выключатель Т3 In 250, уставку тока которого можно задавать от 152 до 216 А.

3 Общие характеристики

Автоматические выключатели с электронными расцепителями

			до 40°C		50°C		60°C		70°C	
			I _{max} (A)	I1	I _{max} (A)	I1	I _{max} (A)	I1	I _{max} (A)	I1
T2 160	фиксированное исполнение	F	160	1	153.6	0,96	140.8	0,88	128	0,8
		EF	160	1	153.6	0,96	140.8	0,88	128	0,8
		ES	160	1	153.6	0,96	140.8	0,88	128	0,8
		FC Cu	160	1	153.6	0,96	140.8	0,88	128	0,8
		FC CuAl	160	1	153.6	0,96	140.8	0,88	128	0,8
		R	160	1	153.6	0,96	140.8	0,88	128	0,8
	втычное исполнение	F	144	0,9	138	0,84	126	0,8	112	0,68
		EF	144	0,9	138	0,84	126	0,8	112	0,68
		ES	144	0,9	138	0,84	126	0,8	112	0,68
		FC Cu	144	0,9	138	0,84	126	0,8	112	0,68
		FC CuAl	144	0,9	138	0,84	126	0,8	112	0,68
		R	144	0,9	138	0,84	126	0,8	112	0,68
T4 250	фиксированное исполнение	FC	250	1	250	1	250	1	220	0,88
		F	250	1	250	1	250	1	220	0,88
		R (HR)	250	1	250	1	250	1	220	0,88
		R (VR)	250	1	250	1	250	1	230	0,92
	втычное или выкатное исполнение	FC	250	1	250	1	230	0,92	210	0,84
		F	250	1	250	1	230	0,92	210	0,84
		HR	250	1	250	1	230	0,92	210	0,84
		VR	250	1	250	1	240	0,96	220	0,88
T4 320	фиксированное исполнение	FC	320	1	294	0,92	269	0,84	243	0,76
		F	320	1	294	0,92	269	0,84	243	0,76
		R (HR)	320	1	294	0,92	269	0,84	243	0,76
		R (VR)	320	1	307	0,96	281	0,88	256	0,8
	втычное или выкатное исполнение	FC	320	1	294	0,92	268	0,84	242	0,76
		F	320	1	294	0,92	268	0,84	242	0,76
		HR	320	1	294	0,92	268	0,84	242	0,76
		VR	320	1	307	0,96	282	0,88	256	0,8
T5 400	фиксированное исполнение	FC	400	1	400	1	400	1	352	0,88
		F	400	1	400	1	400	1	352	0,88
		R (HR)	400	1	400	1	400	1	352	0,88
		R (VR)	400	1	400	1	400	1	368	0,92
	втычное или выкатное исполнение	FC	400	1	400	1	368	0,92	336	0,84
		F	400	1	400	1	368	0,92	336	0,84
		R (HR)	400	1	400	1	368	0,92	336	0,84
		R (VR)	400	1	400	1	382	0,96	350	0,88
T5 630	фиксированное исполнение	FC	630	1	580	0,92	529	0,84	479	0,76
		F	630	1	580	0,92	529	0,84	479	0,76
		HR	630	1	580	0,92	529	0,84	479	0,76
		VR	630	1	605	0,96	554	0,88	504	0,80
	втычное или выкатное исполнение	F	567	0,9	502	0,8	458	0,72	409	0,64
		HR	567	0,9	502	0,8	458	0,72	409	0,64
		VR	567	0,9	526	0,82	480	0,76	429	0,68

Обозначения

F = передние плоские выводы

FC = передние выводы для

подключения кабелей

HR = задние плоские

горизонтальные выводы

VR = задние плоские вертикальные выводы

R = задние выводы

EF = передние удлиненные выводы

FC Cu = передние выводы для подключения медных кабелей

FC CuAl = передние выводы для подключения медных и алюминиевых кабелей

ES = передние удлиненные расширенные выводы

3 Общие характеристики

			до 40°C			50°C			60°C			70°C		
			I _{max} (A)	I ₁		I _{max} (A)	I ₁		I _{max} (A)	I ₁		I _{max} (A)	I ₁	
T6 630	фиксированное исполнение	FC	630	1		630	1		598,1	1		567	0,9	
		R (VR)	630	1		630	1		630	1		598,5	0,95	
		R (HR)	630	1		630	1		567	0,9		504	0,8	
	выточное или выкатное исполнение	F	630	1		598,5	0,95		567	0,9		567	0,9	
		VR	630	1		630	1		598,5	0,95		504	0,8	
		HR	630	1		598,5	0,95		567	0,9		504	0,8	
T6 800	фиксированное исполнение	FC	800	1		800	1		760	0,95		720	0,9	
		R (VR)	800	1		800	1		800	1		760	0,95	
		R (HR)	800	1		800	1		720	0,9		640	0,8	
	выточное или выкатное исполнение	F	800	1		760	0,95		720	0,9		640	0,8	
		VR	800	1		800	1		760	0,95		720	0,9	
		HR	800	1		760	0,95		720	0,9		640	0,8	
T6 1000	фиксированное исполнение	FC	1000	1		926	0,93		877	0,88		784	0,78	
		R (HR)	1000	1		926	0,93		845	0,85		756	0,76	
		R (VR)	1000	1		1000	1		913	0,92		817	0,82	
		ES	1000	1		900	0,9		820	0,82		720	0,72	
T7 1000 V-исполнение	фиксированное исполнение	VR	1000	1		1000	1		1000	1		894	0,89	
		EF-HR	1000	1		1000	1		895	0,89		784	0,78	
	выточное или выкатное исполнение	VR	1000	1		1000	1		913	0,91		816	0,82	
		EF-HR	1000	1		1000	1		895	0,89		784	0,78	
T7 1250 V-исполнение	фиксированное исполнение	VR	1250	1		1201	0,96		1096	0,88		981	0,78	
		EF-HR	1250	1		1157	0,93		1056	0,85		945	0,76	
	выточное или выкатное исполнение	VR	1250	1		1157	0,93		1056	0,85		945	0,76	
		EF-HR	1250	1		1000	0,8		913	0,73		816	0,65	
T7 1250 S-H-L-исполнение	фиксированное исполнение	VR	1250	1		1250	1		1250	1		1118	0,89	
		EF-HR	1250	1		1250	1		1118	0,89		980	0,78	
	выточное или выкатное исполнение	VR	1250	1		1250	1		1141	0,91		1021	0,82	
		EF-HR	1250	1		1250	1		1118	0,89		980	0,78	
T7 1600 S-H-L-исполнение	фиксированное исполнение	VR	1600	1		1537	0,96		1403	0,88		1255	0,78	
		EF-HR	1600	1		1481	0,93		1352	0,85		1209	0,76	
	выточное или выкатное исполнение	VR	1600	1		1481	0,93		1352	0,85		1209	0,76	
		EF-HR	1600	1		1280	0,8		1168	0,73		1045	0,65	

Обозначения

F = передние плоские выводы
FC = передние выводы для подключения кабелей
HR = задние плоские горизонтальные выводы

VR = задние плоские вертикальные выводы
R = задние выводы
EF = передние удлиненные выводы
FC Cu = передние выводы для подключения медных кабелей
FC CuAl = передние выводы для подключения медных и алюминиевых кабелей
ES = передние удлиненные расширенные выводы

Пример:

Выбран выключатель в литом корпусе выкатного исполнения с электронным расцепителем с задними плоскими горизонтальными выводами для тока нагрузки 720 А при температуре окружающего воздуха 50°C. Из таблицы, относящейся к T_{max} T6, видно, что лучше всего подходит выключатель T6 800, который можно установить на значение тока от 320 до 760 А.

3 Общие характеристики

Emax X1 с задними горизонтальными выводами

Температура [°C]	X1 630		X1 800		X1 1000		X1 1250		X1 1600	
	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]
10	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
20	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
30	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
40	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
45	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
50	100	630	100	800	100	1000	100	1250	97	1550
55	100	630	100	800	100	1000	100	1250	94	1500
60	100	630	100	800	100	1000	100	1250	93	1480

Emax X1 с задними вертикальными выводами

Температура [°C]	X1 630		X1 800		X1 1000		X1 1250		X1 1600	
	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]
10	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
20	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
30	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
40	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
45	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
50	100	630	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
55	100	630	100	800	100	1000	100	1250	98	1570
60	100	630	100	800	100	1000	100	1250	95	1520

Emax E1

Температура [°C]	E1 800		E1 1000		E1 1250		E1 1600	
	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]
10	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
20	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
30	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
40	100	800	100	1000	100	1250	100	1600
45	100	800	100	1000	100	1250	98	1570
50	100	800	100	1000	100	1250	96	1530
55	100	800	100	1000	100	1250	94	1500
60	100	800	100	1000	100	1250	92	1470
65	100	800	100	1000	99	1240	89	1430
70	100	800	100	1000	98	1230	87	1400

3 Общие характеристики

Emax E2

Температура	E2 800		E2 1000		E2 1250		E2 1600		E2 2000	
[°C]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]
10	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000
20	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000
30	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000
40	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000
45	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000
50	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	97	1945
55	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	94	1885
60	100	800	100	1000	100	1250	98	1570	91	1825
65	100	800	100	1000	100	1250	96	1538	88	1765
70	100	800	100	1000	100	1250	94	1510	85	1705

Emax E3

Температура	E3 800		E3 1000		E3 1250		E3 1600		E3 2000		E3 2500		E3 3200	
[°C]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]
10	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	100	3200
20	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	100	3200
30	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	100	3200
40	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	100	3200
45	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	100	3200
50	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	97	3090
55	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	93	2975
60	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	100	2500	89	2860
65	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	97	2425	86	2745
70	100	800	100	1000	100	1250	100	1600	100	2000	94	2350	82	2630

3 Общие характеристики

Emax E4

Температура [°C]	E4 3200		E4 4000	
	%	[A]	%	[A]
10	100	3200	100	4000
20	100	3200	100	4000
30	100	3200	100	4000
40	100	3200	100	4000
45	100	3200	100	4000
50	100	3200	98	3900
55	100	3200	95	3790
60	100	3200	92	3680
65	98	3120	89	3570
70	95	3040	87	3460

Emax E6

Температура [°C]	E6 3200		E6 4000		E6 5000		E6 6300	
	%	[A]	%	[A]	%	[A]	%	[A]
10	100	3200	100	4000	100	5000	100	6300
20	100	3200	100	4000	100	5000	100	6300
30	100	3200	100	4000	100	5000	100	6300
40	100	3200	100	4000	100	5000	100	6300
45	100	3200	100	4000	100	5000	100	6300
50	100	3200	100	4000	100	5000	100	6300
55	100	3200	100	4000	100	5000	98	6190
60	100	3200	100	4000	98	4910	96	6070
65	100	3200	100	4000	96	4815	94	5850
70	100	3200	100	4000	94	4720	92	5600

3 Общие характеристики

В приведенной ниже таблице даны примеры нагрузочной способности при непрерывном токе для автоматических выключателей, установленных в распределительном щите, указанных ниже размеров. Эти значения относятся к выкатному коммутационному аппарату, установленному в неразделенном

распределительном щите со степенью защиты до IP31 следующих размеров:

2000x400x400 (ВхШхГ) для X1, 2300x800x900 (ВхШхГ) для X1 - E1 - E2 - E3;

2300x1400x1500 (ВхШхГ) для E4 - E6.

Значения соответствуют максимальной температуре на выводах, равной 120°C.

Для выкатных автоматических выключателей с номинальным током 6300 А, рекомендуются вертикальные задние выводы.

Для распределительных щитов следующих размеров (мм):
2000x400x400

Тип	I _n [A]	Вертикальные выводы				Кол-во x Сечение шины [мм²]	Горизонтальные и передние выводы			
		Нагрузочная способность при непрерывном токе [A]					Нагрузочная способность при непрерывном токе [A]			Кол-во x Сечение шины [мм²]
		35°C	45°C	55°C			35°C	45°C	55°C	
X1B/N/L 06	630	630	630	630	2x(40x5)	630	630	630	2x(40x5)	
X1B/N/L 08	800	800	800	800	2x(50x5)	800	800	800	2x(50x5)	
X1B/N/ 10	1000	1000	1000	1000	2x(50x8)	1000	1000	1000	2x(50x10)	
X1L 10	1000	1000	1000	960	2x(50x8)	1000	950	890	2x(50x10)	
X1B/N/ 12	1250	1250	1250	1250	2x(50x8)	1250	1250	1200	2x(50x10)	
X1L 12	1250	1250	1205	1105	2x(50x8)	1250	1125	955	2x(50x10)	
X1B/N 16	1600	1520	1440	1340	2x(50x10)	1400	1330	1250	3x(50x8)	

Для распределительных щитов следующих размеров (мм):
2300x800x900

Тип	I _n [A]	Вертикальные выводы				Кол-во x Сечение шины [мм ²]	Горизонтальные и передние выводы			
		Нагрузочная способность при непрерывном токе [A]					Нагрузочная способность при непрерывном токе [A]			Кол-во x Сечение шины [мм ²]
		35°C	45°C	55°C			35°C	45°C	55°C	
X1B/N/L 06	630	630	630	630	2x(40x5)	630	630	630	2x(40x5)	
X1B/N/L 08	800	800	800	800	2x(50x5)	800	800	800	2x(50x5)	
X1B/N/L 10	1000	1000	1000	1000	2x(50x8)	1000	1000	1000	2x(50x10)	
X1L 10	1000	1000	1000	1000	2x(50x8)	1000	960	900	2x(50x10)	
X1B/N/L 12	1250	1250	1250	1250	2x(50x8)	1250	1250	1200	2x(50x10)	
X1L 12	1250	1250	1250	1110	2x(50x8)	1250	1150	960	2x(50x10)	
X1B/N 16	1600	1600	1500	1400	2x(50x10)	1460	1400	1300	3x(50x8)	

3 Общие характеристики

Тип	I _n [A]	Вертикальные выводы					Горизонтальные и передние выводы				
		Нагрузочная способность при непрерывном токе [A]			Кол-во х Сечение шины [мм ²]		Нагрузочная способность при непрерывном токе [A]			Кол-во х Сечение шины [мм ²]	
		35°C	45°C	55°C			35°C	45°C	55°C		
E1B/N 08	800	800	800	800	1x(60x10)		800	800	800	1x(60x10)	
E1B/N 10	1000	1000	1000	1000	1x(80x10)		1000	1000	1000	2x(60x8)	
E1B/N 12	1250	1250	1250	1250	1x(80x10)		1250	1250	1200	2x(60x8)	
E1B/N 16	1600	1600	1600	1500	2x(60x10)		1550	1450	1350	2x(60x10)	
E2S 08	800	800	800	800	1x(60x10)		800	800	800	1x(60x10)	
E2N/S 10	1000	1000	1000	1000	1x(60x10)		1000	1000	1000	1x(60x10)	
E2N/S 12	1250	1250	1250	1250	1x(60x10)		1250	1250	1250	1x(60x10)	
E2B/N/S 16	1600	1600	1600	1600	2x(60x10)		1600	1600	1530	2x(60x10)	
E2B/N/S 20	2000	2000	2000	1800	3x(60x10)		2000	2000	1750	3x(60x10)	
E2L 12	1250	1250	1250	1250	1x(60x10)		1250	1250	1250	1x(60x10)	
E2L 16	1600	1600	1600	1500	2x(60x10)		1600	1500	1400	2x(60x10)	
E3H/V 08	800	800	800	800	1x(60x10)		800	800	800	1x(60x10)	
E3S/H 10	1000	1000	1000	1000	1x(60x10)		1000	1000	1000	1x(60x10)	
E3S/H/V 12	1250	1250	1250	1250	1x(60x10)		1250	1250	1250	1x(60x10)	
E3S/H/V 16	1600	1600	1600	1600	1x(100x10)		1600	1600	1600	1x(100x10)	
E3S/H/V 20	2000	2000	2000	2000	2x(100x10)		2000	2000	2000	2x(100x10)	
E3N/S/H/V 25	2500	2500	2500	2500	2x(100x10)		2500	2450	2400	2x(100x10)	
E3N/S/H/V 32	3200	3200	3100	2800	3x(100x10)		3000	2880	2650	3x(100x10)	
E3L 20	2000	2000	2000	2000	2x(100x10)		2000	2000	1970	2x(100x10)	
E3L 25	2500	2500	2390	2250	2x(100x10)		2375	2270	2100	2x(100x10)	
E4H/V 32	3200	3200	3200	3200	3x(100x10)		3200	3150	3000	3x(100x10)	
E4S/H/V 40	4000	4000	3980	3500	4x(100x10)		3600	3510	3150	6x(60x10)	
E6V 32	3200	3200	3200	3200	3x(100x10)		3200	3200	3200	3x(100x10)	
E6H/V 40	4000	4000	4000	4000	4x(100x10)		4000	4000	4000	4x(100x10)	
E6H/V 50	5000	5000	4850	4600	6x(100x10)		4850	4510	4250	6x(100x10)	
E6H/V 63	6300	6000	5700	5250	7x(100x10)		-	-	-	-	

Примеры:

Выбран воздушный автоматический выключатель выкатного исполнения с электронным расцепителем с вертикальными выводами для тока нагрузки 2700 А при температуре 55°C в распределительном щите IP31.

Из таблиц, относящихся к нагрузочной способности по току внутри распределительного щита для автоматического выключателя Emax (см. выше), видно, что лучше всего подходит E3 3200 с шинами сечением 3x(100x10) мм², уставку тока которого можно задавать в пределах от 1280 А до 2800 А.

3 Общие характеристики

3.6 Ухудшение номинальных характеристик в зависимости от высоты размещения над уровнем моря

Для установок, размещаемых на высоте свыше 2000 м над уровнем моря, рабочие характеристики автоматических выключателей ухудшаются.

Обычно наблюдаются два основных явления:

- пониженная плотность воздуха снижает эффективность отвода тепла. Допустимые условия нагрева различных частей автоматического выключателя могут быть выполнены только при уменьшении значения номинального непрерывного тока;
- разреженность воздуха снижает диэлектрическую прочность, поэтому обычные изоляционные расстояния становятся недостаточными. Это приводит к снижению значения максимального номинального напряжения, при котором можно использовать аппарат.

Поправочные коэффициенты для различных типов автоматических выключателей, как в литом корпусе, так и воздушных выключателей, указаны в следующей таблице:

Номинальное рабочее напряжение U_e [В]				
Высота над уровнем моря	2000 [м]	3000 [м]	4000 [м]	5000 [м]
T_{max}^*	690	600	500	440
E_{max}	690	600	500	440

Номинальный непрерывный ток I_n [А]				
Высота над уровнем моря	2000 [м]	3000 [м]	4000 [м]	5000 [м]
T_{max}	100%	98%	93%	90%
E_{max}	100%	98%	93%	90%

*Кроме T_{max} T1P

3 Общие характеристики

3.7 Электрические характеристики выключателей-разъединителей

По определению ГОСТ Р 50030.3 выключатель-разъединитель - это механический коммутационный аппарат, который в разомкнутом состоянии выполняет функцию разъединения, создавая изоляционное расстояние (расстояние между контактами), достаточное для обеспечения безопасности. Безопасность разъединения должна гарантироваться и проверяться посредством положения органа управления, т.е: рычаг управления должен всегда показывать реальное положение подвижных контактов аппарата.

Механический коммутационный аппарат должен быть способным включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях работы цепи, а так же проводить в течение установленного времени токи в аномальных условиях цепи, таких как, например, условия короткого замыкания.

Выключатели-разъединители часто используются как:

- основные вводные устройства распределительного щита;
- коммутационные и разъединяющие устройства для электрических линий, шин и элементов нагрузки;
- секционные выключатели

Выключатели-разъединители должны гарантировать, что вся электроустановка или ее часть не находятся под напряжением, а безопасно отключены от источника электропитания. Когда используется выключатель-разъединитель, персонал может проводить работы на установке без риска поражения электрическим током.

Даже если не запрещено использовать однополюсные устройства рядом друг с другом, стандарты рекомендуют воспользоваться многополюсными устройствами, чтобы обеспечить одновременную изоляцию всех полюсов цепи.

Номинальные характеристики выключателей-разъединителей определяются ГОСТ Р 50030.3, как подробно указано ниже:

- **I_{cw} [кА]:** номинальный кратковременно выдерживаемый ток:

- это ток, который выключатель способен проводить без повреждений в замкнутом положении в течение установленного времени.

3 Общие характеристики

- **I_{cm} [кА]:** номинальная наибольшая включающая способность:

– это максимальное пиковое значение тока КЗ, который выключатель-разъединитель может включить без повреждения. Когда изготовитель не указывает это значение, его следует принимать равным, по крайней мере, значению пикового тока, соответствующего току I_{cw} . Нельзя дать определение отключающей способности I_{cu} [кА], потому что от выключателей-разъединителей не требуется прерывать токи КЗ

- **категории применения при переменном и постоянном токе:**

определяют вид условий применения, обозначаемых двумя буквами для указания типа цепи, в которой может устанавливаться устройство ("АС" для переменного тока и "DC" для постоянного тока); двумя цифрами для типа рабочей нагрузки, для которой предназначен, и двумя дополнительными буквами (А или В), указывающими частоту.

Относительно категорий применения, стандарт на изделие определяет значения тока, который выключатель-разъединитель должен быть способен прерывать и включать в аварийных режимах.

Характеристики категорий применения приведены ниже в Таблице 1.

Самая требовательная категория для переменного тока - это категория AC23A, в которой устройство должно быть способным включать цепь на ток, в 10 раз превышающий номинальный ток аппарата, и отключать ток, в 8 раз превышающий номинальный ток аппарата.

По конструкции выключатели-разъединители очень простые аппараты. В состав выключателя-разъединителя не входят устройства для обнаружения сверхтока с последующим автоматическим прерыванием этого тока. Поэтому его нельзя использовать для автоматической защиты от сверхтока, который может возникнуть в случае аварии; такую защиту должен обеспечивать скоординированный автоматический выключатель. Комбинация двух устройств позволяет использовать выключатели-разъединители в системах, в которых значение тока КЗ выше электрических параметров, определяющих рабочие характеристики разъединителя (резервная защита, см. главу 4.4). Это правомерно только для выключателей-разъединителей серии Tmax и Isomax. Для воздушных разъединителей Emax/MS необходимо удостовериться, что значения параметров I_{cw} и I_{cm} выше значений тока КЗ в установке и соответствующего пикового значения.

3 Общие характеристики

Таблица 1: Категории применения

Тип тока	Категории применения		
	Категория применения		Типовые области применения
	Часто используется	Не часто используется	
Переменный ток	AC-20A	AC-20B	Включение и отключение в условиях без нагрузки
	AC-21A	AC-21B	Коммутация активных нагрузок, включая умеренные перегрузки
	AC-22A	AC-22B	Коммутация смешанных активных и индуктивных нагрузок, включая умеренные перегрузки
	AC-23A	AC-23B	Коммутация нагрузок в виде электродвигателя или других высокоиндуктивных нагрузок
Постоянный ток	DC-20A	DC-20B	Включение и отключение в условиях без нагрузки:
	DC-21A	DC-21B	Коммутация активных нагрузок, включая умеренные перегрузки
	DC-22A	DC-22B	Коммутация смешанных активных и индуктивных нагрузок, включая умеренные перегрузки (например, электродвигатели параллельного возбуждения)
	DC-23A	DC-23B	Коммутация высокоиндуктивных нагрузок

3 Общие характеристики

В Таблицах 2, 3 и 4 приводятся основные характеристики разъединителей.

Таблица 2: Выключатели-разъединители Tmax

			Tmax T1D	Tmax T3D
Условный тепловой ток, Ith		[A]	160	250
Номинальный рабочий ток для категории AC22, Ie		[A]	160	250
Номинальный рабочий ток для категории AC23, Ie		[A]	125	200
Число полюсов		[Кол-во]	3/4	3/4
Номинальное рабочее напряжение, Ue	(перем. ток) 50-60 Гц	[В]	690	690
	(пост. ток)	[В]	500	500
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, Uimp		[кВ]	8	8
Номинальное напряжение изоляции, Ui		[В]	800	800
Испытательное напряжение при токе промышленной частоты в течение 1 мин		[В]	3000	3000
Номинальная наибольшая включающая способность, Icm	(мин) только выключатель-разъединитель	[кА]	2,8	5,3
	(макс) с выключателем со стороны питания	[кА]	187	105
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток в течение 1 с, Icw		[кА]	2	3,6
Стандарт			МЭК 60947-3*	МЭК 60947-3*
Исполнения			F	F - P
Выводы			FC Cu - EF - FC CuAl	F-FC CuAl-FC Cu - EF-ES-R
Механический срок службы	[Число циклов срабатывания]		25000	25000
	[Число циклов срабатывания в час]		120	120
Основные габариты, стационарное исполнение	3 полюса	W [мм]	76	105
	4 полюса	W [мм]	102	140
		D [мм]	70	70
		H [мм]	130	150
Масса	стационарное исполнение	3/4 полюса [кг]	0,9/1,2	1,5/2
	втычное исполнение	3/4 полюса [кг]	–	2,1/3,7
	выкатное исполнение	3/4 полюса [кг]	–	–

* соответствует ГОСТ Р 50030.3

3 Общие характеристики

Tmax T4D	Tmax T5D	Tmax T6D	Tmax T7D
250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
250	400	630/800/800	1000/1250/1250
3/4	3/4	3/4	3/4
690	690	690	690
750	750	750	750
8	8	8	8
800	800	1000	1000
3000	3000	3500	3000
5,3	11	30	52,5
440	440	440	440
3,6	6	15	20
МЭК 60947-3*	МЭК 60947-3*	МЭК 60947-3*	МЭК 60947-3*
F - P - W	F - P - W	F - W	F-W
F-FC CuAl-FC Cu-EF- ES-R-MC-HR-VR	F-FC CuAl-FC Cu-EF- ES-R-HR-VR	F-FC CuAl-EF- ES-R-RC	F-EF-ES-FC CuAl HR/VR
20000	20000	20000	10000
120	120	120	60
105	140	210	210
140	184	280	280
103,5	103,5	268	154 (ручн.)/178 (мотор.)
205	205	103,5	268
2,35/3,05	3,25/4,15	9,5/12	9,7/12,5 (ручн.)/11/14 (мотор.)
3,6/4,65	5,15/6,65	–	–
3,85/4,9	5,4/6,9	12,1/15,1	29,7/39,6 (ручн.)/32/42,6 (мотор.)

ОБОЗНАЧЕНИЕ
ИСПОЛНЕНИЙ
F = стационарный
выключатель
P = втычной
выключатель
W = выкатной
выключатель

ОБОЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ
F = передние выводы
EF = удлиненные передние
выводы
ES = передние удлиненные
расширенные выводы

FC CuAl = передние выводы для медных
или алюминиевых кабелей
R = задние выводы с резьбой
RC = задние выводы для подключения
медных или алюминиевых кабелей
HR = задние плоские горизонтальные
выводы под шину
VR = задние плоские вертикальные
выводы под шину

3 Общие характеристики

Таблица 4: Выключатели-разъединители Emax

		X1B/MS	E1B/MS	E1N/MS	E2B/MS	E2N/MS
Номинальный непрерывный ток (при 40°C) I_n	[A]	1000	800	800	1600	1000
	[A]	1250	1000	1000	2000	1250
	[A]	1600	1250	1250		1600
	[A]		1600	1600		2000
	[A]					
	[A]					
Номинальное рабочее напряжение U_e	AC [B ~]	690	690	690	690	690
	DC [B –]	250	250	250	250	250
Номинальное напряжение изоляции U_i	[B ~]	1000	1000	1000	1000	1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение U_{imp}	[кВ]	12	12	12	12	12
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw} (1 с)[кА]		42	42	50 ⁽¹⁾	42	55
	(3 с)[кА]		36	36	42	42
Номинальная наибольшая включающая способность (пиковое значение) I_{cm}						
220/230/380/400/415/440 В ~[кА]		88,2	88,2	105	88,2	121
500/660/690 В ~[кА]		88,2	88,2	105	88,2	121

Примечание: отключающая способность I_{cu} , при максимальном номинальном напряжении, с внешним устройством защиты, с максимальной выдержкой по времени 500 мс равна значению I_{cw} (1 с).

3 Общие характеристики

E2S/MS	E3N/MS	E3S/MS	E3V/MS	E4S/fMS	E4S/MS	E4H/fMS	E4H/MS	E6H/MS	E6H/f MS
1000	2500	1000	800	4000	4000	3200	3200	4000	4000
1250	3200	1250	1250			4000	4000	5000	5000
1600		1600	1600					6300	6300
2000		2000	2000						
	2500	2600							
	3200	3200							
690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
65	65	75	85	75	75	85	100 ⁽²⁾	100	100
42	65	65	65	75	75	75	75	85	85
187	143	165	187	165	165	187	220	220	220
143	143	165	187	165	165	187	220	220	220

⁽¹⁾ I_{cw}=36 кА при 690 В.
⁽²⁾ I_{cw}=85 кА при 690 В.

4 Координация защитных устройств

4.1 Координация защитных устройств

Проектирование системы защиты электросети представляется крайне важным в целях обеспечения правильной эксплуатации всей установки с экономической и функциональной точек зрения, а также для сведения к минимуму проблем, вызываемых работой установки в аварийных режимах и/или ее отказами.

В данном разделе рассматривается координация между различными аппаратами, предназначенными для защиты зон и определенных устройств с целью:

- обеспечения безопасности людей и установки в любой момент времени;
- определения и быстрого исключения только той зоны, в которой возникла аварийная ситуация, вместо того, чтобы совершать беспорядочные отключения, снижая таким образом поступление энергии в остальную часть электросети.
- исключения воздействия аварии на другие неповрежденные части электрической сети. (падение напряжения, потеря стабильности у машин вращения);
- снижения нагрузки на компоненты и предупреждение повреждений электроустройств в зоне аварии;
- обеспечения непрерывности эксплуатации с подачей напряжения питания надлежащего качества;
- осуществления соответствующего резервирования в случае какой-либо неисправности защитного устройства, отвечающего за отключение цепи;
- предоставления персоналу и системам управления необходимой информации для восстановления нормальной эксплуатации в максимально короткие сроки с минимальным вмешательством в остальную часть электросети;
- достижения оптимального компромисса между надежностью, простотой и экономической эффективностью.

Таким образом, правильно спроектированная система защиты должна:

- распознавать, какое и где случилось событие, проводя различие между критичными и некритичными авариями, избегая неоправданных срабатываний и последствий неоправданных отключений исправной части системы;
- максимально быстро срабатывать для локализации повреждения (избежания разрушения, ускоренного изнашивания и т.д.), поддерживая непрерывность и стабильность подачи электропитания.

Наиболее удовлетворительное решение основано на компромиссе между двумя противоположными потребностями - точное выявление повреждения и быстрое вмешательство, и предпочтение отдается одному из требований в зависимости от его приоритета.

Координация сверхтоков

Влияние электрических параметров сети (номинальный ток и ток короткого замыкания)

Стратегия, используемая для координации защитных устройств, главным образом, зависит от значений номинального тока (I_n) и тока короткого замыкания (I_k) в рассматриваемой точке сети.

В целом, можно выделить следующие типы координации:

- токовая селективность;
- временная селективность (или время-токовая);
- зонная (или логическая) селективность;
- энергетическая селективность;
- резервирование.

4 Координация защитных устройств

Определение селективности

Селективность по сверхтоку определяется как *“Координация рабочих характеристик двух или нескольких устройств для защиты от сверхтоков с таким расчетом, чтобы в случае возникновения сверхтоков в пределах указанного диапазона срабатывало только устройство, предназначенное для оперирования в данном диапазоне, а прочие не срабатывали”*. (ГОСТ Р 50030.1, п. 2.5.23);

Необходимо различать между собой:

- **полную селективность**, определяемую как *“селективность по сверхтокам, когда при последовательном двух аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки осуществляет защиту без срабатывания второго защитного аппарата”* (ГОСТ Р 50030.2, п. 2.17.2);
- **и частичную селективность**, которая означает *“Селективность по сверхтокам, когда при последовательном соединении двух аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки осуществляет защиту до определенного уровня сверхтока без срабатывания второго защитного аппарата”*. (ГОСТ Р 50030.2, п. 2.17.3); такой предел сверхтока называется *“предельным током селективности I_s ”* (ГОСТ Р 50030.2, п. 2.17.4).

Токовая селективность

Этот тип селективности основан на допущении, что чем ближе место аварии расположено к источнику питания, тем больше ток КЗ. Поэтому мы можем точно отделить зону, где произошло повреждение, просто путем уставки защиты без выдержки по времени вышеразмещенного устройства на предельное значение, превышающее ток аварии, который приводит к срабатыванию нижеразмещенного устройства.

Полная селективность обычно достигается только в тех случаях, когда аварийный ток невысокий (и сравним с номинальным током устройства), или когда между двумя устройствами защиты имеется элемент с высоким полным электрическим сопротивлением (трансформатор, очень длинный или с малым сечением кабель и т.д.) и, следовательно, возникает большая разница между значениями тока КЗ.

Поэтому данный тип координации используется, в первую очередь, во вторичных распределительных сетях (с низкими значениями номинального тока и тока КЗ и высоким полным электрическим сопротивлением соединительных кабелей).

Для анализа обычно используются времятоковые кривые срабатывания устройства.

Данное решение является:

- быстрым;
- простым в реализации;
- и недорогим.

С другой стороны:

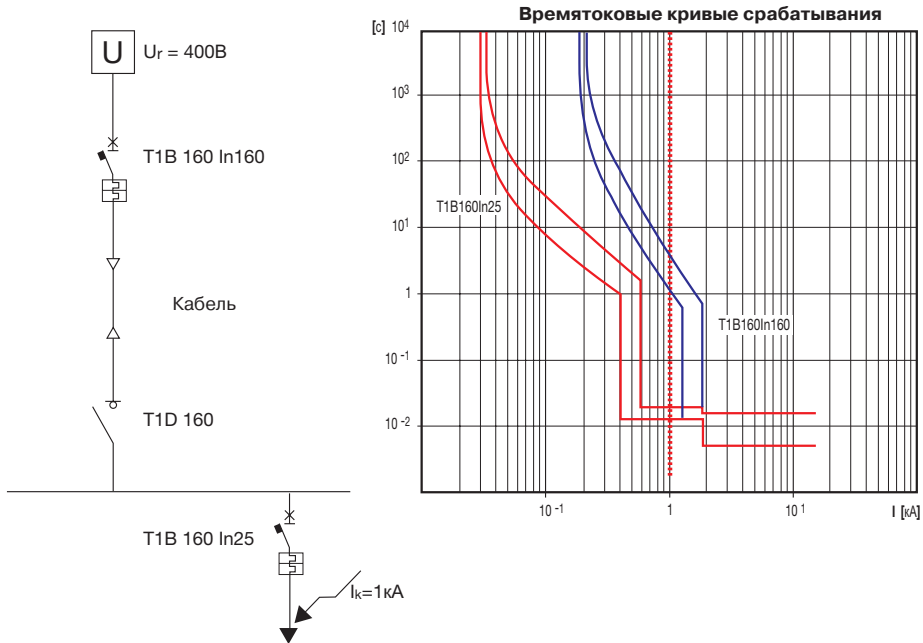
- уровни селективности обычно низкие;
- повышение уровней селективности приводит к быстрому увеличению типоразмеров устройств.

В следующем примере показано типичное применение токовой селективности на основе различных пороговых значений мгновенного срабатывания рассматриваемых автоматических выключателей.

4 Координация защитных устройств

Рассмотрим точку на схеме ниже, в которой ток КЗ равен 1000 А. В данном случае координация достигается применением автоматических выключателей согласно кривым срабатывания защитных устройств.

Предел селективности задается уставкой магнитного расцепителя вышеразмещенного автоматического выключателя, Т1В160 In160.



1SDC008014F0001

Временная селективность

Данный тип селективности представляет собой развитие предыдущего. Поэтому концепция задания уставки заключается в постепенном повышении пороговых значений тока и выдержки по времени срабатывания по мере приближения защитных устройств к источнику питания. Как и в случае с токовой селективностью, анализ проводится путем сравнения времятоковых кривых срабатывания защитных устройств.

Данный тип координации является:

- простым для анализа и реализации;
- относительно недорогим;
- позволяет добиться высоких уровней селективности в зависимости от тока I_{cw} вышеразмещенного устройства;
- позволяет реализовывать резервирование защитных функций и посылать данные о действующих значениях в систему управления;

но имеет следующие недостатки:

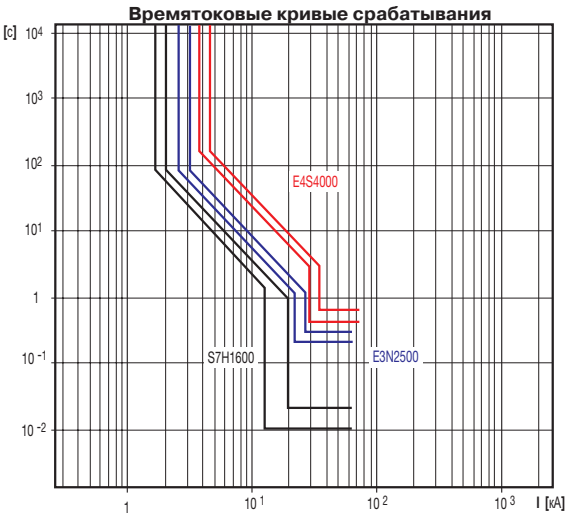
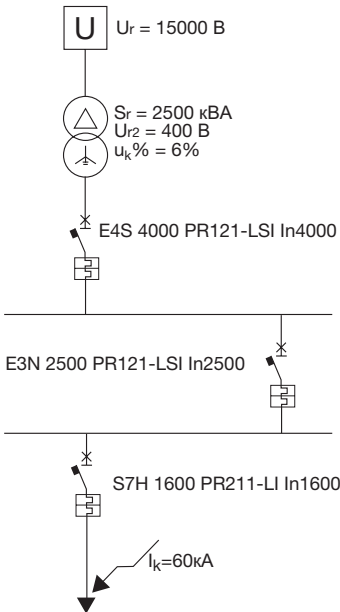
- времена срабатывания и уровни энергии, пропускаемые защитными устройствами (особенно теми, которые расположены ближе к источникам питания) высокие, что создает проблемы, связанные с безопасностью и повреждением устройств даже в зонах, не затронутых аварией;

4 Координация защитных устройств

- токоограничивающие автоматические выключатели могут использоваться только на более низких иерархических уровнях вниз по цепи; другие автоматические выключатели должны быть способны выдерживать тепловые и электродинамические нагрузки, связанные с прохождением тока аварии в течение заданной выдержки по времени. Чтобы гарантировать достаточно высокий кратковременно выдерживаемый ток, надо использовать селективные автоматические выключатели, часто воздушного типа, для различных уровней;
- длительность отклонений напряжения источника питания, вызываемых током КЗ в зонах, не затронутых повреждением, может создавать проблемы для электронных и электромеханических устройств (с напряжением ниже значения электромагнитного расцепителя);
- количество уровней селективности ограничено максимальным временем, в течение которого электрическая сеть может противостоять КЗ без потери устойчивости;

В следующем примере показано типичное применение временной селективности, достигаемой установкой различных времен срабатывания различных защитных устройств.

