

Приложение к журналу

Библиотека ИНЖЕНЕРА ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Журнал выходит один раз в два месяца

УДК 658.345.8(082)

ББК 65.247

Шеф-редактор

С.В. Пушина

Журнал зарегистрирован

Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охраны культурного наследия
ПИ № ФС77-26909

Учредитель и издатель –

ЗАО Редакция журнала «Охрана
труда и социальное страхование»

Подписано в печать

12.11.2015.

Формат 60 × 90^{1/16},

Печать офсетная. Усл. печ. л. 10.

Тираж 3000 экз. Заказ №

Адрес редакции:

117393, Москва,

ул. Гарибальди, д. 24, корп. 3.

E-mail: prii_bk@bk.ru

Тел/факс: (499) 120-25-31

Телефон для справок: (499) 120-20-92

Журнал отпечатан

в ООО «Астра-Полиграфия», 127282,

Москва, ул. Полярная, д. 33Б, стр. 1

© ЗАО Редакция журнала «Охрана труда
и социальное страхование», 2015

Индексы:

36891, 83196, 45961, 83220 – в каталоге Агентства
«Роспечать»

15091, 86253 – Агентство «Книга-Сервис» в объеди-
ненном каталоге «Пресса России»

99706 – Межрегиональное агентство подписки.

Каталог российской прессы «Почта России» (индекс)

6(36)/2015

Содержание

Ю.В. Харечко

Краткий терминологический словарь по низковольтным электроустановкам. Часть 4

Введение	3
Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током	6
Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока (ВДТ)	7
Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока (АВДТ)	12
Блок дифференциального тока (БДТ)	19
Допустимый длительный ток проводника	26
Заземленная электрическая система	30
Изолированная или неэффективно заземленная электрическая система	43
Короткое замыкание	50
Номинальный ток проводника	54
Номинальный ток электрической цепи	55
Основное правило применения устройства дифференциального тока	56
Основное правило селективного оперирования устройств дифференциального тока	64
Перегрузка	73
Расчетный ток электрической цепи	76
Сверхток	78
Ток короткого замыкания	83
Ток перегрузки	89
Устройство дифференциального тока (УДТ)	92
Устройство защитного отключения (УЗО)	137
Список литературы	138

От редакции

✓ Продолжаем публиковать «**Краткий терминологический словарь по низковольтным установкам**». Автор – Харечко Юрий Владимирович – член группы поддержки 1 «Термины и определения (МЭС 826 и МЭС 195) и пересмотр МЭК 60364, часть 1» и 17 «Основные требования для защиты от поражения электрическим током» технического комитета 64 «Электрические установки и защита от поражения электрическим током», группы поддержки «Сопровождение МЭК 60445» технического комитета 3 «Структура и компоненты информации, принципы идентификации и маркировки, документация и графические обозначения» Международной электротехнической комиссии. Занимается исследованиями в области терминологии, подготавливает предложения по уточнению национальной терминологии и корректировке терминологии Международного электротехнического словаря. Проводит анализ требований национальных нормативных и правовых документов, а также стандартов и других документов Международной электротехнической комиссии, распространяющихся на низковольтные электроустановки и низковольтное электрооборудование. Разрабатывает новую дисциплину «Основы устройства электроустановок зданий» и более 15 лет проводит занятия со студентами и специалистами, проектирующими, монтирующими и эксплуатирующими электроустановки зданий. Является автором 27 книг и около 300 статей по вопросам устройства электроустановок зданий, применению в них низковольтного электрооборудования, анализу национальной и международной терминологии, требований национальных и международных нормативных и правовых документов.

Словарь предназначен для работников проектных, электромонтажных и эксплуатационных организаций, а также может быть рекомендован студентам энергетических специальностей в качестве учебного пособия.

✓ В следующем номере будет напечатан **четвертый выпуск** материалов «**Расследование несчастных случаев. Методика, практика, мнения**».

Внимание!

Вы можете подписаться на наш журнал непосредственно в редакции, обратившись письменно или по телефону. E-mail: o.podpiski@yandex.ru

В стоимость подписки входит пересылка почтовой бандеролью.

Для подписки на первое полугодие 2016 г.

воспользуйтесь счетом на с. 160 данного номера журнала

Посылая в адрес редакции тексты и фото, отправитель тем самым соглашается с фактом публикации в журнале и гарантирует согласие на публикацию третьих лиц, изображенных на фото. Отправитель также соглашается, что после публикации в журнале и выплаты денежного вознаграждения издатель имеет право на использование данных материалов в других изданиях и интернет-ресурсах. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов публикаций.

За достоверность сведений в рекламных объявлениях ответственность несут рекламодатели.

*По вопросам размещения рекламы обращаться к И.П. Соловьевой
тел.: 8(499)120-25-31, e-mail: sip20549@mail.ru*

ISBN 5-900940-31-4

ВВЕДЕНИЕ

Федеральный закон «О техническом регулировании» предусматривает разработку технических регламентов и национальных стандартов на основе международных стандартов. Поэтому разработка новых и уточнение действующих национальных нормативных и правовых документов, распространяющихся на низковольтные электроустановки и применяемое в них низковольтное электрооборудование, должны выполняться на основе стандартов Международной электротехнической комиссии.

На основе стандартов комплекса МЭК 60364 «Низковольтные электрические установки»¹ (см. список литературы) были разработаны и с 1995 г. введены в действие более 50 стандартов одноименного комплекса ГОСТ Р 50571 (см. список литературы). В них изложены требования и рекомендации к устройству электроустановок жилых, общественных, торговых, производственных, медицинских и других зданий, а также иных низковольтных электроустановок, которые позволяют создавать безопасные, надежные и современные низковольтные электроустановки.

Со стандартами комплекса ГОСТ Р 50571 в действующую национальную нормативную и правовую документацию была внесена международная терминология, существенно отличающаяся от терминологии, использовавшейся до 1995 г. Это обстоятельство послужило причиной того, что введенная в действие в течение последних 20 лет национальная нормативная и правовая документация изобилует терминологическими ошибками и погрешностями. В настоящее время сложилась ситуация, когда из-за многочисленных терминологических ошибок национальные нормативные и правовые документы, за редким исключением, оказались практически непригодными к использованию. Нормативные требования во многих случаях нельзя прочесть, осмыслить и корректно выполнить, т. е. имеет место терминологический хаос, не устранив ко-

¹ До конца 2005 г. комплекс МЭК 60364 называли «Электрические установки зданий» («Electrical installations of buildings»). Некоторые стандарты комплекса МЭК 60364 до сих пор имеют это название.

торый бессмысленно разрабатывать новую нормативную и правовую документацию. Подобный хаос наблюдается и в терминологии научно-технических публикаций, посвященных низковольтным электроустановкам и применяемому в них электрооборудованию.

В настоящем Словаре приведен анализ и разъяснение терминологии, которая используется в международной и национальной нормативной и правовой документации, распространяющейся на низковольтные электроустановки. Наименования терминов и их определения, представленные в Словаре, в основном соответствуют части 195 «Заземление и защита от поражения электрическим током» и части 826 «Электрические установки» Международного электротехнического словаря². В обоснованных случаях наименования и определения терминов Словаря уточняют терминологию указанных частей МЭС, а также терминологию стандартов и других документов³ Международной электротехнической комиссии, которая дополняет терминологию МЭС. Терминология Словаря адаптирована для электроустановок зданий.

Среди стандартов Международной электротехнической комиссии имеются особые стандарты, имеющие статус основополагающей публикации по безопасности. Они предназначены для использования техническими комитетами МЭК при подготовке других международных стандартов. Требования основополагающих стандартов по безопасности применяют в тех случаях, когда они включены в другие стандарты или на них даны ссылки в этих стандартах. Технические комитеты МЭК обязаны везде, где это возможно, включать в разрабатываемые ими стандарты (в пределах области их действия) требования основополагающих стандартов по безопасности или отсылать к ним. Некоторые основополагающие стандарты по безопасности устанавливают специальную терминологию, которую используют в МЭС, а также в других стандартах и документах МЭК.

² Международный электротехнический словарь представляет собой стандарт МЭК 60050, состоящий из 87 частей, издаваемых отдельно. В МЭС определено более 20 тыс. терминов, используемых в требованиях стандартов и других документов МЭК.

³ Глоссарий МЭК содержит около 40 тыс. терминов, заимствованных из разделов «Термины и определения» стандартов и других документов МЭК, опубликованных с 2002 г. Глоссарий МЭК постоянно обновляется и дополняется терминами и их определениями из новых стандартов и других документов МЭК.

Техническим комитетом 64 «Электрические установки и защита от поражения электрическим током» МЭК разработан основополагающий стандарт по электрической безопасности МЭК 61140 «Защита от поражения электрическим током. Общие положения для установки и оборудования». На его основе подготовлен ГОСТ ИЕС 61140. В международном и межгосударственном стандартах изложено основополагающее правило защиты от поражения электрическим током, в соответствии с которым установлены требования:

– к защитным мерам предосторожности, которые применяют для обеспечения защиты от поражения электрическим током в электрических установках и оборудовании;

– к мерам защиты, которые являются комбинацией защитных мер предосторожности и используются в электрических установках;

– к координации электрического оборудования классов 0, I, II, III и защитных мер предосторожности, которые используют в электроустановках при применении этого электрооборудования.

Основополагающие требования стандарта МЭК 61140 используют в других стандартах и документах МЭК, распространяющихся на электроустановки и электрооборудование.

В тексте Словаря использованы следующие сокращения:

АВДТ – автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током со встроенной защитой от сверхтока;

БДТ – блок дифференциального тока;

ВДТ – автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током без встроенной защиты от сверхтока;

ВЛ – воздушная линия электропередачи;

КЛ – кабельная линия электропередачи;

МЭК – Международная электротехническая комиссия;

МЭС – Международный электротехнический словарь;

ПС – трансформаторная подстанция;

ПУЭ – Правила устройства электроустановок (если не оговорено особо – ПУЭ, 7-е изд.);

СНН – сверхнизкое напряжение;

УДТ – устройство дифференциального тока;

УЗО – устройство защитного отключения.

На рисунках использованы следующие графические обозначения проводников:

 – защитный проводник (PE);

 – нейтральный проводник (N), средний проводник (M);

 – PEN-проводник, PEM-проводник.

В предыдущих трех частях Словаря [201–203] использован термин «**токоведущая часть**». В настоящей части Словаря он заменен термином «**часть, находящаяся под напряжением**», который полностью соответствует международному термину «**live part**» и использован в ГОСТ ИЕС 61140, ГОСТ 30331.1 и других новых стандартах.

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током – контактное коммутационное устройство, предназначенное включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях и автоматически отключать электрическую цепь, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях.

В стандартах МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током» («*residual current operated circuit-breaker*») определен следующим образом: механическое коммутационное устройство, предназначенное включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях эксплуатации и вызывать размыкание контактов, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях. Это определение полностью совпадает с определением термина «устройство дифференциального тока» в стандарте МЭК 60050-442 (см. статью «Устройство дифференциального тока»).

Следовательно, международные стандарты установили эквивалентность между рассматриваемыми терминами. При этом термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током» применен стандартами МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 только для определения следующих двух терминов: «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока (ВДТ)» и «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока (АВДТ)» (см. соответствующие статьи Словаря).

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока (ВДТ) – автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, не предназначенный выполнять функции защиты от перегрузок и (или) коротких замыканий.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-442) термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока, ВДТ (аббревиатура)» («residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection, RCCB (abbreviation)») определен следующим образом: **коммутационное устройство, управляемое дифференциальным током**, не предназначенное выполнять функции защиты от перегрузок и (или) коротких замыканий. При этом в стандарте МЭК 60050-442 отсутствует определение термина «коммутационное устройство, управляемое дифференциальным током». Однако определен общий термин «устройство дифференциального тока» (см. статью «Устройство дифференциального тока»).

В стандарте МЭК 62128-1 использовано определение термина «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока», заимствованное из МЭС.

Стандарты МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 определили термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока, ВДТ» иначе: **автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током**, не предназначенный выполнять функции защиты от перегрузок и (или) коротких замыканий.

При этом термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током», определен в стандартах МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 так же, как определен термин «устройство дифференциального тока» в стандарте МЭК 60050-442: механическое коммутационное устройство, предназначенное включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях эксплуатации и вызывать размыкание контактов, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях. Иными словами, международные стандарты установили эквивалентность между указанными терминами.

ГОСТ ИЕС 61008-1, подготовленный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61008-1:2010, определил термин «автома-

тический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от **сверхтоков**, ВДТ» иначе, чем первоисточник: «Управляемый дифференциальным током **выключатель**, не предназначенный для выполнения функций **защиты от сверхтоков**». В процитированном определении, во-первых, частный термин «автоматический выключатель», идентифицирующий коммутационное устройство, которое срабатывает автоматически, необоснованно заменен общим термином «выключатель», определяющим коммутационное устройство, у которого может не быть автоматического оперирования. Во-вторых, вместо терминов «защита от перегрузки» и «защита от короткого замыкания» некорректно применен термин «защита от сверхтока». Кроме того, и в названии, и в определении рассматриваемого термина термин «сверхток» следовало употребить в единственном числе.

В ГОСТ Р 51327.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61009-1:2006, термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от **сверхтоков** (ВДТ)» определен более точно: «Управляемый дифференциальным током автоматический выключатель, не предназначенный для выполнения функций **защиты от токов перегрузки и/или токов короткого замыкания**». Отличие от первоисточника состоит в том, что в определении стандарта МЭК 61009-1:2006 сказано о защите от перегрузок и коротких замыканий, а в национальном стандарте – о защите от **токов** перегрузок и коротких замыканий.

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока представляет собой разновидность устройства дифференциального тока, которое не оснащено встроенной защитой от сверхтока. Поэтому ВДТ следует защищать и от перегрузок, и от коротких замыканий устройствами защиты от сверхтока, которыми являются автоматические выключатели и плавкие предохранители.

Международные требования к ВДТ бытового назначения изложены в стандарте МЭК 61008-1, национальные – в ГОСТ ИЕС 61008-1. Требования этих стандартов распространяются на ВДТ, которые рассчитаны на работу в электрических цепях переменного тока частотой 50 и (или) 60 Гц, с номинальным напряжением до 440 В и номинальным током до 125 А включительно. Рассматриваемые ВДТ предназначены для использования обычными лицами и не нуждаются в обслуживании. Их можно использовать в качестве разъединителей.

В ГОСТ ИЕС 61008-1 установлены основные термины и их определения; дана классификация ВДТ; рассмотрены характеристики ВДТ, их стандартные и предпочтительные значения; перечислена информация, которая должна маркироваться на ВДТ и содержаться в документации изготовителя; изложены требования к конструкции ВДТ, их функционированию, условиям окружающей среды; определены условия, которым должны соответствовать ВДТ при их работе в нормальном режиме, при перегрузках и коротких замыканиях; установлены объемы и представлены методики проведения испытаний ВДТ, а также изложены другие требования и рекомендации.

Наиболее широкое распространение в электроустановках зданий получили двух- и четырехполюсные ВДТ, применяемые соответственно в однофазных двухпроводных и трехфазных четырехпроводных электрических цепях. В небольших количествах выпускают трехполюсные ВДТ, которые используют в трехфазных трехпроводных электрических цепях. Однако они имеют значительно меньшую область применения.

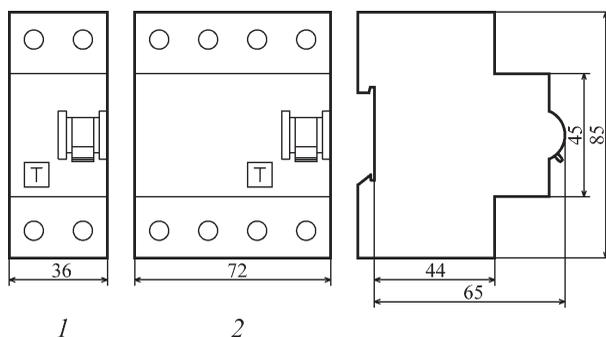


Рис. Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока:

1 – двухполюсные; 2 – четырехполюсные

подавляющее число ВДТ предназначено для использования в электрических цепях переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Некоторые фирмы производят специальные ВДТ, рассчитанные на использование при более высокой частоте, например – 400 Гц.

Номинальное напряжение U_n двухполюсных ВДТ обычно равно 230 В, трех- и четырехполюсных – 400 В. Выпускают также специальные ВДТ, имеющие более высокое номинальное напряжение, например равное 500 В.

Наибольшее распространение в электроустановках зданий получили ВДТ, имеющие номинальный ток I_n , равный 25 и 40 А. ВДТ, имеющие номинальный ток 16 А, используют реже. Их, как правило, применяют для защиты одного электроприемника. ВДТ с номинальным током 63, 80, 100 и 125 А также имеют меньшую область применения. Эти устройства устанавливают на вводах низковольтных распределительных устройств или используют для защиты электрических цепей, к которым подключены мощные электроприемники.

ВДТ общего применения с номинальным отключающим дифференциальным током $I_{\Delta n}$ до 0,03 А включительно обычно используют в электроустановках зданий для дополнительной защиты от поражения электрическим током. ВДТ общего применения с $I_{\Delta n}$, равным 0,10; 0,30 и 0,50 А, обычно применяют в электроустановках зданий для обеспечения защиты при повреждении в составе автоматического отключения питания, а также в тех электрических цепях, которые имеют большие токи утечки (см. «Основное правило применения устройства дифференциального тока»).

ВДТ типа S имеют номинальный отключающий дифференциальный ток 0,10; 0,30 или 0,50 А. Их обычно применяют для защиты электроустановки здания в целом или ее частей. Некоторые фирмы производят специальные ВДТ типа S с $I_{\Delta n}$, равным 1,00 А.