Электронный расцепитель:	L (длительная выдержка по времени)	S (кратковременная выдержка по времени)	I (мгновенное срабатывание)
E4S 4000 PR121-LSI In4000	Уставка: 0,9 Кривая: 12 с	Уставка: 8,5 Кривая: 0,5 с	Откл.
E3N 2500 PRT21-LSI In2500	Уставка: 1 Кривая: 3 с	Уставка: 10 Кривая: 0,3 с	Откл.
S7H 1600 PR211-LI In1600	Уставка: 1 Кривая: A		Уставка: 10



1SDC008015F0001

4 Координация защитных устройств

Зонная (или логическая) селективность

Зонную селективность можно получить с автоматическими выключателями в литом корпусе MCCB (T4 L-T5 L-T6 L с расцепителем PR223-EF) и воздушными автоматическими выключателями ACB (с расцепителями PR332/P - PR333/P - PR122 - PR 123).

Данный тип координации реализуется путем обмена данными между токоизмерительными устройствами, которые при обнаружении превышения заданного порога, позволяют правильно определить неисправность и отключить только зону, затронутую аварией.

На практике данная селективность реализуется двумя способами:

- расцепители посылают информацию контрольному устройству о том, что заданная уставка тока оказалась превышенной, и последнее решает, какое защитное устройство должно сработать;
- когда значения тока превышают заданную уставку, каждое защитное устройство посылает блокирующий сигнал через прямое подключение или шину к защитному устройству более высокой иерархии (т.е. вверх относительно направления потока энергии), и, прежде чем оно сработает, проверяет, что такой же блокирующий сигнал не поступил от нижерасположенного защитного устройства; таким образом срабатывает только ближайшее вышерасположенное защитное устройство.

В первом режиме время срабатывания составляет примерно одну секунду, и этот режим, в основном, используется в случае не особенно высоких токов КЗ, когда направление потока энергии точно не определено.

Во втором режиме время срабатывания значительно короче: по сравнению с временной селективностью, больше нет необходимости увеличивать выдержку по времени по мере приближения к источнику питания. Максимальная выдержка зависит от времени, необходимого для обнаружения присутствия сигнала блокировки от нижерасположенного защитного устройства.

Преимущества:

- снижается время срабатывания и повышается уровень надежности;
- снижаются как повреждения, вызываемые аварией, так и нарушения в сети электропитания;
- снижаются тепловые и динамические нагрузки на автоматические выключатели и компоненты системы;
- реализуется большое количество уровней селективности;
- гарантируется резервирование защитных устройств: в случае неправильного срабатывания зонной селективности отключение обеспечивается уставками других защитных функций автоматических выключателей. Например, можно настроить функции защиты от КЗ с выдержкой времени, увеличивая временные уставки по мере приближения защитных устройств к источнику питания.

Недостатки:

- более высокая стоимость;
- более сложная система (специальные компоненты, дополнительная проводка, вспомогательные источники питания,...).

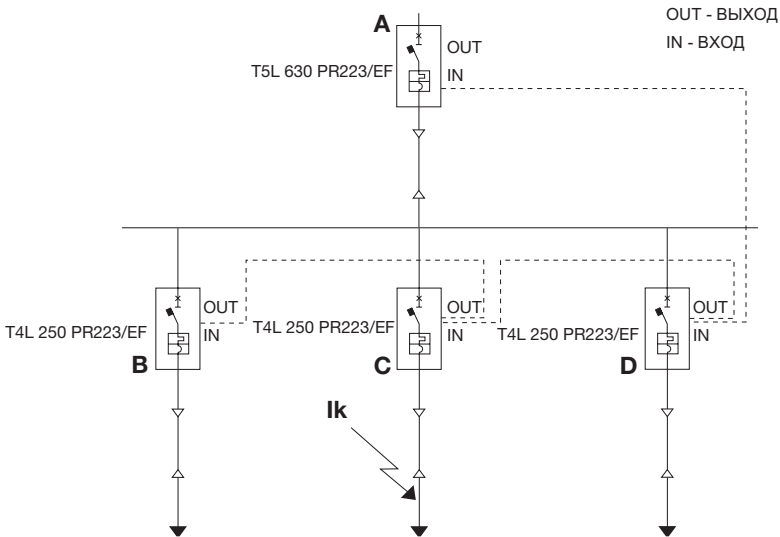
Поэтому данное решение, в основном, используется в системах с высоким номинальным током и высокими значениями тока КЗ, с обязательными требованиями в отношении как безопасности, так и бесперебойности эксплуатации: в частности, можно привести много примеров логической селективности в первичных коммутационно-распределительных устройствах, ближайших установленных ниже по потоку относительно трансформаторов и генераторов, а также в узловых сетях.

В данном примере с неисправностью, расположенной в указанной точке, автоматические выключатели D и E не обнаруживают эту неисправность, и поэтому они не сообщают о ней выключателю со стороны питания (автоматический выключатель В), который должен подать сигнал на отключение в пределах заданного времени селективности от 40 до 200 мс.

S	$t_2 \geq \text{время селективности} + 70 \text{ мс}$
I	$I_3 = \text{OFF (ОТКЛ.)}$
G	$t_4 \geq \text{время селективности} + 70 \text{ мс}$
Время селективности	одинаковые уставки для каждого автоматического выключателя

4 Координация защитных устройств

Зонная селективность для автоматических выключателей типа Tmax (T4L-T5L-T6L) с расцепителями PR223 EF



На схеме выше показана электроустановка, в которой для обеспечения зонной селективности используются автоматические выключатели Tmax с расцепителем PR223EF, подключенные посредством протокола взаимной блокировки (взаимная блокировка IL).

В случае КЗ автоматический выключатель, установленный непосредственно на стороне питания, посылает через шину сигнал блокировки защитному устройству иерархически более высокого уровня и, до срабатывания, проверяет, что аналогичный сигнал блокировки не поступил от защитного устройства со стороны нагрузки.

В этом примере автоматический выключатель С, расположенный со стороны питания относительно места аварии, посылает сигнал блокировки к выключателю А более высокого иерархического уровня. Если, как в данном примере, со стороны нагрузки нет защитного устройства, то автоматический выключатель С должен отключиться очень быстро, потому что он не получил сигнала блокировки. Все происходит за более короткое время (10 - 15 мс), чем в случае зонной селективности с воздушным автоматическим выключателем серии Emax (40 - 200 мс), при этом установка подвергается более низким электродинамическим нагрузкам, что в результате приводит к снижению стоимости установки.

4 Координация защитных устройств

Энергетическая селективность

Энергетическая координация является специфическим типом селективности, в котором используются токоограничивающие характеристики автоматических выключателей в литом корпусе. Важно помнить, что токоограничивающий автоматический выключатель является автоматическим выключателем с чрезвычайно малым временем отключения, в течение которого ток короткого замыкания не успевает достичь своего максимального значения (МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2, п.2.4)).

На практике автоматические выключатели в литом корпусе серии Tmax в условиях КЗ срабатывают очень быстро (время срабатывания несколько миллисекунд), и поэтому для анализа координации нельзя воспользоваться время-токовыми кривыми.

Эти явления, в основном, динамические (и поэтому пропорциональны квадрату мгновенного значения тока), которые можно описать с помощью характеристических кривых удельной сквозной энергии. Как правило, необходимо удостовериться, что сквозная энергия нижерасположенного автоматического выключателя меньше значения энергии, необходимой для размыкания вышерасположенного автоматического выключателя.

Данный тип селективности определенно сложнее для рассмотрения, чем предыдущие, поскольку он во многом зависит от взаимодействия между двумя последовательными устройствами и требует доступа к данным, часто не имеющихся у конечного пользователя. АББ предоставляет таблицы, счетные линейки и программы расчета, в которых минимальные пределы селективности приведены для различных комбинаций автоматических выключателей.

Преимущества:

- быстрое отключение с временами срабатывания, которые уменьшаются по мере возрастания тока КЗ;
- снижение ущерба от аварии (тепловые и динамические нагрузки), снижение помех в системе электропитания, сокращение расходов ...;
- уровень селективности больше не ограничен значением кратковременного выдерживаемого тока I_{cw} , который устройства могут выдержать;
- большое количество уровней селективности;
- возможность координации различных токоограничивающих устройств (предохранители, автоматические выключатели и т.д.), даже когда они расположены в промежуточном положении по цепи.

Недостатки:

- сложность координации автоматических выключателей одинакового типоразмера.

Данный тип координации используется для вторичного и конечного распределения токов с номинальным значением менее 1600 А.

Резервная защита

Резервная защита означает *“координацию по сверхтокам устройств для защиты от сверхтоков, соединенных последовательно, когда защитное устройство, расположенное, как правило, но необязательно на входной стороне, осуществляет защиту от сверхтока с помощью или без помощи второго защитного устройства, предотвращая его чрезмерную нагрузку”* (ГОСТ Р 50030.1, п. 2.5.24).

Кроме того, в Стандарте МЭК 60364-4-43, 434.5.1 говорится: *“... Допускается более низкая отключающая способность, если со стороны питания установлено еще одно защитное устройство необходимой отключающей способности. В таком случае, характеристики этих устройств должны быть скоординированы таким образом, чтобы энергия, пропускаемая этими двумя устройствами, не превышала энергию, выдерживаемую без повреждения устройством на стороне нагрузки и проводами, защищенными этими устройствами.”*

4 Координация защитных устройств

Преимущества:

- экономичное решение;
- очень быстрое срабатывание.

Недостатки:

- очень низкие значения селективности;
- должны сработать, по крайней мере, два последовательных автоматических выключателя.

Координация между автоматическим выключателем и выключателем-разъединителем

Выключатель-разъединитель

Выключатели-разъединители базируются на соответствующих автоматических выключателях с сохранением габаритов, способов крепления и возможности монтажа всех принадлежностей, предусмотренных для основных исполнений. Эти устройства могут включать, проводить и отключать токи при нормальных рабочих условиях цепи.

Они могут применяться в качестве универсальных выключателей во вспомогательных распределительных щитах, в качестве секционных выключателей или отключать части установки, как, например, линии, шины или группы нагрузок.

При разомкнутых контактах выключатели обеспечивают разъединение цепи, поскольку их контакты на соответствующем расстоянии препятствуют возникновению дуги, в соответствии с предписаниями стандартов в отношении изоляционной способности.

Защита выключателей-разъединителей

Каждый выключатель-разъединитель должен защищаться скоординированным устройством, которое защищает его от сверхтоков, - обычно это автоматический выключатель, способный ограничивать ток КЗ и сквозную энергию до приемлемых для выключателя-разъединителя уровней.

В отношении защиты от перегрузки номинальный ток автоматического выключателя должен быть ниже или равен величине тока защищаемого выключателя-разъединителя.

В отношении выключателей-разъединителей серии Tmax в "Таблицах координации аппаратов защиты и управления" перечислены автоматические выключатели, которые способны защитить их от указанных значений расчетных токов КЗ.

Что касается выключателей-разъединителей серии Emax, для них необходимо удостовериться, что значение тока КЗ в точке установки ниже значения кратковременно выдерживаемого тока I_{cw} выключателя-разъединителя, и пиковое значение ниже тока номинальной включающей способности (I_{cm}).

4 Координация защитных устройств

4.2 Таблицы селективности

В таблицах, приведенных в настоящем разделе, даны значения токов КЗ (в кА), для которых обеспечивается селективность для предварительно выбранной комбинации автоматических выключателей с напряжением от 230/240 до 415 В, в соответствии с Приложением А Стандарта МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2.). В таблицах приведены возможные комбинации серии воздушных выключателей Еmax, автоматических выключателей в литом корпусе Тmax и модульных автоматических выключателей АББ. Эти значения указаны для конкретных условий, которые, при несоблюдении, могут давать значения селективности, в некоторых случаях гораздо ниже указанных.

Общие положения:

- функция I электронных расцепителей вышеразположенных выключателей должна быть отключена (I3 в положении OFF (ВЫКЛ.));
- магнитное срабатывание термоманитных (ТМ) или магнитных (МА-МF) расцепителей вышеразположенных автоматических выключателей должно быть $\geq 10 \cdot I_n$ и устанавливаться на максимальный порог;
- очень важно проверить, что уставки, выполненные пользователем для электронных и термоманитных расцепителей выключателей и вышеразположенных, и нижеразположенных в результате дают соответствующим образом разнесенные времятоковые кривые.

Примечания для правильного пользования таблицами координации:

Предельное значение селективности получается с учетом меньшего из приведенных значений отключающей способности автоматического выключателя со стороны питания и отключающей способности автоматического выключателя со стороны нагрузки.

Буква Т означает полную селективность для данной комбинации; соответствующее значение в кА соответствует меньшему значению отключающей способности комбинации выключателей, (Icu).

В следующих таблицах приводятся значения отключающей способности при напряжении 415 В (перем. тока) для автоматических выключателей Еmax, Тmax.

Тmax при 415 В (перем. тока)	
Исполнение	Icu [кА]
B	16
C	25
N	36
S	50
H	70
L (для T2)	85
L (для T4-T5-T7)	120
L (для T6)	100
V (для T7)	150
V	200

Еmax при 415 В (перем. тока)	
Исполнение	Icu [кА]
B	42
N	65*
S	75**
H	100
L	130***
V	150****

* Для Еmax Е1 исполнения N Icu=50 кА

** Для Еmax Е2 исполнения S Icu=85 кА

*** Для Еmax Х1 исполнения L Icu=150 кА

**** Для Еmax Е3 исполнения V Icu=130 кА

Обозначения

MCCB - автоматический выключатель в литом корпусе
ACB - воздушный автоматический выключатель
ТМ = термоманитный расцепитель
– ТMD (Тmax)
– ТМА (Тmax)
М = магнитный расцепитель
– MF (Тmax)
– МА (Тmax)
EL = электронный расцепитель

MCB - модульный автоматический выключатель:
В = характеристика срабатывания (I3=3...5In)
С = характеристика срабатывания (I3=5...10In)
D = характеристика срабатывания (I3=10...20In)
K = характеристика срабатывания (I3=8...14In)
Z = характеристика срабатывания (I3=2...3In)

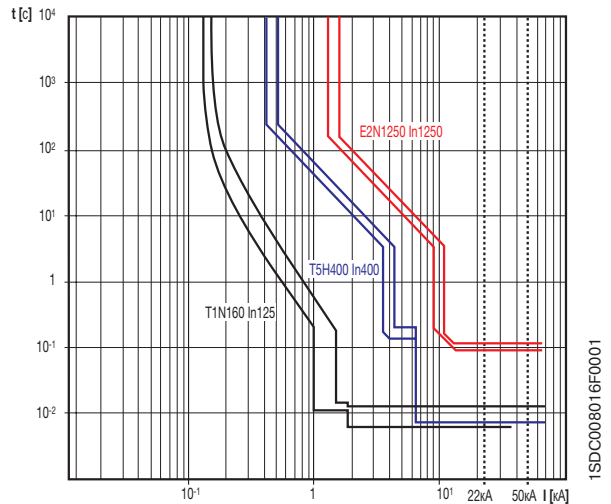
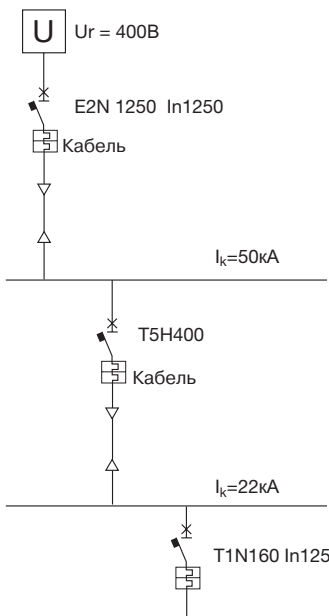
4 Координация защитных устройств

Пример:

Рассмотрим рисунок, приведенный ниже, и таблицу селективности на странице 138. Согласно таблице выключатели E2N1250 и T5H400, правильно настроенные, имеют селективность до 55 кА (выше тока КЗ в шине).

Из таблицы селективности на странице 133 видно, что между выключателями T5H400 и T1N160 In125 обеспечивается полная селективность; это означает селективность до отключающей способности T1N и, следовательно, до 36 кА (выше тока КЗ в шине).

Времятоковые кривые срабатывания



1SDC008016F0001

Из анализа кривых видно, что между выключателями E2N1250 и T5H400 существует временная селективность, а между выключателями T5H400 и T1N160 - энергетическая селективность.

4 Координация защитных устройств

Содержание таблиц селективности

МСВ-МСВ (230/240 В)	110
МССВ (415 В)-МСВ (240 В)	112
МСВ - МСВ (240 В)	
МСВ-S2..B	114
МСВ-S2..B	114
МСВ-S2..B	116
МСВ-S2..B	116
МСВ-S2..B	118
МССВ - МСВ (415 В)	
МССВ-S800	120
МССВ-S2..B	122
МССВ-S2..C	124
МССВ-S2..D	126
МССВ-S2..K	128
МССВ-S2..Z	130
МССВ - МССВ (415 В)	
МССВ-T1	132
МССВ-T2	134
МССВ-T3	136
МССВ-T4	136
МССВ-T5	137
МССВ-T6	137
АСВ-МССВ (415 В)	138
МССВ-МССВ (400/415 В)	139

4 Координация защитных устройств

MCB - S9 при 230/240 В

	Сторона питания²		S290						S800 N-S							
Сторона нагрузки¹	Характ. срабатывания		C			D			B							
	I _{cu} [kA]	I _n [A]	15						36-50							
			80	100	125	80	100	32	40	50	63	80	100	125		
S931N	C	4,5	2	T	T	T	T	T	0,43³	0,6	1,3	4	T	T	T	
			4	T	T	T	T	T		0,45	0,8	1,5	2,5	4	T	
			6	T	T	T	T	T			0,6	1,2	1,6	2,6	3,8	
			10	4	T	T	T	T			0,5	1,1	1,4	2	3	
			16	2,5	3,5	3,5	4	T				0,8	1,2	1,7	2,5	
			20	1,5	2,5	2,5	3	T					1	1,5	2,1	
			25	0,5	0,5	1,5	2	4						1,3	1,8	
			32	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5						1,1	1,7	
40	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5								1,6			
S941N	B, C	6	2	T	T	T	T	T	0,43³	0,6	1,3	4	T	T	T	
			4	5	T	T	T	T		0,45	0,8	1,5	2,5	4	T	
			6	4,5	5	T	5,5	T			0,6	1,2	1,6	2,6	3,8	
			10	4	4,5	5	5	5			0,5	1,1	1,4	2	3	
			16	2,5	3,5	3,5	4	4,5				0,8	1,2	1,7	2,5	
			20	1,5	2,5	2,5	3	4,5					1	1,5	2,1	
			25	0,5	0,5	1,5	2	4						1,3	1,8	
			32	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5						1,1	1,7	
40	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5								1,6			
S951N	B, C	10	2	6	8	9	7	8	0,43³	0,6	1,3	4	9	T	T	
			4	5	6	7,5	6	7		0,45	0,8	1,5	2,5	4	7,3	
			6	4,5	5	6	5,5	6			0,6	1,2	1,6	2,6	3,8	
			10	4	4,5	5	5	5			0,5	1,1	1,4	2	3	
			16	2,5	3,5	3,5	4	4,5				0,8	1,2	1,7	2,5	
			20	1,5	2,5	2,5	3	4,5					1	1,5	2,1	
			25	0,5	0,5	1,5	2	4						1,3	1,8	
			32	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5						1,1	1,7	
40	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5								1,6			
S971N	B, C	10	2	6	8	9	7	8	0,43³	0,6	1,3	4	9	T	T	
			4	5	6	7,5	6	7		0,45	0,8	1,5	2,5	4	7,3	
			6	4,5	5	6	5,5	6			0,6	1,2	1,6	2,6	3,8	
			10	4	4,5	5	5	5			0,5	1,1	1,4	2	3	
			16	2,5	3,5	3,5	4	4,5				0,8	1,2	1,7	2,5	
			20	1,5	2,5	2,5	3	4,5					1	1,5	2,1	
			25	0,5	0,5	1,5	2	4						1,3	1,8	
			32	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5						1,1	1,7	
40	0,5	0,5	0,5	1,5	3,5								1,6			

¹ Автоматический выключатель со стороны нагрузки 1P+N (230/240 В)² Для сетей 230/240 В (перем.тока) => двухполюсный автоматический выключатель (фаза + нейтраль)

Для сетей 400/415 В (перем.тока) => четырехполюсный автоматический выключатель (цепь со стороны нагрузки разветвляется между каждой из фаз и нейтралью)

³ Только для кривой B

4 Координация защитных устройств

	S800 N-S								S800 N-S							
	C								D							
	36-50								36-50							
	25	32	40	50	63	80	100	125	25	32	40	50	63	80	100	125
	0,4 ³	0,55	1,2	3	T	T	T	T	1,3	4,1	T	T	T	T	T	T
		0,43	0,75	1,3	2,1	3,9	T	T	0,8	1,6	3	T	T	T	T	T
			0,55	1,1	1,5	2,5	3,6	T	0,6	1,3	2	3,2	3,9	T	T	T
			0,45	1	1,3	1,9	2,8	4,2	0,5	1,2	1,65	2,6	3,1	T	T	T
				0,75	1,1	1,6	2,3	3,6		0,9	1,4	1,8	2,6	T	T	T
					0,9	1,4	1,9	3,3			1,3	1,6	2,2	4,2	T	T
						1,2	1,6	2,7				1,5	1,9	3,5	T	T
						1	1,5	2,5					1,8	2,8	4,2	T
							1,4	2,1					1,7	2,7	4	
	0,4 ³	0,55	1,2	3	T	T	T	T	1,3	4,1	T	T	T	T	T	T
		0,43	0,75	1,3	2,1	3,9	T	T	0,8	1,6	3	5,4	T	T	T	T
			0,55	1,1	1,5	2,5	3,6	5,5	0,6	1,3	2	3,2	3,9	T	T	T
			0,45	1	1,3	1,9	2,8	4,2	0,5	1,2	1,65	2,6	3,1	T	T	T
				0,75	1,1	1,6	2,3	3,6		0,9	1,4	1,8	2,6	5	T	T
					0,9	1,4	1,9	3,3			1,3	1,6	2,2	4,2	5,4	T
						1,2	1,6	2,7				1,5	1,9	3,5	4,5	T
						1	1,5	2,5					1,8	2,8	4,2	5,5
							1,4	2,1					1,7	2,7	4	5
	0,4 ³	0,55	1,2	3	6,6	T	T	T	1,3	4,1	T	T	T	T	T	T
		0,43	0,75	1,3	2,1	3,9	6,6	T	0,8	1,6	3	5,4	7,6	T	T	T
			0,55	1,1	1,5	2,5	3,6	5,5	0,6	1,3	2	3,2	3,9	8	T	T
			0,45	1	1,3	1,9	2,8	4,2	0,5	1,2	1,65	2,6	3,1	6,2	8,6	T
				0,75	1,1	1,6	2,3	3,6		0,9	1,4	1,8	2,6	5	6,3	8,8
					0,9	1,4	1,9	3,3			1,3	1,6	2,2	4,2	5,4	7,6
						1,2	1,6	2,7				1,5	1,9	3,5	4,5	6,6
						1	1,5	2,5					1,8	2,8	4,2	5,5
							1,4	2,1					1,7	2,7	4	5
	0,4 ³	0,55	1,2	3	6,6	T	T	T	1,3	4,1	T	T	T	T	T	T
		0,43	0,75	1,3	2,1	3,9	6,6	T	0,8	1,6	3	5,4	7,6	T	T	T
			0,55	1,1	1,5	2,5	3,6	5,5	0,6	1,3	2	3,2	3,9	8	T	T
			0,45	1	1,3	1,9	2,8	4,2	0,5	1,2	1,65	2,6	3,1	6,2	8,6	T
				0,75	1,1	1,6	2,3	3,6		0,9	1,4	1,8	2,6	5	6,3	8,8
					0,9	1,4	1,9	3,3			1,3	1,6	2,2	4,2	5,4	7,6
						1,2	1,6	2,7				1,5	1,9	3,5	4,5	6,6
						1	1,5	2,5					1,8	2,8	4,2	5,5
							1,4	2,1					1,7	2,7	4	5

4 Координация защитных устройств

МССВ при 415 В 4р - S9 при 240 В

Сторона нагрузки	Характ. срабат.	I _{cu} [кА]	Сторона питания	T1																	
			Исполнение	B, C, N																	
			Расцепитель	TMD																	
			I _n [А]	160																	
S931N	C		I _n [А]	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160 ²	16	20	25	32	40	50	
				T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
				T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
						3	3	3	T	T	T	T	T	T		3'	3	3	3	3	T
								3	T	T	T	T	T	T				3'	3		T
									3	T	T	T	T	T				3'		3	
										T	T	T	T	T						3'	
											T	T	T	T						3'	
S941N	B, C	6	≤4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			10			3	3	3	4,5	T	T	T	T	T		3'	3	3	3	4,5	
			16					3	4,5	5	T	T	T	T				3'	3	4,5	
			20						3	5	T	T	T	T				3'		3	
			25							5	T	T	T	T						3'	
			32								T	T	T	T						3'	
			40									T	T	T							
S951N	B, C	10	≤4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			6	6	6	6	6	6	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			10			3	3	3	4,5	7,5	8,5	T	T	T		3'	3	3	3	4,5	
			16					3	4,5	5	7,5	T	T	T				3'	3	4,5	
			20						3	5	6	T	T	T				3'		3	
			25							5	6	T	T	T						3'	
			32								6	7,5	T	T						3'	
			40									7,5	T	T							
S971N	B, C	10	≤4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			6	6	6	6	6	6	6	12	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			10			3	3	3	4,5	7,5	8,5	T	T	T		3'	3	3	3	4,5	
			16					3	4,5	5	7,5	T	T	T				3'	3	4,5	
			20						3	5	6	T	T	T				3'		3	
			25							5	6	T	T	T						3'	
			32								6	T	T	T						3'	
			40									T	T	T							

Автоматический выключатель со стороны питания 4P (цепь выключателя со стороны нагрузки разветвляется между каждой из фаз и нейтралью)

Автоматический выключатель со стороны нагрузки 1P+N (230/240)

¹ Значение действительно только для магнитного выключателя на стороне питания

² Значение действительно также с уставкой защиты нейтрали 50%

4 Координация защитных устройств

T2													T3												
N, S, H, L													N, S												
TMD, MA								EL					TMD, MA												
160													250												
	63	80	100	125 ²	125	160 ²	160	10	25	63	100	160	63	80	100	125 ²	125	160 ²	160	200 ²	200	250 ²	250		
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		T	T	T	T	T	T			T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		T ¹	T		T	T	T				T	T		T ¹	T		T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		T	T	T	T	T	T			T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		T ¹	T		T	T	T				T	T		T ¹	T		T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
7,5	8,5	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	7,5	8,5	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
5	7,5	T	7,5	T	T	T	T			T	T	T	5	7,5	T	7,5	T	T	T	T	T	T	T		
5	6	T	6	T	T	T	T			T	T	T	5	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T		
5	6	T	6	T	T	T	T			T	T	T	5	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T		
	6	7,5	6	T	T	T	T			T	T	T		6	7,5	6	T	T	T	T	T	T	T		
	6 ¹	7,5		T	T	T	T				T	T		6 ¹	7,5		T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
7,5	8,5	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	7,5	8,5	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
5	7,5	T	7,5	T	T	T	T			T	T	T	5	7,5	T	7,5	T	T	T	T	T	T	T		
5	6	T	6	T	T	T	T			T	T	T	5	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T		
5	6	T	6	T	T	T	T			T	T	T	5	6	T	6	T	T	T	T	T	T	T		
	6	7,5	6	T	T	T	T			T	T	T		6	7,5	6	T	T	T	T	T	T	T		
	6 ¹	7,5		T	T	T	T				T	T		6 ¹	7,5		T	T	T	T	T	T	T		

4 Координация защитных устройств

MCB - S2.. В при 415 В

				Сторона питания	S290		S800N-S					
Характеристика срабатывания					D		B					
I _{cu} [кА]					15		36-50					
10	15	25	I _n [A]		80	100	40	50	63	80	100	125
-	-	-	<2									
-	-	-	3									
-	-	-	4									
S200	S200M	S200P	6	10,5	T		0,4	0,5	0,7	1	1,5	2,6
S200	S200M	S200P	8	10,5	T			0,4	0,6	0,7	1	1,4
S200	S200M	S200P	10	5	8			0,4	0,6	0,7	1	1,4
S200	S200M	S200P	13	4,5	7				0,5	0,7	0,9	1,3
S200	S200M	S200P	16	4,5	7					0,7	0,9	1,3
S200	S200M	S200P	20	3,5	5						0,9	1,3
S200	S200M	S200P	25	3,5	5						0,9	1,3
S200	S200M-S200P	-	32		4,5						0,8	1,1
S200	S200M-S200P	-	40								0,8	1,1
S200	S200M-S200P	-	50									1
S200	S200M-S200P	-	63									0,9

MCB - S2.. С при 415 В

				Сторона питания	S290		S800N-S								
Характеристика срабатывания					D		B								
I _{cu} [кА]					15		36-50								
10		15		25	I _n [A]	80	100	32	40	50	63	80	100	125	
Сторона нагрузки	C	S200	S200M	S200P	≤2	T	T	0,7	1,3	T	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	3	T	T		0,6	0,7	1,1	2,6	8,8	T	
		S200	S200M	S200P	4	T	T		0,6	0,7	1	1,7	3,1	7	
		S200	S200M	S200P	6	10,5	T		0,4	0,5	0,7	1	1,5	2,6	
		S200	S200M	S200P	8	10,5	T			0,4	0,6	0,7	1	1,4	
		S200	S200M	S200P	10	5	8			0,4	0,6	0,7	1	1,4	
		S200	S200M	S200P	13	4,5	7				0,5	0,7	0,9	1,3	
		S200	S200M	S200P	16	4,5	7					0,7	0,9	1,3	
		S200	S200M	S200P	20	3,5	5						0,9	1,3	
		S200	S200M	S200P	25	3,5	5						0,9	1,3	
		S200	S200M-S200P	-	32		4,5						0,8	1,1	
		S200	S200M-S200P	-	40								0,8	1,1	
		S200	S200M-S200P	-	50									1	
		S200	S200M-S200P	-	63									0,9	

4 Координация защитных устройств

S800N-S							S800N-S							
C							D							
36-50							36-50							
40	50	63	80	100	125		25	32	40	50	63	80	100	125
0,4	0,5	0,7	1	1,5	2,6		0,5	1	1,2	2	2,8	9,9	21,3	T
	0,4	0,6	0,7	1	1,4		0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,8	3,9	7,4
	0,4	0,6	0,7	1	1,4		0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,8	3,9	7,4
		0,5	0,7	0,9	1,3		0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,5	3,3	5,6
			0,7	0,9	1,3			0,6	0,8	1,1	1,4	2,5	3,3	5,6
				0,9	1,3				0,8	1,1	1,3	2,3	3	4,7
				0,9	1,3				0,8	1,1	1,3	2,3	3	4,7
				0,8	1,1					0,9	1,1	1,9	2,4	3,7
				0,8	1,1						1,1	1,9	2,4	3,7
					1							1,5	1,9	2,3
					0,9								1,7	2,3

S800N-S							S800N-S							
C							D							
36-50							36-50							
32	40	50	63	80	100	125	25	32	40	50	63	80	100	125
0,7	1,3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	0,6	0,7	1,1	2,6	8,8	T	0,7	2,2	4,4	T	T	T	T	T
	0,6	0,7	1	1,7	3,1	7	0,7	1,3	2,2	4,4	7,7	T	T	T
	0,4	0,5	0,7	1	1,5	2,6	0,5	1	1,2	2	2,8	9,9	22	T
		0,4	0,6	0,7	1	1,4	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,8	3,9	7,4
			0,4	0,6	0,7	1	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,8	3,9	7,4
			0,5	0,7	0,9	1,3	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,5	3,3	5,6
				0,7	0,9	1,3		0,6	0,8	1,1	1,4	2,5	3,3	5,6
					0,9	1,3			0,8	1,1	1,3	2,3	3	4,7
					0,9	1,3			0,8	1,1	1,3	2,3	3	4,7
					0,8	1,1				0,9	1,1	1,9	2,4	3,7
					0,8	1,1					1,1	1,9	2,4	3,7
						1						1,5	1,9	2,3
						0,9							1,7	2,3

4 Координация защитных устройств

MCB - S2.. D при 415 В

					Сторона питания	S290		S800N-S								
Характеристика срабатывания					D			B								
I _{cu} [кА]					15			36-50								
10		15	25	I _n [A]	80	100	32	40	50	63	80	100	125			
Сторона нагрузки	D	S200	-	S200P	≤2	T	T	0,5	0,7	2,1	T	T	T	T		
		S200	-	S200P	3	T	T		0,5	0,7	1,2	2,5	8,6	T		
		S200	-	S200P	4	T	T		0,4	0,7	1	1,7	3	7,7		
		S200	-	S200P	6	10,5	T			0,6	0,8	1,2	2	3,6		
		S200	-	S200P	8	10,5	T				0,7	0,9	1,3	2		
		S200	-	S200P	10	5	8					0,9	1,3	2		
		S200	-	S200P	13	3	5						1	1,5		
		S200	-	S200P	16	3	5							1,5		
		S200	-	S200P	20	3	5									
		S200	-	S200P	25		4									
		S200	S200P	-	32											
		S200	S200P	-	40											
		S200	S200P	-	50											
		S200	S200P	-	63											

MCB - S2.. К при 415 В

					Сторона питания	S290		S800N-S								
Характеристика срабатывания					D		B									
I _{cu} [kA]					15		36-50									
10		15		25	I _n [A]	80	100	32	40	50	63	80	100	125		
Сторона нагрузки	К	S200	-	S200P	≤2	T	T	0,5	0,7	2,1	T	T	T	T		
		S200	-	S200P	3	T	T		0,5	0,7	1,2	2,5	8,6	T		
		S200	-	S200P	4	T	T		0,4	0,7	1	1,7	3	7,7		
		S200	-	S200P	6	10,5	T			0,6	0,8	1,2	2	3,6		
		S200	-	S200P	8	10,5	T				0,7	0,9	1,3	2		
		S200	-	S200P	10	5	8					0,9	1,3	2		
		-	-	S200P	13	3	5						1	1,5		
		S200	-	S200P	16	3	5							1,5		
		S200	-	S200P	20	3	5									
		S200	-	S200P	25		4									
		S200	S200P	-	32											
		S200	S200P	-	40											
		S200	S200P	-	50											
		S200	S200P	-	63											

4 Координация защитных устройств

S800N-S								S800N-S							
C								D							
36-50								36-50							
32	40	50	63	80	100	125		25	32	40	50	63	80	100	125
0,5	0,7	2,1	T	T	T	T		2,3	T	T	T	T	T	T	T
	0,5	0,7	1,2	2,5	8,6	T		0,7	1,3	4,4	T	T	T	T	T
	0,4	0,7	1	1,7	3	7,7		0,7	1	2,2	4,4	7,7	T	T	T
		0,6	0,8	1,2	2	3,6		0,6	0,8	1,5	2,5	3,6	12,1	24,2	T
			0,7	0,9	1,3	2		0,5	0,7	1,1	1,5	2	4	5,5	9,9
				0,9	1,3	2		0,5	0,7	1,1	1,5	2	4	5,5	9,9
					1	1,5			0,6	0,9	1,2	1,5	2,6	3,4	5,2
						1,5				0,9	1,2	1,5	2,6	3,4	5,2
											0,9	1,1	1,8	2,2	3,2
												1,1	1,8	2,2	3,2
													1,7	2	2,9
														1,9	2,6
															2,2

S800N-S								S800N-S							
C								D							
36-50								36-50							
32	40	50	63	80	100	125		25	32	40	50	63	80	100	125
0,5	0,7	2,1	T	T	T	T		2,3	T	T	T	T	T	T	T
	0,5	0,7	1,2	2,5	8,6	T		0,7	1,3	4,4	T	T	T	T	T
	0,4	0,7	1	1,7	3	7,7		0,7	1	2,2	4,4	7,7	T	T	T
		0,6	0,8	1,2	2	3,6		0,6	0,8	1,5	2,5	3,6	12,1	24,2	T
			0,7	0,9	1,3	2		0,5	0,7	1,1	1,5	2	4	5,5	9,9
				0,9	1,3	2		0,5	0,7	1,1	1,5	2	4	5,5	9,9
					1	1,5			0,6	0,9	1,2	1,5	2,6	3,4	5,2
						1,5				0,9	1,2	1,5	2,6	3,4	5,2
											0,9	1,1	1,8	2,2	3,2
												1,1	1,8	2,2	3,2
													1,7	2	2,9
														1,9	2,6
															2,2

4 Координация защитных устройств

MCB - S2.. Z при 415 В

				Сторона питания	S290		S800N-S								
Характеристика срабатывания					D		B								
I _{cu} [кА]					15		36-50								
10	15	25	I _n [A]	80	100	32	40	50	63	80	100	125			
Сторона нагрузки	Z	S200	-	S200P	≤2	T	T	0,7	1,3	T	T	T	T	T	
		S200	-	S200P	3	T	T		0,6	0,7	1,1	2,6	8,8	T	
		S200	-	S200P	4	T	T		0,6	0,7	1	1,7	3,1	7	
		S200	-	S200P	6	10,5	T		0,4	0,5	0,7	1	1,5	2,6	
		S200	-	S200P	8	10,5	T			0,4	0,6	0,7	1	1,4	
		S200	-	S200P	10	5	8			0,4	0,6	0,7	1	1,4	
		-	-	S200P	13	4,5	7					0,7	0,9	1,3	
		S200	-	S200P	16	4,5	7					0,7	0,9	1,3	
		S200	-	S200P	20	3,5	5						0,9	1,3	
		S200	-	S200P	25	3,5	5						0,9	1,3	
		S200	S200P	-	32	3	4,5						0,8	1,1	
		S200	S200P	-	40	3	4,5						0,8	1,1	
		S200	S200P	-	50		3							1	
		S200	S200P	-	63									0,9	

4 Координация защитных устройств

	S800N-S							S800N-S							
	C							D							
	36-50							36-50							
	32	40	50	63	80	100	125	25	32	40	50	63	80	100	125
	0,7	1,3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		0,6	0,7	1,1	2,6	8,8	T	0,7	2,2	4,4	T	T	T	T	T
		0,6	0,7	1	1,7	3,1	7	0,7	1,3	2,2	4,4	7,7	T	T	T
		0,4	0,5	0,7	1	1,5	2,6	0,5	1	1,2	2	2,8	9,9	22	T
			0,4	0,6	0,7	1	1,4	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,8	3,9	7,4
			0,4	0,6	0,7	1	1,4	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,8	3,9	7,4
					0,7	0,9	1,3		0,6	0,8	1,1	1,4	2,5	3,3	5,6
					0,7	0,9	1,3		0,6	0,8	1,1	1,4	2,5	3,3	5,6
						0,9	1,3			0,8	1,1	1,3	2,3	3	4,7
						0,9	1,3			0,8	1,1	1,3	2,3	3	4,7
						0,8	1,1				0,9	1,1	1,9	2,4	3,7
						0,8	1,1					1,1	1,9	2,4	3,7
							1						1,5	1,9	2,3
							0,9							1,7	2,3