Помимо ВДТ общего применения, срабатывающих без выдержки времени, и ВДТ типа S, имеющих выдержки времени, производят ВДТ, которые имеют кратковременную задержку срабатывания. Время отключения этих ВДТ превышает 0,01 с, но не превосходит значений максимального времени отключения для УДТ общего применения (см. «Основное правило селективного оперирования устройств дифференциального тока»). ВДТ этих типов не срабатывают при импульсах дифференциального тока продолжительностью менее 0,01 с, которые часто возникают во время включения электрооборудования из-за переходных процессов, например в помехоподавляющих конденсаторах, включенных между опасными частями, находящимися под напряжением, и открытыми проводящими частями электрооборудования класса I, присоединенными к защитным проводникам.

Серийно производят ВДТ типа AC, срабатывающие при синусоидальных переменных дифференциальных токах, и ВДТ типа A, которые срабатывают как при синусоидальных переменных, так и при пульсирующих постоянных дифференциальных токах. Неко-

торые фирмы приступили к производству ВДТ типа F и типа B, дополнительные (к стандартам МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1) требования к которым изложены в стандарте МЭК 62423. Эти ВДТ предназначены оперировать при более сложных формах дифференциального тока (тип F) и даже при постоянном дифференциальном токе (тип B) (см. статью «Устройство дифференциального тока»).

ВДТ общего применения имеют достаточную устойчивость к импульсам электрического тока, которые могут быть вызваны в электроустановке здания грозовыми или коммутационными перенапряжениями. Они не срабатывают от импульсов тока с пиковым значением 250 А. Некоторые фирмы производят ВДТ общего применения, которые имеют повышенную устойчивость к импульсным токам – до 3000 А. ВДТ типа S характеризуются повышенной устойчивостью к нежелательному срабатыванию от импульсного тока с пиковым значением 3000–5000 А (8/20 мкс).

Номинальная включающая и отключающая способность I_m , номинальная дифференциальная включающая и отключающая способность $I_{\Delta m}$ выпускаемых ВДТ обычно равны 500–1500 А.

Номинальный условный ток короткого замыкания I_{nc} серийно производимых ВДТ обычно равен 6000 или 10000 А.

Примерная номенклатура ВДТ, серийно выпускаемых различными фирмами в соответствии с требованиями стандартов МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1, приведена ниже в таблице. Модификации ВДТ отмечены знаком «+». Знак «–» означает, что ВДТ с указанными характеристиками, как правило, не производят.

Примерная номенклатура ВДТ типа АС и типа А

I_n, A	$I_{\Delta n}, A$	Двухполюсные ВДТ		Четырехполюсные ВДТ	
		Общего применения	Типа S	Общего применения	Типа S
16	0,01	+	–	–	–
	0,03	+	–	–	–
25	0,01	+	–	–	–
	0,03	+	–	+	–
	0,10	+	+	+	+
	0,30	+	+	+	+
	0,50	+	+	+	+
40, 63, 80, 100, 125	0,03	+	–	+	–
	0,10	+	+	+	+
	0,30	+	+	+	+
	0,50	+	+	+	+

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока (АВДТ) – автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, предназначенный выполнять функции защиты от перегрузок и (или) коротких замыканий.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-442) термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока, АВДТ (аббревиатура)» («residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection RCBO (abbreviation)») определен следующим образом: **коммутационное устройство, управляемое дифференциальным током**, предназначенное выполнять функции защиты от перегрузок и (или) коротких замыканий. При этом в стандарте МЭК 60050-442 отсутствует определение термина «коммутационное устройство, управляемое дифференциальным током». Однако определен общий термин «устройство дифференциального тока» (см. статью «Устройство дифференциального тока»).

В стандарте МЭК 62128-1 использовано определение термина «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока», заимствованное из МЭС.

Стандарты МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 определили термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока, АВДТ» иначе: **автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током**, предназначенный выполнять функции защиты от перегрузок и (или) коротких замыканий.

При этом термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током», определен в стандартах МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 так же, как определен термин «устройство дифференциального тока» в стандарте МЭК 60050-442: механическое коммутационное устройство, предназначенное включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях эксплуатации и вызывать размыкание контактов, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях. То есть международные стандарты установили эквивалентность между указанными терминами.

ГОСТ ИЕС 61008-1, подготовленный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61008-1:2010, определил термин «автома-

тический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от **сверхтоков**, АВДТ» следующим образом: «Управляемый дифференциальным током автоматический выключатель, предназначенный для выполнения функций **защиты от сверхтоков**». В процитированном определении вместо терминов «защита от перегрузки» и «защита от короткого замыкания» необоснованно применен термин «защита от сверхтока». Термин «сверхток», использованный в названии и определении рассматриваемого термина, следовало употребить в единственном числе.

В ГОСТ Р 51327.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61009-1:2006, термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока (АВДТ)» определен так: «Управляемый дифференциальным током автоматический выключатель, предназначенный для выполнения функций **защиты от токов перегрузки и/или токов короткого замыкания**». Отличие от первоисточника заключается в том, что в определении стандарта МЭК 61009-1:2006 сказано о защите от перегрузок и коротких замыканий, а в национальном стандарте – о защите от **токов** перегрузок и коротких замыканий.

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока представляет собой разновидность устройства дифференциального тока, которая оснащена встроенной защитой от сверхтока. Поэтому АВДТ применяют для защиты от перегрузок и коротких замыканий наряду с устройствами защиты от сверхтока, которыми являются автоматические выключатели и плавкие предохранители. Во всем остальном АВДТ функционирует так же, как УДТ.

Международные требования к АВДТ бытового назначения изложены в стандарте МЭК 61009-1, национальные – в ГОСТ Р 51327.1. Требования этих стандартов распространяются на АВДТ, которые рассчитаны на работу в электрических цепях переменного тока частотой 50 и (или) 60 Гц, с номинальным напряжением до 440 В, номинальным током до 125 А и максимальным током короткого замыкания до 25000 А включительно. Рассматриваемые АВДТ предназначены для использования обычными лицами и не нуждаются в обслуживании. Их можно использовать в качестве разъединителей.

В ГОСТ Р 51327.1 установлены основные термины и их определения; дана классификация АВДТ; рассмотрены характеристи-

ки АВДТ, их стандартные и предпочтительные значения; перечислена информация, которая должна маркироваться на АВДТ и содержаться в документации изготовителя; изложены требования к конструкции АВДТ, их функционированию, условиям окружающей среды; определены условия, которым должны соответствовать АВДТ при их работе в нормальном режиме, при перегрузках и коротких замыканиях; установлены объемы и представлены методики проведения испытаний АВДТ, а также изложены другие требования и рекомендации.

Требования к АВДТ, относящиеся к защите от сверхтока, в стандарт МЭК 61009-1 заимствованы из стандарта МЭК 60898-1:2003, распространяющегося на автоматические выключатели бытового назначения. На основе последнего разработан ГОСТ Р 50345.

В приложении G «Дополнительные требования и испытания для АВДТ, состоящих из автоматического выключателя и **устройства** дифференциального тока, предназначенных для сборки на месте эксплуатации» ГОСТ Р 51327.1 изложены требования к **блокам** дифференциального тока (см. статью «Блок дифференциального тока»). БДТ предназначены для механического и электрического соединения с автоматическими выключателями бытового назначения, которые соответствуют требованиям ГОСТ Р 50345, с целью получения АВДТ.

Конструктивно автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока могут быть выполнены в виде единого изделия (рис. 1 и 2) или в виде изделия, которое собирают из блока дифференциального тока и автоматического выключателя перед его установкой в низковольтное распределительное устройство (рис. 3 и 4). Ниже приведена краткая информация об АВДТ, выполненных в одном корпусе или собранных на заводе и представляющих собой единое изделие.

Рассматриваемые АВДТ выпускают в двух модификациях. Ранние модификации АВДТ представляют собой единое устройство, состоящее из двух-, трех- или четырехполюсного автоматического выключателя, который в заводских условиях соединяют соответственно с двух-, трех- или четырехполюсным блоком дифференциального тока (рис. 2). Современные модификации двухполюсных АВДТ (рис. 1) изначально сконструированы так, что их производят в едином корпусе, аналогичном корпусу двухполюсных ВДТ. Они имеют в 1,5–2 раза меньшую ширину, чем разработанные ранее двухполюсные АВДТ.

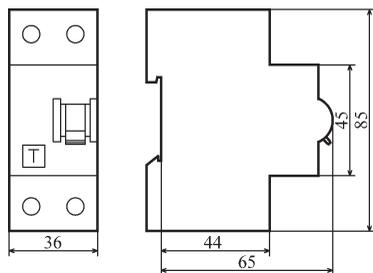


Рис. 1. Двухполюсные АВДТ

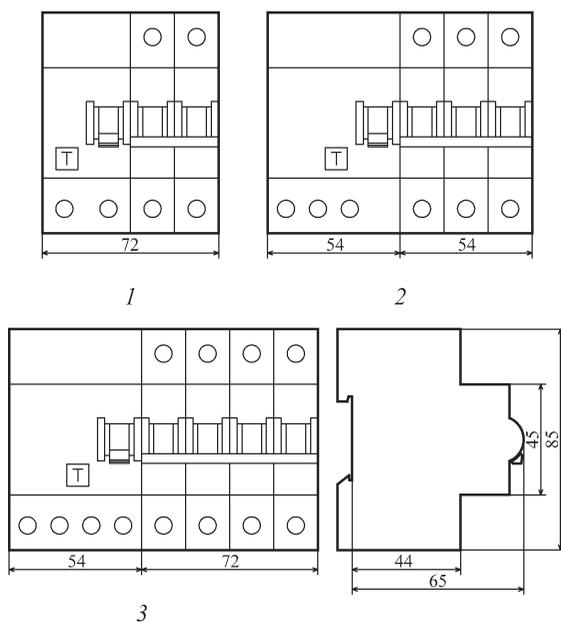


Рис. 2. АВДТ, собираемые в заводских условиях из автоматических выключателей и блоков дифференциального тока:

1 – двухполюсные; 2 – трехполюсные; 3 – четырехполюсные

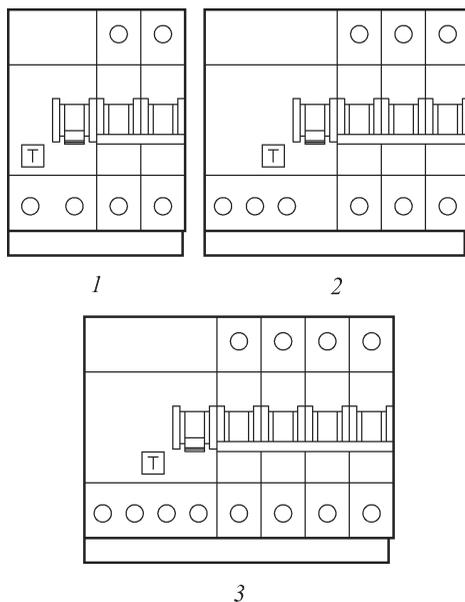


Рис. 3. АВДТ с номинальным током до 63 А, собираемые из автоматических выключателей и блоков дифференциального тока перед установкой в низковольтные распределительные устройства:

1 – двухполюсные; 2 – трехполюсные; 3 – четырехполюсные

В электроустановках зданий наиболее широкое распространение получили двухполюсные АВДТ, применяемые в однофазных электрических цепях. Четырехполюсные АВДТ, применяемые в трехфазных четырехпроводных электрических цепях, имеют меньшую область применения. Еще реже используют трехполюсные АВДТ, применяемые в трехфазных трехпроводных электрических цепях.

Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока предназначены для использования в электрических цепях переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Некоторые специальные АВДТ могут работать при более высокой номинальной частоте, например – 400 Гц.

Номинальное напряжение U_n двухполюсных АВДТ обычно равно 230 В, трех- и четырехполюсных – 400 В.

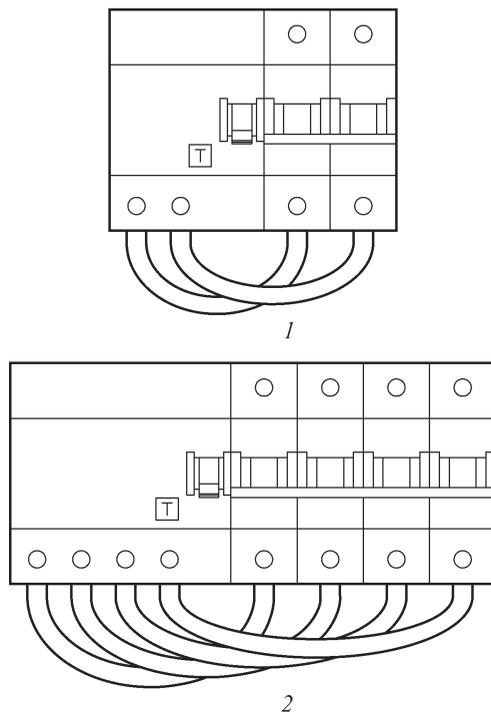


Рис. 4. АВДТ с номинальным током до 100 А, собираемые из автоматических выключателей и блоков дифференциального тока перед установкой в низковольтные распределительные устройства:
 1 – двухполюсные; 2 – четырехполюсные

Номинальный ток I_n АВДТ, как правило, находится в диапазоне от 6 до 63 А. Некоторые АВДТ (особенно с типом мгновенного отключения С) имеют бóльший диапазон номинального тока.

Для выполнения функции защиты от сверхтока автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока оснащают расцепителем сверхтока прямого действия, который обычно включает в себя:

тепловой расцепитель перегрузки с обратнoзависимой выдержкой времени, срабатывание которого зависит от теплового действия протекающего через него электрического тока;

электромагнитный расцепитель короткого замыкания, вызывающий размыкание АВДТ без выдержки времени.

Расцепитель перегрузки предназначен для защиты от малых токов перегрузки, а расцепитель короткого замыкания – от больших токов перегрузки и токов короткого замыкания.

АВДТ обычно имеют тип мгновенного расцепления В или С. Параметры стандартной времятоковой зоны для этих типов мгновенного расцепления представлены в статье «Устройство дифференциального тока».

АВДТ с типом мгновенного расцепления В используют для защиты от сверхтока большинства конечных электрических цепей в электроустановках жилых зданий, с типом С – для защиты от сверхтока тех электрических цепей, в которых возможны большие пусковые токи при включении электрооборудования, например, электродвигателей, электрических светильников и др.

Выпускаемые АВДТ (с номинальным током до 32 А) обычно относятся к токоограничивающим устройствам защиты от сверхтока, которые характеризуются очень малым временем отключения токов короткого замыкания. Действующее значение тока короткого замыкания в течение такого малого промежутка времени не успевает достичь своего максимального значения.

Большинство производимых АВДТ являются устройствами общего применения, которые при появлении в их главной цепи отключающего дифференциального тока срабатывают без выдержки времени.

Номинальная коммутационная способность при коротком замыкании большинства выпускаемых АВДТ обычно равна 4500, 6000 или 10000 А.

АВДТ в большинстве случаев имеют номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$, равный 0,01 или 0,03 А (АВДТ с $I_{\Delta n} = 0,03$ А являются наиболее распространенными изделиями). Их используют для дополнительной защиты от поражения электрическим током. АВДТ общего применения с $I_{\Delta n}$, равным 0,10 и 0,30 А, выпускают в меньших количествах.

Производят АВДТ типа АС, срабатывающие при синусоидальных переменных дифференциальных токах, и типа А, которые срабатывают также при пульсирующих постоянных дифференциальных токах.

АВДТ общего применения устойчивы к импульсам электрического тока с пиковым значением до 250 А. Производят также АВДТ общего применения, характеризующиеся повышенной устойчивостью к импульсным токам – до 3000 А.

Примерная номенклатура АВДТ общего применения, серийно выпускаемых различными фирмами в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61009-1, приведена ниже в таблице.

Примерная номенклатура АВДТ общего применения
типа АС и типа А

I_n, A	I_Δ	Двухполюсные АВДТ	Четырехполюсные АВДТ
6, 10, 13, 16	0,01	+	–
6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	0,03	+	+
	0,10	+	+
	0,30	+	+

Блок дифференциального тока (БДТ) – устройство, предназначенное одновременно выполнять обнаружение дифференциального тока и сравнение величины этого тока со значением отключающего дифференциального тока, а также инициировать расцепление автоматического выключателя, с которым оно собрано или связано, в случае, когда значение дифференциального тока достигает заданной величины при определенных условиях.

В техническом отчете МЭК 60755 термин «блок д. т.» («г. с. unit»), который является сокращенной формой термина «блок дифференциального тока» («residual current unit»), определен следующим образом: устройство, выполняющее одновременно функции обнаружения дифференциального тока и сравнения величины этого тока со значением дифференциального тока оперирования и содержащее в себе средства управления механизмом расцепления автоматического выключателя, с которым оно предназначено быть собранным или связанным.

Краткий термин «блок д. т.» используется в требованиях технического отчета МЭК 60755, а также стандартов МЭК 61009-1 и МЭК 60947-2.

Стандарты МЭК 61009-1 и МЭК 62640 определили термин «блок дифференциального тока» аналогично: устройство, выполняющее одновременно функции обнаружения дифференциального тока и сравнения величины этого тока со значением дифференциального тока оперирования и содержащее в себе средства управ-

ления механизмом расцепления автоматического выключателя, с которым оно предназначено быть собранным.

ГОСТ Р МЭК 60755, подготовленный на основе технического отчета МЭК 60755, назвал рассматриваемый термин иначе, чем первоисточник – **«объединенное устройство»** и определил его с ошибками: «Устройство, выполняющее одновременно функции обнаружения **тока утечки** и сравнения величины обнаруженного тока со значением **тока срабатывания**, и встроенные детали механизма, вызывающие срабатывание автоматического выключателя, специально спроектированные для совместного объединения или сборки».

Во-первых, в процитированном определении термин «дифференциальный ток» неправомерно заменен термином «ток утечки», что грубо исказило область применения этого изделия. Согласно определению оно предназначено устанавливать факт появления тока утечки и реагировать на него. Иными словами, изделие должно срабатывать в нормальных условиях, но не в условиях повреждения, когда существует реальная опасность поражения электрическим током. При этом изделие не должно идентифицировать ток замыкания на землю. Однако последний следует обнаруживать в первую очередь, и отключать электрическую цепь, в которой произошло замыкание на землю.