4 Координация защитных устройств

МССВ - S800 при 415 В

			Сторона питания	T1				T1 - T3				T1	T3		
			Исполнение	B, C, N, S, H, L, V											
			Расцепитель	TM											
Сторона нагрузки	Характ. сраб.	I _{cu} [кА]	I _n [A]	25	32	40	50	63	80	100	125	160	160	200	250
S800N	B C D	36	10	4,5	4,5	4,5	4,5	8	10	20 ¹	25 ¹				
			13		4,5	4,5	4,5	7,5	10	15	25 ¹				
			16			4,5	4,5	7,5	10	15	25 ¹				
			20				4,5	7,5	10	15	25 ¹				
			25					6	10	15	20 ¹				
			32						7,5	10	20 ¹				
			40							10	20 ¹				
			50								15				
			63												
			80												
			100												
125															
S800S	B C D K	50	10	4,5	4,5	4,5	4,5	8	10	20 ¹	25 ¹	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			13		4,5	4,5	4,5	7,5	10	15	25 ¹	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			16			4,5	4,5	7,5	10	15	25 ¹	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			20				4,5	7,5	10	15	25 ¹	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			25					6	10	15	20 ¹	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			32						7,5	10	20 ¹	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			40							10	20 ¹	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			50								15	36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			63									36 ¹	36 ¹	36 ¹	
			80									36 ¹		36 ¹	
			100									36 ¹			
			125												

¹ Выберите самое низкое значение из указанных с учетом отключающей способности для автоматического выключателя со стороны питания

4 Координация защитных устройств

МССВ - S800 при 415 В

			Сторона питания	Т4										Т4 - Т5	
			Исполнение	N, S, H, L, V											
			Расцепитель	ТМ										EL	
Сторона нагрузки	Характ.	Icu [кА]	I _n [А]	20	25	32	50	80	100	125	160	200÷250	100÷630		
			10	6,5	6,5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			13	6,5	5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			16		5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			20		4 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			25				6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			32					8	Т	Т	Т	Т	Т		
			40				5 ¹	6,5	Т	Т	Т	Т	Т		
			50					5 ¹	7,5	Т	Т	Т	Т		
			63						5 ¹	7	Т	Т	Т		
			80								Т	Т	Т ²		
			100									Т	Т ²		
			125										Т ²³		
			10	6,5	6,5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			13	6,5	5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			16		5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			20		4 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			25		4 ¹		6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т		
			32				6,5	8	Т	Т	Т	Т	Т		
			40				5 ¹	6,5	Т	Т	Т	Т	Т		
			50				4 ¹	5 ¹	7,5	Т	Т	Т	Т		
			63					4 ¹	6,5 ¹	7	Т	Т	Т		
			80					4 ¹	5 ¹	6,5 ¹	6,5	Т	Т ²		
			100						4 ¹	5 ¹	5 ¹	6,5	Т ²		
	125							4 ¹	4 ¹	5 ¹	Т ²³				
	S800N/S	Характ.	Icu [кА]	I _n [А]	20	25	32	50	80	100	125	160	200÷250	100÷630	
				10	6,5	6,5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				13		5 ¹		6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				16				6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				20				6,5 ¹	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				25				6,5 ¹	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				32					8 ¹	Т	Т	Т	Т	Т	
				40					6,5 ¹	Т	Т	Т	Т	Т	
				50						7,5 ¹	Т	Т	Т	Т	
				63							7 ¹	Т	Т	Т	
				80								5 ¹	Т	Т ²	
				100									5 ¹	Т ²	
				125										Т ²³	
				10		6,5 ¹	6,5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				13		5 ¹	5	6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				16		5 ¹		6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				20		4 ¹		6,5	11	Т	Т	Т	Т	Т	
				25				6,5 ¹	11 ¹	Т	Т	Т	Т	Т	
				32				5 ¹	8 ¹	Т ¹	Т	Т	Т	Т	
				40					6,5 ¹	Т ¹	Т ¹	Т	Т	Т	
				50					5 ¹	7,5 ¹	Т ¹	Т ¹	Т	Т	
				63					4 ¹	6,5 ¹	7 ¹	Т ¹	Т ¹	Т	
				80						5 ¹	6,5 ¹	7 ¹	Т ¹	Т ²	
100										5 ¹	6,5 ¹	7 ¹	Т ²		
125								5 ¹	6,5 ¹	Т ²³					

¹ Значение действительно только для выключателя с магнитным расцепителем со стороны питания (для I_n = 50 А, см. MA52 автоматический выключатель)

² Для Т4 I_n = 100 А значение действительно только для выключателя с магнитным расцепителем со стороны питания

³ Для Т4 I_n = 160 А значение действительно только для выключателя с магнитным расцепителем со стороны питания

4 Координация защитных устройств

МССВ - S2.. В при 415 В

					Сторона питания	T2	T1 - T2							T1 - T2 - T3				
					Исполнение	B, C, N, S, H, L												
Характ. сраб.	I _{cu} [кА]			Расцепитель	TM													
	10	15	25	I _n [А]	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160		
Сторона нагрузки	В	-	-	-	2													
		-	-	-	3													
		-	-	-	4													
		S200	S200M	S200P	6	5,5 ¹	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	8			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	10			3 ¹	3	3	3	4,5	7,5	8,5	17	T	T	
		S200	S200M	S200P	13			3 ¹		3	3	4,5	7,5	7,5	12	20	T	
		S200	S200M	S200P	16					3 ¹	3	4,5	5	7,5	12	20	T	
		S200	S200M	S200P	20					3 ¹		3	5	6	10	15	T	
		S200	S200M	S200P	25						3 ¹	5	6	10	15	T		
		S200	S200M-S200P	-	32							3 ¹		6	7,5	12	T	
		S200	S200M-S200P	-	40									5,5 ¹	7,5	12	T	
		S200	S200M-S200P	-	50									3 ¹	5 ²	7,5	10,5	
		S200	S200M-S200P	-	63										5 ²	6 ³	10,5	
		-	-	-	80													
		-	-	-	100													
		-	-	-	125													

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя T2 с магнитным расцепителем со стороны питания

² Значение действительно только для автоматических выключателей T2-T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

³ Значение действительно только для автоматического выключателя T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁴ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 с магнитным расцепителем со стороны питания

4 Координация защитных устройств

	T3		T4											T5	T2					T4			T5
B, C, N, S, H, L, V																							
	TM													EL									
	200	250	20	25	32	50	80	100	125	160	200	250	320÷500	10	25	63	100	160	100, 160	250, 320	320÷630		
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T	5	5 ⁴	5	6,5	9	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T		5 ⁴	5	6,5	8	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T		3 ⁴	5	6,5	8	T	T	T	T	T	T				T	T	T	T	T		
	T	T				5	7,5	T	T	T	T	T	T				T	T	T	T	T		
	T	T				5	7,5	T	T	T	T	T	T				T	T	T	T	T		
	T	T				5 ⁴	7,5	T	T	T	T	T	T				T	T	T	T	T		
	T	T					6,5	T	T	T	T	T	T					T	T	T	T		
	T	T					5 ⁴	T	T	T	T	T	T					10,5	10,5	T	T		
	T	T						T	T	T	T	T	T					10,5		T	T		

4 Координация защитных устройств

МССВ - S2.. С при 415 В

				Сторона питания	T2	T1 - T2						T1 - T2 - T3						
				Исполнение	B, C, N, S, H, L													
Характ. сраб.	I _{сш} [кА]			Расцепитель	TM													
	10	15	25	I _n [А]	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160		
Сторона нагрузки	C	S200	S200M	S200P	≤2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	6	5,5 ¹	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	8			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	
		S200	S200M	S200P	10			3 ¹	3	3	3	4,5	7,5	8,5	17	T	T	
		S200	S200M	S200P	13			3 ¹		3	3	4,5	7,5	7,5	12	20	T	
		S200	S200M	S200P	16					3 ¹	3	4,5	5	7,5	12	20	T	
		S200	S200M	S200P	20					3 ¹		3	5	6	10	15	T	
		S200	S200M	S200P	25							3 ¹	5	6	10	15	T	
		S200	S200M-S200P	-	32							3 ¹		6	7,5	12	T	
		S200	S200M-S200P	-	40									5,5 ¹	7,5	12	T	
		S200	S200M-S200P	-	50									3 ¹	5 ²	7,5	10,5	
		S200	S200M-S200P	-	63										5 ²	6 ³	10,5	
		-	S290	-	80													4 ³
		-	S290	-	100													4 ³
		-	S290	-	125													

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя T2 с магнитным расцепителем со стороны питания

² Значение действительно только для автоматических выключателей T2-T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

³ Значение действительно только для автоматического выключателя T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁴ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁵ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 In160 со стороны питания

4 Координация защитных устройств

	T3		T4											T5	T2					T4			T5
B, C, N, S, H, L, V																							
	TM													EL									
	200	250	20	25	32	50	80	100	125	160	200	250	320+500	10	25	63	100	160	100, 160	250, 320	320+630		
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T		
	T	T	5	5 ⁴	5	6,5	9	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T		
	T	T		5 ⁴	5	6,5	8	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T		
	T	T		3 ⁴	5	6,5	8	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T				5	7,5	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T				5	7,5	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T				5 ⁴	7,5	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T		
	T	T					6,5	T	T	T	T	T	T				T	T	T	T	T		
	T	T					5 ⁴	T	T	T	T	T	T				10,5	10,5	T	T	T		
	T	T						T ⁴	T ⁴	T	T	T	T					10,5	T	T	T		
	10	15								5	11	T	T						4	T ⁵	T		
	7,5 ³	15								5 ⁴	8	T	T						4	12 ⁴	T		
	7,5 ³									8 ⁴	12	T	T					4		T	T		

4 Координация защитных устройств

МССВ - S2.. D при 415 В

				Сторона питания	T2	T1 - T2						T1 - T2 - T3								
				Исполнение	B, C, N, S, H, L															
Характ. сраб.	I _{cu} [кА]	Расцепитель			TM															
		10	15	25	I _n [A]	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160			
Сторона нагрузки	D	S200	-	S200P	≤2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		S200	-	S200P	3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		S200	-	S200P	4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		S200	-	S200P	6	5,5 ¹	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	T		
		S200	-	S200P	8			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	12	T	T	T	T		
		S200	-	S200P	10			3 ¹	3	3	3	3	5	8,5	17	T	T			
		S200	-	S200P	13					2 ¹	2	2	3	5	8	13,5	T			
		S200	-	S200P	16					2 ¹	2	2	3	5	8	13,5	T			
		S200	-	S200P	20					2 ¹		2	3	4,5	6,5	11	T			
		S200	-	S200P	25							2 ¹	2,5	4	6	9,5	T			
		S200	S200P	-	32									4	6	9,5	T			
		S200	S200P	-	40									3 ¹	5	8	T			
		S200	S200P	-	50									2 ¹	3 ²	5	9,5			
		S200	S200P	-	63										3 ²	5 ³	9,5			
		-	S290	-	80													4 ³		
		-	S290	-	100													4 ³		
		-	-	-	125															

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя T2 с магнитным расцепителем со стороны питания

² Значение действительно только для автоматических выключателей T2-T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

³ Значение действительно только для автоматического выключателя T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁴ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁵ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 In160 со стороны питания

4 Координация защитных устройств

	T3		T4											T5	T2					T4				T5
B, C, N, S, H, L, V																								
	TM													EL										
	200	250	20	25	32	50	80	100	125	160	200	250	320÷500	10	25	63	100	160	100, 160	250, 320	320÷630			
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T			
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T			
	T	T	5	5 ⁴	5	5	9	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T			
	T	T		5 ⁴		4	5,5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T			
	T	T				4	5,5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T			
	T	T				4 ⁴	5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T			
	T	T				4 ⁴	4,5	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T			
	T	T					4,5 ⁴	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T			
	T	T					4,5 ⁴	T	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T			
	T	T						T ⁴	T	T	T	T	T	T				9,5	9,5	T	T			
	T	T							T ⁴	T ⁴	T	T	T	T				9,5	9,5	T	T			
	10	15								5	11	T	T					4	T ⁵	T	T			
	7,5 ³	15									8	T	T					4	12 ⁵	T	T			

4 Координация защитных устройств

МССВ - S2.. К при 415 В

				Сторона питания	T2	T1 - T2							T1 - T2 - T3					
				Исполнение	B, C, N, S, H, L													
Характ. сраб.	I _{сш} [кА]			Расцепитель	TM													
	10	15	25	I _n [А]	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160		
Сторона нагрузки	К	S200	-	S200P	≤2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		S200	-	S200P	3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		S200	-	S200P	4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		S200	-	S200P	6	5,5 ¹	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	
		S200	-	S200P	8			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	12	T	T	T	
		S200	-	S200P	10			3 ¹	3	3	3	3	6	8,5	17	T	T	
		-	-	S200P	13					2 ¹	3	3	5	7,5	10	13,5	T	
		S200	-	S200P	16					2 ¹	3	3	4,5	7,5	10	13,5	T	
		S200	-	S200P	20					2 ¹		3	3,5	5,5	6,5	11	T	
		S200	-	S200P	25							2 ¹	3,5	5,5	6	9,5	T	
		S200	S200P	-	32									4,5	6	9,5	T	
		S200	S200P	-	40									3 ¹	5	8	T	
		S200	S200P	-	50									2 ¹	3 ²	6	9,5	
		S200	S200P	-	63										3 ²	5,5 ³	9,5	
		-	S290	-	80													4 ³
		-	S290	-	100													4 ³
		-	-	-	125													

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя T2 с магнитным расцепителем со стороны питания

² Значение действительно только для автоматических выключателей T2-T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

³ Значение действительно только для автоматического выключателя T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁴ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁵ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 In160 со стороны питания

4 Координация защитных устройств

	T3		T4											T5	T2				T4			T5
B, C, N, S, H, L, V																						
	TM													EL								
	200	250	20	25	32	50	80	100	125	160	200	250	320+500	10	25	63	100	160	100, 160	250, 320	320+630	
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	
	T	T		5 ⁴	5	5	9	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	
	T	T		5 ⁴	5	5	8	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	
	T	T		5 ⁴		5	8	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T	
	T	T				5	6	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T	
	T	T				5 ⁴	6 ⁴	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T	
	T	T				5 ⁴	6 ⁴	T ⁴	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T	
	T	T					5,5 ⁴	T ⁴	T ⁴	T	T	T	T				T	T	T	T	T	
	T	T					5 ⁴	T ⁴	T ⁴	T ⁴	T	T	T				9,5	9,5	T	T	T	
	T	T						T ⁴	T ⁴	T ⁴	T ⁴	T	T					9,5	T	T	T	
	10	15								5	11	T	T					4	T ⁵	T	T	
	7,5 ³	15								5 ⁴	8	T	T					4	12 ⁵	T	T	

4 Координация защитных устройств

МССВ - S2.. Z при 415 В

				Сторона питания	T2	T1 - T2								T1 - T2 - T3								
				Исполнение	B, C, N, S, H, L																	
Характ. сраб.	I _{сш} [кА]			Расцепитель	TM																	
	10	15	25	I _r [А]	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160						
Сторона нагрузки	Z	S200	-	S200P	≤2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T					
		S200	-	S200P	3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T					
		S200	-	S200P	4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T					
		S200	-	S200P	6	5,5 ¹	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	T				
		S200	-	S200P	8			5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	T	T	T	T	T				
		S200	-	S200P	10			3 ¹	3	3	3	4,5	8	8,5	17	T	T					
		-	-	S200P	13			3 ¹		3	3	4,5	7,5	7,5	12	20	T					
		S200	-	S200P	16					3 ¹	3	4,5	5	7,5	12	20	T					
		S200	-	S200P	20					3 ¹		3	5	6	10	15	T					
		S200	-	S200P	25							3 ¹	5	6	10	15	T					
		S200	S200P	-	32							3 ¹		6	7,5	12	T					
		S200	S200P	-	40									5,5 ¹	7,5	12	T					
		S200	S200P	-	50									4 ¹	5 ²	7,5	10,5					
		S200	S200P	-	63										5 ²	6 ³	10,5					
		-	-	-	80																	
		-	-	-	100																	
		-	-	-	125																	

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя T2 с магнитным расцепителем со стороны питания

² Значение действительно только для автоматических выключателей T2-T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

³ Значение действительно только для автоматического выключателя T3 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁴ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 с магнитным расцепителем со стороны питания

⁵ Значение действительно только для автоматического выключателя T4 In160 со стороны питания

4 Координация защитных устройств

	T3		T4												T5	T2					T4				T5
B, C, N, S, H, L, V																									
	TM													EL											
	200	250	20	25	32	50	80	100	125	160	200	250	320-500	10	25	63	100	160	100, 160	250, 320	320-630				
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
	T	T	T	T ⁴	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T				
	T	T	7,5	7,5 ⁴	7,5	7,5	T	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T				
	T	T	5	5 ⁴	5	6,5	9	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T				
	T	T		5 ⁴	5	6,5	8	T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T				
	T	T		5 ⁴	4,5	6,5	8	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T				
	T	T				5	6,5	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T				
	T	T				5	6,5	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T				
	T	T				5 ⁴	6,5	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T				
	T	T				5	T	T	T	T	T	T	T				T	T	T	T	T				
	T	T				3,5 ⁴	T	T	T	T	T	T	T				10,5	10,5	T	T	T				
	T	T					T ⁴	T	T	T	T	T	T					10,5	T	T	T				

4 Координация защитных устройств

МССВ - Т1 при 415 В

Сторона нагрузки	Исполнение		Сторона питания	T1	T2						T3			T4									
			B C N	N, S, H, L						N, S			N, S, H, L, V										
			Расцепитель	TM	TM, M	EL				TM, M			TM, M										
	I _n [A]	160	160						250			250											
T1	B C N	TM	160	I _n [A]	160	160	25	63	100	160	160	200	250	50	80	100	125	160	200	250			
				16	3	3			3	3	3	3	4	5	10 ²	10	10	10	10	10	10		
				20	3	3			3	3	3	3	4	5	10 ²	10	10	10	10	10	10		
				25	3	3			3	3	3	3	4	5	10 ²	10	10	10	10	10	10		
				32	3	3				3	3	3	4	5		10 ¹	10	10	10	10	10		
				40	3	3				3	3	3	4	5		10 ¹	10	10	10	10	10		
				50	3	3				3	3	3	4	5			10 ¹	10	10	10	10		
				63	3	3					3	3	4	5				10 ¹	10	10	10		
				80							3		4	5						10	10		
				100										5						10 ¹	10		
				125																	10 ¹	10	
				160																			

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя с магнитным расцепителем на стороне питания

² Значение действительно только для расцепителей PR232/P, PR331/P и PR332/P

³ Имеется только с $I_n \leq 1250A$

4 Координация защитных устройств

	T4				T5						T6						T7			
	N, S, H, L, V				N, S, H, L, V						N, S, H, L						S, H, L, V³			
	EL				TM			EL			TM, M		EL			EL				
	250			320	400		630	400		630	630	800	630	800	1000	800	1000	1250	1600	
	100	160	250	320	320	400	500	320	400	630	630	800	630	800	1000	800²	1000²	1250	1600	
	10	10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	10	10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	10	10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	10	10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	10	10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	10	10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
		10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
			10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	

4 Координация защитных устройств

МССВ - Т2 при 415 В

Сторона нагрузки		Сторона питания		Исполнение		T1		T2						T3			T4											
						B C N	N, S, H, L						N, S			N, S, H, L, V												
Расцепитель		TM	TM,M	EL						TM, M			TM, M															
I _u [A]		160	160						250			250																
I _n [A]		160	160	25	63	100	160	160	200	250	20	25	32	50	80	100	125	160	200	250								
T2	N	TM	160	1,6-2,5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
				3,2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T						
				4-5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T					
				6,3	10	10	10	10	10	10	10	15	40	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T					
				8	10	10	10	10	10	10	10	15	40		T	T	T	T	T	T	T	T	T					
				10	10	10	10	10	10	10	10	15	40		T	T	T	T	T	T	T	T	T					
				12,5	3	3		3	3	3	3	4	5			T	T	T	T	T	T	T	T					
				16	3	3		3	3	3	3	4	5					70	70	70	70	70	70					
				20	3	3		3	3	3	3	4	5					55 ¹	55	55	55	55	55					
				25	3	3		3	3	3	3	4	5					40 ¹	40	40	40	40	40					
	S	TM	160	32	3	3			3	3	3	4	5					40 ¹	40	40	40	40	40					
				40	3	3			3	3	3	4	5					30 ¹	30 ¹	30	30	30	30					
				50	3	3			3	3	3	4	5					30 ¹	30 ¹	30	30	30	30					
				63	3	3				3	3	4	5					30 ¹	30 ¹	30 ¹	30	30	30					
				80						3	3 ¹	4	5						25 ¹	25 ¹	25 ¹	25	25					
				100								4	5							25 ¹	25 ¹	25 ¹	25					
				125																	25 ¹	25 ¹	25					
				160																		25 ¹						
				H	EL	160	10								3	4				25	25	25	25	25	25	25		
							25								3	4					25	25	25	25	25	25		
63											3	4								25	25	25	25					
100											3	4											25					
160												3	4															

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя с магнитным расцепителем на стороне питания

² Значение действительно только для расцепителей PR232/P, PR331/P и PR332/P

³ Имеется только с I_u ≤ 1250A

4 Координация защитных устройств

	T4				T5						T6					T7			
	N, S, H, L, V				N, S, H, L, V						N, S, H, L					S, H, L, V³			
	EL				TM			EL			TM, M		EL			EL			
	250		320		400		630	400		630	630	800	630	800	1000	800	1000	1250	1600
	100	160	250	320	320	400	500	320	400	630	630	800	630	800	1000	800²	1000²	1250	1600
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	70	70	70	70	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	55	55	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40	40	40	40	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40	40	40	40	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	30	30	30	30	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	30	30	30	30	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	30	30	30	30	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		25	25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		25	25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
			25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
			25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	25	25	25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	25	25	25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	25	25	25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		25	25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
			25	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

4 Координация защитных устройств

МССВ - Т3 при 415 В

Сторона нагрузки		Исполнение	Сторона питания	Т3			Т4			Т4							
				N, S			N, S, H, L, V			N, S, H, L, V							
				Расцепитель			TM, M			TM, M				EL			
				I _u [A]			250			250				250			320
Т3	N S	TM	250	I _n [A]	160	200	250	125	160	200	250	100	160	250	320		
				63	3	4	5	7 ¹	7	7	7	7	7	7	7		
				80	3 ¹	4	5		7 ¹	7	7		7	7	7		
				100		4 ¹	5		7 ¹	7 ¹	7		7	7	7		
				125					7 ¹				7	7			
				160									7	7			
				200										7			
				250													

¹ Значение действительно только для автоматического выключателя с магнитным расцепителем на стороне питания

² Значение действительно только для расцепителей PR232/P, PR331/P и PR332/P

³ Имеется только с $I_u \leq 1250A$

МССВ - Т4 при 415 В

				Сторона питания		Т5						Т6						Т7								
		Исполнение				N, S, H, L, V						N, S, H, L						S, H, L, V ¹								
		Расцепитель				TM			EL			TM, M			EL			EL								
Сторона нагрузки	Т4	N	S	H	L	V	I _u [A]		400	630	400	630	630	800	630	800	1000	800	1000	1250	1600					
							I _n [A]		320	400	500	320	400	630	630	800	630	800	1000	800 ²	1000 ²	1250	1600			
							TM	250	20	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									32	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									80	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									100		50	50	50	50	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									125			50	50	50	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									160				50	50	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
200				50	50	50			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
250					50	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T									
EL	250	100	50	50	50	50	50	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
		160	50	50	50	50	50	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T								
		250			50		50	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
		320	320					50	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							

¹ Имеется только с $I_u \leq 1250A$

² Значение действительно только для расцепителей PR232/P, PR331/P и PR332/P

4 Координация защитных устройств

	T5						T6						T7			
	N, S, H, L, V						N, S, H, L						S, H, L, V ³			
	TM			EL			TM, M			EL			EL			
	400	630		400	630		630	800	630	800	1000		800	1000	1250	1600
	320	400	500	320	400	630	630	800	630	800	1000		800 ²	1000 ²	1250	1600
	25	25	25	25	25	25	T	T	T	T	T		T	T	T	T
	25	25	25	25	25	25	T	T	T	T	T		T	T	T	T
	25	25	25	25	25	25	40	T	40	T	T		T	T	T	T
	20	20	20	20	20	20	36	T	36	T	T		T	T	T	T
			20	20	20	20	36	T	36	T	T		T	T	T	T
				20	20	20	30	T	30	T	T		T	T	T	T
				20	20	20	30	40	30	40	40		T	T	T	T

МССВ - T5 при 415 В

		Сторона питания		T6						T7			
		Исполнение		N, S, H, L						S, H, L, V ¹			
		Расцепитель		TM, M			EL			EL			
		I _u [A]		630	800	630	800	1000		800	1000	1250	1600
		I _n [A]		630	800	630	800	1000		800 ²	1000 ²	1250	1600
Сторона нагрузки	T5	N S H L V	TM	400	320	30	30	30	30	T	T	T	T
				400	400		30	30	30	T	T	T	T
				630	500			30	30	T	T	T	T
				400	320	30	30	30	30	T	T	T	T
			EL	400	400	30	30	30	30	T	T	T	T
				630	500			30	30	T	T	T	T
				400	320	30	30	30	30	T	T	T	T
				630	400			30	30	T	T	T	T

¹ Имеется только с $I_u \leq 1250A$

² Значение действительно только для расцепителей PR232/P, PR331/P и PR332/P

МССВ - T6 при 415 В

				Сторона питания	T7			
Сторона нагрузки		Исполнение		S, H, L, V ¹				
				EL				
		Расцепитель						
		I _u [A]		800	1000	1250	1600	
			I _n [A]	800 ²	1000 ²	1250	1600	
T6	N S H L V	TM	630	630			40	40
			800	800			40	40
		EL	630	630	40	40	40	40
			800	800	40	40	40	40
			1000	1000			40	40

¹ Имеется только с $I_u \leq 1250 A$, максимальное значение селективности: 15 кА

² Значение действительно только для расцепителей PR232/P, PR331/P и PR332/P

4 Координация защитных устройств

АСВ - МССВ при 415 В

Сторона нагрузки	Сторона питания		X1			E1		E2				E3					E4			E6	
	Исполнение		B	N	L	B	N	B	N	S	L'	N	S	H	V	L'	S	H	V	H	V
	Расцепитель		EL			EL		EL				EL					EL			EL	
	I _n [A]		800	800	800	800	800	1600	1000	800	1250	2500	1000	800	800	2000	4000	3200	3200	4000	3200
T1	B	TM	160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	C		160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	N		160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T2	N	TM,EL	160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T3	N	TM	250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T4	N	TM,EL	250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T5	N	TM,EL	400	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		400	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		400	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		400	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T6	N	TM,EL	630	T	T	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		630	T	T	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		630	T	T	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		630	T	T	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T7	N	EL	800	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		800	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		800	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		800	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T8	N	EL	1000	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		1000	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		1000	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		1000	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T9	N	EL	1250	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		1250	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		1250	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		1250	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T10	N	EL	1600	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	S		1600	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H		1600	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L		1600	T	42	15	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Таблица действительна для автоматических выключателей Emax только с расцепителями PR121/Р, PR122/Р и PR123/Р

¹ Emax L автоматический выключатель только с расцепителями PR122/Р и PR123/Р

² Имеется только с I_u ≤ 1250 А

4 Координация защитных устройств

МССВ - Tmax T1, T2 при 400/415 В

				Сторона питания	T4		T5			T6			
Сторона нагрузки		Исполнение		Расцепитель		L							
						PR223EF ¹						PR223EF	
				I _u [A]		250	320	400		630	800		
			I _n [A]	250	320	320	400	630	630	800			
T1	B, C, N	TM	160	16-100	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т		
				125	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	
				160	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	
T2	N,S,H,L	TM, EL	160	10-100	75 ²	75 ²	Т	Т	Т	Т	Т		
				125	75 ²	75 ²	Т	Т	Т	Т	Т	Т	
				160	75 ²	75 ²	Т	Т	Т	Т	Т	Т	

¹ Расцепитель во вспомогательном источнике питания и функция задержки срабатывания, установлены на ON (ВКЛ)

² Выберите самое низкое значение из указанных в зависимости от отключающей способности автоматического выключателя со стороны питания

МССВ - Tmax T4, T5, T6 при 400/415 В

				Сторона питания	T4		T5			T6	
Сторона нагрузки		Исполнение		L							
				PR223EF							
		I _u [A]		250	320	400		630	800		
			I _n [A]	250	320	320	400	630	630	800	
T4	L	PR223EF	250	160	T	T	T	T	T	T	T
				250	T	T	T	T	T	T	T
			320	320		T	T	T	T	T	T
T5	L	PR223EF	400	320			T	T	T	T	T
				400				T	T	T	T
			630	630					T	T	T
T6	L	PR223EF	630	630						T	T
			800	800							

Таблица действительна для расцепителя с вспомогательным источником питания, подключенным через экранированную витую пару, как указано в инструкциях по установке 1SDH000538R0002

4 Координация защитных устройств

4.3 Таблицы резервирования

В приведенных в данном разделе таблицах указано значение тока КЗ (в кА), до которого обеспечивается резервная защита для выбранной комбинации автоматических выключателей в диапазоне напряжений от 240 до 415 В. В данных таблицах рассматриваются все возможные комбинации автоматических выключателей в литом корпусе Tmax, а также комбинации вышеупомянутых автоматических выключателей и модульных выключателей АББ.

Примечания для правильного применения таблиц координации:

Tmax при 415 В (перем. тока)	
Исполнение	Icu [кА]
B	16
C	25
N	36
S	50
H	70
L (для T2)	85
L (для T4-T5)	120
L (для T6)	100
V (для T7)	150
V	200

Emax при 415 В (перем. тока)	
Исполнение	Icu [кА]
B	42
N	65*
S	75**
H	100
L	130***
V	150****

* Для Emax E1 исполнения N Icu=50 кА

** Для Emax E2 исполнения S Icu=85 кА

*** Для Emax X1 исполнения L Icu=150 кА

**** Для Emax E3 исполнения V Icu=130 кА

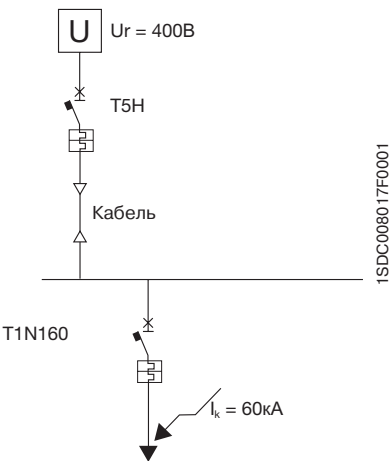
Обозначения

МССВ - автоматический выключатель в литом корпусе АСВ - воздушный автоматический выключатель ТМ = термоманитный расцепитель – ТМД (Тmax) – ТМА (Тmax) М = магнитный расцепитель – MF (Тmax) – МА (Тmax) EL = электронный расцепитель	МСВ - модульный автоматический выключатель: В = характеристика срабатывания (I3=3...5In) С = характеристика срабатывания (I3=5...10In) D = характеристика срабатывания (I3=10...20In) K = характеристика срабатывания (I3=8...14In) Z = характеристика срабатывания (I3=2...3In)
--	---

4 Координация защитных устройств

Пример:

Из таблицы координации на странице 143 можно сделать следующий вывод: автоматические выключатели типа T5H и T1N скоординированы в резервной защите до значения 65 кА (более высокое значение, чем значение тока КЗ, измеренное в точке подключения), хотя максимальная отключающая способность автоматического выключателя T1N при напряжении 415 В составляет 36 кА.



МСВ - МСВ при 240 В (двухполюсные автоматические выключатели)

		Сторона питания		S200	S200M	S200P		S280	S290	S800
		Характеристика срабатывания		B-C	B-C	B-C		B-C	C	B-C
Сторона нагрузки		I_{cu} [kA]		20	25	40	25	20	25	100
		I_n [A]		0,5..63	0,5..63	0,5..25	32..63	80, 100	80..125	10..125
S931N	C	4.5	2..40	20	25	40	25	15	15	100
S941N	B,C	6	2..40	20	25	40	25	15	15	100
S951N	B,C	10	2..40	20	25	40	25	15	15	100
S971N	B,C	10	2..40	20	25	40	25	15	15	100
S200	B,C,K,Z	20	0,5..63		25	40	25			100
S200M	B,C	25	0,5..63			40				100
S200P	B,C, D,K,Z	40	0,5..25							100
		25	32..63							100
S280	B,C	20	80, 100							
S290	C,D	25	80..125							

4 Координация защитных устройств

МССВ при 415 В - МСВ при 240 В

			Сторона питания ¹	T1	T1	T1	T2	T3	T2	T3	T2	T2
			Исполнение	B	C	N			S		H	
Сторона нагрузки	Характ. сраб.	I _n [A]	I _{cu} [kA]	16	25	36			50		70	85
S931 N	C	2..25	4.5	16	16	16	20	10	20	10	20	20
		32, 40		10	10	10	16		16		16	16
S931 N	B,C	2..25	6	16	16	16	20	10	20	10	20	20
		32, 40		10	10	10	16		16		16	16
S931 N	B,C	2..25	10	16	16	16	25	16	25	16	25	25
		32, 40					16		16		16	16
S931 N	B,C	2..25	10	16	16	16	25	16	25	16	25	25
		32, 40					16		16		16	16

¹ Автоматический выключатель со стороны питания 4Р (цепь выключателя со стороны нагрузки разветвляется между каждой из фаз и нейтралью)

МСВ - МСВ при 415 В

Сторона нагрузки	Характеристика срабатывания	I _{cu} [kA]	I _n [A]	Сторона питания	S200	S200M	S200P		S280	S290	S800N	S800S
				Исполнение	B-C	B-C	B-C		B-C	C	B-C-D	B-C-D-K
					10	15	25	15	6	15	36	50
S200	B,C,K,Z	10	0,5..63			15	25	15		15	36	50
							25				36	50
S200M	B,C	15	0,5..63				25				36	50
S200P	B,C, D,K,Z	25	0,5..25								36	50
		15	32..63								36	50
S280	B,C	6	80, 100									
S290	C,D	15	80..125									
S800N	B,C,D	36	25..125									
S800S	B,C,D,K	50	25..125									

4 Координация защитных устройств

МССВ - МСВ при 415 В

Сторона нагрузки	Характ. сраб.	I _n [A]	Сторона питания Исполнение	T1	T1	T1	T2	T3	T4	T2	T3	T4	T2	T4	T2	T4	T4
				В	С	N				S			H		L		V
				16	25	36				50			70		85		200
S200	B,C,K,Z	0,5..10	10	16	25	30	36	36	36	36	40	40	40	40	40	40	40
		13..63															
S200M	B,C	0,5..10	15	16	25	30	36	36	36	50	40	40	70	40	85	40	40
		13..63															
S200P	B,C, D,K,Z	0,5..10	25			30	36	36	36	50	40	40	70	40	85	40	40
		13..25				30	36	30	36	50	30	40	60	40	60	40	40
		32..63	15	16	25	30	36	25	36	50	25	40	60	40	60	40	40
S280	B,C	80, 100	6	16	16	16	36	16	30	36	16	30	36	30	36	30	30
S290	C,D	80..125	15	16	25	30	36	30	30	50	30	30	70	30	85	30	30
S800N	B,C,D	36	25..125										70	70	85	120	200
S800S	B,C,D,K	50	25..125										70	70	85	120	200

МССВ - МССВ при 415 В

		Сторона питания	T1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T2	T4	T5	T6	T7	T4	T5						
		Исполнение	C	N						S						H			L	L		L		V				
Сторона нагрузки	Испол- нение	I _{сш} [kA]	25	36						50						70			85	120		100 ¹		200				
		T1	B	16	25	36	36	36	30	30	30	50	50	36	36	36		70	40	40	40		85	50	50		85	65
T1	C	25		36	36	36	36	36	36	36	50	50	40	40	50	50	70	65	65	65	50	85	85	85	70	50	130	100
T1	N	36									50	50	50	50	50	50	70	65	65	65	50	85	100	100	70	50	200	120
T2											50	50	50	50	50	50	70	65	65	65	65	85	100	100	85	85	200	120
T3												50	50	50	50	50		65	65	65	50		100	100	100	50	200	120
T4													50	50	50	50		65	65	65	50		100	100	65	65	200	120
T5														50	50	50			65	65	50			100	85	65		120
T6															50	40				65	40				70	50		
T2	S	50															70	70	70	70	85	100	100	85	85	200	130	
T3																		70	70	70			100	100	100		200	150
T4																		70	70	70	70		100	100	85	85	200	150
T5																			70	70	70			100	85	85		150
T6																				70					85	85		
T2	H	70																			85	120	120	85	85	200	150	
T4																							120	120	100	100	200	180
T5																								120	100	100		180
T6																									100	85		
T2	L	85																				120	120			200	180	
T4		120																								200	200	
T5																											200	

¹ 120 кА для Т7

4 Координация защитных устройств

4.4 Таблицы координации между автоматическими выключателями и выключателями-разъединителями

В приведенных таблицах указано значение тока КЗ (в кА), до которого выполняется условие резервирования защиты для предварительно выбранной комбинации автоматического выключателя и выключателя-разъединителя в диапазоне напряжений от 380 до 415 В. В данных таблицах рассматриваются возможные комбинации автоматических выключателей в литом корпусе серии Tmax и полученных на их основе выключателей-разъединителей.

415 В					
	T1D 160	T3D 250	T4D 320	T5D 400	
T1B					
T1C					
T1N					
T2N					
T2S					
T2H					
T2L					
T3N					
T3S					
T4N		36*			
T4S		50*			
T4H		70*			
T4L		120*			
T4V		200*			
T5N					
T5S					
T5H					
T5L					
T5V					
T6N					
T6S					
T6H					
T6L					
T7S					
T7H					
T7L					
T7V					

* только для T4 250 или T4 320 с уставкой I1 - 250 А.

4 Координация защитных устройств

Примечания для правильного применения таблиц координации:

Тmax при 415 В (перем. тока)	
Исполнение	Icu [кА]
B	16
C	25
N	36
S	50
H	70
L (для T2)	85
L (для T4-T5)	120
L (для T6)	100
V (для T7)	150
V	200

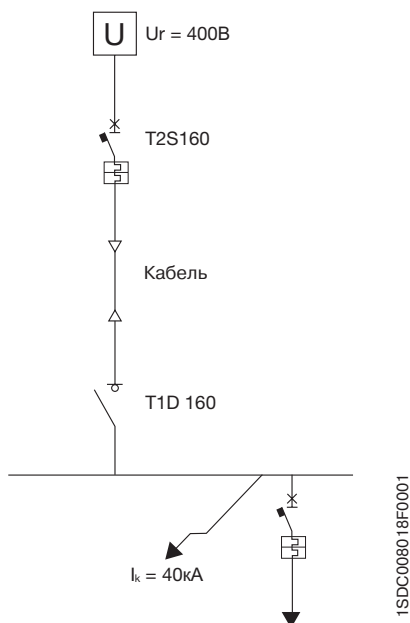
Выключатель нагрузки-разъединитель						
T5D 630	T6D 630	T6D 800	T6D 1000	T7D 1000	T7D 1250	T7D 1600
		16				
		25				
		36				
		36				
		50				
		70				
		85				
		36				
		50				
			36			
			50			
			70			
			120			
			200			
				36		
				50		
				70		
				120		
				200		
					36	
					50	
					65	
					100	
					50	
					70	
					120	
					150	

1SDC008037F0201

4 Координация защитных устройств

Пример:

Из таблицы координации на странице 144-145 видно, что автоматический выключатель T2S160 способен защитить выключатель-разъединитель T1D160 от тока КЗ до 50 кА (более высокое значение, чем значение тока КЗ в указанной на рисунке точке аварии). Также выполняется условие защиты от перегрузки, поскольку номинальный ток автоматического выключателя не превышает ток выключателя-разъединителя.