Во-вторых, вместо частного термина «дифференциальный ток срабатывания», который является характеристикой блока дифференциального тока и устройства дифференциального тока, применен общий термин «ток срабатывания», который в том числе характеризует функционирование автоматического выключателя, отключающего, например, ток короткого замыкания между фазным и нейтральным проводниками. В соответствии со своим принципом действия ни блок дифференциального тока, ни устройство дифференциального тока не должны реагировать на указанный ток короткого замыкания.

В-третьих, из определения следует, что с автоматическим выключателем соединяют не сам блок дифференциального тока, а детали его механизма. То есть части анализируемого определения не согласованы между собой надлежащим образом.

В ГОСТ Р 51327.1, который разработан на основе стандарта МЭК 61009-1:2006, рассматриваемый термин ошибочно назван **устройством дифференциального тока (УДТ)** и определен от- лично от первоисточника: «Устройство, выполняющее одновременно

функции обнаружения дифференциального тока и сравнения величины этого тока со значением отключающего дифференциального тока, имеющее встроенные средства для управления механизмом расцепления автоматического выключателя, с которым **он** должен собираться». Поскольку в определении использовано местоимение «он», из него следует, что автоматический выключатель должен собираться с собственным механизмом расцепления. Это местоимение следует заменить местоимением «**оно**», т. е. – устройство.

В приложении В ГОСТ Р 50030.2, разработанного на основе стандарта МЭК 60947-2:2006, содержащем требования к автоматическим выключателям, управляемым дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока, также использован термин «устройство дифференциального тока» и его аббревиатура – УДТ. Аналог этого наименования на английском языке «residual current device» применяют в стандартах и других документах МЭК для обобщенного обозначения всех защитных устройств, управляемых дифференциальным током, в том числе для изделия, собранного из блока дифференциального тока и автоматического выключателя.

В национальной нормативной документации название «устройство дифференциального тока» также следует использовать только для обобщенного обозначения защитных устройств, имеющих один принцип действия и размыкающих защищаемые электрические цепи посредством собственных главных контактов. Именно в таком смысле применяют термин «устройство дифференциального тока» в ГОСТ IEC 61140, ГОСТ 30331.1, комплексе ГОСТ Р 50571 и других стандартах. Поэтому рассматриваемое изделие в ГОСТ Р МЭК 60755, ГОСТ Р 51327.1, ГОСТ Р 50030.2 и других нормативных документах следует назвать иначе – «блок дифференциального тока (БДТ)».

Термин «блок дифференциального тока» используют в стандартах и других документах МЭК для обозначения изделия, представляющего собой часть устройства дифференциального тока. Блок дифференциального тока выполняет следующие две операции:

обнаружение дифференциального тока в своей главной цепи, который появляется при повреждении основной изоляции какой-либо опасной части, находящейся под напряжением, входящей в состав защищаемых им электрических цепей, и ее замыкании на землю;

сравнение обнаруженного дифференциального тока со значением дифференциального тока срабатывания.

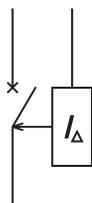
Третью операцию – отключение защищаемых им электрических цепей в случае, когда дифференциальный ток в главной цепи превосходит значение дифференциального тока срабатывания – блок дифференциального тока самостоятельно выполнить не может, так как он не оснащен главными контактами. Отключение электрических цепей производит автоматический выключатель, с которым соединен БДТ. Собранные вместе автоматический выключатель и блок дифференциального тока образуют устройство дифференциального тока, которое называют автоматическим выключателем, управляемым дифференциальным током со встроенной защитой от сверхтока (АВДТ).

В таком АВДТ автоматический выключатель производит отключение электрических цепей не только при возникновении в них сверхтока, но и при появлении в его механизме команды на размыкание главных контактов, которую подает блок дифференциального тока. Для этого БДТ оснащают специальным приводом, воздействующим на удерживающее приспособление в механизме автоматического выключателя. Удерживающее приспособление освобождает главные контакты автоматического выключателя и они начинают самостоятельно размыкаться.

Рассматриваемый АВДТ собирают из блока дифференциального тока и автоматического выключателя перед его установкой в низковольтное распределительное устройство. Механическое крепление блока дифференциального тока к автоматическому выключателю обычно выполняют при помощи специальных защелок, а электрическое их соединение производят с помощью однопроволочных или многопроволочных медных проводников, которые являются частью конструкции БДТ. Поскольку указанную сборку можно выполнять только один раз, разборка АВДТ должна сопровождаться видимыми механическими повреждениями. Блоки дифференциального тока и автоматические выключатели, которые предназначены для совместной сборки, должны иметь одинаковое наименование изготовителя или торговый знак.

Каждый блок дифференциального тока должен иметь стойкую маркировку, включающую в себя его основные характеристики (см. пп. 1–3, 5–7, 10–13, 15 и 17, в которых указана информация, подлежащая маркировке, в статье «Устройство дифференциального тока»). Кроме того, на БДТ наносят значение максимального номинального тока автоматического выключателя, с которым он

может быть собран, например – «63 А max», и следующий специальный символ:



Серийно производят двух-, трех- и четырехполюсные блоки дифференциального тока бытового назначения (по стандарту МЭК 61009-1), которые соединяют соответственно с двух-, трех- и четырехполюсными автоматическими выключателями бытового назначения (по стандарту МЭК 60898-1), образуя двух-, трех- и четырехполюсные АВДТ. Фирмы обычно производят два типоразмера блоков дифференциального тока. БДТ первого типоразмера используют с автоматическими выключателями, имеющими номинальный ток до 63 А включительно, БДТ второго типоразмера – до 100 А. Обобщенный вид серийно производимых блоков дифференциального тока и их примерные размеры показаны на рис. 1 и 2.

Блоки дифференциального тока предназначены для использования в электрических цепях переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

Номинальное напряжение U_n двухполюсных БДТ равно 230 В, трех- и четырехполюсных – 400 В.

Номинальный ток I_n блоков дифференциального тока обычно равен 25, 40, 63, 80 и 100 А. Их используют совместно с автоматическими выключателями, имеющими номинальный ток, не превышающий номинальный ток БДТ.

Блоки дифференциального тока предназначены для работы с автоматическими выключателями, которые, как правило, имеют типы мгновенного расцепления В и С. Некоторые фирмы допускают соединение БДТ с автоматическими выключателями, имеющими тип мгновенного расцепления D.

Большинство блоков дифференциального тока относится к устройствам общего применения. В ограниченных количествах выпускают БДТ типа S. Некоторые фирмы выпускают блоки дифференциального тока, которые имеют кратковременную выдержку времени, обычно не превышающую 0,01 с. Применение таких БДТ позволяет значительно уменьшить число ложных оперирований АВДТ из-за больших, но кратковременных пусковых токов.

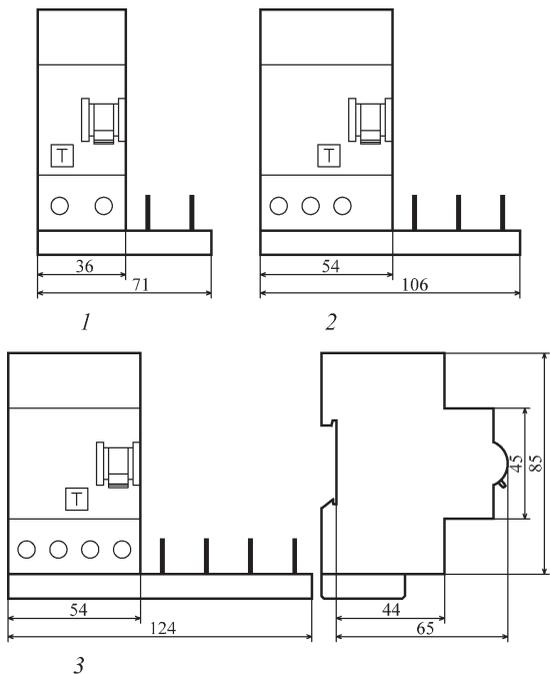


Рис. 1. Блоки дифференциального тока с номинальным током до 63 А:
 1 – двухполюсные; 2 – трехполюсные; 3 – четырехполюсные

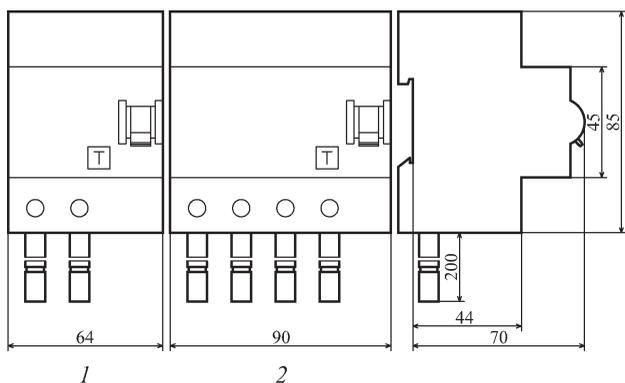


Рис. 2. Блоки дифференциального тока с номинальным током до 100 А:
 1 – двухполюсные; 2 – четырехполюсные

Наибольшее число блоков дифференциального тока имеет номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$, равный 0,03 А. БДТ общего применения с номинальным отключающим дифференциальным током, равным 0,10; 0,30 и 0,50 А, выпускают в ограниченных количествах.

Блоки дифференциального тока типа S обычно имеют номинальный отключающий дифференциальный ток 0,30 А. В незначительных количествах выпускают БДТ типа S с номинальным отключающим дифференциальным током 0,10; 0,50 и 1,00 А.

Серийно производят блоки дифференциального тока типа AC, срабатывающие при синусоидальных переменных дифференциальных токах, и БДТ типа A, которые срабатывают также и при пульсирующих постоянных дифференциальных токах. Некоторые фирмы выпускают блоки дифференциального тока типа F, которые оперируют так же, как БДТ типа A и, дополнительно, при сложных формах дифференциальных токов.

Блоки дифференциального тока общего применения обладают устойчивостью к импульсам тока с пиковым значением до 250 А. БДТ типа S имеют повышенную устойчивость к импульсам электрического тока. Они не срабатывают при импульсах электрического тока с пиковым значением до 3000–5000 А.

Примерная номенклатура блоков дифференциального тока, серийно производимых различными фирмами в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61009-1, приведена ниже в таблице. Модификации БДТ отмечены знаком «+». Знак «-» означает, что БДТ с указанными характеристиками, как правило, не производят.

Примерная номенклатура выпускаемых серийно БДТ типа AC и типа A

I_n, A	$I_{\Delta n}, A$	Двухполюсные БДТ		Трехполюсные БДТ		Четырехполюсные БДТ	
		Общего применения	Типа S	Общего применения	Типа S	Общего применения	Типа S
25	0,01	+	-	-	-	-	-
40,	0,03	+	-	+	-	+	-
	63,	0,10	+	+	+	+	+
80,	0,30	+	+	+	+	+	+
100	0,50	+	+	+	+	+	+

Допустимый длительный ток проводника – наибольший электрический ток, который проводник способен проводить в продолжительном режиме без превышения его установившейся температурой определенного значения.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-826) определен термин «(длительная) токопроводящая способность» («(continuous) current-carrying capacity»): максимальное значение электрического тока, который может постоянно проводиться проводником, устройством или аппаратурой при определенных условиях без превышения его установившейся температурой определенного значения.

Стандарт МЭК 60204-32 использовал представленные название и определение термина из стандарта МЭК 60050-826.

В приложении В стандарта МЭК 60364-1 для термина «(длительная) токопроводящая способность» приведено следующее пояснение: этот ток обозначают I_z .

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826:1982 был определен термин, имевший более конкретное наименование – «(длительная) токопроводящая способность (проводника)»: наибольший ток, который может постоянно проводиться проводником при определенных условиях без превышения его установившейся температурой определенного значения.

В русскоязычной версии стандарта МЭК 60050-826:1982 этот термин был назван длительно допустимым током (проводника) и определен так: «Наибольший ток, который может длительно протекать по проводнику, причем установившаяся температура проводника не должна превышать заданную величину».

Британский стандарт BS 7671 определил термин «токопроводящая способность проводника» аналогично тому, как это было сделано в стандарте МЭК 60050-826:1982: наибольший ток, который может проводиться проводником при определенных условиях без превышения его установившейся температурой определенного значения.

В ГОСТ Р МЭК 60050-826, подготовленном на основе стандарта МЭК 60050-826, термин «**длительный допустимый ток**» определен так: «Максимальное значение электрического тока, который может протекать длительно по проводнику, устройству или аппарату при определенных условиях без превышения определенного значения их температуры в **установившемся режиме**». Процитированные название и определение термина имеют следующие

недостатки. Во-первых, в национальной нормативной документации рассматриваемому термину дано иное наименование – «допустимый длительный ток». Во-вторых, в определении первоисточника сказано об установившейся температуре, а в анализируемом определении упомянут установившийся режим, которым обычно характеризуют оперирование электрооборудования.

Ранее действовавший ГОСТ Р 50571.1–93, который был разработан на основе стандартов МЭК 60364-1:1972 и МЭК 60364-2:1970, определял термин «допустимый длительный ток (проводника)» следующим образом: «ток, который может длительно протекать по проводнику, причем установившаяся температура проводника не должна превышать заданное значение при определенных условиях». Примечание к определению термина содержало следующее пояснение: «Для проводников допустимый длительный ток следует считать номинальным током». Цитированное определение имеет существенные недостатки. Во-первых, в определении термина следовало указать максимальный электрический ток, поскольку любой электрический ток, имеющий меньшее значение, тем более не вызовет перегрев проводника. Во-вторых, вместо слова «длительно» в определении целесообразно использовать понятие «продолжительный режим».

В ГОСТ 30331.1, разработанном на основе стандарта МЭК 60364-1, термин «допустимый длительный ток», определенный аналогично стандарту МЭК 60050-826¹, не имеет указанных недостатков: «Максимальное значение электрического тока, который проводник, устройство или аппарат способен проводить в продолжительном режиме без превышения его установившейся температуры определенного значения.

[МЭС 826-11-13]

Примечание – Этот ток обозначают I_z ».

В примечании к определению приведено разъяснение к термину из приложения В стандарта МЭК 60364-1.

В национальной нормативной документации термин «допустимый длительный ток», как правило, используют в качестве

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «(длительная) токопроводящая способность». Однако приложение В содержит разъяснение к определению этого термина, которое приведено в стандарте МЭК 60050-826. Приложение В исключено из ГОСТ 30331.1. Все его пояснения оформлены примечаниями к определениям терминов в разделе 20 «Термины и определения» ГОСТ 30331.1.

характеристики проводников, посредством которой устанавливаются максимальный электрический ток, который проводник способен проводить в продолжительном режиме (неделями, месяцами, годами), не перегреваясь при этом. Допустимый длительный ток проводника фактически является его номинальным током.

Сечение проводников, используемых в электроустановках зданий, всегда выбирают с учетом электрических токов, которые могут по ним протекать при нормальных условиях. Электрический ток, протекающий по любому проводнику, не должен превышать его допустимый длительный ток. При соблюдении этого условия установившаяся температура проводника не будет превышать предельно допустимую температуру, заданную нормативными документами.

В противном случае, если электрический ток, протекающий в проводнике, превышает его допустимый длительный ток, проводник будет перегреваться. Его изоляция будет подвержена ускоренному старению. При очень больших электрических токах проводник, разогретый до нескольких сотен градусов, может стать причиной пожара. Для исключения перегрева проводников в электроустановках зданий применяют специальную защиту, именуемую защитой от сверхтока, с помощью которой сокращают до безопасного значения продолжительность протекания по проводникам электрических токов, превышающих их допустимые длительные токи.

В разделе 523 «Токопроводящие способности» стандарта МЭК 60364-5-52 и в разделе 523 «Допустимые **токовые нагрузки**»¹ разработанного на его основе ГОСТ Р 50571.5.52, который цитируется дальше, в частности, указано, что «В качестве допустимой **токовой нагрузки** для заданного периода времени при нормальных условиях эксплуатации принимается **нагрузка**, при которой достигается допустимая температура изоляции. Данные для разных типов изоляции приведены в таблице 52.1. Значение тока должно быть выбрано в соответствии с 523.2 или определено в соответствии с 523.3».

¹ В ГОСТ Р 50571.5.52 вместо словосочетания «допустимая токовая нагрузка» следовало использовать термин «допустимый длительный ток проводника». Поэтому раздел 523 должен быть назван иначе: «Допустимые **длительные токи**».

Первое требование в стандарте МЭК 60364-5-52 сформулировано иначе: Ток, проводимый любым проводником для длительного периода при нормальном оперировании, должен быть таким, чтобы не была превышена предельная температура изоляции. То есть в требованиях международного стандарта упомянут ток, протекающий по проводнику, измеряемый в амперах, а не нагрузка на проводник, которую измеряют в киловаттах.

В таблице 52.1 ГОСТ Р 50571.5.52 приведены максимально допустимые температуры, которые могут иметь проводники с разной изоляцией.

Извлечения из таблицы 52.1 «Максимальные рабочие температуры для типов изоляции» ГОСТ Р 50571.5.52

Тип изоляции	Максимальная температура, °С
Термопласт (PVC ¹)	70 проводника
Реактопласт (XLPE ² или резина EPR ³)	90 проводника
Минеральная (оболочка термопласт (PVC), или голая ⁴ , доступная прикосновению)	70 оболочки
Минеральная (голая, не доступная прикосновению и не в контакте с горючими веществами)	105 оболочки

Для изолированных проводников и кабелей без брони требования п. 523.2 ГОСТ Р 50571.5.52 предписывают выбирать допустимые **токовые нагрузки** по таблицам приложения В, в таблице В.52.2 которого приведены допустимые **токовые нагрузки** при разных вариантах монтажа электропроводки, имеющей два нагруженных медных или алюминиевых проводника с изоляцией из поливинилхлорида, в таблице В.52.4 – три нагруженных проводника. В таблицах В.52.3 и В.52.5 приложения В указаны допустимые **токовые нагрузки** соответственно для двух и трех нагруженных медных и алюминиевых проводников с изоляцией из сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины. В приложении В имеются также другие таблицы.