4 Координация защитных устройств

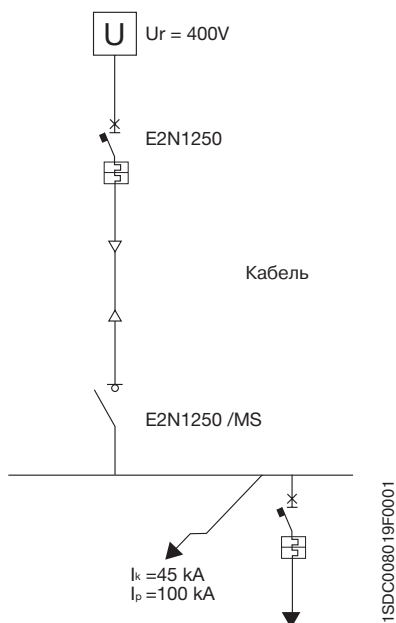
Пример:

Чтобы сделать правильный выбор устройств защиты, выключатель-разъединитель надо защитить от перегрузок аппаратом с номинальным током не больше тока выключателя-разъединителя, а в условиях КЗ необходимо удостовериться, что:

$$\begin{aligned} I_{cw} &\geq I_k \\ I_{cm} &\geq I_p \end{aligned} \quad \text{где} \quad \begin{aligned} I_k &- \text{ток КЗ} \\ I_p &- \text{пиковое значение тока при КЗ} \end{aligned}$$

Поэтому, с учетом электрических параметров отдельных аппаратов, выбирается выключатель-разъединитель Emax E2N1250/MS и автоматический выключатель E2N1250. Т.е.:

$$\begin{aligned} I_{cw} (E2N / MS) &= 55 \text{ кА} > 45 \text{ кА} \\ I_{cm} (E2N / MS) &= 143 \text{ кА} > 100 \text{ кА} \end{aligned}$$



5 Специальные области применения

5.1 Электрические сети постоянного тока

Основные области применения сетей постоянного тока:

- Аварийное электропитание или вспомогательные системы:
постоянный ток применяется из-за необходимости использования резервного источника энергии, который позволяет питать такие важные системы, как системы защиты, вспомогательного освещения, систем аварийной сигнализации, больничные и промышленные системы, системы центров обработки данных и т.д., например, от аккумуляторных батарей.
- Электрическая тяга:
преимущества, предлагаемые при использовании двигателей постоянного тока, такие как автоматическое регулирование и одиночные линии питания, приводят к широкому применению постоянного тока в сети железных дорог, подземных рельсовых путей, трамваях, лифтах и общественном транспорте в целом.
- Промышленные установки особого назначения:
существует ряд электролитических технологических установок и систем, для которых необходимо электроснабжение постоянного тока.

Типичное применение автоматических выключателей включает защиту кабелей, аппаратов и работу электродвигателей.

Факторы, учитываемые при прерывании постоянного тока

Разъединение мощных сетей постоянного тока является более сложной задачей, чем сетей переменного тока. Переменный ток падает до нуля каждый полупериод, что соответствует самопроизвольному гашению дуги, возникающей при размыкании цепи.

Постоянный ток не обладает такой характеристикой, и поэтому для гашения дуги необходимо понизить ток до нуля.

Время гашения постоянного тока, при всех прочих равных условиях, пропорционально постоянной времени для цепи $T = L/R$.

Необходимо, чтобы прерывание тока происходило постепенно, без резкого его отключения, что могло бы вызвать большие перенапряжения. Этого можно добиться, растянув и охладив дугу так, чтобы ввести более высокое сопротивление в цепь.

Энергетические характеристики цепи в зависимости от уровня напряжения установки требуют применения автоматических выключателей в соответствии со схемами подключения, в которых полюсы выключателей расположены последовательно для увеличения их эффективности в случае КЗ. Отключающая способность коммутирующего аппарата повышается с увеличением количества размыкающих цепь контактов, и поэтому сопротивление дуги становится больше.

Это также означает, что при возрастании напряжения питания установки должно возрастать и количество разъединителей тока, а значит, последовательно подключенных выключателей.

5 Специальные области применения

Расчет тока короткого замыкания аккумуляторной батареи

Ток короткого замыкания на выводах аккумуляторной батареи может быть указан изготовителем батареи или рассчитан по следующей формуле:

$$I_k = \frac{U_{Max}}{R_i}$$

где:

- U_{Max} - максимальное напряжение заряженной батареи (напряжение холостого хода);
- R_i - внутреннее сопротивление элементов батареи.

Внутреннее сопротивление обычно указывается изготовителем, но его можно рассчитать по разрядным характеристикам, получаемым посредством испытания, как подробно описано в Стандарте МЭК 60896 – 1 или МЭК 60896 – 2.

Например, батарея напряжением 12,84 В и внутренним сопротивлением 0,005 Ом создает на выводах ток КЗ 2568 А.

В условиях короткого замыкания ток КЗ в начальные моменты возрастает очень быстро, достигает пикового значения и затем снижается вместе с разрядным напряжением батареи. Естественно, что такое высокое значение тока КЗ вызывает сильный нагрев внутри батареи из-за внутреннего сопротивления, что может привести к взрыву. Поэтому очень важно предотвратить и/или свести к минимуму токи КЗ в системах постоянного тока, питаемых от аккумуляторных батарей.

Критерии выбора автоматических выключателей

Для правильного выбора автоматического выключателя с целью защиты сети постоянного тока, необходимо учесть следующие факторы:

- 1) ток нагрузки, согласно которому может быть определен размер выключателя и уставка срабатывания по сверхтоку термомангнитного расцепителя;
- 2) номинальное напряжение установки, согласно которому определяется количество подключаемых последовательно полюсов, позволяя таким образом повысить отключающую способность аппарата;
- 3) на выбор выключателя влияет ожидаемый ток короткого замыкания в установке;
- 4) тип электрической сети, особенно тип заземления.

Примечание: при использовании четырехполюсных автоматических выключателей нейтраль должна иметь уставку на 100%.

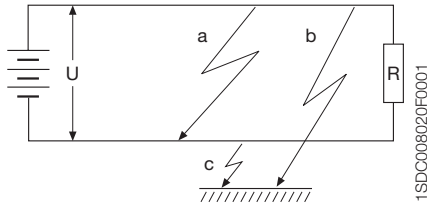
Типы электрических сетей постоянного тока

Сети постоянного тока могут быть реализованы:

- с обеими полярностями, изолированными от земли;
- с одной полярностью, подключенной к земле;
- со средней точкой, подключенной к земле.

5 Специальные области применения

Сеть с обеими полярностями, изолированными от земли



- Короткое замыкание а: короткое замыкание, с пренебрежимо малым полным сопротивлением, между двумя полярностями создает ток КЗ, согласно которому обе полярности вносят свой вклад в полное напряжение, по которому должна выбираться отключающая способность автоматического выключателя.
- Короткое замыкание b: короткое замыкание между полярностью и землей не имеет последствий с точки зрения работы установки.
- Короткое замыкание c: вновь короткое замыкание между полярностью и землей не имеет последствий с точки зрения работы установки.

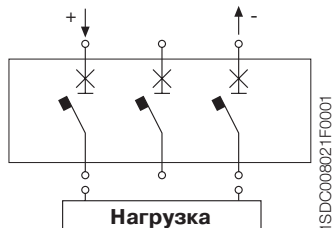
В изолированных сетях необходимо установить устройство, способное сигнализировать о наличии короткого замыкания полярности на землю для его предотвращения. В худшем случае, когда происходит короткое замыкание второй полярности, выключатель, возможно, должен будет прервать ток КЗ при полном напряжении, приложенном к одной полярности, и поэтому с отключающей способностью, которой может оказаться недостаточно.

В сетях с обеими полярностями, изолированными от земли, уместно разделить количество полюсов выключателя, необходимых для прерывания тока в цепи каждой полярности (положительной и отрицательной) таким образом, чтобы получить отдельные цепи.

Необходимо использовать следующие схемы подключения:

Схема А

Трехполюсный автоматический выключатель с одним полюсом на полярность



5 Специальные области применения

Схема В

Трехполюсный автоматический выключатель с двумя последовательно соединенными полюсами для одной полярности и одним полюсом для другой полярности (1)

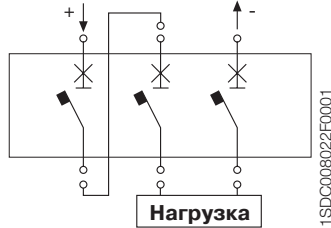


Схема Г

Четырехполюсный автоматический выключатель с двумя параллельно соединенными полюсами каждой из полярностей.

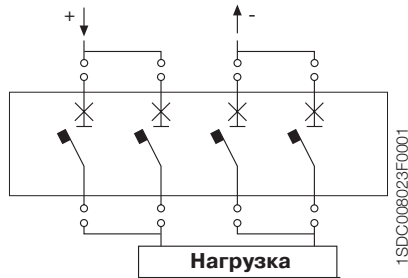
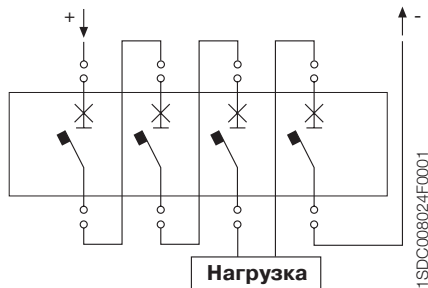


Схема Е

Четырехполюсный автоматический выключатель с тремя последовательно соединенными полюсами для одной полярности и одним полюсом для другой полярности (1)

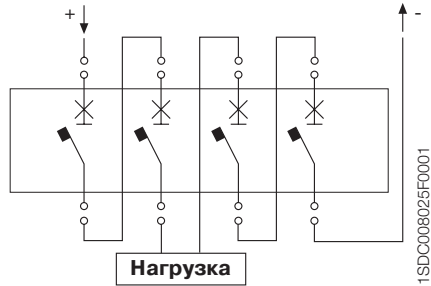


(1) Не рекомендуется делить полюсы выключателя на неравные части, поскольку при таком типе сети второе короткое замыкание на землю может привести к тому, что один полюс будет работать в условиях КЗ при полном напряжении. В таких условиях необходимо установить устройство, способное сигнализировать о наличии короткого замыкания на землю или утрате изоляции одной полярности.

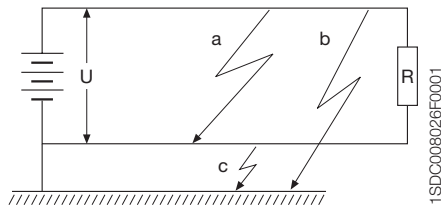
5 Специальные области применения

Схема F

Четырехполюсный автоматический выключатель с двумя последовательно соединенными полюсами каждой из полярностей.



Сеть с одной полярностью, подключенной к земле



- Короткое замыкание a: короткое замыкание между двумя полярностями создает ток КЗ, согласно которому обе полярности вносят свой вклад с полным напряжением U , по которому выбирается отключающая способность выключателя.
- Короткое замыкание b: короткое замыкание на одной полярности, не подключенной к земле, создает ток КЗ, который включает защиту от сверхтока в соответствии с сопротивлением земли.
- Короткое замыкание c: короткое замыкание между полярностью, подключенной к земле, и землей не имеет последствий с точки зрения работы установки.

В сети с одной полярностью, подключенной к земле, все полюсы выключателя, нуждающиеся в защите, должны быть подключены последовательно на незаземленной полярности. Если требуется полное разъединение, следует выделить еще один полюс выключателя для заземленной полярности.

5 Специальные области применения

Необходимо использовать следующие схемы подключения с разделением цепей:

Схема А

Трехполюсный автоматический выключатель с одним полюсом на полярность

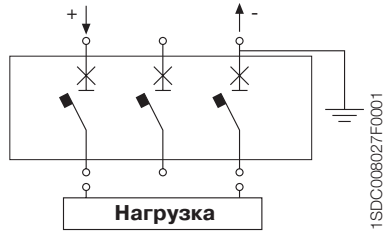


Схема В

Трехполюсный автоматический выключатель с двумя последовательно подключенными полюсами на одной полярности, не соединенной с землей, и одним полюсом на другой полярности.

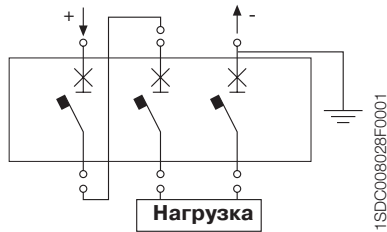
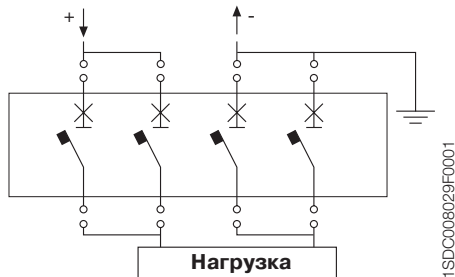


Схема Г

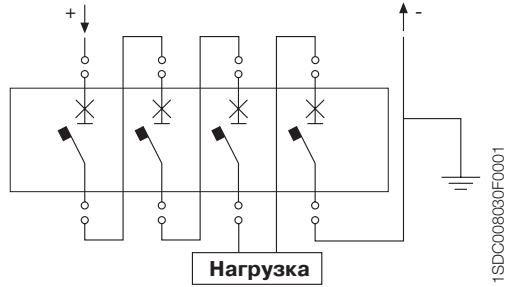
Четырехполюсный автоматический выключатель с двумя параллельно соединенными полюсами каждой из полярностей



5 Специальные области применения

Схема Е

Четырехполюсный автоматический выключатель с тремя последовательно подключенными полюсами на одной полярности, не соединенной с землей, и одним полюсом на другой полярности



Можно также использовать следующие схемы подключения без разделения цепей:

Схема С

Трехполюсный автоматический выключатель с тремя последовательно соединенными полюсами

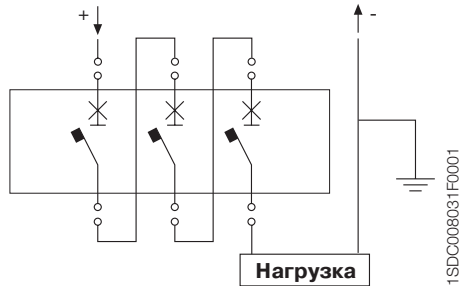
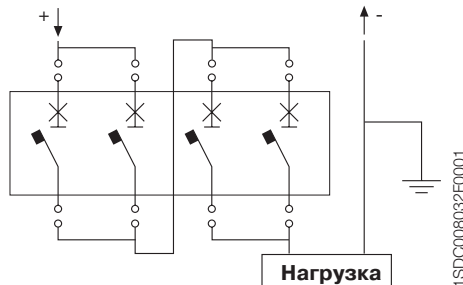


Схема Н

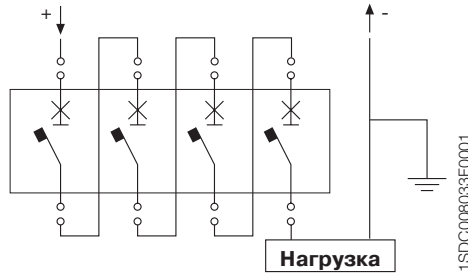
Четырехполюсный автоматический выключатель с последовательным соединением двух пар параллельных полюсов



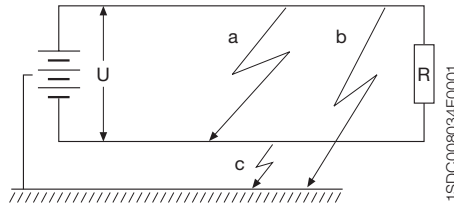
5 Специальные области применения

Схема D

Четырехполюсный автоматический выключатель с четырьмя последовательно соединенными полюсами на одной полярности, не подключенной к земле



Сеть со средней точкой, подключенной к земле



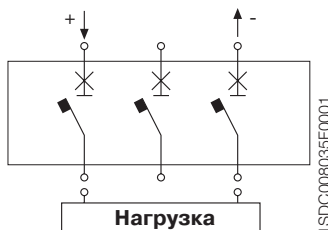
- Короткое замыкание а: короткое замыкание между двумя полярностями создает ток КЗ, согласно которому обе полярности вносят свой вклад с полным напряжением U , по которому выбирается отключающая способность выключателя.
- Короткое замыкание b: короткое замыкание между полярностью и землей создает ток КЗ меньший, чем ток КЗ между двумя полярностями, поскольку он поступает с напряжением, равным $0,5 U$.
- Короткое замыкание c: короткое замыкание в этом случае аналогично предыдущему случаю, но относится к отрицательной полярности.

В сети со средней точкой, подключенной к земле, обе полярности должны проходить через автоматический выключатель.

Необходимо использовать следующие схемы подключения:

Схема A

Трехполюсный автоматический выключатель с одним полюсом на полярность



5 Специальные области применения

Схема G

Четырехполюсный автоматический выключатель с двумя параллельно соединенными полюсами каждой из полярностей.

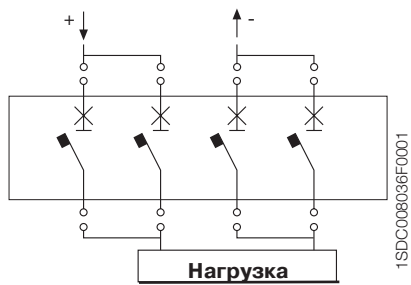
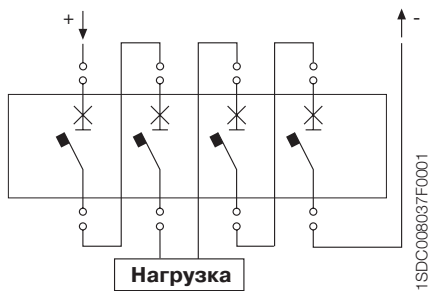


Схема F

Четырехполюсный автоматический выключатель с двумя последовательно соединенными полюсами каждой из полярностей



Использование коммутирующих устройств при постоянном токе

Параллельное соединение полюсов выключателя

В соответствии с количеством параллельно соединенных полюсов, необходимо применять коэффициенты, приведенные в следующей таблице:

Таблица 1: Поправочные коэффициенты для параллельно соединенных полюсов

количество параллельных полюсов	2	3	4 (нейтраль 100%)
понижающий коэффициент нагрузочной способности по постоянному току	0,9	0,8	0,7
нагрузочная способность по току выключателя	1,8xIn	2,4xIn	2,8xIn

Внешние соединения от выводов выключателя должны выполняться пользователем таким образом, чтобы обеспечить идентичные условия протекания тока через каждый из полюсов.

5 Специальные области применения

Пример:

Для автоматического выключателя Tmax T6N800 In800 с тремя параллельно соединенными полюсами, надо взять коэффициент 0,8, поэтому максимальный проводимый ток составит $0,8 \cdot 3 \cdot 800 = 1920$ А.

Характеристики тепловых расцепителей

Поскольку работа этих расцепителей основана на тепловых явлениях, создаваемых протекающим током, их можно использовать и с постоянным током, при этом их характеристики не изменяются.

Характеристики магнитных расцепителей

Значения порога срабатывания магнитных расцепителей переменного тока, используемых для постоянного тока, надо умножить на следующий коэффициент (k_m), в зависимости от выключателя и схемы соединения:

Таблица 2: Значения коэффициента k_m

Автоматический выключатель	схема А	схема В	схема С	схема D	схема Е	схема F	схема G	схема H
T1	1,3	1	1	-	-	-	-	-
T2	1,3	1,15	1,15	-	-	-	-	-
T3	1,3	1,15	1,15	-	-	-	-	-
T4	1,3	1,15	1,15	1	1	1	-	-
T5	1,1	1	1	0,9	0,9	0,9	-	-
T6	1,1	1	1	0,9	0,9	0,9	1,1	1

Пример

Характеристики:

- Сеть постоянного тока, подключенная к земле;
- Номинальное напряжение $U_r = 250$ В;
- Ток короткого замыкания $I_k = 32$ кА
- Ток нагрузки $I_b = 230$ А

Из Таблицы 3 выберем трехполюсный выключатель Tmax T3N250 In = 250 А с соединением, показанным на схеме В (два последовательно соединенных полюса для полярности, не подключенной к земле, и один полюс для полярности, подключенной к земле).

Из Таблицы 2, в соответствии со схемой В и выключателем Tmax T3, выбираем коэффициент $k_m = 1,15$; поэтому номинальное срабатывание магнитного расцепителя произойдет при токе 2875 А (с учетом допускаемого отклонения, срабатывание произойдет при значении тока между 2300 А и 3450 А).

5 Специальные области применения

В таблице ниже приведены значения отключающей способности различных автоматических выключателей для постоянного тока. Количество соединяемых последовательно полюсов, гарантирующих отключающую способность, приводится в скобках.

Таблица 3: Отключающая способность по постоянному току в зависимости от напряжения

Автоматический выключатель	Номинальный ток [A]	Отключающая способность [кА] при номинальном напряжении:			
		≤ 125 [В] ¹	250 [В]	500 [В]	750 [В]
T1B160	16 ÷ 160	16 (1 п)	20 (3 п) - 16 (2 п)	16 (3 п)	
T1C160	25 ÷ 160	25 (1 п)	30 (3 п) - 25 (2 п)	25 (3 п)	
T1N160	32 ÷ 160	36 (1 п)	40 (3 п) - 36 (2 п)	36 (3 п)	
T2N160	1,6 ÷ 160	36 (1 п)	40 (3 п) - 36 (2 п)	36 (3 п)	
T2S160	1,6 ÷ 160	50 (1 п)	55 (3 п) - 50 (2 п)	50 (3 п)	
T2H160	1,6 ÷ 160	70 (1 п)	85 (3 п) - 70 (2 п)	70 (3 п)	
T2L160	1,6 ÷ 160	85 (1 п)	100 (3 п) - 85 (2 п)	85 (3 п)	
T3N250	63 ÷ 250	36 (1 п)	40 (3 п) - 36 (2 п)	36 (3 п)	
T3S250	63 ÷ 250	50 (1 п)	55 (3 п) - 50 (2 п)	50 (3 п)	
T4N250/320	20 ÷ 250	36 (1 п)	36 (2 п)	25 (2 п)	16 (3 п)
T4S250/320	20 ÷ 250	50 (1 п)	50 (2 п)	36 (2 п)	25 (3 п)
T4H250/320	20 ÷ 250	70 (1 п)	70 (2 п)	50 (2 п)	36 (3 п)
T4L250/320	20 ÷ 250	100 (1 п)	100 (2 п)	70 (2 п)	50 (3 п)
T4V250/320	20 ÷ 250	100 (1 п)	100 (2 п)	100 (2 п)	70 (3 п)
T5N400/630	320 ÷ 500	36 (1 п)	36 (2 п)	25 (2 п)	16 (3 п)
T5S400/630	320 ÷ 500	50 (1 п)	50 (2 п)	36 (2 п)	25 (3 п)
T5H400/630	320 ÷ 500	70 (1 п)	70 (2 п)	50 (2 п)	36 (3 п)
T5L400/630	320 ÷ 500	100 (1 п)	100 (2 п)	70 (2 п)	50 (3 п)
T5V400/630	320 ÷ 500	100 (1 п)	100 (2 п)	100 (2 п)	70 (3 п)
T6N630/800	630-800	36 (1 п)	36 (2 п)	20 (2 п)	16 (3 п)
T6S630/800	630-800	50 (1 п)	50 (2 п)	35 (2 п)	20 (3 п)
T6H630/800	630-800	70 (1 п)	70 (2 п)	50 (2 п)	36 (3 п)
T6L630/800	630-800	100 (1 п)	100 (2 п)	65 (2 п)	50 (3 п)

¹ Минимально допустимое напряжение 24 В (пост. тока).

5 Специальные области применения

5.2 Электрические сети с особыми частотами 400 Гц и 16 2/3 Гц

С переменным током с частотой, отличной от 50/60 Гц (частоты, к которым относятся номинальные характеристики устройства переменного тока), можно использовать стандартные серийные выключатели, если применить к ним коэффициенты снижения номинальных параметров.

5.2.1 Электрические сети с частотой 400 Гц

При высоких частотах рабочие характеристики автоматических выключателей повторно классифицируются для учета следующих явлений:

- усиление скин-эффекта и увеличение индуктивного реактивного сопротивления, прямо пропорциональное частоте, что приводит к перегреву проводников или медных компонентов в выключателе, которые проводят ток;
- удлинение петли гистерезиса и снижение величины магнитного насыщения с последующим изменением сил, связанных с электромагнитным полем при данном значении тока.

Как правило, это явление оказывает влияние на характеристики терромагнитных расцепителей и частей автоматического выключателя, предназначенных для прерывания тока.

Таблицы ниже относятся к автоматическим выключателям с терромагнитными расцепителями с отключающей способностью менее 36 кА. Как правило, это значение более чем достаточно для защиты использующих такую частоту установок, обычно характеризующихся довольно низкими токами короткого замыкания.

Как видно из приведенных данных, порог срабатывания теплового элемента (I_n) уменьшается при увеличении частоты из-за пониженной проводимости материалов и усиления сопутствующих тепловых явлений; как правило, снижение номинальных параметров составляет 10%.

И наоборот, порог срабатывания магнитного расцепителя (I_3) увеличивается при увеличении частоты.

5 Специальные области применения

Таблица 1: Рабочие характеристики выключателей Tmax T1 16-63 A TMD

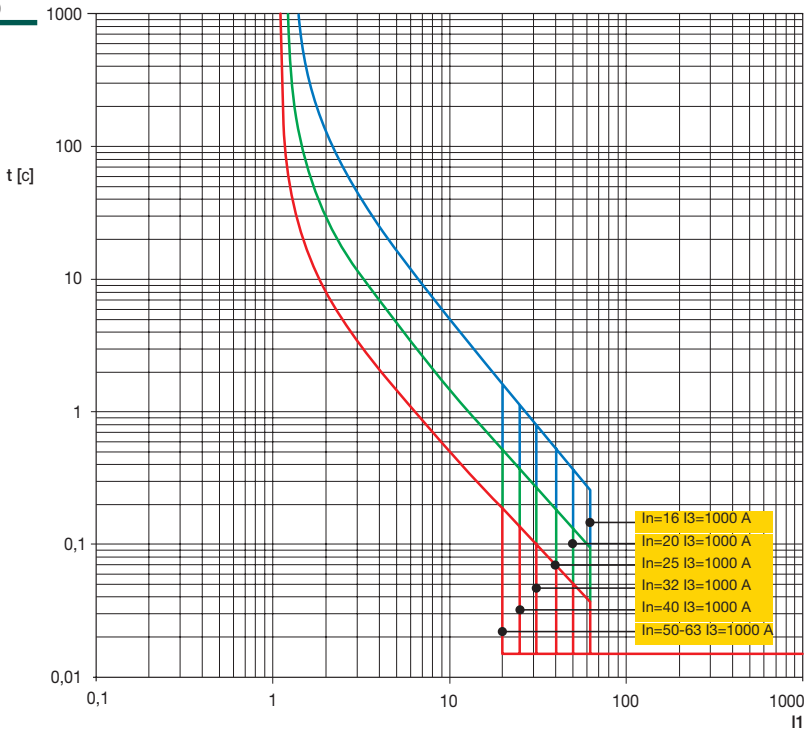
			I1 (400 Гц)			I3		
			МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50 Гц)	Km	I3 (400 Гц)
T1B 160			10	12	14	500	2	1000
T1C 160	In16		12	15	18	500	2	1000
T1N 160	In20		16	19	22	500	2	1000
	In25		20	24,5	29	500	2	1000
	In32		25	30,5	36	500	2	1000
	In40		31	38	45	500	2	1000
	In50		39	48	57	630	2	1260
			In63					

K_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические
кривые срабатывания
термомагнитного
расцепителя

T1 B/C/N 160

In 16 - 63 A
TMD



5 Специальные области применения

Таблица 2: Рабочие характеристики выключателей Tmax T1 80 A TMD

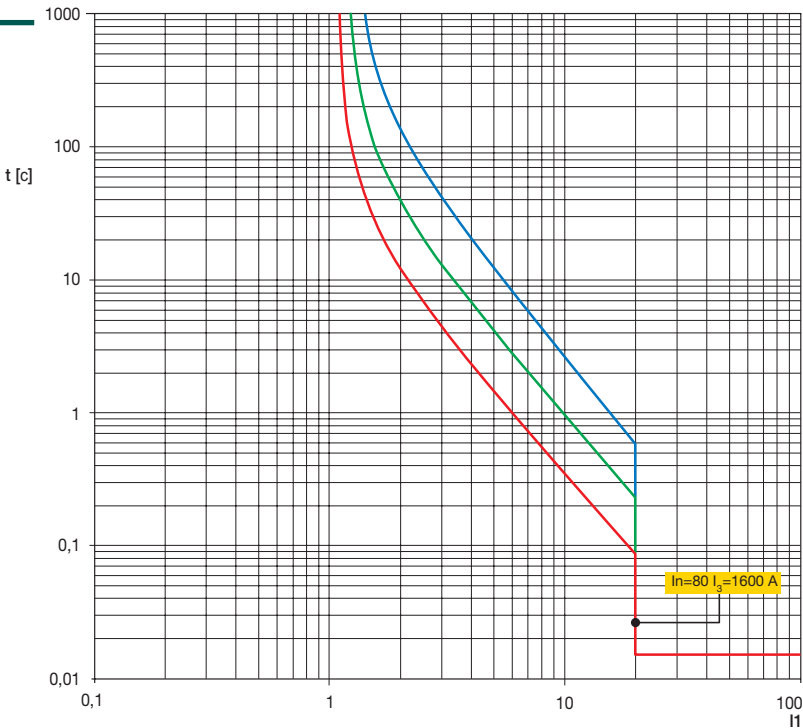
	I1 (400 Гц)			I3		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50 Гц)	Km	I3 (400 Гц)
In80	50	61	72	800	2	1600

K_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические
кривые срабатывания
термомагнитного
расцепителя

T1 B/C/N 160

In = 80 A
TMD



5 Специальные области применения

Таблица 3: Рабочие характеристики выключателей Tmax T2 1.6-80 A TMD

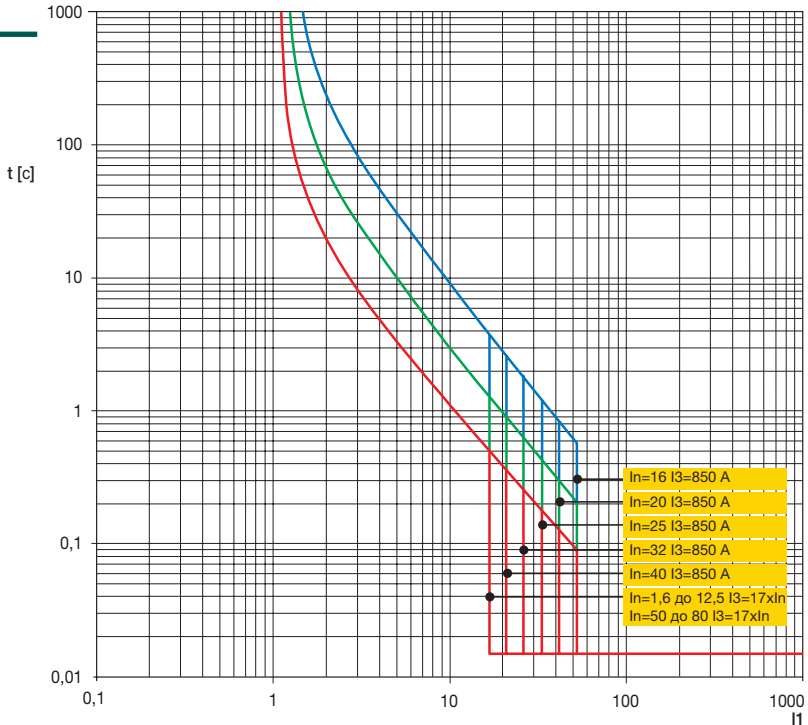
T2N 160	I1 (400 Гц)			I3		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50Гц)	Km	I3 (400 Гц)
In1,6	1	1,2	1,4	16	1,7	27,2
In2	1,2	1,5	1,8	20	1,7	34
In2,5	1,5	1,9	2,2	25	1,7	42,5
In3	2	2,5	2,9	32	1,7	54,4
In4	2,5	3	3,6	40	1,7	68
In5	3	3,8	4,5	50	1,7	85
In6,3	4	4,8	5,7	63	1,7	107,1
In8	5	6,1	7,2	80	1,7	136
In10	6,3	7,6	9	100	1,7	170
In12,5	7,8	9,5	11,2	125	1,7	212,5
In16	10	12	14	500	1,7	850
In20	12	15	18	500	1,7	850
In25	16	19	22	500	1,7	850
In32	20	24,5	29	500	1,7	850
In40	25	30,5	36	500	1,7	850
In50	31	38	45	500	1,7	850
In60	39	48	57	630	1,7	1071
In80	50	61	72	800	1,7	1360

Km = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические кривые срабатывания
терромагнитного расцепителя

T2N 160

In 1,6 - 80 A
TMD



5 Специальные области применения

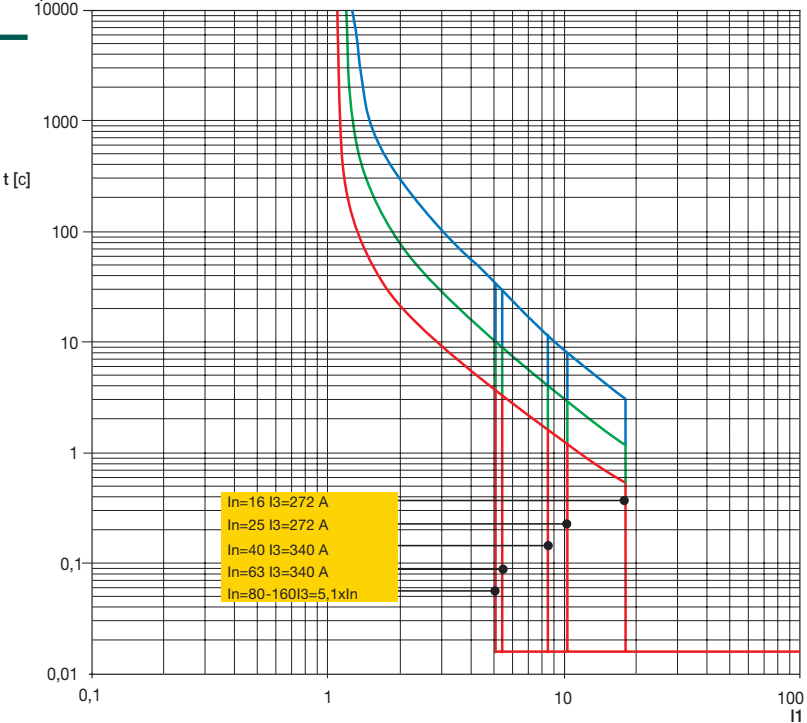
Таблица 4: Рабочие характеристики выключателей Tmax T2 16-160 А TMG

T2N 160	I1 (400 Гц)			I3		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50 Гц)	K _m	I3 (400 Гц)
In16	10	12	14	160	1,7	272
In25	16	19	22	160	1,7	272
In40	25	30,5	36	200	1,7	340
In63	39	48	57	200	1,7	340
In80	50	61	72	240	1,7	408
In100	63	76,5	90	300	1,7	510
In125	79	96	113	375	1,7	637,5
In160	100	122	144	480	1,7	816

Характеристические кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T2N 160

In 16 - 160 А
TMG



5 Специальные области применения

Таблица 5: Рабочие характеристики выключателей Tmax T3 63-250 A TMG

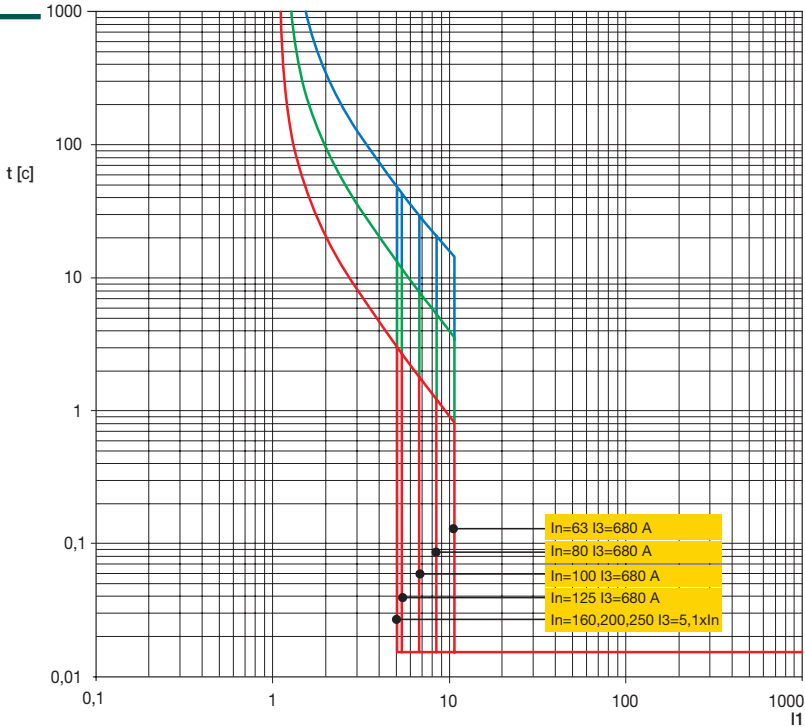
T3N 250	I1 (400 Гц)			I3 (низкая уставка магн. расцепителя)		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50 Гц)	Km	I3 (400Гц)
In63	39	48	57	400	1,7	680
In80	50	61	72	400	1,7	680
In100	63	76,5	90	400	1,7	680
In125	79	96	113	400	1,7	680
In160	100	122	144	480	1,7	816
In200	126	153	180	600	1,7	1020
In250	157	191	225	750	1,7	1275

k_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Кривые срабатывания
терромагнитного расцепителя