¹ PVC – поливинилхлорид (ПВХ).

² Cross-linked polyethylene – сшитый полиэтилен.

³ Ethylene-propylene rubber – этиленпропиленовая резина.

⁴ В стандарте МЭК 60364-5-52 указано иначе: Минеральная **без оболочки**.

При этом два нагруженных проводника могут быть в составе двухпроводной электрической цепи переменного тока, выполненной фазным и нейтральным проводниками или двумя фазными проводниками, а также двухпроводной электрической цепи постоянного тока, выполненной полюсным и средним проводниками или двумя полюсными проводниками. Три нагруженных проводника могут быть в трех- или четырехпроводной электрической цепи переменного тока, выполненной соответственно тремя фазными проводниками или тремя фазными и нейтральным проводниками. В последнем случае ток, протекающим по нейтральному проводнику, пренебрегают.

Пункт 523.3 ГОСТ Р 50571.5.52 предусматривает следующие альтернативные способы определения значений допустимых **токовых нагрузок**: или в соответствии с требованиями комплекса МЭК 60287 «Электрические кабели. Вычисление номинального тока», в состав которого входит 8 стандартов, или в результате испытаний, или вычислением по методике, утвержденной в установленном порядке. Причем там, где это необходимо, должно быть уделено внимание характеристике нагрузки проложенных в земле кабелей с учетом теплового сопротивления почвы.

Заземленная электрическая система – электрическая система, в которой одна из частей, находящихся под напряжением, заземлена.

Стандартом МЭК 60449 и его национальным аналогом – ГОСТ Р МЭК 449¹ для электроустановок зданий установлено два диапазона напряжения переменного и постоянного тока. Диапазоны напряжения указаны для заземленной электрической системы и изолированной или неэффективно заземленной электрической системы.

Термин «заземленная система» («earthed system») определен стандартом МЭК 60449 следующим образом: система, в которой точка (как правило, **нейтральная точка**) непосредственно присоединена к земле без какого-либо преднамеренного полного сопротивления.

¹ С 1 октября 2015 г. вместо ГОСТ Р МЭК 449 введен в действие новый межгосударственный стандарт ГОСТ 32966, который также подготовлен на основе стандарта МЭК 60449.

Определение термина «заземленная система» в ГОСТ Р МЭК 449 отличается от первоисточника: «система, у которой одна точка (как правило, **нейтраль**) непосредственно соединена с **заземляющим устройством** без преднамеренно включенного **резистора**».

Оба определения рассматриваемого термина характеризуют только электрические системы переменного тока, поскольку в них упомянуты нейтральная точка и нейтраль (см. статьи «Нейтраль» и «Нейтральная точка» в первой части Словаря). Поэтому они не подходят для определения электрических систем постоянного тока, так как в этих системах имеются средние точки (см. статью «Средняя точка» в первой части Словаря) и средние токоведущие части, а не нейтральные точки и нейтрали. Одновременно с принятием изменения к стандарту МЭК 60449, которым были установлены диапазоны напряжения постоянного тока, следовало уточнить определение термина «заземленная система». Аналогично следовало поступить при разработке ГОСТ Р МЭК 449, подготовив национальный стандарт, модифицированный по отношению к международному стандарту или содержащий уточненную терминологию.

В других стандартах и документах МЭК отсутствуют определения термина «заземленная система». Однако имеются определения термина «система с глухозаземленной нейтралью». Например, в МЭС (в стандарте МЭК 60050-601) указанный термин определен следующим образом: система, чья **нейтральная(ые) точка(и)** непосредственно заземлена(ы).

В другой части МЭС – в стандарте МЭК 60050-195 определение термина «система с глухозаземленной нейтралью» выполнено на основе определения из стандарта МЭК 60050-601: система, в которой по крайней мере одна **нейтральная точка** непосредственно заземлена.

Стандарты МЭК 60044-8, МЭК 60071-1, МЭК 60358-1, МЭК 61230, МЭК 61869-1 и МЭК 62271-100 заимствовали определение термина «система с глухозаземленной нейтралью» из стандарта МЭК 60050-601.

В стандартах МЭК широко используют другие термины, определяющие заземленные электрические системы, например: «система с заземленной нейтралью», «система с заземленной через сопротивление нейтралью», «система с эффективно заземленной нейтралью», «система с неэффективно заземленной нейтралью» и др. Эти термины применяют для идентификации низковольтных и высоковольтных электрических систем, имеющих источники пи-

тания, нейтрали которых заземлены непосредственно или через какие-то сопротивления и реакторы, т. е. указанные электрические системы характеризуются наличием, по крайней мере, одной заземленной части, находящейся под напряжением.

В ГОСТ Р МЭК 60050-195 термин «система с глухозаземленной нейтралью» определен аналогично первоисточнику: «Система, в которой по крайней мере одна **нейтральная точка** заземлена непосредственно».

ГОСТ ИЕС 61230 назвал термин иначе, чем первоисточник, – «глухозаземленная (нейтральная) система», но определил его так же, как оригинал: «Система, **нейтральная(ые) точка(и)** которой заземлена(ы) напрямую».

Представленные определения характеризуют электрические системы переменного тока, у которых непосредственно заземлено, как минимум, по одной нейтральной точке. Такими электрическими системами могут быть трехфазные четырехпроводные электрические системы, источники питания которых соединены звездой и, следовательно, имеют нейтральные точки, или однофазные трехпроводные электрические системы, источники питания которых также имеют нейтральные точки. Поскольку трехфазные трехпроводные электрические системы, источники питания которых соединены треугольником, и однофазные двухпроводные электрические системы не имеют нейтральных точек, применительно к ним рассматриваемые определения использовать нельзя. Кроме того, рассматриваемые определения не распространяются на электрические системы постоянного тока. То есть они характеризуют только конкретные электрические системы переменного тока.

Однако для применения в стандарте МЭК 60449 и в его национальном аналоге необходимо такое определение термина «заземленная электрическая система», которое позволит охарактеризовать все электрические системы и переменного, и постоянного тока, в которых какие-то части, находящиеся под напряжением, заземлены непосредственно. Такое определение термину «заземленная система» дано в п. 2.2 ГОСТ 32966: «Электрическая система, в которой одна из частей, находящихся под напряжением, заземлена». Примечания к этому определению следующим образом разъясняют рассматриваемый термин:

«1 В трехфазной четырехпроводной и однофазной трехпроводной электрических системах переменного тока заземляют нейтрали. В трехфазной трехпроводной и однофазной двухпроводной

электрических системах переменного тока, в которых нет нейтралей, заземляют фазные проводники.

2 В трехпроводной электрической системе постоянного тока заземляют среднюю часть, находящуюся под напряжением. В двухпроводной электрической системе постоянного тока, в которой нет средней части, находящейся под напряжением, заземляют полюсный проводник».

Таким образом, процитированное определение однозначно идентифицирует все заземленные электрические системы, а примечания к нему содержат исчерпывающие пояснения к наиболее распространенным их видам.

Термин «заземленная электрическая система» лишь в общих чертах определяет электрическую систему и ее элементы. Более конкретную характеристику низковольтной электрической системе устанавливают посредством типов заземления системы, требования к которым изложены в подразделе 312 стандарта МЭК 60364-1 и в разработанных на его основе ГОСТ Р 50571.1–2009, который с 1 июля 2015 г. заменен ГОСТ 30331.1.

Термин «тип заземления систем» определен в п. 20.75 ГОСТ 30331.1 следующим образом¹: «Комплексная характеристика системы распределения электроэнергии, устанавливающая наличие или отсутствие заземления частей источника питания, находящихся под напряжением, наличие заземления открытых проводящих частей электроустановки или электрооборудования, наличие и способ выполнения электрического соединения между заземленными частями источника питания, находящимися под напряжением, и указанными открытыми проводящими частями.

Примечание – Термин «тип заземления систем» устанавливает специальные требования ко всем элементам, входящим в состав системы распределения электроэнергии. Для составных частей распределительной электрической сети рассматриваемая характеристика устанавливает следующие требования:

- к источнику питания – наличие или отсутствие заземления его частей, находящихся под напряжением. Если источник питания имеет заземленную часть, находящуюся под напряжением, то в рас-

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «тип заземления систем». Этот термин не определен МЭС, а также другими стандартами и документами МЭК. Определение термину впервые было дано в ГОСТ Р 50571.1–2009 и уточнено в ГОСТ 30331.1.

пределительной электрической сети может быть выполнено дополнительное заземление проводников, которые имеют электрическое соединение с заземленной частью источника питания, находящейся под напряжением. Если источник питания имеет изолированные от земли части, находящиеся под напряжением, то проводники распределительной электрической сети, как правило, должны быть изолированы от земли или, как исключение, какой-то проводник может быть заземлен через большое полное сопротивление;

- к линии электропередачи – требования к устройству защитных, нейтральных, средних и заземленных линейных проводников.

Для электроустановок или электрооборудования этой характеристикой устанавливают требования к выполнению заземления открытых проводящих частей, а также к наличию или отсутствию электрического соединения последних с заземленной частью источника питания, находящейся под напряжением».