T3N 250

In 63 - 250 A
TMG



5 Специальные области применения

Таблица 6: Рабочие характеристики выключателей Tmax T3 63-125 А TMG

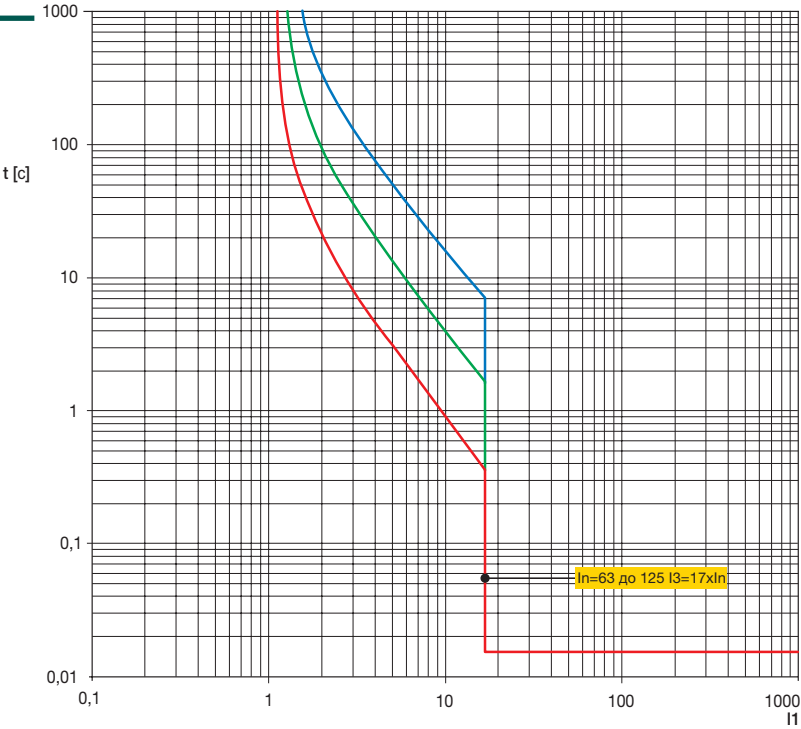
T3N 250	I1 (400 Гц)			I3		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50 Гц)	Km	I3 (400 Гц)
In63	39	48	57	630	1,7	1071
In80	50	61	72	800	1,7	1360
In100	63	76,5	90	1000	1,7	1700
In125	79	96	113	1250	1,7	2125

K_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T3N 250

In 63 - 125 A
TMD



5 Специальные области применения

Таблица 7: Рабочие характеристики выключателей Tmax T4 20-50 A TMD

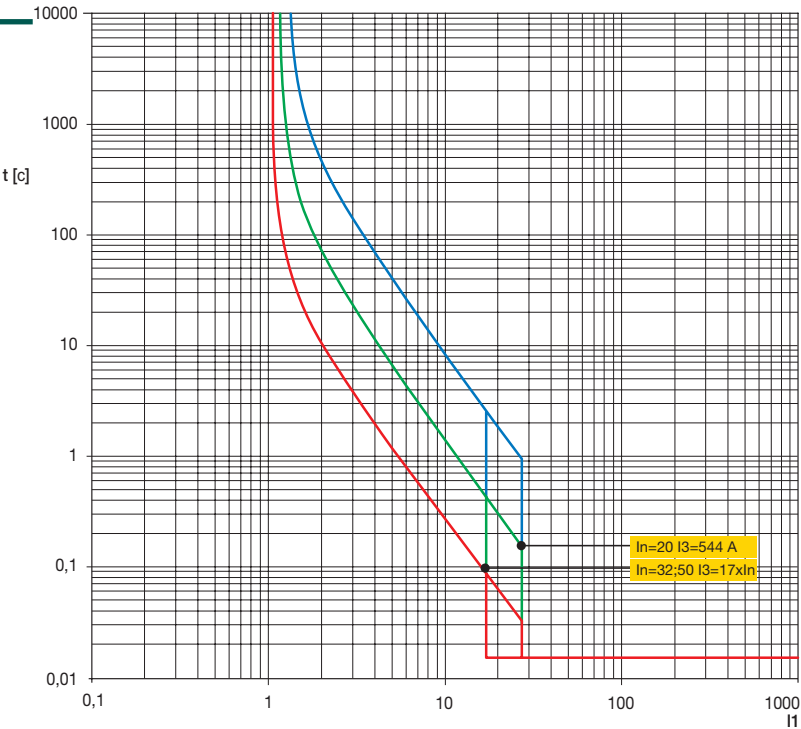
T4N250		I1 (400 Гц)			I3		
		МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3(50 Гц)	Km	I3 (400 Гц)
	In 20	12	15	18	320	1,7	544
	In 32	20	24,5	29	320	1,7	544
	In 50	31	38	45	500	1,7	850

k_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T4N 250

In 20 - 50 A
TMD



5 Специальные области применения

Таблица 8: Рабочие характеристики выключателей Tmax T4N 80-250 А ТМА

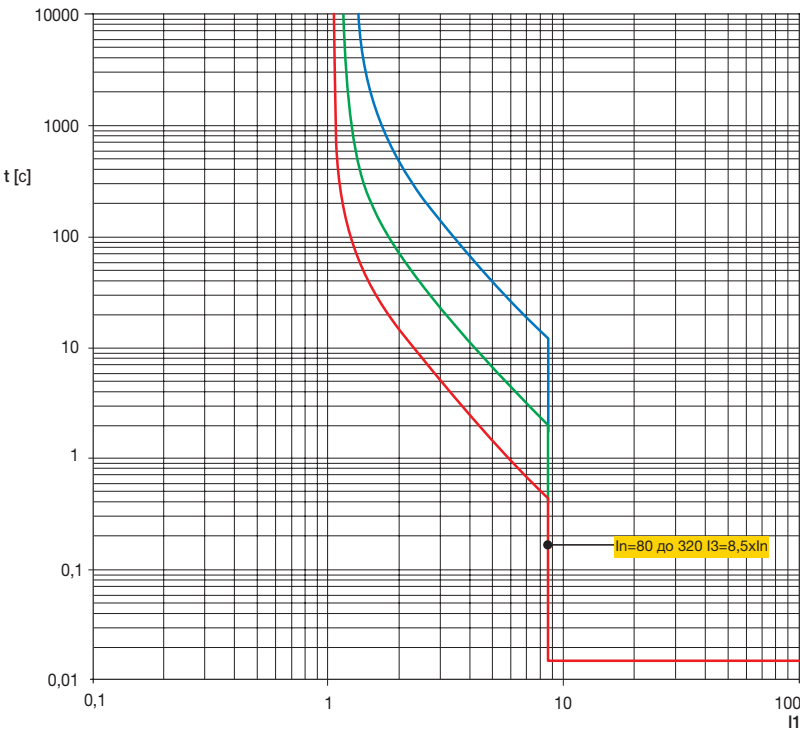
T4N250/320	I1 (400 Гц)			Уставка I3 (МИН=5xI _n)		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3@5xI _n (50 Гц)	K _m	I3@5xI _n (400 Гц)
In80	50	61	72	400	1,7	680
In100	63	76,5	0	500	1,7	850
In125	79	96	113	625	1,7	1060
In160	100	122	144	800	1,7	1360
In200	126	153	180	1000	1,7	1700
In250	157	191	225	1250	1,7	2125

K_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T4N 250/320

In 80 - 250 A
ТМА



5 Специальные области применения

Таблица 9: Рабочие характеристики выключателей Tmax T5N 320-500 А ТМА

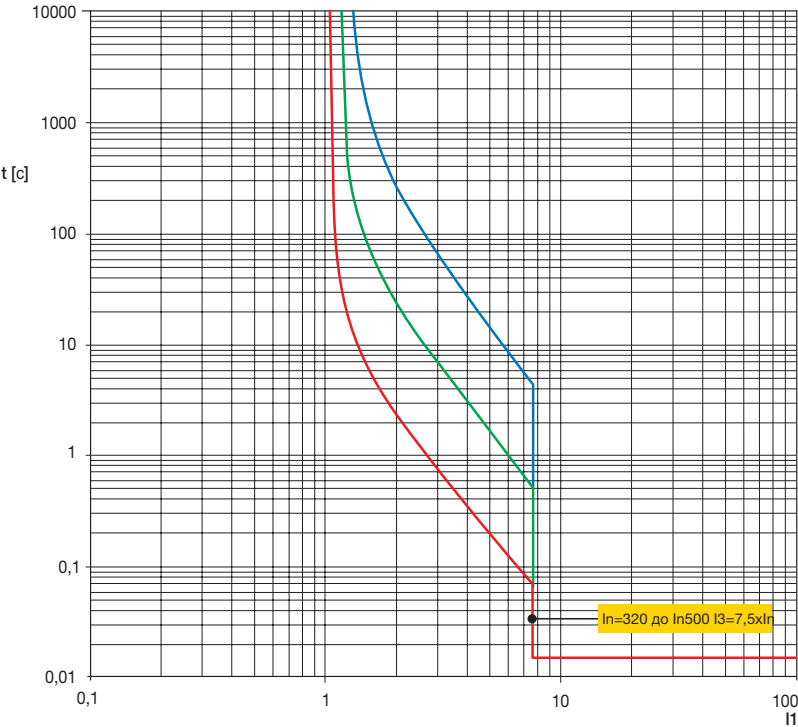
T5N400/630	I1 (400 Гц)			Уставка I3 (МИН=5xIn)		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3@ 5xIn (50 Гц)	Km	I3@5xIn (400 Гц)
In320	201	244	288	1600	1,5	2400
In400	252	306	360	2000	1,5	3000
In500	315	382	450	2500	1,5	3750

k_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T5 N 400/630

In 320 - 500 А
ТМА



5 Специальные области применения

Таблица 10: Рабочие характеристики выключателей Tmax T5N 320-500 А ТМГ

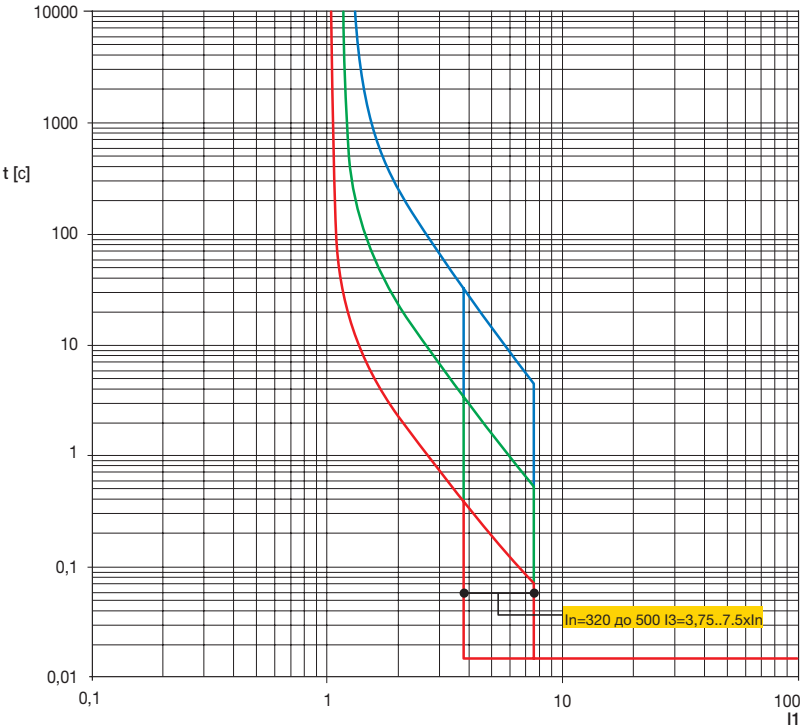
T5N 400/630	I1 (400 Гц)			Уставка I3 (2,5...5xIn)		
	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 @2,5...5xIn(50 Гц)	Km	I3 @2,5...5xIn(400 Гц)
In320	201	244	288	800...1600	1,5	1200...2400
In400	252	306	360	1000...2000	1,5	1500...3000
In500	315	382	450	1250...2500	1,5	1875...3750

k_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T5N 400/630

In 320 - 500 А
ТМГ



5 Специальные области применения

Таблица 11: Рабочие характеристики выключателей Tmax T6N 630 A TMA

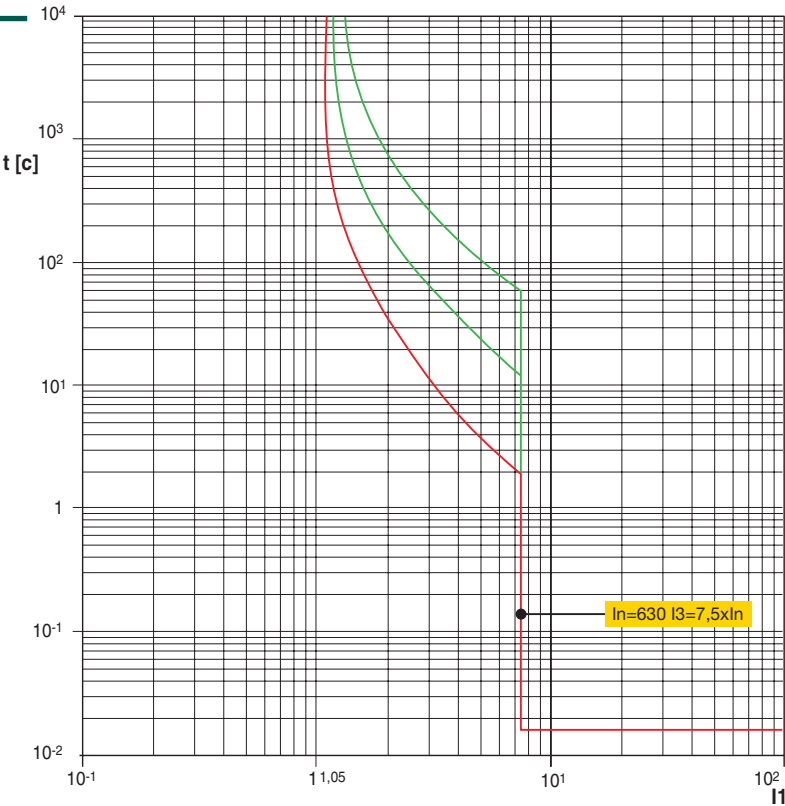
		I1 (400 Гц)			I3 = 5÷10In (уставка I3=5In)		
T6N630	In630	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50 Гц)	Km	I3 (400 Гц)
		397	482	567	3150	1,5	4725

k_m = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T6N 630

In 630 A
TMA



5 Специальные области применения

Таблица 12: Рабочие характеристики выключателей Tmax T6N 800 А ТМА

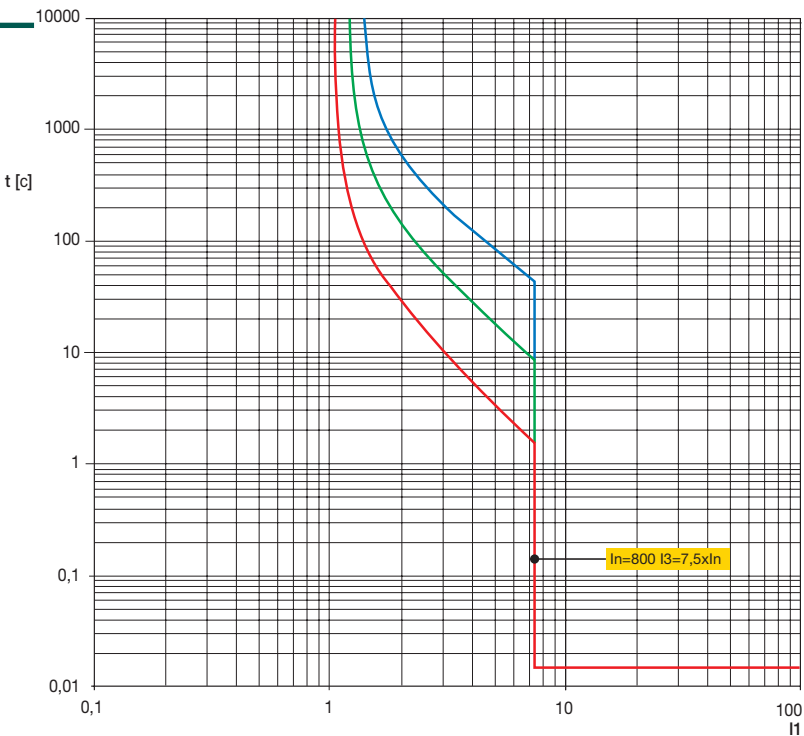
		I1 (400 Гц)			I3 = 5÷10In (уставка I3=5In)		
T6N 800	In800	МИН.	СРЕД.	МАКС.	I3 (50 Гц)	Km	I3 (400 Гц)
		504	602	720	4000	1,5	6000

Km = множитель I3 для индуцированных электромагнитных полей

Характеристические кривые срабатывания
термомагнитного расцепителя

T6N 800

In 800 A
ТМА



5 Специальные области применения

5.2.2 Электрические сети с частотой 16 2/3 Гц

Распределение однофазного тока с частотой 16 2/3 Гц разработано для систем электрической тяги в качестве альтернативы системам трехфазного тока с частотой 50 Гц и системам постоянного тока. При низких частотах порог теплового срабатывания не подвержен ухудшению, в то время как порог магнитного срабатывания требует введения поправочного коэффициента k_m , значения которого даны в Таблице 2.

В сетях с частотой 16 2/3 Гц можно использовать автоматические выключатели серии Tmax в литом корпусе с терромагнитным расцепителем. Их электрические характеристики и соответствующие схемы соединений приводятся ниже.

Таблица 1: Отключающая способность [кА]

Автоматический выключатель	Номинальный ток, [А]	Отключающая способность [кА] при ном. напряжении			
		250 В	500 В	750 В	1000 В (1)
T1B160	16 ÷ 160	16 (2 п) - 20 (3 п)	16 (3 п)	-	-
T1C160	25 ÷ 160	25 (2 п) - 30 (3 п)	25 (3 п)	-	-
T1N160	32 ÷ 160	36 (2 п) - 40 (3 п)	36 (3 п)	-	-
T2N160	1,6 ÷ 160	36 (2 п) - 40 (3 п)	36 (3 п)	-	-
T2S160	1,6 ÷ 160	50 (2 п) - 55 (3 п)	50 (3 п)	-	-
T2H160	1,6 ÷ 160	70 (2 п) - 85 (3 п)	70 (3 п)	-	-
T2L160	1,6 ÷ 160	85 (2 п) - 100 (3 п)	85 (3 п)	50 (4 п) (2)	-
T3N250	63 ÷ 250	36 (2 п) - 40 (3 п)	36 (3 п)	-	-
T3S250	63 ÷ 250	50 (2 п) - 55 (3 п)	50 (3 п)	-	-
T4N250/320	20 ÷ 250	36 (2 п)	25 (2 п)	16 (3 п)	-
T4S250/320	20 ÷ 250	50 (2 п)	36 (2 п)	25 (3 п)	-
T4H250/320	20 ÷ 250	70 (2 п)	50 (2 п)	36 (3 п)	-
T4L250/320	20 ÷ 250	100 (2 п)	70 (2 п)	50 (3 п)	-
T4V250/320	20 ÷ 250	150 (2 п)	100 (2 п)	70 (3 п)	-
T4V250	32 ÷ 250				40 (4 п)
T5N400/630	320 ÷ 500	36 (2 п)	25 (2 п)	16 (3 п)	-
T5S400/630	320 ÷ 500	50 (2 п)	36 (2 п)	25 (3 п)	-
T5H400/630	320 ÷ 500	70 (2 п)	50 (2 п)	36 (3 п)	-
T5L400/630	320 ÷ 500	100 (2 п)	70 (2 п)	50 (3 п)	-
T5V400/630	320 ÷ 500	150 (2 п)	100 (2 п)	70 (3 п)	-
T5V400/630	400 ÷ 500				40 (4 п)
T6N630/800	630 ÷ 800	36 (2 п)	20 (2 п)	16 (3 п)	-
T6S630/800	630 ÷ 800	50 (2 п)	35 (2 п)	20 (3 п)	-
T6H630/800	630 ÷ 800	70 (2 п)	50 (2 п)	36 (3 п)	-
T6L630/800	630 ÷ 800	100 (2 п)	70 (2 п)	50 (3 п)	40 (4 п)

(1) Автоматические выключатели на 1000 В постоянного тока, с уставкой защиты нейтрали на 100%.

(2) Автоматические выключатели с уставкой защиты нейтрали 100%.

5 Специальные области применения

Таблица 2: k_m коэффициент

	Схема А	Схема В-С	Схема D-E-F
T1	1	1	-
T2	0,9	0,9	0,9
T3	0,9	0,9	-
T4	0,9	0,9	0,9
T5	0,9	0,9	0,9
T6	0,9	0,9	0,9

Таблица 3: Возможные соединения в зависимости от напряжения, типа распределения и типа аварии

	Нейтраль не заземлена		Нейтраль заземлена*	
	КЗ фаза-на-нейтраль (L-N)		КЗ фаза-на-землю (L-E)	
250 В (перем. ток), 2 последовательно соединенных полюса	A1	A2	B2	
250 В (перем. ток), 3 последовательно соединенных полюса**	B1	B2, C	B3	
500 В (перем. ток), 2 последовательно соединенных полюса	A1	A2, B2	B2, C	
500 В (перем. ток), 3 последовательно соединенных полюса**	B1	B2, C	C	
750 В (перем. ток), 3 последовательно соединенных полюса	B1	B2, C	C	
750 В (перем. ток), 4 последовательно соединенных полюса***	E-F	E1, D	E1	
1000 В (перем. ток), 4 последовательно соединенных полюса	E-F	E1, C3	E1	

* Если единственно возможным КЗ является фаза-на-нейтраль (L-N) или фаза-на-землю (L-E) (E - земля) без значительного полного сопротивления, воспользуйтесь нижеприведенными схемами. Если возможны оба случая КЗ, воспользуйтесь схемами, действительными для КЗ фаза-на-землю (L-E).

** только T1, T2, T3,

*** только T2

Схемы соединений

Схема A1

Конфигурация с двумя последовательно соединенными полюсами (нейтраль не заземлена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 2 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: не рассматривается

(Принцип работы установки должен быть таким, чтобы практически исключить возможность второго замыкания на землю)

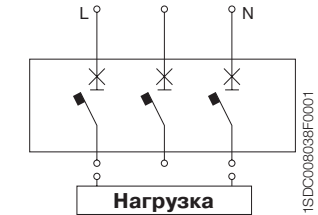
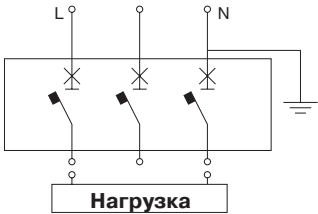


Схема A2

Конфигурация с двумя последовательно соединенными полюсами (нейтраль заземлена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 2 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: один полюс (такой же способности, что и два последовательно соединенных полюса, но с напряжением, ограниченным до 125 В)



5 Специальные области применения

Схема В1

Конфигурация с тремя последовательно соединенными полюсами (нейтраль не заземлена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 3 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: не рассматривается

(Принцип работы установки должен быть таким, чтобы практически исключить возможность второго замыкания на землю)

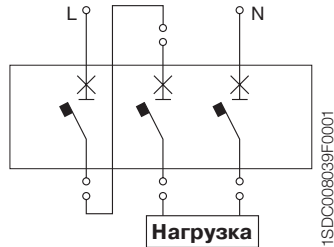


Схема В2

Конфигурация с тремя последовательно соединенными полюсами (нейтраль заземлена и может быть отключена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 3 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: 2 последовательно соединенных полюса

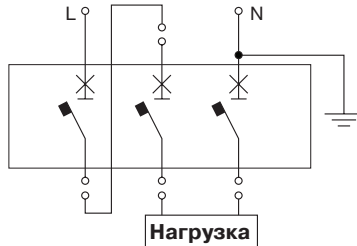
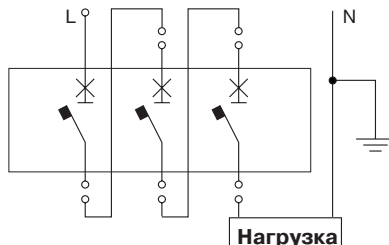


Схема С

Конфигурация с тремя последовательно соединенными полюсами (нейтраль заземлена, но не может быть отключена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 3 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: 3 последовательно соединенных полюса



5 Специальные области применения

Схема E-F

Конфигурация с четырьмя последовательно соединенными полюсами (нейтраль не заземлена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 4 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: не рассматривается

(Принцип работы установки должен быть таким, чтобы практически исключить возможность второго замыкания на землю)

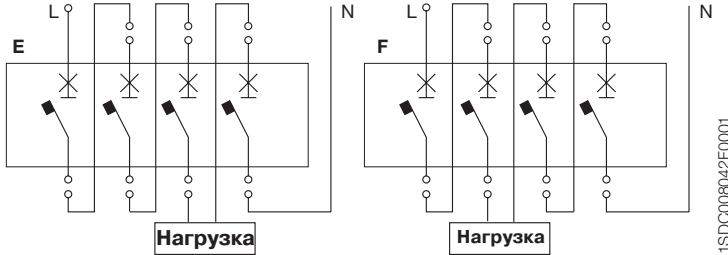


Схема D

Конфигурация с четырьмя последовательно соединенными полюсами на одной полярности (нейтраль заземлена и не отключена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 4 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: 4 последовательно соединенных полюса

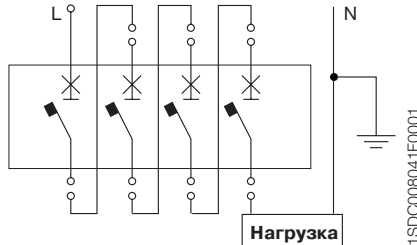
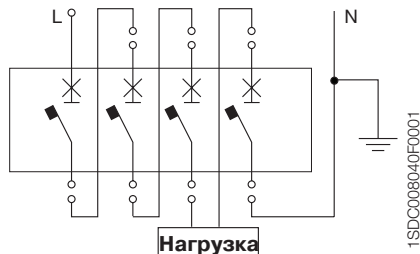


Схема E1

Отключение с четырьмя последовательно соединенными полюсами (нейтраль заземлена и может быть отключена)

- Прерывание при КЗ фаза-на-нейтраль: 4 последовательно соединенных полюса
- Прерывание при КЗ фаза-на-землю: 3 последовательно соединенных полюса



5 Специальные области применения

Пример:

Параметры сети:

Номинальное напряжение 250 В

Номинальная частота 16 2/3 Гц

Ток нагрузки 120 А

Ток КЗ фаза-на-нейтраль 45 кА

Нейтраль заземлена

На основании предположения, что вероятность КЗ фаза-на-землю пренебрежительно мала, по Таблице 3 следует определить, что можно использовать схемы соединения А2, В2 или В3.

Поэтому выбираем автоматический выключатель Tmax T2S160 In125 с соединением, показанным на схеме А2 (два последовательно соединенных полюса), с отключающей способностью 50 кА, а в случае соединения по схеме В2 или В3 (три последовательно соединенных полюса), с отключающей способностью 55 кА (Таблица 1). Для определения срабатывания магнитного расцепителя следует выбрать коэффициент K_m по Таблице 2. Порог срабатывания магнитного расцепителя составит:

$$I_3 = 1250 \cdot 0,9 = 1125 \text{ А}$$

при любой используемой схеме.

Если КЗ на землю может произойти без значительного полного сопротивления, рассматривается (Таблица 3) только схема В2 или В3. В частности, из схемы В2 видно, что только 2 полюса работают последовательно, при этом отключающая способность составит 50 кА (Таблица 1), а в схеме В3, с 3 работающими последовательно полюсами, отключающая способность составит 55 кА.

5.3 Электрические сети 1000 В (пост. тока) и 1000 В (перем. тока)

Автоматические выключатели Tmax и Emax /E 1000 В и 1150 В находят особое применение в электрических установках шахт, нефтехимических заводов и коммуникаций, подключенных к электрической тяге (освещение туннелей).

5.3.1 Электрические сети 1000 В (пост. ток)

Автоматические выключатели в литом корпусе для напряжения 1000 В (пост. ток)

Общие характеристики

Серия автоматических выключателей в литом корпусе Tmax для использования в установках с номинальным напряжением до 1000 В (пост. ток) соответствует МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2). Эта серия выключателей снабжена регулируемыми термомагнитными расцепителями, соответствует всем требованиям монтажа и имеет уставки в диапазоне от 32 А до 800 А. Четырехполюсные выключатели позволяют достичь высокого уровня эффективности, благодаря последовательному соединению полюсов.

Автоматических выключателей серии Tmax 1000 В имеют те же самые размеры и точки крепления, что и стандартные выключатели.

Эти автоматические выключатели также могут быть оснащены соответствующей серией стандартных аксессуаров, за исключением расцепителей дифференциального тока для выключателей Tmax.

Например, можно использовать комплекты для преобразования выключателей фиксированного исполнения во втычное и выкатное и различные комплекты выводов.

5 Специальные области применения

Автоматические выключатели в литом корпусе для напряжения 1000 В (пост. ток)

		T4	T5	T6
Номинальный непрерывный ток, Iu	[A]	250	400/630	630/800
Полюсы	К-во	4	4	4
Номинальное рабочее напряжение Ue	[В ~]	1000	1000	1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение Uimp	[кВ]	8	8	8
Номинальное напряжение изоляции Ui	[В]	1000	1000	1000
Испытание напряжением промышленной частоты в течение 1 мин.	[В]	3500	3500	3500
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность, Icu		V	V	L
(4 последовательно соединенных полюса)	[кА]	40	40	40
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, Ics				
(4 последовательно соединенных полюса)	[кА]	20	20	
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток в течение 1 с, Icw	[кА]	–	5 (400 А)	7,6 (630А) - 10 (800А)
Категория применения (EN 60947-2)		A	B (400 А)-A (630 А)	B
Изоляционные свойства		■	■	■
МЭК 60947-2, EN 60947-2		■	■	■
Термомагнитные расцепители	TMD	■	–	–
Термомагнитные расцепители	TMA	■	до 500 А	■
Исполнения		F	F	F
Выводы	фиксированные	FC Cu	FC Cu	F - FC CuAl - R
Механическая стойкость	[кол-во операций / операций в час]	20000/240	20000/120	20000/120
Габаритные размеры, стационарное исполнение	Ш [мм]	140	184	280
	Г [мм]	103,5	103,5	103,5
	В [мм]	205	205	268

ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЫВОДОВ

F = передний вывод

EF = передний удлиненный вывод

ES = передний удлиненный расширенный вывод
FC Cu = передний вывод для подключения медных кабелей
FC CuAl = передний вывод для подключения медных/алюминиевых кабелей

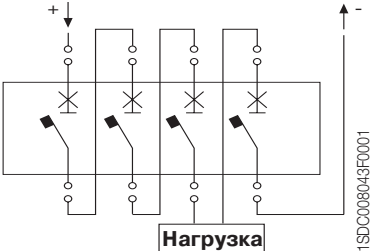
R = задний ориентированный вывод
HR = задний горизонтальный плоский пластинчатый вывод
VR = задний вертикальный плоский пластинчатый вывод
MC = выводы для подключения нескольких кабелей

Схемы соединений

Далее приводятся возможные схемы соединений в зависимости от типа распределительной системы, в которой могут быть установлены выключатели.

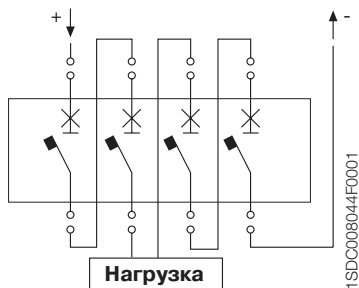
Электрические сети, изолированные от земли

Можно воспользоваться следующей схемой (полярность может быть противоположной).



A) 3+1 последовательно соединенных полюса (1000 В пост. тока)

5 Специальные области применения



В) 2+2 последовательно соединенных полюса (1000 В пост. тока)

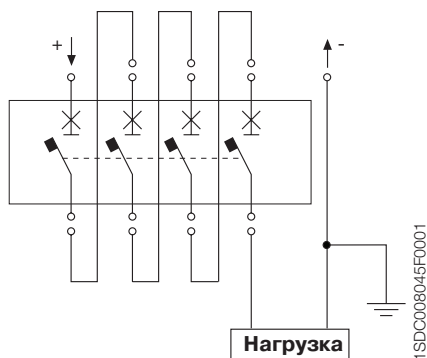
Предполагается нулевой риск двойного короткого замыкания на землю, когда первое КЗ случается выше выключателя на одной полярности, а второе КЗ - ниже того же самого коммутационного аппарата на другой полярности.

При таком условии ток КЗ, который может достигать больших значений, воздействует только на некоторые из 4 полюсов, необходимых для обеспечения отключающей способности.

Можно предотвратить вероятность возникновения двойного короткого замыкания на землю, установив устройство, сигнализирующее об утрате изоляции и определяющее положение первого короткого замыкания на землю, что позволит быстро его устранить.

Электрические сети с одной полярностью, подключенной к земле

Поскольку подключаемая к заземлению полярность не должна отключаться (в примере предполагается, что подключенная к земле полярность отрицательная, хотя то же самое действительно и для противоположной полярности), можно использовать схему, на которой показано последовательное соединение 4 полюсов на полярности, не подключенной к земле.

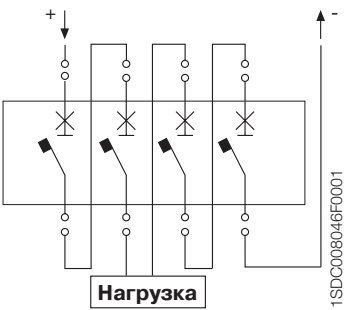


С) 4 последовательно соединенных полюса (1000 В пост. тока)

5 Специальные области применения

Электрические сети со средней точкой источника питания, подключенной к земле

При КЗ на землю положительной или отрицательной полярности, затронутые КЗ полюсы работают при напряжении $U/2$ (500 В); схема соединений должна быть следующей:



D) 2+2 последовательно соединенных полюса (1000 В пост. тока)

Поправочный коэффициент для порогов срабатывания

Для защиты от перегрузки поправочный коэффициент не применяется. Но для пороговых значений магнитного расцепителя в сетях напряжением 1000 В пост. тока, в выше описанных схемах, возьмите соответствующие значения для переменного тока и умножьте их на поправочные коэффициенты, приведенные в таблице ниже:

Автоматический выключатель	k_m
T4V	1
T5V	0,9
T6L	0,9

Автоматические выключатели с термомагнитными расцепителями для постоянного тока

I_n [A]	32 (1)	50 (1)	80 (2)	100 (2)	125 (2)	160 (2)	200 (2)	250 (2)	320 (2)	400 (2)	500 (2)	630 (2)	800 (2)
T4V 250	■	■	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-	-
T5V 400	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-
T5V 630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-
T6L 630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-
T6L 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■
$I_3 = (10 \times I_n)$ [A]	320	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$I_3 = (5 - 10 \times I_n)$ [A]	-	-	400+800	500+1000	625+1250	800+1600	1000+2000	1250+2500	1600+3200	2000+4000	2500+5000	3150+6300	4000+8000

(1) Порог срабатывания теплового элемента, регулируется от 0,7 до 1 x I_n ; порог срабатывания магнитного элемента - фиксированный

(2) Порог срабатывания теплового элемента регулируется от 0,7 до 1 x I_n ; порог срабатывания магнитного элемента регулируется между 5 и 10 x I_n .

5 Специальные области применения

Пример

Для защиты потребителя, получающего питание от сети со следующими характеристиками:

Номинальное напряжение $U_r = 1000$ В пост. тока

Ток короткого замыкания $I_k = 18$ кА

Ток нагрузки $I_b = 420$ А

Сеть с обеими полярностями, изолированными от земли.

Согласно таблице имеющихся уставок, приведенной на стр. 179, следует выбрать автоматический выключатель:

T5V 630 $I_n=500$, четырехполюсный, I_{cu} при 1000 В пост. тока = 40 кА.

Порог срабатывания теплового элемента, регулируемый от $(0,7-1) \times I_n$ и, следовательно, от 350 А до 500 А надо установить на 0,84.

Порог срабатывания магнитного элемента, регулируемый от $(5-10) \times I_n$, для которого поправочный коэффициент $k_m = 0,9$ дает следующий диапазон настройки: от 2250 А до 4500 А. Порог срабатывания магнитного элемента будет регулироваться в соответствии с защищаемым проводом.

Полюсы должны соединяться, как указано на схеме А или В.

Должно быть установлено устройство, сигнализирующее о первом коротком замыкании на землю.

При тех же самых параметрах системы, если электрическая сеть одной полярностью подключена к земле, автоматический выключатель должен подключаться, как показано на схеме С.

5 Специальные области применения

Воздушные выключатели-разъединители для напряжения 1000 В (пост. тока)

Воздушные выключатели-разъединители, выполненные на базе воздушных автоматических выключателей Emax, обозначаются кодом серии стандартных выключателей совместно с кодом “/E MS”. Они отвечают международному Стандарту МЭК 60947-3 (ГОСТ Р 50030.3) и находят особое применение в качестве секционных выключателей или главных выключателей-разъединителей (рубильников) в установках постоянного тока, например, в оборудовании электрической тяги. Габаритные размеры и точки подключения остаются теми же самыми, что и для стандартных выключателей, и к ним подходят все комплекты выводов и аксессуаров для выключателей серии Emax. Воздушные выключатели-разъединители могут быть выкатного и фиксированного исполнения, в трехполюсном исполнении (до 750 В пост. тока) и четырехполюсном (до 1000 В пост. тока). Выкатные выключатели собираются со специальными стационарными частями для применения в установках, рассчитанных на напряжение 750/1000 В пост. тока. Эта серия учитывает все требования установок до 1000 В пост. тока / 6300 А или до 750 В пост. тока / 6300 А. Выключатели имеют отключающую способность, равную номинальному кратковременно выдерживаемому току, если они защищены соответствующим внешним автоматическим выключателем.

В таблице ниже показаны имеющиеся типы воздушных выключателей-разъединителей и их соответствующие электрические характеристики:

		E1B/E MS		E2N/E MS		E3H/E MS		E4H/E MS		E6H/E MS	
Номинальный ток (при 40 °C) Iu	[A]	800		1250		1250		3200		5000	
	[A]	1250		1600		1600		4000		6300	
	[A]			2000		2000					
	[A]					2500					
	[A]					3200					
Число полюсов		3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Номинальное рабочее напряжение Ue	[В]	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000
Номинальное напряжение изоляции Ui	[В]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение Uimp	[кВ]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток Icw (1 с)	[кА]	20	20 ⁽¹⁾	25	25 ⁽¹⁾	40	40 ⁽¹⁾	65	65	65	65
Номинальная наибольшая включающая способность Icm	750 В пост. тока	[кА]	42	42	52,5	52,5	105	105	143	143	143
	1000 В пост. тока		-	42	-	52,5	-	105	-	143	-

Примечание: Отключающая способность Icu, обеспечиваемая внешним автоматическим выключателем с максимальным временем выдержки 500 мс, равна значению Icw (1 с).

(1) Характеристики при 750 В:
 для E1B/E MS Icw = 25 кА,
 для E2N/E MS Icw = 40 кА и
 для E3H/E MS Icw = 50 кА.

5 Специальные области применения

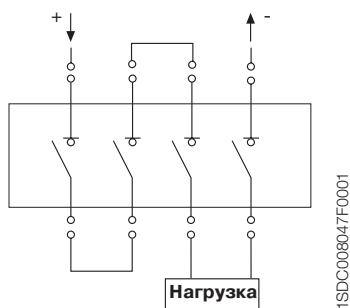
Схемы соединений

Ниже приводятся схемы соединений, которые следует использовать в зависимости от типа распределительной системы.

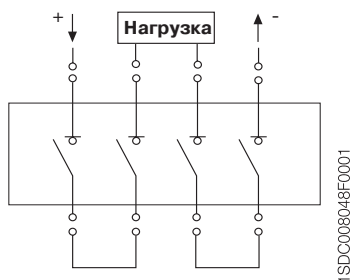
Предполагается, что риск двойного замыкания на землю на разных полюсах равен нулю, и следовательно, ток аварии затрагивает только часть полюсов выключателя.

Электрические сети, изолированные от земли

Можно использовать следующую схему соединений (полярность может быть противоположной).

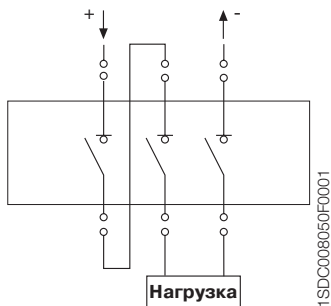


E) 3+1 последовательно соединенных полюса (1000 В пост. тока)



F) 2+2 последовательно соединенных полюса (1000 В пост. тока)

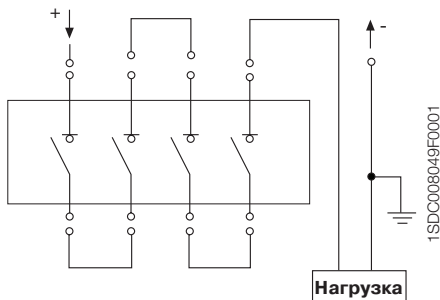
5 Специальные области применения



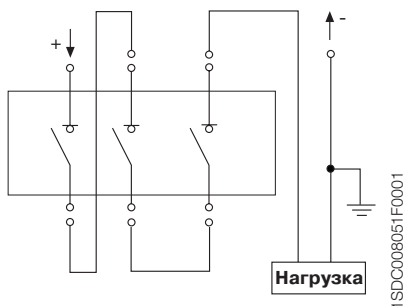
G) 2+1 последовательно соединенных полюса (750 В пост. тока)

Электрические сети с одной полярностью, подключенной к земле

Если подключенная к земле полярность не должна отключаться (в примерах предполагается, что к земле подключена отрицательная полярность):



H) 4 последовательно соединенных полюса (1000 В пост. тока)



I) 3 последовательно соединенных полюса (750 В пост. тока)

Электрические сети со средней точкой источника питания, подключенной к земле

Только четырехполюсные выключатели могут использоваться в конфигурации, показанной на схеме F).

5 Специальные области применения

5.3.2 Электрические сети 1000 В переменного тока

Автоматические выключатели в литом корпусе для напряжения до 1150 В перем. тока

Общие характеристики

Автоматические выключатели серии Tmax для напряжения до 1150 В соответствуют международному Стандарту МЭК 60947-2.

Эти автоматические выключатели могут иметь термомагнитные (для меньших типоразмеров) и электронные расцепители. Все предъявляемые к установке требования могут быть удовлетворены в диапазоне уставок от 32 А до 800 А и с отключающей способностью до 20 кА при напряжении 1150 В перем. тока.

Автоматические выключатели в литом корпусе для напряжения до 1150 В перем. тока

Номинальный непрерывный ток, Iu	[А]
Полюсы	К-во
Номинальное рабочее напряжение, Ue (перем. тока) 50-60 Гц	[В]
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение Uimp	[кВ]
Номинальное напряжение изоляции Ui	[В]
Испытание напряжением промышленной частоты в течение 1 мин	[В]
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность, Icu	
	(перем. ток) 50-60 Гц 1000 В [кА]
	(перем. ток) 50-60 Гц 1150 В [кА]
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, Ics	
	(перем. ток) 50-60 Гц 1000 В [кА]
	(перем. ток) 50-60 Гц 1150 В [кА]
Номинальная наибольшая включающая способность, Icm	
	(перем. ток) 50-60 Гц 1000 В [кА]
	(перем. ток) 50-60 Гц 1150 В [кА]
Категория применения (ЕН60947-2)	
Способность разъединять цепь	
Стандарт	
Термомагнитные расцепители	TMD
	TMA
Электронные расцепители	PR221DS/LS
	PR221DS/I
	PR222DS/P-LSI
	PR222DS/P-LSIG
	PR222DS/PD-LSI
	PR222DS/PD-LSIG
	PR222MP
Выводы	
Исполнение	
Механическая стойкость	[Кол-во операций]
	[Кол-во операций в час]
Габаритные размеры-стационарное исполнение ⁽⁵⁾	3 полюса Ш [мм]
	4 полюса Ш [мм]
	Г [мм]
	В [мм]
Масса	стационарный 3/4 полюса [кг]
	втычной 3/4 полюса [кг]
	выкатной 3/4 полюса [кг]

(1) Питание только сверху

(2) Icw=5 кА

(3) Icw=7,6 кА (630А) - 10 кА (800А)

(4) Выключатель Tmax T5630 имеется только в стационарном исполнении

(5) Автоматический выключатель без высоких крышек

5 Специальные области применения

Автоматические выключатели в диапазоне до 1150 В имеют те же самые размеры, что и стандартные автоматические выключатели.
Эти выключатели также оснащаются соответствующей серией стандартных аксессуаров, за исключением расцепителей дифференциального тока.

В приведенной ниже таблице указаны электрические характеристики выключателей серии:

T4			T5			T6		
250			400/630			630/800		
3, 4			3, 4			3, 4		
1000		1150	1000		1150	1000		
8			8			8		
1000		1150	1000		1150	1000		
3500			3500			3500		
L		V	L		V (1)	L (1)		
12		20	12		20	12		
		12			12			
12		12	10		10	6		
		6			6			
24		40	24		40	24		
		24			24			
A			B (400 A) (2)/A (630 A)			B(3)		
■			■			■		
МЭК 60947-2			МЭК 60947-2			МЭК 60947-2		
-		■	-		-	-		■
-		■	-		■	-		■
■		■	■		■	■		■
■		■	■		■	■		■
■		■	■		■	■		■
■		■	■		■	■		■
■		■	■		■	■		■
■		■	■		■	■		■
■		■	■		■	■		■
■		-	■		-	-		-
FC Cu			FC Cu			F-FC CuAl-R		
F, P, W		F	F, P, W (4)		F	F		
20000			20000			20000		
240			120			120		
105			140			210		
140			184			280		
103,5			103,5			103,5		
205			205			268		
2,35/3,05		2,35/3,05	3,25/4,15		3,25/4,15	9,5/12		
3,6/4,65			5,15/6,65					
3,85/4,9			5,4/6,9					

ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЫВОДОВ
F=передний вывод
R= задний вывод

FC Cu = передний вывод для подключения медных/алюминиевых кабелей
FC Cu = передний вывод для подключения медных кабелей

5 Специальные области применения

В таблице ниже приводятся доступные расцепители.

Автоматические выключатели с электронными расцепителями для переменного тока

	In100	In250	In320	In400	In630	In800
T4 250	■	■	—	—	—	—
T5 400	—	—	■	■	—	—
T5 630	—	—	—	—	■	—
T6L 630	—	—	—	—	■	—
T6L 800	—	—	—	—	—	■
$I_3 (1 \div 10 \times I_n) [A]^{(1)}$	100÷1000	250÷2500	320÷3200	400÷4000	630÷6300	800÷8000
$I_3 (1,5 \div 12 \times I_n) [A]^{(2)}$	150÷1200	375÷3000	480÷3840	600÷4800	945÷7560	1200÷9600

(1) PR221

(2) PR222

Автоматические выключатели с термомагнитными расцепителями для переменного тока

In [A]	32 (1)	50 (1)	80 (2)	100 (2)	125 (2)	160 (2)	200 (2)	250 (2)	320 (2)	400 (2)	500 (2)	630 (2)	800 (2)
T4V 250	■	■	■	■	■	■	■	■	—	—	—	—	—
T5V 400	—	—	—	—	—	—	—	—	■	■	—	—	—
T5V 630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	■	—	—
T6L 630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	■	—
T6L 800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	■
$I_3 = (10 \times I_n) [A]$	320	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$I_3 = (5 \cdot 10 \times I_n) [A]$	—	—	400÷800	500÷1000	625÷1250	800÷1600	1000÷2000	1250÷2500	1600÷3200	2000÷4000	2500÷5000	31500÷6300	4000÷8000

(1) Порог срабатывания теплового элемента регулируется от 0,7 до 1 x In; порог срабатывания магнитного элемента фиксированный

(2) Порог срабатывания теплового элемента регулируется от 0,7 до 1 x In; порог срабатывания магнитного элемента регулируется между 5 и 10 x In.

Автоматические выключатели и выключатели-разъединители для напряжения до 1150 В перем. тока

Для установок переменного тока, рассчитанных на напряжение 1150 В перем. тока, предлагаются следующие аппараты:

- Автоматические выключатели** в соответствии со стандартом МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2) Автоматические выключатели специального исполнения для напряжения до 1150 В (перем.тока) обозначаются кодом серии стандартных выключателей совместно с суффиксом “/E”. Эти выключатели выполнены на базе соответствующих стандартных выключателей серии Emax и выпускаются в таких же исполнениях, таких же габаритных размеров и с такими же аксессуарами. Автоматические выключатели серии Emax выпускаются фиксированного и выкатного исполнения, с тремя и четырьмя полюсами и могут оснащаться аксессуарами, а также оборудоваться полным диапазоном электронных расцепителей (PR332/P-PR333/P-PR121-PR122-PR123).
- Выключатели-разъединители** в соответствии со стандартом МЭК 60947-3 (ГОСТ Р 50030.3) Эти выключатели-разъединители обозначаются кодом серии стандартных выключателей, на базе которых они выполнены, совместно с суффиксом “/E MS”. Выпускаются трехполюсные и четырехполюсные выключатели фиксированного и выкатного исполнения таких же размеров, с такими же характеристиками аксессуаров и установкой, как и стандартные выключатели-разъединители.

5 Специальные области применения

В приведенной ниже таблице указаны электрические характеристики аппаратов:

Воздушные автоматические выключатели (для напряжения до 1150 В перем. тока)

		XIB/E	E2B/E			E2N/E			E3H/E					E4H/E		E6H/E		
Номинальный непрерывный ток (при 40°C) Iu	[A]	630/800 1000/1250 1600	1600	2000	1250	1600	2000	1250	1600	2000	2500	3200	3200	4000	4000	5000	6300	
Номинальное рабочее напряжение Ue	[В~]	1000	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	
Номинальное напряжение изоляции Ui	[В~]	1000	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность Icu																		
1000 В	[кА]	20	20	20	30	30	30	50	50	50	50	50	65	65	65	65	65	
1150 В	[кА]		20	20	30	30	30	30	30	30	30	30	65	65	65	65	65	
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность Ics																		
1000 В	[кА]	20	20	20	30	30	30	50	50	50	50	50	65	65	65	65	65	
1150 В	[кА]		20	20	30	30	30	30	30	30	30	30	65	65	65	65	65	
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток Icw (1с)	[кА]	20	20	20	30	30	30	50(*)	50(*)	50(*)	50(*)	50(*)	65	65	65	65	65	
Номинальная наибольшая включающая способность (пиковое значение) Icm																		
1000 В	[кА]	40	40	40	63	63	63	105	105	105	105	105	143	143	143	143	143	
1150 В	[кА]		40	40	63	63	63	63	63	63	63	63	143	143	143	143	143	

(¹) 30 кА при 1150 В

Воздушные выключатели-разъединители (для напряжения до 1150 В перем. тока)

		XIB/E MS	E2B/E MS	E2N/E MS	E3H/E MS	E4H/E MS	E6H/E MS
Номинальный ток (при 40°C) Iu	[A]	1000	1600	1250	1250	3200	4000
	[A]	1250	2000	1600	1600	4000	5000
	[A]	1600		2000	2000		6300
	[A]				2500		
	[A]				3200		
Полюсы		3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Номинальное рабочее напряжение Ue	[В]	1000	1150	1150	1150	1150	1150
Номинальное напряжение изоляции Ui	[В]	1000	1250	1250	1250	1250	1250
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение Uimp	[кВ]	12	12	12	12	12	12
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток Icw (1с)	[кА]	20	20	30	30 ⁽¹⁾	63	65
Номинальная наибольшая включающая способность (пиковое значение) Icm	[кА]	40	40	63	63 ⁽²⁾	143	143

Примечание: Отключающая способность Icu, обеспечиваемая с помощью внешнего автоматического выключателя с максимальной выдержкой времени 500 мс, равна значению тока Icw (1с).

(1) При напряжении 1000 В ток равен 50 кА

(2) При напряжении 1000 В ток равен 105 кА

5 Специальные области применения

5.4 Устройства автоматического включения резерва

Во всех случаях, где от источника питания требуется высокая надежность (например, если технологический процесс нельзя прерывать или риск недостатка питания неприемлем), обязательно должно присутствовать резервное электропитание, чтобы избежать потери большого количества данных, нарушения рабочих процессов, остановки предприятия и т. д.

Поэтому устройства автоматического включения резерва, главным образом, используются для электроснабжения:

- гостиниц и аэропортов;
- операционных и служб первой помощи в больницах;
- источников бесперебойного электропитания;
- банков данных, телекоммуникационных систем, вычислительных центров;
- промышленных линий с непрерывными технологическими процессами.

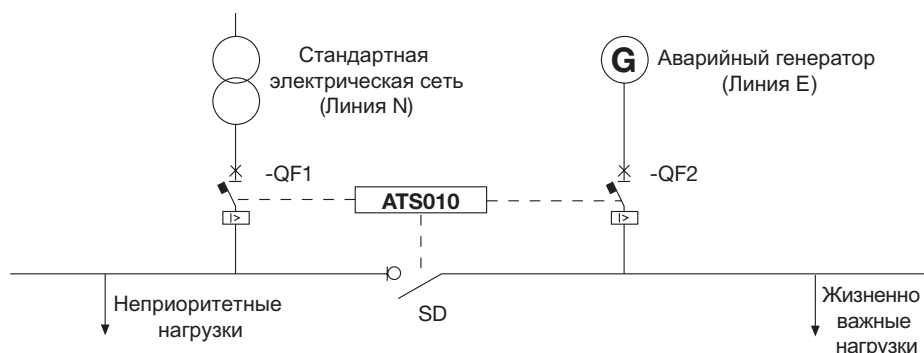
ATS010 - это решение в области резервного электропитания, предлагаемое АББ: это устройство автоматического включения резерва с микропроцессорной технологией, которое позволяет переключаться с обычной линии электропитания на линию резервного питания, если в главной электросети возникнет одна из следующих неисправностей:

- перенапряжение или падение напряжения;
- обрыв одной из фаз;
- асимметрии в фазовом цикле;
- выход частоты из заданного диапазона.

Затем, когда стандартные параметры сети восстановятся, система снова переключится с резервного питания на главную электросеть.

Устройство ATS010 используется в системах с двумя различными линиями электропитания, подключенными к одной системе шин и работающими независимо: первая линия используется как линия нормального питания, а вторая - как линия резервного питания от генератора. Также возможно оборудовать систему устройством, которое будет отключать неприоритетные нагрузки, когда питание осуществляется от резервной линии.

На схеме ниже показана установка с аварийным вспомогательным электропитанием:



5 Специальные области применения

С помощью соответствующих выводов устройство ATS010 обеспечивает связь с:

- защитными автоматическими выключателями на линиях нормального и резервного питания, снабженных моторными приводами и механическими блокировками для определения их состояния и отправки сигналов на размыкание или замыкание выключателей в соответствии с установленной выдержкой времени;
- платой управления генераторной установкой для контроля ее состояния и посылки команд пуска или останова;
- другими сигналами, посылаемыми установкой для блокировки коммутирующей логики;
- линией нормального питания для обнаружения возможных неисправностей и линией резервного питания для проверки наличия напряжения;
- дополнительным устройством для отключения неприоритетных нагрузок;
- вспомогательным источником питания 24 В пост. тока $\pm 20\%$ (или 48 В пост. тока $\pm 10\%$). Этот источник питания должен также иметься на случай отсутствия напряжения в обеих линиях (нормального и резервного питания).

6 Распределительные щиты

6.1 Электрические распределительные щиты

Распределительный щит - это комбинация одного или более низковольтных устройств коммутации, защиты и других устройств, смонтированных в одном или более корпусах так, чтобы соответствовать требованиям безопасности и выполнять функции согласно назначению.

Распределительный щит состоит из корпуса, называемого оболочкой в соответствующих стандартах (выполняющего роль опоры и механической защиты содержащихся в нем компонентов), и электрического оборудования, включающего устройства, внутренние соединения, а также входные и выходные выводы для подключения к системе.

Стандартом на электрические распределительные щиты является Стандарт МЭК 60439-1, изданный в 2004 году под названием «Низковольтные комплектные устройства (НКУ) – Часть 1: Устройства, прошедшие полные и частичные типовые испытания» (ГОСТ Р 51321.1).

Дополнительными руководствами по расчету служат следующие Стандарты:

МЭК 60890 “Экстраполяционные методы оценки повышения температуры для НКУ, прошедших частичные типовые испытания (ЧИ НКУ).”

МЭК 61117 “Методы оценки прочности при коротком замыкании комплектных устройств, прошедших частичные типовые испытания (ЧИ НКУ)”.

МЭК 60865-1 “Токи короткого замыкания - Расчет воздействий - Часть 1: Определения и методы расчета.”

Стандарт МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1) устанавливает требования, относящиеся к конструкции, безопасности и ремонтпригодности электрических распределительных щитов и определяет их номинальные характеристики, внешние рабочие условия, механические и электрические требования и правила эксплуатации.

Дается определение типовых и индивидуальных испытаний, а также методов их проведения и критериев оценки результатов.

В Стандарте МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1) различаются два типа распределительных щитов: ПИ НКУ (низковольтные комплектные устройства, прошедшие полные типовые испытания) и ЧИ НКУ (низковольтные комплектные устройства, прошедшие частичные типовые испытания).

Под “прошедшими типовые испытания” (ПИ НКУ) подразумеваются низковольтные комплектные устройства, соответствующие установленному типу или системе без отклонений, которые могли бы серьезно повлиять на работу типового устройства, проверенного на соответствие предписаниям данного Стандарта.

Распределительные щиты ПИ - это комплектные устройства, выполненные непосредственно на базе прототипа, спроектированного в целом и подвергнутого типовым испытаниям. Поскольку типовые испытания очень сложные, на них направляются распределительные щиты, спроектированные изготовителем, у которого есть прочная техническая и финансовая база. Однако ПИ НКУ могут устанавливать специалисты-электротехники или монтажники, выполняющие инструкции изготовителя; отклонения от прототипа разрешаются только при условии, что они незначительно меняют характеристики по сравнению с оборудованием, прошедшим типовые испытания.

6 Распределительные щиты

Под “прошедшими частичные типовые испытания” (ЧИ НКУ) подразумеваются низковольтные комплектные устройства, подвергнутые только части типовых испытаний; некоторые испытания могут заменяться экстраполяцией, которая представляет собой расчеты на основе экспериментальных результатов, полученных по НКУ, прошедшим типовые испытания. Проверка путем упрощенных измерений или расчетов допускается в качестве альтернативы типовым испытаниям в отношении нагрева, прочности при КЗ и изоляции.

В Стандарте МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1) говорится, что некоторые этапы сборки могут выполняться за пределами завода-изготовителя, при условии, что сборка осуществляется в соответствии с инструкциями изготовителя.

Монтажник может воспользоваться промышленными сборочными комплектами для сборки распределительного щита требуемой конфигурации.

В том же Стандарте определяется разделение ответственности между изготовителем и сборщиком, в Таблице 7: “Перечень проверок и испытаний, выполняемых для ПИ НКУ и ЧИ НКУ”, в котором подробно описаны типовые и индивидуальные испытания, которые необходимо выполнить для НКУ.

Типовые испытания подтверждают соответствие прототипа требованиям Стандарта, и за это, как правило, отвечает изготовитель, который должен также предоставить инструкции по изготовлению и сборке распределительного щита. Сборщик отвечает за выбор компонентов и их сборку в соответствии с прилагаемыми инструкциями изготовителя и должен подтвердить соответствие стандартам, выполнив предварительно утвержденные проверки для случая распределительных щитов, отличающихся от испытанного прототипа. Для каждого изготовленного изделия должны также проводиться стандартные испытания.

Различие между ПИ НКУ и ЧИ НКУ не имеет значения для Декларации о соответствии Стандарту МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1), поскольку распределительный щит должен соответствовать этому Стандарту.

6 Распределительные щиты

Перечень проверок и испытаний, которые необходимо выполнить для ПИ НКУ и ЧИ НКУ

№.	Характеристики, подлежащие проверке	Пункты	ПИ НКУ	ЧИ НКУ
1	Пределы повышения температуры	8.2.1	Проверка пределов повышения температуры посредством испытания (типовое испытание)	Проверка пределов повышения температуры посредством испытания или экстраполяции
2	Диэлектрические свойства	8.2.2	Проверка диэлектрических свойств посредством испытания (типовое испытание)	Проверка диэлектрических свойств посредством испытания согласно п. 8.2.2 или 8.3.2, или проверкой сопротивления изоляции согласно п. 8.3.4 (см. № 9 и 11)
3	Прочность при коротком замыкании	8.2.3	Проверка прочности при коротком замыкании посредством испытания (типовое испытание)	Проверка прочности при КЗ посредством испытания или экстраполяции данных для аналогичных НКУ, прошедших типовые испытания
4	Действенность цепи защиты	8.2.4	Проверка действенности соединения между открытыми проводящими частями НКУ и цепью защиты посредством осмотра или измерения сопротивления (типовое испытание)	Проверка целостности соединения между открытыми проводящими частями НКУ и цепью защиты посредством осмотра или измерения сопротивления
	Действенное соединение между открытыми, проводящими частями НКУ и цепью защиты	8.2.4.1		
	Прочность при коротком замыкании цепи защиты	8.2.4.2		Проверка прочности при КЗ цепи защиты посредством испытания или соответствующим проектированием и размещением защитного проводника (см. 7.4.3.1.1, последний параграф)
5	Зазоры и длины путей утечки	8.2.5	Проверка зазоров и длин путей утечки (типовое испытание)	Проверка зазоров и длин путей утечки
6	Механическая работоспособность	8.2.6	Проверка механической работоспособности (типовое испытание)	Проверка механической работоспособности
7	Степень защиты	8.2.7	Проверка степени защиты (типовое испытание)	Проверка степени защиты
8	Монтаж электропроводки, работоспособность электрооборудования	8.3.1	Осмотр НКУ, включая осмотр электропроводки и, при необходимости, испытание работоспособности электрооборудования (стандартное испытание)	Осмотр НКУ, включая осмотр электропроводки и, при необходимости, испытание работоспособности электрооборудования
9	Изоляция	8.3.2	Испытание диэлектрических свойств (стандартное испытание)	Испытание диэлектрических свойств или проверка сопротивления изоляции согласно п. 8.3.4 (см №. 2 и 11)
10	Меры защиты	8.3.3	Проверка мер защиты электрической целостности защитных цепей (стандартное испытание)	Проверка мер защиты
11	Сопротивление изоляции	8.3.4		Проверка сопротивления изоляции если только согласно п. 8.2.2 или 8.3.2 не было проведено испытание (см. № 2 и 9)

6 Распределительные щиты

Степени защиты

Степень защиты IP указывает на уровень защиты, обеспечиваемый НКУ в отношении доступа или контакта с частями под напряжением, проникновения твердых посторонних предметов и влаги. Код IP - это система, используемая для определения степени защиты в соответствии с требованиями Стандарта МЭК 60529. Если только изготовителем не указано иначе, степень защиты применяется ко всему распределительному щиту, собранному и установленному для эксплуатации в нормальных условиях (с закрытыми дверцами). Изготовитель также должен указывать степень защиты, применимую к конкретным конфигурациям, которые могут появиться в процессе эксплуатации, как например, степень защиты с открытыми дверцами или удаленными или выдвинутыми устройствами.

Элементы кода IP и их значения

Элемент	Цифры или буквы	Значение для защиты оборудования	Значение для защиты персонала	Ссылка
Буквы кода	IP			
Первая характеристическая цифра		От проникновения твердых посторонних предметов	От доступа к опасным частям	П. 5
	0	(не защищено)	(не защищено)	
	1	≥ 50 мм в диаметре	тыльной стороной ладони	
	2	≥ 12,5 мм в диаметре	пальцем	
	3	≥ 2,5 мм в диаметре	инструментом	
	4	≥ 1,0 мм в диаметре	проволокой	
	5	пылезащищенное	проволокой	
	6	пыленепроницаемое	проволокой	
Вторая характеристическая цифра		От проникновения влаги с вредным воздействием		П. 6
	0	(не защищено)		
	1	вертикальные падающие капли		
	2	падающие капли (под углом 15°)		
	3	вода в виде дождя		
	4	брызги		
	5	струя		
	6	мощная струя		
	7	временное погружение		
	8	постоянное погружение		
Дополнительная буква (опциональная)			От доступа к опасным частям	П. 7
	A		тыльной стороной ладони	
	B		пальцем	
	C		инструментом	
	D		проволокой	
Дополнительная буква (опциональная)		Дополнительная информация для:		П. 8
		Высоковольтное оборудование		
	H	Подвижно во время испытаний на проникновение воды		
	M	Подвижные части неподвижны при испытаниях на проникновение воды		
	S	Погодные условия		
	W			

6 Распределительные щиты

Формы разделения и классификация распределительных щитов

Формы внутреннего разделения

Под формой разделения подразумевается тип подразделения в пределах распределительного щита. Разделение с помощью ограждений или перегородок (металлических или изоляционных) может выполнять функцию:

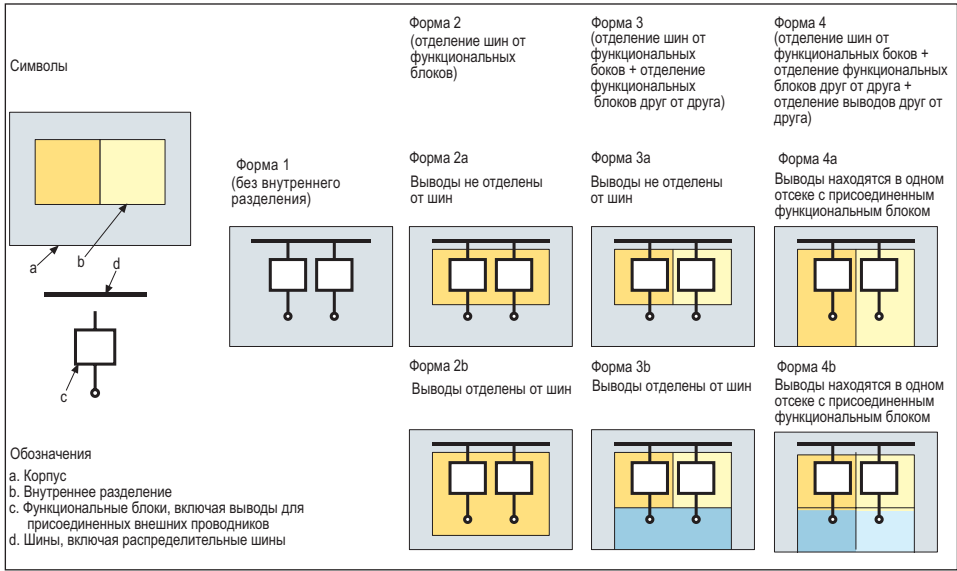
- обеспечения защиты от прямого контакта (как минимум IPXXB) в случае доступа к части щита, которая не находится под напряжением, когда остальная его часть остается под напряжением;
- снижения риска возникновения и распространения внутренней дуги;
- преграды для попадания твердых объектов между разными частями распределительного щита (минимальная степень защиты IP2X).

Перегородка - это разделительный элемент между двумя частями, а ограждение - это элемент, защищающий оператора от прямого контакта и воздействия дуги, возникающей в устройствах прерывания, в направлении обычного доступа.

В следующей таблице из Стандарта МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1) представлены типичные виды разделения, которые можно получить с помощью ограждений или перегородок:

Основные критерии	Подкритерии	Форма
Без разделения		Форма 1
Отделение шин от функциональных блоков	Выводы для внешних проводников, не отделенных от шин	Форма 2a
	Выводы для внешних проводников, отделенных от шин	Форма 2b
Отделение шин от функциональных блоков и отделение всех функциональных блоков друг от друга.	Выводы для внешних проводников, не отделенных от шин	Форма 3a
Отделение выводов для внешних проводников от функциональных блоков, но не друг от друга	Выводы для внешних проводников,отделенных от шин	Форма 3b
Отделение шин от функциональных блоков и отделение всех функциональных блоков друг от друга, включая выводы для внешних проводников, которые являются неотъемлемой частью функционального блока	Выводы для внешних проводников в том же отсеке, что и связанный функциональный блок	Форма 4a
	Выводы для внешних проводников, не в том же отсеке, что и связанный функциональный блок, но в индивидуальном, отдельном огороженном защищенном объеме или отсеке	Форма 4b

6 Распределительные щиты



Классификация:

Существуют различные классификации электрических распределительных щитов, в зависимости от ряда факторов.

В соответствии с МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1) по конструкции НКУ подразделяются на открытые НКУ и НКУ, защищенные оболочками.

Распределительный щит защищен оболочкой, когда у него есть защитные панели со всех сторон, что обеспечивает степень защиты от прямого контакта, как минимум, IPXXB. Распределительные щиты, работающие в нормальной окружающей среде, должны быть защищены оболочкой.

Открытые распределительные щиты с передней крышкой или без нее имеют доступные части под напряжением. Такие распределительные щиты могут использоваться только в электроустановках, доступных квалифицированному персоналу.

По внешней конструкции распределительные щиты делятся на следующие категории:

- НКУ ящичного типа

Используемое для крупного оборудования управления и распределения энергии, многоящичное комплектное устройство может быть получено размещением ящиков рядом друг с другом.

6 Распределительные щиты

- НКУ пультового типа

Используется для управления машинами или комплексными системами в машиностроительной, чугуно- и сталелитейной, а также химической промышленности.

- НКУ шкафного типа

Характеризуемое монтажом у стены, устанавливается на стене или заподлицо со стеной; эти распределительные щиты, как правило, используются для распределения энергии на уровне подразделения или участка в промышленных условиях или секторах третьего уровня.

- НКУ многошкафного типа

Каждый шкаф, как правило, защищенный, содержит один функциональный блок, который может быть автоматическим выключателем, пускателем, гнездом с блокирующим или автоматическим выключателем.

По своей функции распределительные щиты делятся на следующие типы:

- Главные распределительные щиты

Главные распределительные щиты, как правило, устанавливаются сразу же после трансформаторов среднего/низкого напряжения или генераторов, и могут входить в состав комплектных трансформаторных подстанций. Главные распределительные щиты состоят из одного или более блоков ввода, шинных соединителей и относительно небольшого количества блоков вывода.

- Вторичные распределительные щиты

Вторичные распределительные щиты включают широкий диапазон распределительных щитов для распределения энергии и оборудуются одним блоком ввода и несколькими блоками вывода.

- Щиты для управления двигателями

Щиты для управления двигателями предназначены для управления и централизованной защиты двигателей: поэтому они состоят из соответствующих скоординированных устройств для работы и защиты, а также вспомогательных устройств управления и сигнализации.

- Щиты управления, измерения и защиты

Щиты управления, измерения и защиты обычно состоят из пультов, содержащих, главным образом, аппаратуру управления, контроля и измерений для производственных процессов и систем.

- Станочные распределительные щиты

Станочные распределительные щиты по своим функциям похожи на вышеописанные щиты; их роль - обеспечить взаимодействие между станком, источником питания и оператором.

- НКУ для строительных площадок (НКУ СП)

НКУ для строительных площадок могут быть различных размеров - от простого комплекта вилки с розеткой до настоящего распределительного щита в оболочке из металла или изоляционного материала. Они, как правило, переносные или, в любом случае, передвижные.

6 Распределительные щиты

Экстраполяционные методы оценки повышения температуры для НКУ, прошедших частичные типовые испытания (ЧИ НКУ)

Для НКУ, прошедших частичные типовые испытания, повышение температуры определяется лабораторными испытаниями или расчетами, которые проводятся в соответствии со Стандартом МЭК 60890. Формулы и коэффициенты, приведенные в этом Стандарте, выведены на основании измерений для большого количества распределительных щитов, достоверность этого метода была проверена сравнением с результатами испытаний.

Данный метод не включает весь диапазон НКУ, поскольку он был разработан по точным допущениям, что ограничивает возможности применения, но в него можно внести поправки, адаптировать и интегрировать с другими процедурами расчета.

Стандарт МЭК 60890 служит для определения повышения температуры воздуха внутри щита, которое происходит из-за энергии, рассеиваемой устройствами и проводами в пределах распределительного щита.

Для расчета повышения температуры воздуха внутри щита при выполнении требований данного Стандарта, необходимо учесть следующее:

- размеры оболочки;
- тип установки:
 - оболочка, открытая воздуху со всех сторон;
 - оболочка, установленная на стене;
 - оболочка, предназначенная для монтажа в экстремальных условиях;
 - оболочка внутри многосекционного распределительного щита;
- вентиляционные отверстия и их размеры;
- количество горизонтальных внутренних перегородок;
- потери мощности из-за действующего тока, проходящего через устройство и проводник, установленные в щите или отсеке.

Стандарт позволяет рассчитать повышение температуры воздуха в средней и самой верхней точке распределительного щита. После того, как значения рассчитаны, необходимо определить, соответствует ли распределительный щит требованиям, относящимся к установленным пределам в определенных точках внутри аналогичного щита.

В Приложении В объясняется метод расчета, описанный в данном Стандарте.

АББ предоставляет клиенту программное обеспечение для быстрого расчета повышения температуры внутри щита.

6 Распределительные щиты

6.2 Распределительные щиты MNS

MNS-системы применяются во всех областях, связанных с выработкой, распределением и использованием электроэнергии; например, они могут применяться в качестве:

- главных и вспомогательных распределительных щитов;
- источника электропитания станции управления двигателями;
- распределительных щитов для систем автоматики.

MNS-система представляет собой рамную конструкцию с не требующими обслуживания болтовыми соединениями, оснащенную соответствующими стандартизованными компонентами, которую можно приспособить к любой области применения. Последовательное использование модульного принципа в электрической и механической конструкции позволяет выбрать конструктивное решение, внутреннюю компоновку и степень защиты в соответствии с рабочими и внешними условиями.

Конструкция и материалы, применяемые в MNS-системах, в значительной степени предотвращают возникновение электрической дуги или обеспечивают ее быстрое гашение.

MNS-система соответствует требованиям, установленным в документе VDE0660 Часть 500, а также в Стандарте МЭК 61641 и, кроме того, она подвергалась всесторонним испытаниям на возможность случайного возникновения дуги в независимом институте.

MNS-система предлагает пользователю множество альтернативных решений и имеет заметные преимущества по сравнению с установками традиционного типа:

- компактная, занимающая мало место конструкция;
- сдвоенная компоновка;
- оптимальное распределение энергии в отсеках;
- простая конструкция и детальная разработка, благодаря использованию стандартизованных компонентов;
- полный диапазон стандартизованных модулей;
- различные уровни конструкции, в зависимости от рабочих и внешних условий;
- простая комбинация различных систем оборудования, таких как стационарные и выдвижные модули в одном отсеке;
- вариант дугозащитной конструкции (стандартная конструкция со стационарными модулями);
- вариант сейсмостойкой, вибростойкой и ударопрочной конструкции;
- простая сборка, не требующая специальных инструментов;
- простая модернизация и модификация;
- почти не требуется техобслуживание;
- высокая эксплуатационная надежность;
- высокий уровень безопасности для эксплуатационного персонала.

Основными элементами рамы служат С-образные секции с отверстиями с интервалом 25 мм, согласно Стандарту DIN 43660. Все части рамы соединяются не требующими обслуживания самонарезающими винтами или винтами ESLOK. На базе решетки с основным размером 25 мм, рамы собираются для ящиков различных типов без каких-либо специальных инструментов. Одно- или многосекционные НКУ могут собираться для работы с фронтальной или с фронтальной и тыльной стороны.

Имеются различные конструкции, в зависимости от требований к оболочке:

- с одной дверцей для отсека оборудования;
 - с двойной дверцей для отсека оборудования;
 - с дверцей для отсеков оборудования и кабелей;
 - с дверцами для модулей и/или крышками для выдвижных модулей и дверцей для отсека кабелей.
- Днище отсека может быть оборудовано напольными плитами. С помощью листов с гнутой кромкой выполняются кабельные каналы, соответствующие всем требованиям. Дверцы и оболочка могут иметь одно или несколько вентиляционных отверстий, верхние крышки могут быть снабжены металлической решеткой (IP 30 – IP40) или вентиляционной вытяжной трубой (IP 40, 41, 42).

6 Распределительные щиты

В зависимости от предъявляемых требований, рамная конструкция может подразделяться на следующие отсеки (функциональные зоны):

- отсек оборудования;
- отсек шин;
- отсек кабелей.

Отсек оборудования содержит модули оборудования, отсек шин – шины и распределительную арматуру, отсек кабелей вмещает входящие и выходящие кабели (сверху или снизу) с проводкой для соединения модулей и опорных устройств (кабельные монтажные рейки, соединительные детали кабелей, параллельные соединения, каналы для проводки и т.д.) Функциональные отсеки ящика, а также сами ящики разделяются перегородками. Между отсеками также могут помещаться горизонтальные перегородки с вентиляционными отверстиями или без них.

В состав всех ящиков с входящими/выходящими фидерами и шинными соединителями входит одно коммутирующее устройство. Такими устройствами могут быть стационарные выключатели-разъединители, стационарные или выдвижные воздушные или в литом корпусе автоматические выключатели.

Ячейки этого типа подразделяются на отсеки оборудования и отсеки шин; их размеры (В x Ш) составляют 2200 мм x 400 мм / 1200 мм x 600 мм, а ширина зависит от размеров используемого распределительного щита.

Ящики с воздушными автоматическими выключателями до 2000 А могут поставляться в исполнении с уменьшенными размерами (Ш = 400 мм).

Можно соединить ящики, чтобы получились оптимальные блоки максимальной ширины 3000 мм.

6.3 Распределительные щиты Striebel & John

Системы распределения электроэнергии Striebel & John¹ отвечают всем требованиям, обеспечивающим им успешное будущее в строительстве и промышленности. Широкий спектр модульных настенных и напольных распределительных шкафов позволяет любому пользователю выбрать индивидуальную и экономичную конфигурацию.

Низковольтные комплектные устройства, прошедшие типовые испытания (ПИ НКУ), рассчитанные для тока до 4000 А, гарантируют очень высокие стандарты безопасности персонала и установки.

Компания Striebel & John успешно реализовала принцип модульности: модульная система предлагает неограниченные возможности конфигураций, создаваемых из легко собираемых изделий. Striebel & John также предлагает особые варианты устройств для распределения электроэнергии, получаемых на основе специальных конструкций для индивидуальных решений, разработанных в соответствии с требованием клиента.

¹ Striebel & John - завод концерна АББ, расположенный в Германии

6 Распределительные щиты

Настенные и напольные шкафы

Striebel & John предлагает заземленные или изолированные, настенные или напольные шкафы для всех областей применения. Чтобы обеспечить универсальность модульной конструкции шкафов, Striebel & John предлагает разнообразную и хорошо масштабируемую систему, а также универсальную систему внутренней электропроводки, включая необходимые принадлежности.

Настенные шкафы серии В и настенные и напольные шкафы серий Н, G, С и W представляют собой заземленные шкафы класса защиты 1 для номинального тока до 850 А. Настенные шкафы серий U и А, а также настенные и напольные шкафы серий HS, FS и WS - это изолированные шкафы для номинальных токов до 630 А. Настенные и напольные шкафы указанных серий, а также серий А и В, FS и G, WS и W (заземленные или изолированные) можно комбинировать друг с другом.

Конфигурации из этих систем модульных шкафов создаются очень просто, благодаря тщательно продуманной системе быстрой установки EDF. Система впечатляет своей быстрой и рациональной установкой, а также легко комбинируемыми модулями. Она одинаково просто реализуется для настенных, напольных шкафов комплектных устройств, а также для распределительных щитов в шкафах системы пожарной безопасности.

Шкафы системы пожарной безопасности

Striebel & John разработала широкий спектр настенных и напольных шкафов, кожухов и кабельных шкафов, а также противопожарных дверей с рамной конструкцией и распределительных щитов с предупредительной противопожарной защитой.

Шкафы системы пожарной безопасности испытаны в соответствии с DIN 4102 часть 11 для проверки выдерживаемой при пожаре нагрузки (I 30/I 90) или DIN 4102 часть 12 для проверки функциональной способности (E 30/E 90). В зависимости от модели, шкафы гарантируют выдерживаемую нагрузку при пожаре в течение 30 или 90 минут (I 30/I 90) или сохранение функциональной способности (E 30/E 90). Новый материал невоспламеняющийся и относится к классу материалов А2.

Внутренние панели распределительного щита испытаны в соответствии со Стандартом МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1).

В них также используется система быстрой установки EDF. Также Striebel & John предлагает широкий спектр противопожарных дверей, которые обеспечивают огнестойкость в соответствии с DIN 4102 часть 2 (F 30/F 90), гарантируют выдерживаемую нагрузку при пожаре (I 30/I 90) и функциональную способность (E 30/E 90).

6 Распределительные щиты

Шкафы распределительных устройств TriLine-R

Марка TriLine-R означает простые, быстро собираемые и безопасные в использовании системы. Система шкафов HKY TriLine-R представляет собой перспективную разработку.

Система имеет модульную конструкцию и одинаково хорошо приспособлена для работы во всех областях, связанных с передачей и распределением электроэнергии, а также без ограничений может использоваться в системах управления. TriLine-R - это системное решение, которое удовлетворяет всем техническим требованиям и учитывает все экономические аспекты.

Профиль шкафа, изготовленный из оцинкованной стали, выполнен с фальцовкой 36, что, вместе с вновь разработанными угловыми элементами, обеспечивает прочную основу для высочайшего уровня устойчивости и сопротивления кручению. Этот профиль разработан в результате проведения полной серии компьютерного моделирования, расчетов и экспериментов.

Размеры профильной решетки, в соответствии со Стандартом DIN 43660 (25 мм и 12,5 мм), и размеры внутренней решетки, в соответствии со Стандартом DIN 43870 (B = 150 мм / Ш = 250 мм), позволяют без ограничений осуществлять монтаж оборудования в любом положении.

Все компоненты системы разработаны для универсального использования; по оптимизированной технологии, позволяющей максимально упростить установку. Стандартная внешняя оболочка, а также дверцы с защитным стеклом или секционные двери различных размеров обеспечивают оптимальное удобство для пользователя.

Гарантия безопасного и надежного электропитания является центральным требованием для комбинаций низковольтных комплектных устройств, а также общей предпосылкой хороших технико-экономических показателей.

Высокий уровень безопасности – главная особенность всех систем распределительных устройств TriLine-R. При разработке учитывались пожелания заказчиков и требования рынка, в результате чего была создана система комплектных устройств, прошедшая типовые испытания и соответствующая техническим условиям Стандарта DIN EN 60439-1 для номинального тока до 4 000 А.

Все типовые испытания проводились независимым научно-исследовательским институтом. Результаты и условия испытаний подтверждаются протоколами испытаний и являются предварительным условием производства низковольтных комплектных устройств, прошедших типовые испытания (ПИ НКУ).

Такие ПИ НКУ обеспечивают инженеров-технологов, монтажников, инженеров и операторов в промышленном секторе и секторе обслуживания системой высочайшего уровня безопасности для установки и персонала.

Кроме того, можно и дальше повышать безопасность системы и персонала, формируя внутреннее разделение в комплектных распределительных устройствах в защищенных оболочках.

Мы предлагаем ряд комплектов для расширения системы TriLine-R до варианта верхнего уровня – формы 4b.

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

Стандарт МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1) определяет, что комплектные устройства (далее распределительные щиты) должны проектироваться так, чтобы они могли выдерживать тепловые и динамически нагрузки, создаваемые токами КЗ в пределах номинальных значений.

Кроме того, распределительные щиты должны быть защищены от токов КЗ автоматическими выключателями, плавкими предохранителями или их комбинацией, которые могут встраиваться в распределительный щит или устанавливаться перед ним.

Заказывая распределительный щит, пользователь должен указать условия короткого замыкания в точке установки.

В этой главе рассматриваются следующие аспекты:

- **необходимость проверки на прочность при КЗ распределительных щитов или отсутствие такой необходимости;**
- **пригодность распределительного щита для установки, в зависимости от ожидаемого тока короткого замыкания установки и параметров КЗ распределительного щита;**
- **пригодность системы шин, в зависимости от тока короткого замыкания и защитных устройств.**

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

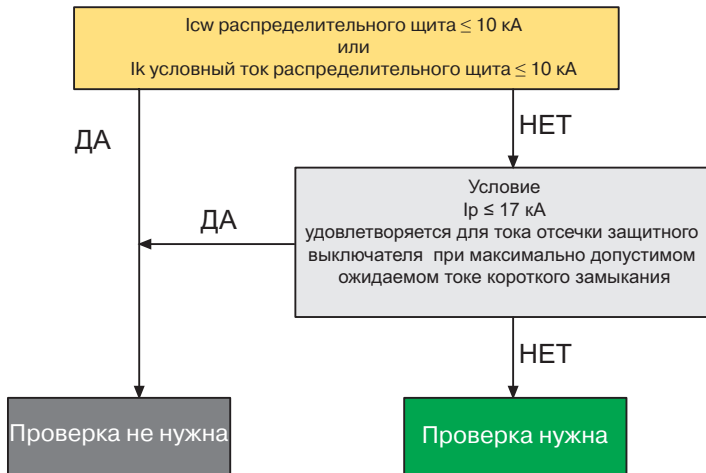
Проверка прочности при КЗ

Проверка прочности при КЗ описана в Стандарте МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1), где, в частности, указываются случаи, требующие проверки и различные типы проверок.

Проверка на прочность при КЗ не требуется, если выполняются следующие условия:

- Распределительные щиты имеют номинальный кратковременно выдерживаемый ток (I_{cw}) или номинальный условный ток (I_k), не превышающий 10 кА.
- Распределительные щиты защищены токоограничивающими устройствами с током отсечки не более 17 кА при максимально допустимом ожидаемом токе КЗ на выводах входящей цепи распределительного щита.
- Вспомогательные цепи распределительных щитов предназначены для подключения к трансформаторам, чья номинальная мощность не превышает 10 кВА для номинального напряжения вторичной обмотки не менее 110 В или 1,6 кВА для номинального напряжения вторичной обмотки менее 110 В и напряжения КЗ не менее 4%.
- Все элементы распределительных щитов (электрические шины, опоры для шин, подключения к шинам, блоки ввода и вывода, коммутирующие и защитные устройства и т.д.), которые уже подвергались типовым испытаниям, подходят к условиям применения в распределительном щите.

Поэтому, с технической точки зрения, необходимость проверки на прочность при КЗ можно рассматривать следующим образом:



В отношении деталей технических характеристик испытаний необходимо ссылаться непосредственно на Стандарт МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1).

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

Ток короткого замыкания и определение возможности установки распределительного щита в конкретной точке системы

Проверка на прочность при КЗ основана на одном из двух значений, указываемых изготовителем по своему усмотрению:

- номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw} ;
- номинальный условный ток короткого замыкания I_k .

На основе этих двух значений можно определить, подходит ли распределительный щит для установки в конкретной точке системы.

Необходимо проверить, что отключающие способности аппаратов внутри распределительного щита соответствуют значениям токов КЗ системы.

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw} - это предварительно определенное среднеквадратичное значение испытательного тока, которому соответствует определенное значение пикового тока, прикладываемого к испытываемой цепи распределительного щита в течение заданного времени (обычно 1 с). Распределительный щит должен выдерживать тепловые и электродинамические нагрузки без повреждений или деформаций, которые могли бы мешать работе системы. Из этого испытания (если оно прошло успешно) можно получить значение удельной сквозной энергии (I^2t), которую может проводить распределительный щит:

$$I^2t = I_{cw}^2 \cdot t$$

Испытание должно проводиться с коэффициентом мощности, указанным ниже в Таблице 4 Стандарта МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1). Коэффициент “n”, соответствующий значению $\cos\Phi$, позволяет определить пиковое значение тока КЗ, выдерживаемого распределительным щитом, по следующей формуле:

Таблица	$I_p = I_{cw} \cdot n$ коэффициент мощности	
	$\cos\Phi$	n
среднеквадратичное значение тока короткого замыкания, кА		
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

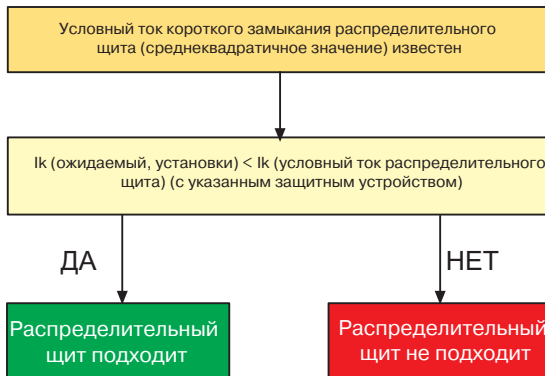
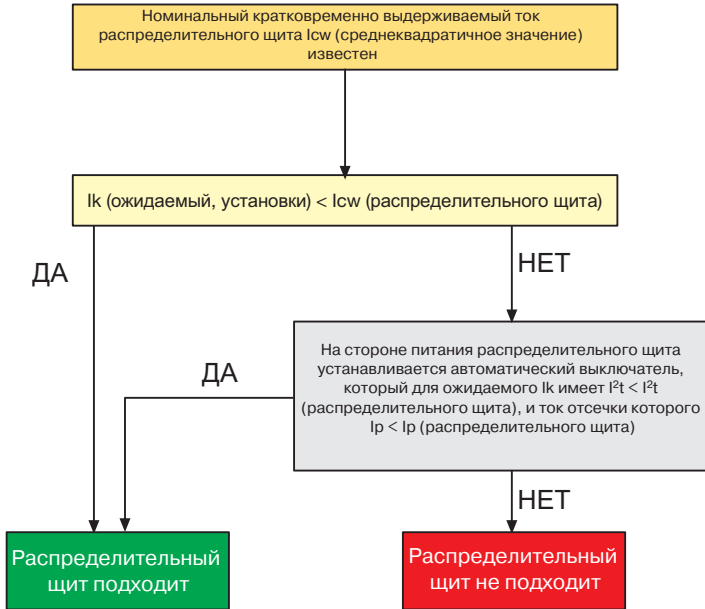
Значения, приведенные в данной таблице, представляют большую часть областей применения. В некоторых местах, например, вблизи трансформаторов или генераторов, можно обнаружить более низкие значения коэффициента мощности, поэтому максимальный ожидаемый пиковый ток может принимать предельное значение вместо среднеквадратичного значения тока КЗ.

Условный ток короткого замыкания - это предварительно определенное среднеквадратичное значение испытательного тока, которому соответствует определенное значение пикового тока, и который распределительный щит может выдерживать в течение времени действия установленного защитного устройства. Этим устройством обычно служит главный автоматический выключатель распределительного щита.

Путем сравнения этих двух значений I_{cw} и I_p с ожидаемым током КЗ установки можно определить, подходит ли распределительный щит для установки в определенной точке системы.

На следующих схемах показан метод определения возможности установки распределительного щита в конкретной точке системы.

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов



Отключающие способности аппаратов внутри распределительного щита необходимо проверить на совместимость со значениями токов КЗ установки.

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

Пример

Параметры установки:

Номинальное напряжение $U_n=400$ В

Номинальная частота $f_n=50$ Гц

Ток короткого замыкания $I_k=35$ кА

Предположим, что в существующей системе установлен распределительный щит с током I_{sw} , равным 35 кА, и в точке установки распределительного щита ожидаемый ток КЗ равен 35 кА.

Теперь предположим, что ожидается увеличение мощности источника питания, и значение КЗ возрастает до 60 кА.

Параметры установки после увеличения мощности источника питания:

Номинальное напряжение $U_n=400$ В

Номинальная частота $f_n=50$ Гц

Ток короткого замыкания $I_k=60$ кА

Поскольку ток I_{sw} распределительного щита ниже тока КЗ системы, то для того чтобы проверить, что имеющийся щит по-прежнему подходит, необходимо:

- определить значения тока I^2t и I_p , пропускаемые автоматическим выключателем со стороны питания распределительного щита;
- проверить, что защитные устройства, установленные в распределительном щите, обладают достаточной отключающей способностью (по отдельности или в резервировании).

$I_{sw} = 35$ кА, из чего следует:

$I^2t_{\text{распр. щит}} = 35^2 \times 1 = 1225 \text{ MA}^2\text{с}$

$I_{p\text{распр. щит}} = 73,5$ кА (согласно Таблице 4)

Предположив, что со стороны питания распределительного щита установлен автоматический выключатель типа Тmax Т5Н (**$I_{cu}=70$ кА при 415 В**)

$I^2t_{AB} < 4 \text{ MA}^2\text{с}$

$I_{pAB} < 40$ кА

поскольку

$I^2t_{\text{распр. щит}} > I^2t_{AB}$

$I_{p\text{распр. щит}} > I_{pAB}$

откуда следует, что распределительный щит (конструкция и система шин) подходит.

Предположим, что в распределительном щите установлены автоматические выключатели типа Т1, Т2 и Т3 исполнения N с **$I_{cu}=36$ кА при 415 В**. Из таблиц резервирования (см. главу 4.3) следует, что автоматические выключатели в распределительном щите подходят для установки, поскольку их отключающая способность увеличивается до 65 кА, благодаря автоматическому выключателю типа Т5Н со стороны подключения питающей сети.

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

Выбор системы распределения в зависимости от прочности при КЗ

Параметры системы распределения щита определяются с учетом проходящего через него номинального тока и ожидаемого тока КЗ установки.

Изготовитель обычно предоставляет таблицы, позволяющие выбрать поперечное сечение шины в зависимости от номинального тока и определить монтажные размеры шинных опор для обеспечения прочности при коротком замыкании.

Для выбора распределительной системы, совместимой с параметрами короткого замыкания установки, необходимо следовать одной из процедур:

• Если известно защитное устройство со стороны питания распределительной системы

На основании значения I_{cw} распределительной системы получается:

$I_{k_{сист}} = I_{cw} \cdot n$ где n - это коэффициент, выведенный из Таблицы 4

$I^2 t_{сист} = I_{cw}^2 \cdot t$ где t равно 1 с

В соответствии со значением ожидаемого тока КЗ установки, можно определить следующие значения:

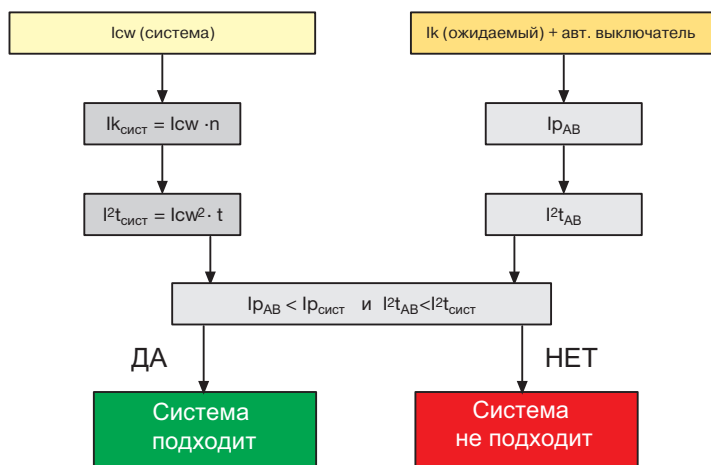
ток отключения автоматического выключателя

$I_{p_{авт. выкл.}}$

удельная сквозная энергия автоматического выключателя

$I^2 t_{авт. выкл.}$

Если $I_{p_{авт. выкл.}} < I_{p_{сист}}$ и $I^2 t_{авт. выкл.} < I^2 t_{сист.}$, то распределительная система подходит.



• Если защитное устройство со стороны питания распределительной системы не известно

Должно выполняться следующее условие:

$$I_k (\text{ожидаемый}) < I_{cw} (\text{системы})$$

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

Пример

Параметры установки: Номинальное напряжение $U_n=400$ В
 Номинальная частота $f_n=50$ Гц
 Ток короткого замыкания $I_k=65$ кА

С учетом необходимости использовать систему формованных шин 400 А, каталог АББ "Распределительные щиты ArTu" предоставляет следующий выбор:
 ВА0400 In=400 А (IP65) $I_{cw}=35$ кА.

Предположим, что со стороны питания системы шин установлен автоматический выключатель в литом корпусе типа:

АББ Tmax T5N 400 In400

на основании значения I_{cw} системы шин получается:

$$I_p_{\text{сист}} = I_{cw} \cdot n = 35 \cdot 2.1 = 73,5 \quad [\text{кА}]$$

$$I^2 t_{\text{сист}} = I_{cw}^2 \cdot t = 35^2 \cdot 1 = 1225 \quad [(\text{кА})^2 \text{ с}]$$

На основании характеристических кривых

- I_k 65 кА соответствует приблизительно $I_{pAB}=35$ кА
- I_k 65 кА соответствует приблизительно $I^2 t_{AB}=4 [(\text{кА})^2 \text{ с}]=4 [\text{МА}^2 \text{ с}]$

Таким образом, поскольку

$$I_{pAB} < I_{p_{\text{сист}}}$$

и

$$I^2 t_{AB} < I^2 t_{\text{сист}}$$

следует, что система шин совместима с распределительным щитом.

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

Выбор проводников со стороны питания защитных устройств.

Стандарт МЭК 60439-1 предписывает, что в распределительном щите типоразмеры проводников, находящихся под напряжением (включая распределительные шины), расположенных между главными шинами и стороной питания одноцеплевых блоков и их конструктивных компонентов, можно определять в соответствии со значениями тока КЗ, создаваемыми со стороны нагрузки устройства защиты от КЗ этих блоков.

Это возможно, если проводники установлены в распределительном щите таким образом, что при нормальных рабочих условиях внутреннее межфазное КЗ и/или КЗ фаза-на-землю - лишь маловероятное событие. Рекомендуется, чтобы такие проводники были сплошными и жесткими. В качестве примера в Стандарте приводятся типы проводников и инструкции по их монтажу, которые рассматривают межфазное КЗ и/или КЗ фаза-на-землю исключительно как маловероятное событие.

Тип проводника	Требования
Неизолированные или одножильные проводники с главной изоляцией, как, например, кабели согласно Стандарту МЭК 60227-3.	Необходимо избегать взаимных контактов или контактов с проводящими частями, например, установив разделители.
Одножильные проводники с главной изоляцией и максимально допустимой рабочей температурой свыше 90°C, например, кабели согласно Стандарту МЭК 60245-3, или теплостойкие кабели с ПВХ-изоляцией согласно Стандарту МЭК 60227-3.	Взаимные контакты или контакты с проводящими частями допускаются там, где нет внешнего давления. Необходимо избегать контактов с острыми краями. Необходимо избегать риска механического повреждения. Нагрузка на эти кабели допускается только при рабочей температуре не выше 70°C.
Проводники с главной изоляцией, как, например, кабели согласно Стандарту МЭК 60227-3 с дополнительной вторичной изоляцией как, например, отдельно закрытые кабели с дающей усадку оплеткой или отдельно проходящие кабели в пластиковых изоляционных кабелепроводах.	Дополнительные требования отсутствуют, если отсутствует риск механического повреждения.
Проводники, изолированные материалом с очень высокой механической прочностью, таким как, например, изоляция FTFE или проводники с двойной изоляцией с усиленной внешней оболочкой для напряжения 3 кВ или кабели согласно Стандарту МЭК 60502.	
Одножильные или многожильные кабели в оболочках, как, например, кабели согласно Стандарту МЭК 60245-4 или 60227-4.	

При таких условиях или когда полное КЗ, рассматривается как маловероятное событие, надо следовать вышеописанной процедуре для проверки соответствия распределительной системы условиям КЗ, определяемым в зависимости от характеристик автоматического выключателя, установленного со стороны нагрузки шины.

Приложение А: Защита от воздействий короткого замыкания внутри низковольтных распределительных щитов

Пример

Параметры установки:

Номинальное напряжение $U_r=400$ В

Номинальная частота $f_r=50$ Гц

Ток короткого замыкания $I_k=45$ кА

В распределительном щите, показанном на рисунке, вертикальные шины распределения ответвляются от главных шин.

Это 800 А шины с фасонным профилем и следующими характеристиками:

$I_n (IP65) = 800$ А,

$I_{sw\ max} = 35$ кА

Поскольку это “жесткая” система с разделителями согласно Стандарту МЭК 60439-1 (ГОСТ Р 51321.1), короткое замыкание между шинами - событие маловероятное.

Однако требуется проверка, что механические усилия при КЗ, снижаемые автоматическими выключателями со стороны нагрузки системы, совместимы с системой.

Предположим, что в ящиках распределительного устройства установлены следующие автоматические выключатели:

ABB SACE T3S250

ABB SACE T2S160

Необходимо проверить, что в случае КЗ на каком-нибудь выходящем проводнике, ограничения, создаваемые автоматическим выключателем, соответствуют шинной системе. Для выполнения этого требования при максимально допустимом ожидаемом токе КЗ автоматический выключатель с более высоким значением отключаемого тока и сквозной энергии должен иметь соответствующую для шинной системы токоограничивающую способность.

В данном случае это автоматический выключатель ABB SACE T3S250 In250.

Проверка должна проводиться, как указано в предыдущем параграфе:

На основании значения I_{sw} системы шин получается:

$$I_{p\ сис\ т} = I_{sw} \cdot n = 35 \cdot 2.1 = 73.5 \quad [кА]$$

$$I^2 t_{сис\ т} = I_{sw}^2 \cdot t = 35^2 \cdot 1 = 1225 \quad [(кА)^2 с]$$

Из токоограничивающих характеристик и характеристик удельной сквозной энергии

$$\begin{aligned} - I_k &= 45 \text{ кА} && \text{соответствует приблизительно} && I_{РАВ} = 30 \text{ кА} \\ - I_k &= 45 \text{ кА} && \text{соответствует приблизительно} && I^2 t_{АВ} = 2 [(кА)^2 с] \end{aligned}$$

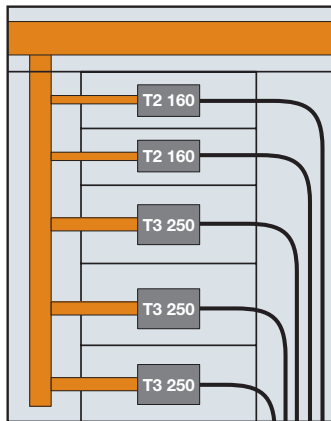
Таким образом, поскольку

$$I_{РАВ} < I_{p\ сис\ т},$$

и

$$I^2 t_{АВ} < I^2 t_{сис\ т}$$

следует, что шинная система совместима с распределительным щитом.



Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Метод расчета, предлагаемый в Стандарте МЭК 60890, позволяет определить повышение температуры внутри НКУ (ЧИ НКУ). Данный метод применим только при выполнении следующих условий:

- приблизительно равное распределение потерь мощности внутри оболочки;
- оборудование размещено так, что циркуляция воздуха затруднена незначительно;
- оборудование предназначено для постоянного или переменного тока до 60 Гц включительно, с полным током питания не более 3150 А;
- проводники, проводящие большой ток, и конструктивные части расположены так, что потери на вихревые токи пренебрежимо малы;
- для оболочек с вентиляционными отверстиями поперечное сечение воздуховыпускных отверстий составляет, по крайней мере, 1,1 поперечного сечения воздуховпускных отверстий;
- в НКУ, прошедшем частичные типовые испытания (ЧИ НКУ), или его секции имеется не более трех горизонтальных перегородок;
- в тех местах, где оболочки имеют внешние вентиляционные отверстия, поверхность вентиляционных отверстий в каждой горизонтальной перегородке должна составлять, по крайней мере, 50% от горизонтального поперечного сечения отсека.

Для расчетов необходимы следующие параметры:

- размеры оболочки: высота, ширина, глубина;
- тип установки оболочки (см. Таблицу 8) (здесь и далее приводятся ссылки на таблицы данного приложения);
- наличие вентиляционных отверстий;
- количество горизонтальных внутренних перегородок;
- потери мощности установленного в оболочке оборудования (см. Таблицу 13 и 14);
- потери мощности проводников внутри оболочки, равные сумме потерь мощности каждого проводника в соответствии с Таблицами 1, 2 и 3.

Для оборудования и проводников с неполной нагрузкой можно определить потери мощности по следующей формуле:

$$P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \quad (1)$$

где:

P - потери активной мощности;

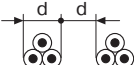
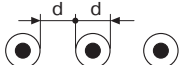
P_n - потери номинальной мощности (при I_n);

I_b - действительное значение тока;

I_n - номинальный ток.

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 1: Рабочий ток и потери мощности изолированных проводников

Поперечное сечение (Cu)	Максимальная допустимая температура проводника 70°C											
	 1)											
	Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников											
	35 °C		55 °C		35 °C		55 °C		35 °C		55 °C	
	Рабочий ток	Потери мощности 2)	Рабочий ток	Потери мощности 2)	Рабочий ток	Потери мощности 2)	Рабочий ток	Потери мощности 2)	Рабочий ток	Потери мощности 2)	Рабочий ток	Потери мощности 2)
мм ²	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м
1,5	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9
2,5	17	2,5	11	1,1	20	3,5	12	1,3	20	3,5	12	1,3
4	22	2,6	14	1,1	25	3,4	18	1,8	25	3,4	20	2,2
6	28	2,8	18	1,2	32	3,7	23	1,9	32	3,7	25	2,3
10	38	3,0	25	1,3	48	4,8	31	2,0	50	5,2	32	2,1
16	52	3,7	34	1,6	64	5,6	42	2,4	65	5,8	50	3,4
25					85	6,3	55	2,6	85	6,3	65	3,7
35					104	7,5	67	3,1	115	7,9	85	5,0
50					130	7,9	85	3,4	150	10,5	115	6,2
70					161	8,4	105	3,6	175	9,9	149	7,2
95					192	8,7	125	3,7	225	11,9	175	7,2
120					226	9,6	147	4,1	250	11,7	210	8,3
150					275	11,7	167	4,3	275	11,7	239	8,8
185					295	10,9	191	4,6	350	15,4	273	9,4
240					347	12,0	225	5,0	400	15,9	322	10,3
300					400	13,2	260	5,6	460	17,5	371	11,4

Проводники для дополнительных цепей					
мм ²	A	Вт/м	A	Вт/м	Диам.
0,12	2,6	1,2	1,7	0,5	0,4
0,14	2,9	1,3	1,9	0,6	-
0,20	3,2	1,1	2,1	0,5	-
0,22	3,6	1,3	2,3	0,5	0,5
0,30	4,4	1,4	2,9	0,6	0,6
0,34	4,7	1,4	3,1	0,6	0,6
0,50	6,4	1,8	4,2	0,8	0,8
0,56		1,6		0,7	-
0,75	8,2	1,9	5,4	0,8	1,0
1,00	9,3	1,8	6,1	0,8	-

1) Возможна любая требуемая компоновка, указанные значения относятся к шестизильному проводнику в многожильном пучке с одновременной нагрузкой 100%

2) Длина одножильного проводника

1SDC008040F0201

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 2: Рабочий ток и потери мощности неизолированных проводников при вертикальной компоновке, при отсутствии прямого подключения к аппаратуре

Ширина х Толщина	Поперечное сечение (Cu)	Максимально допустимая температура проводника 85°C															
		Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 35°C								Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 55°C							
		От 50 Гц до 60 Гц перем. тока				Пост. ток и перем. ток до 16 2/3 Гц				От 50 Гц до 60 Гц перем. тока				Пост. ток и перем. ток до 16 2/3 Гц			
		Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾
мм x мм	мм ²	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м
12 x 2	23,5	144	19,5	242	27,5	144	19,5	242	27,5	105	10,4	177	14,7	105	10,4	177	14,7
15 x 2	29,5	170	21,7	282	29,9	170	21,7	282	29,9	124	11,6	206	16,0	124	11,6	206	16,0
15 x 3	44,5	215	23,1	375	35,2	215	23,1	375	35,2	157	12,3	274	18,8	157	12,3	274	18,8
20 x 2	39,5	215	26,1	351	34,8	215	26,1	354	35,4	157	13,9	256	18,5	157	12,3	258	18,8
20 x 3	59,5	271	27,6	463	40,2	271	27,6	463	40,2	198	14,7	338	21,4	198	14,7	338	21,4
20 x 5	99,1	364	29,9	665	49,8	364	29,9	668	50,3	266	16,0	485	26,5	266	16,0	487	26,7
20 x 10	199	568	36,9	1097	69,2	569	36,7	1107	69,6	414	19,6	800	36,8	415	19,5	807	37,0
25 x 5	124	435	34,1	779	55,4	435	34,1	78	55,6	317	18,1	568	29,5	317	18,1	572	29,5
30 x 5	149	504	38,4	894	60,6	505	38,2	899	60,7	368	20,5	652	32,3	369	20,4	656	32,3
30 x 10	299	762	44,4	1410	77,9	770	44,8	1436	77,8	556	27,7	1028	41,4	562	23,9	1048	41,5
40 x 5	199	641	47,0	1112	72,5	644	47,0	1128	72,3	468	25,0	811	38,5	469	24,9	586	38,5
40 x 10	399	951	52,7	1716	88,9	968	52,6	1796	90,5	694	28,1	1251	47,3	706	28,0	1310	48,1
50 x 5	249	775	55,7	1322	82,9	782	55,4	1357	83,4	566	29,7	964	44,1	570	29,4	989	44,3
50 x 10	499	1133	60,9	2008	102,9	1164	61,4	2141	103,8	826	32,3	1465	54,8	849	32,7	1562	55,3
60 x 5	299	915	64,1	1530	94,2	926	64,7	1583	94,6	667	34,1	1116	50,1	675	34,4	1154	50,3
60 x 10	599	1310	68,5	2288	116,2	1357	69,5	2487	117,8	955	36,4	1668	62,0	989	36,9	1814	62,7
80 x 5	399	1170	80,7	1929	116,4	1200	80,8	2035	116,1	858	42,9	1407	61,9	875	42,9	1484	61,8
80 x 10	799	1649	85,0	2806	138,7	1742	85,1	3165	140,4	1203	45,3	2047	73,8	1271	45,3	1756	74,8
100 x 5	499	1436	100,1	2301	137,0	1476	98,7	2407	121,2	1048	53,3	1678	72,9	1077	52,5	1756	69,8
100 x 10	999	1982	101,7	3298	164,2	2128	102,6	3844	169,9	1445	54,0	2406	84,4	1552	54,6	2803	90,4
120 x 10	1200	2314	115,5	3804	187,3	2514	115,9	4509	189,9	1688	61,5	2774	99,6	1833	61,6	3288	101,0

*) один проводник на фазу

**) два проводника на фазу

1) длина одножильного проводника

1SDC008041F0201

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 3: Рабочий ток и потери мощности неизолированных проводников, используемых в соединениях между аппаратурой и шинами

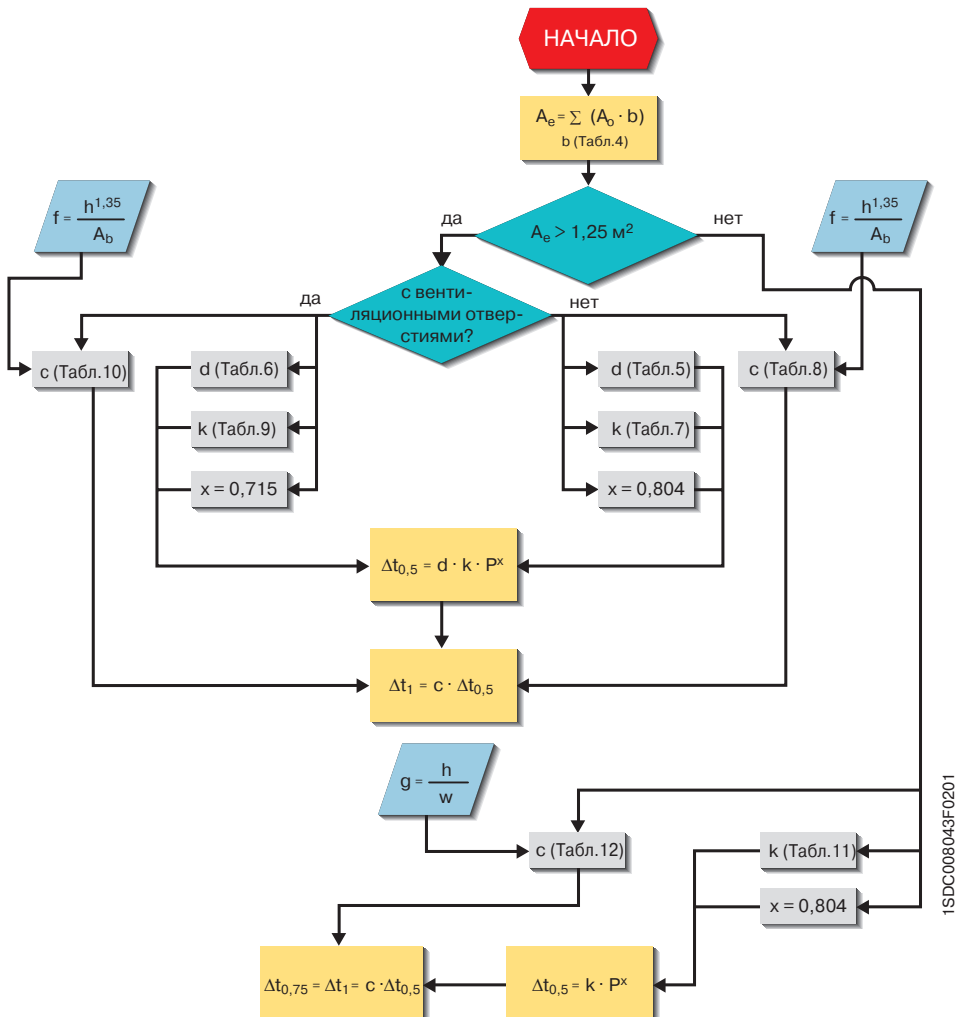
Ширина x Толщина	Поперечное сечение (Cu)	Максимально допустимая температура проводника 65°C							
		Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 35°C				Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 55°C			
		От 50 Гц до 60 Гц перем. тока и пост. ток				От 50 Гц до 60 Гц перем. тока и пост. ток			
		Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾	Рабочий ток	Потери мощности ¹⁾
мм x мм	мм ²	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м
12 x 2	23,5	82	5,9	130	7,4	69	4,2	105	4,9
15 x 2	29,5	96	6,4	150	7,8	88	5,4	124	5,4
15 x 3	44,5	124	7,1	202	9,5	102	4,8	162	6,1
20 x 2	39,5	115	6,9	184	8,9	93	4,5	172	7,7
20 x 3	59,5	152	8,0	249	10,8	125	5,4	198	6,8
20 x 5	99,1	218	9,9	348	12,7	174	6,3	284	8,4
20 x 10	199	348	12,8	648	22,3	284	8,6	532	15,0
25 x 5	124	253	10,7	413	14,2	204	7,0	338	9,5
30 x 5	149	288	11,6	492	16,9	233	7,6	402	11,3
30 x 10	299	482	17,2	960	32,7	402	11,5	780	21,6
40 x 5	199	348	12,8	648	22,3	284	8,6	532	15,0
40 x 10	399	648	22,7	1245	41,9	532	15,3	1032	28,8
50 x 5	249	413	14,7	805	27,9	338	9,8	655	18,5
50 x 10	499	805	28,5	1560	53,5	660	19,2	1280	36,0
60 x 5	299	492	17,2	960	32,7	402	11,5	780	21,6
60 x 10	599	960	34,1	1848	63,2	780	22,5	1524	43,0
80 x 5	399	648	22,7	1256	42,6	532	15,3	1032	28,8
80 x 10	799	1256	45,8	2432	85,8	1032	30,9	1920	53,5
100 x 5	499	805	29,2	1560	54,8	660	19,6	1280	36,9
100 x 10	999	1560	58,4	2680	86,2	1280	39,3	2180	57,0
120 x 10	1200	1848	68,3	2928	85,7	1524	46,5	2400	57,6
*) один проводник на фазу		**) два проводника на фазу		1) длина одножильного проводника					

1SDC008042F0201

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Оболочки без вертикальных перегородок или отдельных секций с поверхностью эффективного охлаждения более 11,5 м² или шириной решетки более 1,5 м для расчетов следует разделить на условные секции с размерами, приблизительно равными вышеупомянутым.

На следующей схеме показана процедура определения повышения температуры.



Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 4: Коэффициент поверхности b в соответствии с типом установки

Тип установки	Коэффициент поверхности b
Открытая верхняя поверхность	1,4
Закрытая верхняя поверхность, например, встроенных оболочек	0,7
Открытые боковые поверхности, например, передняя, задняя и боковые стенки	0,9
Закрытые боковые поверхности, например, задняя поверхность оболочек, смонтированных на стене	0,5
Боковые поверхности центральных оболочек	0,5
Коэффициент поверхности	Не учитывается

Не учитываются условные боковые поверхности секций, которые были введены только для расчетов.

Таблица 5: Коэффициент d для оболочек без вентиляционных отверстий и с эффективной поверхностью охлаждения $A_e > 1,25 \text{ м}^2$

Количество горизонтальных перегородок n	Коэффициент d
0	1
1	1,05
2	1,15
3	1,3

Таблица 6: Коэффициент d для оболочек с вентиляционными отверстиями и эффективной поверхностью охлаждения $A_e > 1,25 \text{ м}^2$

Количество горизонтальных перегородок n	Коэффициент d
0	1
1	1,05
2	1,1
3	1,15

Таблица 7: Константа оболочки k для оболочек без вентиляционных отверстий, с эффективной поверхностью охлаждения $A_e > 1,25 \text{ м}^2$

$A_e [\text{м}^2]$	k	$A_e [\text{м}^2]$	k
1,25	0,524	6,5	0,135
1,5	0,45	7	0,13
2	0,35	7,5	0,125
2,5	0,275	8	0,12
3	0,225	8,5	0,115
3,5	0,2	9	0,11
4	0,185	9,5	0,105
4,5	0,17	10	0,1
5	0,16	10,5	0,095
5,5	0,15	11	0,09
6	0,14	11,5	0,085

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 8: Коэффициент распределения температуры с для оболочек без вентиляционных отверстий, с эффективной поверхностью охлаждения $A_e > 1,25 \text{ м}^2$

$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$	Тип установки				
A_b	1	2	3	4	5
0,6	1,225	1,21	1,19	1,17	1,113
1	1,24	1,225	1,21	1,185	1,14
1,5	1,265	1,245	1,23	1,21	1,17
2	1,285	1,27	1,25	1,23	1,19
2,5	1,31	1,29	1,275	1,25	1,21
3	1,325	1,31	1,295	1,27	1,23
3,5	1,35	1,33	1,315	1,29	1,255
4	1,37	1,355	1,34	1,32	1,275
4,5	1,395	1,375	1,36	1,34	1,295
5	1,415	1,395	1,38	1,36	1,32
5,5	1,435	1,415	1,4	1,38	1,34
6	1,45	1,435	1,42	1,395	1,355
6,5	1,47	1,45	1,435	1,41	1,37
7	1,48	1,47	1,45	1,43	1,39
7,5	1,495	1,48	1,465	1,44	1,4
8	1,51	1,49	1,475	1,455	1,415
8,5	1,52	1,505	1,49	1,47	1,43
9	1,535	1,52	1,5	1,48	1,44
9,5	1,55	1,53	1,515	1,49	1,455
10	1,56	1,54	1,52	1,5	1,47
10,5	1,57	1,55	1,535	1,51	1,475
11	1,575	1,565	1,549	1,52	1,485
11,5	1,585	1,57	1,55	1,525	1,49
12	1,59	1,58	1,56	1,535	1,5
12,5	1,6	1,585	1,57	1,54	1,51

где h - высота оболочки, а A_b - площадь основания.

Для "Типа установки":

Тип установки п*	
1 Обособленная оболочка, отделенная со всех сторон	
2 Первая или последняя секция, отдельного типа	
Обособленная секция, для настенного монтажа	
3 Центральная секция, отдельного типа	
4 Первая или последняя оболочка, настенного типа	
Центральная оболочка для настенного монтажа или с закрытой верхней поверхностью	
5 Центральная оболочка, настенного типа	

1SDC008069F0001

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 9: Коэффициент k для оболочек с вентиляционными отверстиями и эффективной поверхностью охлаждения $A_e > 1,25 \text{ м}^2$

Вентиляционное отверстие в см^2	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14
$A_e [\text{м}^2]$													
50	0,36	0,33	0,3	0,28	0,26	0,24	0,22	0,208	0,194	0,18	0,165	0,145	0,135
100	0,293	0,27	0,25	0,233	0,22	0,203	0,187	0,175	0,165	0,153	0,14	0,128	0,119
150	0,247	0,227	0,21	0,198	0,187	0,173	0,16	0,15	0,143	0,135	0,123	0,114	0,107
200	0,213	0,196	0,184	0,174	0,164	0,152	0,143	0,135	0,127	0,12	0,11	0,103	0,097
250	0,19	0,175	0,165	0,155	0,147	0,138	0,13	0,121	0,116	0,11	0,1	0,095	0,09
300	0,17	0,157	0,148	0,14	0,133	0,125	0,118	0,115	0,106	0,1	0,093	0,088	0,084
350	0,152	0,141	0,135	0,128	0,121	0,115	0,109	0,103	0,098	0,093	0,087	0,082	0,079
400	0,138	0,129	0,121	0,117	0,11	0,106	0,1	0,096	0,091	0,088	0,081	0,078	0,075
450	0,126	0,119	0,111	0,108	0,103	0,099	0,094	0,09	0,086	0,083	0,078	0,074	0,07
500	0,116	0,11	0,104	0,1	0,096	0,092	0,088	0,085	0,082	0,078	0,073	0,07	0,067
550	0,107	0,102	0,097	0,093	0,09	0,087	0,083	0,08	0,078	0,075	0,07	0,068	0,065
600	0,1	0,095	0,09	0,088	0,085	0,082	0,079	0,076	0,073	0,07	0,067	0,065	0,063
650	0,094	0,09	0,086	0,083	0,08	0,077	0,075	0,072	0,07	0,068	0,065	0,063	0,061
700	0,089	0,085	0,08	0,078	0,076	0,074	0,072	0,07	0,068	0,066	0,064	0,062	0,06

Таблица 10: Коэффициент распределения температуры s для оболочек с вентиляционными отверстиями и эффективной поверхностью охлаждения $A_e > 1,25 \text{ м}^2$

		$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$											
Вентиляционное отверстие в см^2		1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
50	1,3	1,35	1,43	1,5	1,57	1,63	1,68	1,74	1,78	1,83			
100	1,41	1,46	1,55	1,62	1,68	1,74	1,79	1,84	1,88	1,92			
150	1,5	1,55	1,63	1,69	1,75	1,8	1,85	1,9	1,94	1,97			
200	1,56	1,61	1,67	1,75	1,8	1,85	1,9	1,94	1,97	2,01			
250	1,61	1,65	1,73	1,78	1,84	1,88	1,93	1,97	2,01	2,04			
300	1,65	1,69	1,75	1,82	1,86	1,92	1,96	2	2,03	2,06			
350	1,68	1,72	1,78	1,85	1,9	1,94	1,97	2,02	2,05	2,08			
400	1,71	1,75	1,81	1,87	1,92	1,96	2	2,04	2,07	2,1			
450	1,74	1,77	1,83	1,88	1,94	1,97	2,02	2,05	2,08	2,12			
500	1,76	1,79	1,85	1,9	1,95	1,99	2,04	2,06	2,1	2,13			
550	1,77	1,82	1,88	1,93	1,97	2,01	2,05	2,08	2,11	2,14			
600	1,8	1,83	1,88	1,94	1,98	2,02	2,06	2,09	2,12	2,15			
650	1,81	1,85	1,9	1,95	1,99	2,04	2,07	2,1	2,14	2,17			
700	1,83	1,87	1,92	1,96	2	2,05	2,08	2,12	2,15	2,18			

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 11: Константа оболочки k для оболочек без вентиляционных отверстий и с эффективной поверхностью охлаждения $A_e \leq 1,25 \text{ м}^2$

$A_e [\text{м}^2]$	k	$A_e [\text{м}^2]$	k
0,08	3,973	0,65	0,848
0,09	3,643	0,7	0,803
0,1	3,371	0,75	0,764
0,15	2,5	0,8	0,728
0,2	2,022	0,85	0,696
0,25	1,716	0,9	0,668
0,3	1,5	0,95	0,641
0,35	1,339	1	0,618
0,4	1,213	1,05	0,596
0,45	1,113	1,1	0,576
0,5	1,029	1,15	0,557
0,55	0,960	1,2	0,540
0,6	0,9	1,25	0,524

Таблица 12: Коэффициент распределения температуры s для оболочек без вентиляционных отверстий и с эффективной поверхностью охлаждения $A_e \leq 1,25 \text{ м}^2$

g	s	g	s
0	1	1,5	1,231
0,1	1,02	1,6	1,237
0,2	1,04	1,7	1,24
0,3	1,06	1,8	1,244
0,4	1,078	1,9	1,246
0,5	1,097	2	1,249
0,6	1,118	2,1	1,251
0,7	1,137	2,2	1,253
0,8	1,156	2,3	1,254
0,9	1,174	2,4	1,255
1	1,188	2,5	1,256
1,1	1,2	2,6	1,257
1,2	1,21	2,7	1,258
1,3	1,22	2,8	1,259
1,4	1,226		

где g - это отношение высоты оболочки к ее ширине.

Приложение В: Определение повышения температуры
в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Общие (3/4 полюса)
потери мощности в Вт

Таблица 13: Потери мощности автоматическими
выключателями МССВ

Расцепи- тели	In [A]	T11P		T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7 S,N,L		T7 V	
		Ст.	Ст.	Ст.	Втычн.	Ст.	Втычн.	Ст.	Втычн.	Ст.	Втычн./Выкатн.	Ст.	Втычн./Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.
TMF TMD TMA MF MA	1			4,5	5,1														
	1,6			6,3	7,5														
	2			7,5	8,7														
	2,5			7,8	9														
	3,2			8,7	10,2														
	4			7,8	9														
	5			8,7	10,5														
	6,3			10,5	12,3														
	8			8,1	9,6														
	10			9,3	10,8														
	12,5			3,3	3,9														
	16	1,5	4,5	4,2	4,8														
	20	1,8	5,4	5,1	6					10,8	10,8								
	25	2	6	6,9	8,4														
	32	2,1	6,3	8,1	9,6					11,1	11,1								
	40	2,6	7,8	11,7	13,8														
	50	3,7	11,1	12,9	15					11,7	12,3								
	63	4,3	12,9	15,3	18	12,9	15,3												
	80	4,8	14,4	18,3	21,6	14,4	17,4	13,8	15										
	100	7	21	25,5	30	16,8	20,4	15,6	17,4										
	125	10,7	32,1	36	44,1	19,8	23,7	18,6	21,6										
	160	15	45	51	60	23,7	28,5	22,2	27										
	200					39,6	47,4	29,7	37,2										
	250					53,4	64,2	41,1	52,8										
	320									40,8	62,7								
	400									58,5	93								
	500									86,4	110,1								
	630													91,8	90				
	800													93	118,8				
PR21... PR22... PR33...	10			1,5	1,8														
	25			3	3,6														
	63			10,5	12														
	100			24	27,6			5,1	6,9										
	160			51	60			13,2	18										
	250							32,1	43,8										
	320							52,8	72	31,8	53,7								
	400									49,5	84					15	27	24	36
	630									123	160,8	90	115	36	66	60	90		
	800											96	124,8	57,9	105,9	96	144		
	1000												150	90	165	150	225		
	1250														141	258	234,9	351,9	
	1600															231	423		

Указанные в таблице значения относятся к сбалансированным нагрузкам с током, равным In, и действительны для как для автоматических выключателей, так и выключателей-разъединителей трехполюсного и четырехполюсного исполнений. Для последних ток нейтрали равен нулю по определению.

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Таблица 14: Потери мощности автоматическими выключателями серии Emax

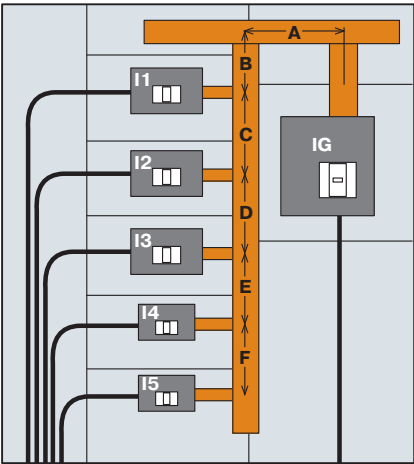
Общие (3/4 полюса) потери мощности в Вт	X1-BN		X1-L		E1B-N		E2B-N-S		E2L		E3N-S-H-V		E3L		E4S-H-V		E6H-V	
	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.	Ст.	Выкатн.
In=630	31	60	61	90														
In=800	51	104	99	145	65	95	29	53			22	36						
In=1000	79	162	155	227	96	147	45	83			38	58						
In=1250	124	293	242	354	150	230	70	130	105	165	60	90						
In=1600	209	415			253	378	115	215	170	265	85	150						
In=2000							180	330			130	225	215	330				
In=2500											205	350	335	515				
In=3200											330	570			235	425	170	290
In=4000															360	660	265	445
In=5000																	415	700
In=6300																	650	1100

Пример

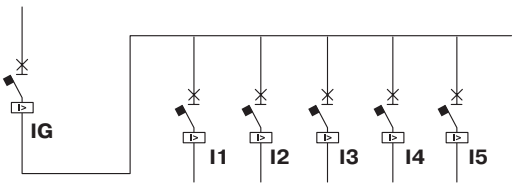
Далее приводится пример определения повышения температуры для распределительного щита со следующими характеристиками:

- оболочка без вентиляционных отверстий ;
- без внутреннего разделения;
- обособленная оболочка, для настенного монтажа;
- один главный автоматический выключатель;
- 5 автоматических выключателей со стороны питания нагрузки;
- системы шин и кабелей.

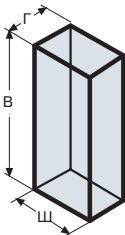
Оболочка



Электрическая схема



Размеры [мм]			Число горизонтальных перегородок= 0 Отдельная оболочка для настенного монтажа
Высота	Ширина	Глубина	
2000	1440	840	



Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Далее определяются потери мощности от каждого компонента вышеуказанного распределительного щита.

Для автоматических выключателей потери мощности рассчитываются по формуле $P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2$ со значениями I_n и P_n , приведенными в Таблицах 13 и 14.

В приведенной ниже таблице даны значения для каждого автоматического выключателя рассматриваемого щита:

		I_{nAB}	I_b	Потери мощности
Автоматические выключатели		[А]	[А]	[Вт]
IG	E2 1600 EL	1600	1340	80,7
I1	T5 400 EL	400	330	33,7
I2	T5 400 EL	400	330	33,7
I3	T5 400 EL	400	330	33,7
I4	T3 250 TMD	250	175	26,2
I5	T3 250 TMD	250	175	26,2
Общие потери мощности на автоматических выключателях [Вт]				234

Для шин потери мощности рассчитываются по формуле $P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot (3 \cdot \text{Длина})$ со значениями I_n и P_n , приведенными в Таблице 2.

В приведенной ниже таблице даны значения потерь мощности на шинах.

Шины	Поперечное сечение px[мм]x[мм]	Длина [м]	I_b [А]	Потери мощности [Вт]
A	2x60x10	0,393	1340	47,2
B	80x10	0,332	1340	56
C	80x10	0,300	1010	28,7
D	80x10	0,300	680	13
E	80x10	0,300	350	3,5
F	80x10	0,300	175	0,9
Общие потери мощности на шинах [Вт]				149

Для неизолированных проводников, соединяющих шины с автоматическими выключателями

потери мощности рассчитываются по формуле $P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot (3 \cdot \text{Длина})$, со значениями I_n и P_n

приведенными в Таблице 2. Ниже приведены значения для каждой секции:

Соединение неизолированных проводов	Поперечное сечение px[мм]x[мм]	Длина [м]	I_b [А]	Потери мощности [Вт]
Ig	2x60x10	0,450	1340	54
I1	30x10	0,150	330	3,8
I2	30x10	0,150	330	3,8
I3	30x10	0,150	330	3,8
I4	20x10	0,150	175	1,6
I5	20x10	0,150	175	1,6
Общие потери мощности для неизолированных проводников [Вт]				68

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Для кабелей, соединяющих автоматические выключатели с источником питания и нагрузками, потери мощности рассчитываются по формуле $P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot (3 \cdot \text{Длина})$, со значениями I_n и P_n , приведенными в Таблице 3.

В таблице ниже даны значения потерь мощности для каждого соединения:

Кабели	Поперечное сечение [н]хмм ²	Длина [м]	I _b [А]	Потери мощности [Вт]
I _G	4х240	1,0	1340	133,8
I ₁	240	2,0	330	64,9
I ₂	240	1,7	330	55,2
I ₃	240	1,4	330	45,4
I ₄	120	1,1	175	19
I ₅	120	0,8	175	13,8
Общие потери мощности для кабелей [Вт]				332

Таким образом, общие потери мощности внутри оболочки составляют: **P = 784 [Вт]**

По геометрическим размерам распределительного щита определяется эффективная поверхность охлаждения A_e, как показано ниже:

	Размеры [м]х[м]	A ₀ [м ²]	коэффициент b	A ₀ b
Верхняя часть	0,840х1,44	1,21	1,4	1,69
Передняя часть	2х1,44	2,88	0,9	2,59
Задняя часть	2х1,44	2,88	0,5	1,44
Левая сторона	2х0,840	1,68	0,9	1,51
Правая сторона	2х0,840	1,68	0,9	1,51
A _e =Σ(A ₀ ·b)				8,75

С помощью процедуры, приведенной на схеме на странице 207, можно определить повышение температуры внутри распределительного щита.

Приложение В: Определение повышения температуры в соответствии со Стандартом МЭК 60890

Из Таблицы 7 константа k равна 0,112 (интерполированное значение).

Поскольку $x = 0,804$, повышение температуры на уровне половины высоты оболочки составляет:

$$\Delta t_{0,5} = d \cdot k \cdot P^x = 1 \cdot 0,112 \cdot 784^{0,804} = 23,8 \text{ K}$$

Для определения повышения температуры в верхней части оболочки необходимо установить коэффициент c с помощью f коэффициента:

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b} = \frac{21,35}{1,44 \cdot 0,84} = 2,107 \quad (A_b - \text{площадь основания распределительного щита})$$

Из Таблицы 8, колонка 3, (обособленная оболочка для настенного монтажа) получается, что c равно 1,255 (интерполированное значение).

$$\Delta t_1 = c \cdot t_{0,5} = 1,255 \cdot 23,8 = 29,8 \text{ K}$$

С учетом температуры окружающего воздуха 35°C, как предписано Стандартом, внутри оболочки могут быть достигнуты следующие величины температуры:

$$t_{0,5} = 35 + 23,8 \approx 59^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 35 + 29,8 \approx 65^\circ\text{C}$$

Предположив, что ухудшение номинальных температурных параметров автоматических выключателей внутри распределительного щита может быть сравнимо со снижением номинальных значений при температуре окружающего воздуха, отличной от 40°C, по Таблицам главы 3.5, можно проверить, способны ли конкретные автоматические выключатели проводить требуемые токи:

$$E2 \text{ 1600 при } 65^\circ\text{C} \quad I_n=1538 \text{ [A]} > I_g = 1340 \text{ [A]}$$

$$T5 \text{ 400 при } 65^\circ\text{C} \quad I_n=384 \text{ [A]} > I_1 = I_2 = I_3 = 330 \text{ [A]}$$

$$T3 \text{ 250 при } 60^\circ\text{C} \quad I_n=216 \text{ [A]} > I_4 = I_5 = 175 \text{ [A]}$$

Приложение С: Примеры применений Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/P и PR333/P

Двойная уставка

Благодаря новым расцепителям PR123 и PR333, стало возможным задавать два разных набора параметров и, при поступлении внешней команды, переключаться с одного на другой. Эта функция полезна, например, если в системе имеется резервный источник питания (генератор), подающий напряжение только в случае отключения питающей сети.

Пример:

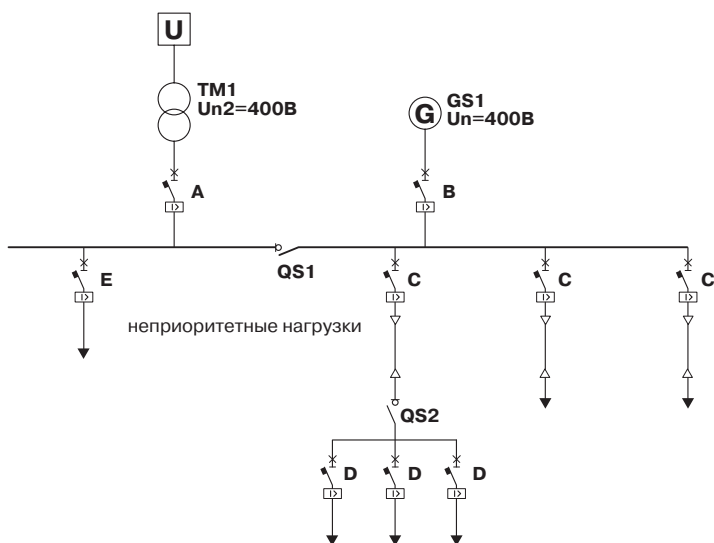
В системе, описанной ниже, в случае отключения обычного питания от сети с помощью устройства автоматического включения резерва ABB SACE ATS010 можно переключиться на резервный источник питания и отключить нагрузки, не имеющие первостепенной важности, разомкнув выключатель-разъединитель QS1.

При нормальных условиях работы установки, автоматические выключатели С устанавливаются для обеспечения селективности как с автоматическим выключателем А со стороны питания, так и с автоматическими выключателями D со стороны нагрузки.

При переключении с сети на резервное питание автоматический выключатель В становится контрольным выключателем со стороны питания автоматического выключателя С. Для автоматического выключателя, служащего защитой генератора, надо установить время срабатывания меньшее, чем у автоматического выключателя А, и поэтому значения уставки выключателей со стороны нагрузки не могут гарантировать селективность с выключателем В.

С помощью функции “двойной уставки” расцепителей PR123 и PR 333 можно переключать автоматические выключатели С с набора параметров, гарантирующих селективность с выключателем А, на другой набор параметров, который обеспечивает им селективность с выключателем В.

Но эти новые уставки могли бы сделать комбинацию между автоматическим выключателем С и автоматическими выключателями со стороны нагрузки неселективной.



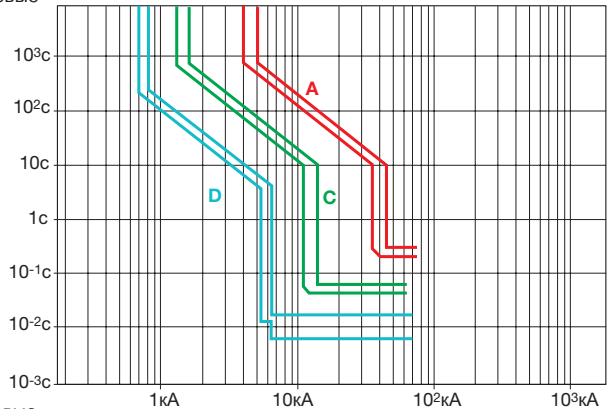
1SDC008049F0201

Приложение С: Примеры применений

Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/P и PR333/P

На рисунке справа показаны время-токовые кривые установки при нормальных рабочих условиях. Заданные значения не допускают пересечения кривых.

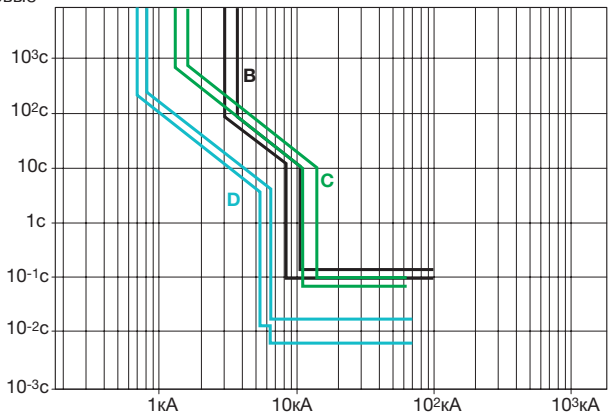
Времятоковые кривые



1SDC008080F0001

На рисунке справа показана ситуация, при которой после переключения питание подается от источника через автоматический выключатель В. Если уставки автоматических выключателей С не изменяются, селективности с главным автоматическим выключателем В не будет.

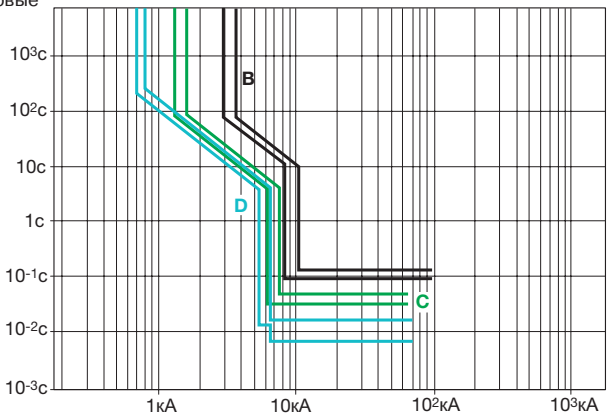
Времятоковые кривые



1SDC008081F0001

На последнем рисунке показано, как с помощью функции “двойной уставки” можно переключиться на набор параметров, гарантирующих селективность автоматических выключателей С с выключателем В.

Времятоковые кривые



1SDC008082F0001

Приложение С: Примеры применений

Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/P и PR333/P

Двойная защита G

Автоматические выключатели типа Emax, оборудованные электронными расцепителями PR123 и PR333, позволяют использовать две независимые кривые для защиты G:

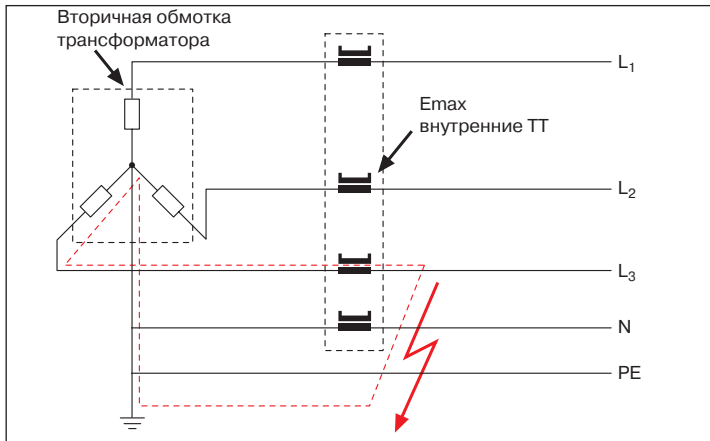
- одну для внутренней защиты (функция G без внешнего тороида);
- одну для внешней защиты (функция G с внешним тороидом)

Типичное применение функции двойной защиты G заключается в одновременной защите от короткого замыкания на землю вторичной обмотки трансформатора и его соединительных кабелей, ведущих к выводам автоматического выключателя (ограниченная защита от короткого замыкания на землю), и защите от коротких замыканий на землю на стороне нагрузки автоматического выключателя (за пределами ограниченной защиты от замыкания на землю).

Пример:

На Рисунке 1 показано КЗ со стороны нагрузки автоматического выключателя Emax: ток КЗ проходит только через одну фазу и, если векторная сумма токов, обнаруживаемых четырьмя трансформаторами тока (ТТ), оказывается больше заданного порога, то электронный расцепитель активизирует функцию G (и срабатывание автоматического выключателя).

Рисунок 1

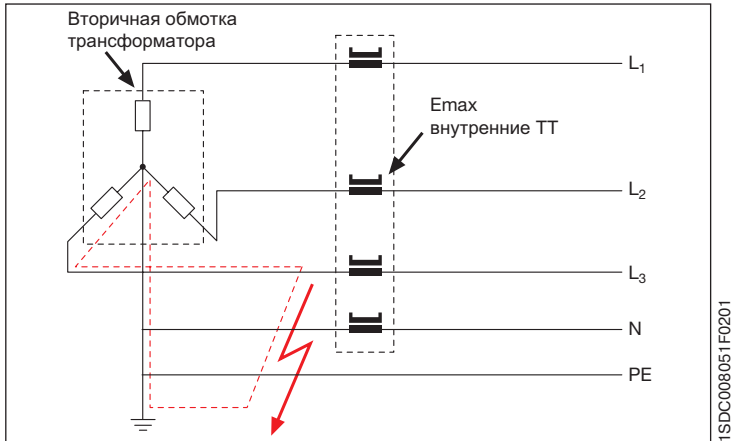


Приложение С: Примеры применений

Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/P и PR333/P

При такой же конфигурации, КЗ со стороны источника автоматического выключателя (Рисунок 2) не приводит к включению функции G, поскольку ток КЗ не влияет ни на ТТ фазы, ни на ТТ нейтрали.

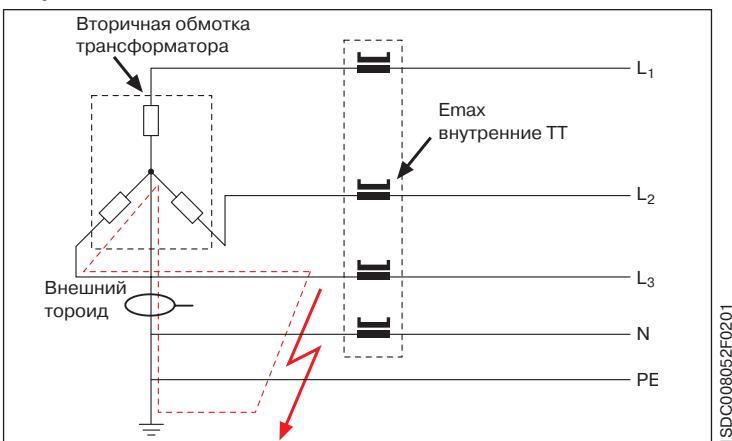
Рисунок 2



Использование функции “двойной защиты G” позволяет установить внешний тороид, как показано на Рисунке 3, так чтобы можно было обнаружить КЗ на землю и на стороне источника питания автоматического выключателя Еmax.

В этом случае используется контакт аварийной сигнализации второй защиты G для того, чтобы сработал автоматический выключатель, установленный на первичной обмотке трансформатора, и обеспечил отключение при КЗ.

Рисунок 3



Приложение С: Примеры применений

Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/Р и PR333/Р

При такой же конфигурации, как на Рисунке 3, если КЗ происходит со стороны нагрузки автоматического выключателя Еmax, ток КЗ окажет воздействие и на тороид, и на трансформаторы тока на фазах. Чтобы определить, какой автоматический выключатель должен сработать (средневольтный или низковольтный), необходима соответствующая координация времен срабатывания: в частности, следует задать времена так, чтобы отключение низковольтного автоматического выключателя благодаря внутренней функции G, происходило быстрее, чем исполнение аварийного сигнала от внешнего тороида. Поэтому, благодаря времятоковой селективности между двумя функциями защиты G, прежде чем средневольтный автоматический выключатель на первичной обмотке трансформатора получит сигнал на отключение, выключатель на стороне низкого напряжения сможет устранить КЗ на землю. Очевидно, что если КЗ произошло со стороны питания низковольтного автоматического выключателя, то должен сработать только автоматический выключатель на стороне среднего напряжения.

В приведенной ниже таблице перечислены основные электрические характеристики серии тороидов (имеются только в закрытом исполнении).

Характеристики серии тороидов

Номинальный ток	100 А, 250 А, 400 А, 800 А
Внешние размеры тороида	
	Ш = 165 мм Г = 160 мм В = 112 мм
Внутренний диаметр тороида	∅ = 112 мм

1SDC008053F0201

Приложение С: Примеры применений

Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/P и PR333/P

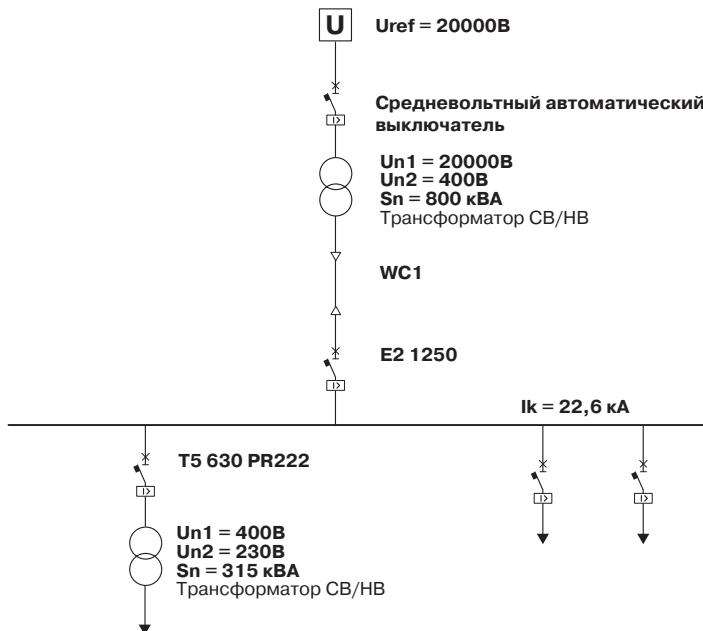
Двойная защита S

Благодаря новым расцепителям PR123 и PR333, позволяющим независимо задавать два порога срабатывания защиты S и одновременно включать ее по этим уставкам, можно обеспечить селективность в особенно сложных условиях.

Ниже приводится пример, как с помощью нового расцепителя можно добиться лучшего уровня селективности по сравнению с применением расцепителя без “двойной защиты S”.

Рассмотрим принципиальную схему электроустановки, приведенную ниже, в частности, особое внимание надо уделить:

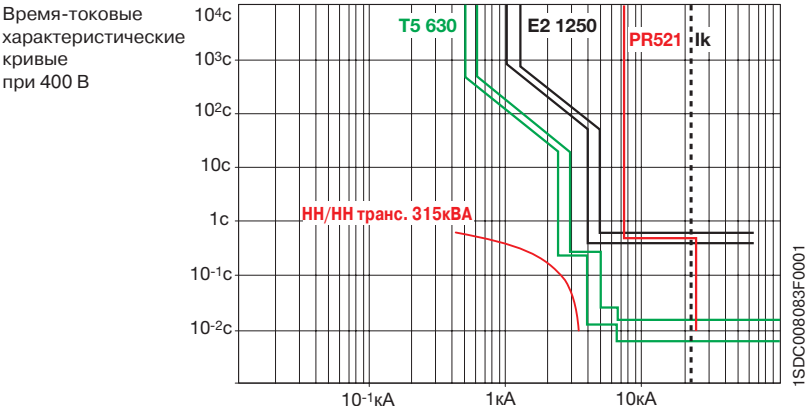
- наличию со стороны источника питания средневольтного автоматического выключателя, который для обеспечения селективности устанавливает низкие значения уставки для автоматического выключателя Еmax на стороне низкого напряжения;
- наличию трансформатора низкого/ низкого напряжения, который из-за пусковых токов устанавливает высокие значения уставки для автоматических выключателей со стороны его первичной обмотки.



1SDC008054F0201

Приложение С: Примеры применений Дополнительные функции защиты с расцепителями PR123/P и PR333/P

Техническое решение с расцепителем без “двойной защиты S”



Средневольтный автоматический выключатель (PR521)

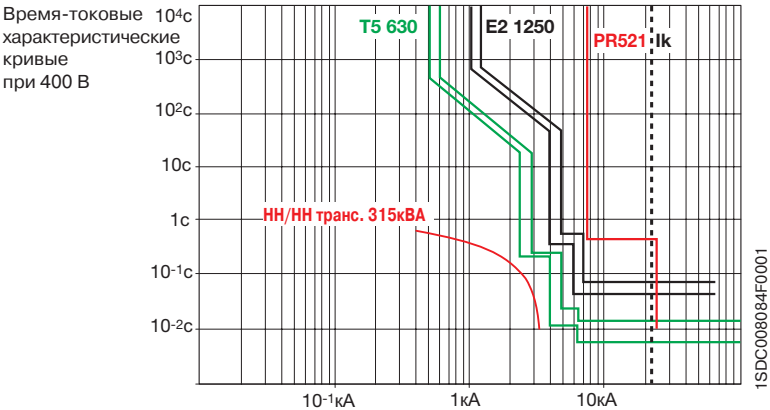
50 (I>): 50 A	t=0,5 c
51 (I>>): 500 A	t=0 c

		E2N 1250 PR122 LSIG R1250	T5V 630 PR22DS/P LSIG R630
L	Уставка	0,8	0,74
	Кривая	108 c	12 c
S t=const	Уставка	3,5	4,2
	Кривая	0,5 c	0,25 c
I	Уставка	OFF (ОТКЛ)	7

При таком решении в случае короткого замыкания автоматический выключатель Emax E2 и средневольтный автоматический выключатель отключатся одновременно. Надо уделить внимание тому факту, что, благодаря значению Ik, функция I автоматического выключателя E2 должна быть отключена (I3= OFF (ОТКЛ)), чтобы гарантировать селективность с T5 со стороны нагрузки.

Приложение С: Примеры применений
Дополнительные функции защиты с
расцепителями PR123/P и PR333/P

Техническое решение с расцепителем PR123 с “двойной защитой S”



Средневольтный автоматический выключатель (PR521)

50 (I>): 50 A	t=0,5 с
51 (I>>): 500 A	t=0 с

		E2N 1250 PR123 LSIG R1250	T5V 630 PR222DS/P LSIG R630
L	Уставка	0,8	0,74
	Кривая	108 с	12 с
S t=const	Уставка	3,5	4,2
	Кривая	0,5 с	0,25 с
S2 t=const	Уставка	5	-
	Кривая	0,05 с	-
I	Уставка	OFF (ОТКЛ)	7

Очевидно, что с помощью функции “двойной защиты S” селективности можно добиться и с автоматическим выключателем T5 со стороны нагрузки, и со средневольтным автоматическим выключателем со стороны источника питания.
Дополнительным преимуществом использования функции “двойной защиты S” является уменьшение по времени воздействия высоких значений тока в условиях КЗ, в результате чего снижаются тепловые и динамические нагрузки на шины и другие компоненты установки.

Наши координаты

117997, Москва,
ул. Обручева, 30/1, стр. 2
Тел.: +7(495) 960 2200
Факс: +7(495) 960 2220

193029, Санкт-Петербург,
Б. Смоленский пр., 6
Тел.: +7(812) 326 9915
Факс: +7(812) 326 9916

664033, Иркутск,
ул. Лермонтова, 257
Тел.: +7(3952) 56 3458
Факс: +7(3952) 56 3459

394006, Воронеж,
ул. Свободы, 73
Тел.: +7(4732) 39 3160
Факс: +7(4732) 39 3170

603140, Нижний Новгород,
Мотальный пер., 8
Тел.: +7(831) 461 9102
Факс: +7(831) 461 9164

344065, Ростов-на-Дону,
ул. 50-летия Ростсельмаша, 1/52
Тел.: +7(863) 203 7177
Факс: +7(863) 203 7177

614077, Пермь,
ул. Аркадия Гайдара, 86
Тел.: +7(342) 263 4334
Факс: +7(342) 263 4335

630073, Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 47/2
Тел.: +7(383) 346 5719
Факс: +7(383) 315 4052

420061, Казань,
ул. Н. Ершова, 1а
Тел.: +7(843) 292 3971
Факс: +7(843) 279 3331

443010, Самара,
ул. Красноармейская, 1
Тел.: +7(846) 269 8047
Факс: +7(846) 269 8046

450071, Уфа,
ул. Рязанская, 10
Тел.: +7(347) 232 3484
Факс: +7(347) 232 3484

620066, Екатеринбург,
ул. Бархотская, 1
Тел.: +7(343) 369 0069
Факс: +7(343) 369 0000

350049, Краснодар,
ул. Красных Партизан, 495
Тел.: +7(861) 221 1673
Факс: +7(861) 221 1610

9СND0000000000027, август 2009 г., ООО "АББ", подразделение "Оборудование для автоматизации"

По вопросам заказа оборудования обращайтесь к нашим официальным дистрибьюторам: <http://www.abb.ru/lbs>

Power and productivity
for a better world™