Ключевой термин «система распределения электроэнергии» определен в п. 20.65 ГОСТ 30331.1 следующим образом¹:

«Низковольтная электрическая система, состоящая из распределительной электрической сети и электроустановки.

Примечание 1 – Система распределения электроэнергии, как правило, включает в себя электроустановку здания, которая подключена к низковольтной распределительной электрической сети, состоящей из понижающей трансформаторной подстанции и воздушной или кабельной линии электропередачи (см. рисунок 20.2).

Примечание 2 – Система распределения электроэнергии наименьшего размера включает в себя источник питания и один электроприемник (см. рисунок 20.3).

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «система распределения электроэнергии». Этот термин не определен МЭС, а также другими стандартами и документами МЭК. Определение термину впервые было дано в ГОСТ Р 50571.1–2009, уточнено и дополнено в ГОСТ 30331.1.



1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство электроустановки здания; ПС – трансформаторная подстанция; ВЛ – воздушная линия электропередачи; КЛ – кабельная линия электропередачи

Рисунок 20.2 – Общий вид системы распределения электроэнергии¹



1 – заземляющее устройство источника питания

Рисунок 20.3 – Система распределения электроэнергии наименьшего размера»

¹ Система распределения электроэнергии, представленная на рисунке 20.2 ГОСТ 30331.1, имеет тип заземления системы TN-C-S.

Согласно требованиям стандарта МЭК 60364-1 и ГОСТ 30331.1 к заземленным электрическим системам относят системы распределения электроэнергии, которые имеют типы заземления системы TN-S, TN-C-S, TN-C и TT. Ниже на рис. 1–9 показаны примеры трехфазных трех- и четырехпроводных и однофазных двухпроводных заземленных электрических систем переменного тока, а на рис. 10–13 – трехпроводных заземленных электрических систем постоянного тока. Для рисунков, заимствованных из ГОСТ 30331.1, в скобках указан номер рисунка в межгосударственном стандарте. На этих рисунках не представлены двухпроводные электрические системы постоянного тока и не показаны аккумуляторные батареи. Все примечания к рисункам из ГОСТ 30331.1 опущены.

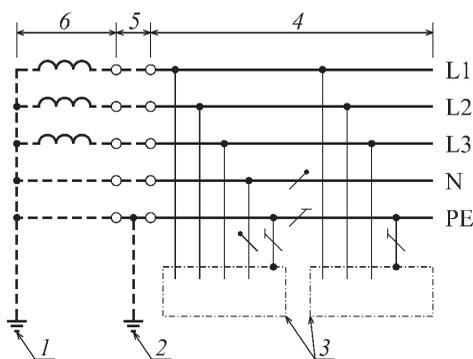


Рис. 1 (31A1). Система TN-S трехфазная четырехпроводная с разделенными нейтральным проводником и защитным проводником во всей системе:

1 – заземление источника питания; 2 – заземление распределительной электрической сети; 3 – открытые проводящие части; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

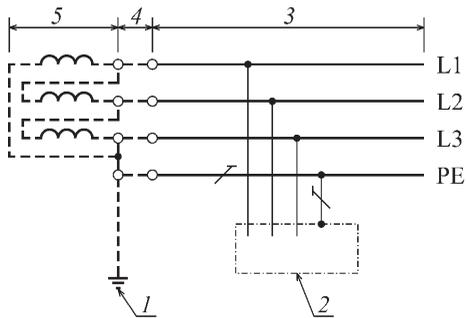


Рис. 2 (31А2). Система TN-S трехфазная трехпроводная с разделенными заземленным фазным проводником и защитным проводником во всей системе:

1 – заземление источника питания; 2 – открытая проводящая часть; 3 – электроустановка; 4 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 5 – источник питания

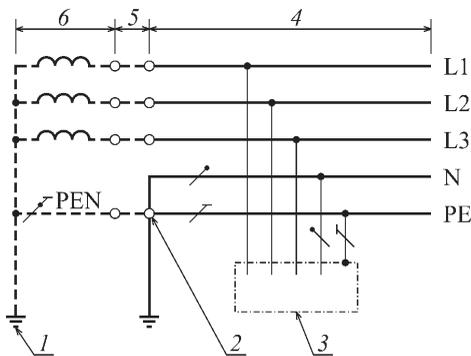


Рис. 3 (31В2). Система TN-C-S трехфазная четырехпроводная, в которой PEN-проводник разделен на защитный проводник PE и нейтральный проводник N на вводе электроустановки:

1 – заземление источника питания; 2 – ввод электроустановки; 3 – открытая проводящая часть; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

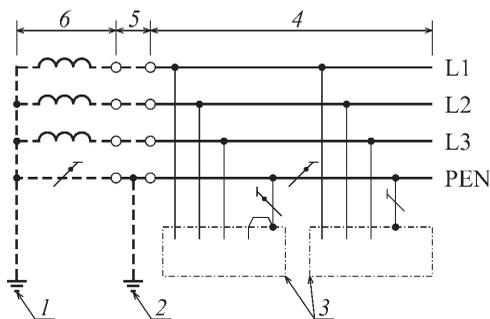


Рис. 4 (31С). Система TN-C трехфазная четырехпроводная, в которой функции нейтрального и защитного проводников объединены в одном проводнике во всей системе:

1 – заземление источника питания; 2 – заземление распределительной электрической сети; 3 – открытые проводящие части; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

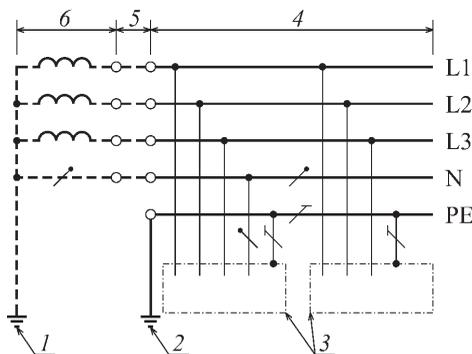


Рис. 5 (31F1). Система TT трехфазная четырехпроводная с **заземленным**¹ защитным проводником и нейтральным проводником во всей **системе**:

1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление в электроустановке; 3 – открытые проводящие части; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

¹ В названии рис. 31F1 стандарта МЭК 60364-1 указано, что защитный и нейтральный проводники **разделены** во всей **установке**. Однако в **системе** TT заземленная часть источника питания, находящаяся под напряжением, не имеет соединения с открытыми проводящими частями низковольтной электроустановки. Поэтому нейтральный проводник **должен быть изолирован** от защитного проводника.

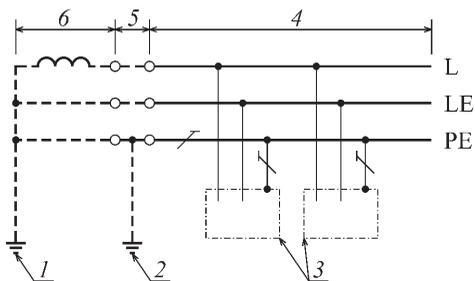


Рис. 6. Система TN-S однофазная двухпроводная с разделенным фазным проводником и защитным проводником по всей системе:

1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство распределительной электрической сети; 3 – открытые проводящие части; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

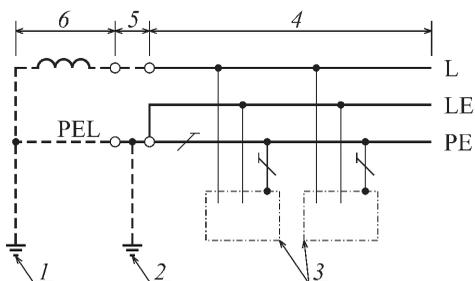


Рис. 7. Система TN-C-S однофазная двухпроводная, в которой PE-проводник разделен на защитный проводник PE и заземленный фазный проводник LE на вводе электроустановки:

1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство распределительной электрической сети; 3 – открытые проводящие части; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

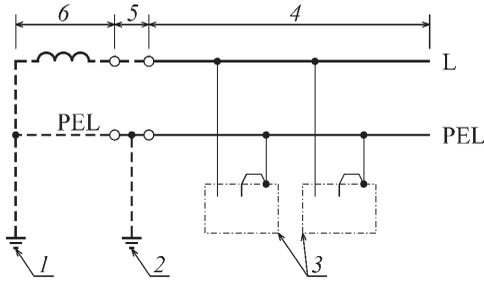


Рис. 8. Система TN-C однофазная двухпроводная, в которой функции фазного и защитного проводников объединены в одном PEL-проводнике во всей системе:

1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство распределительной электрической сети; 3 – открытые проводящие части; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

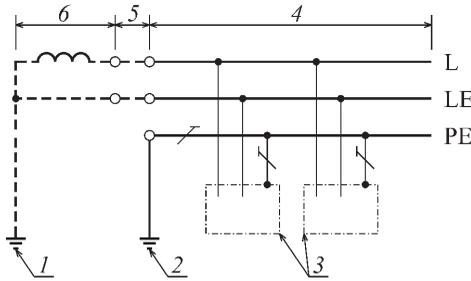


Рис. 9. Система TT однофазная двухпроводная с заземленным защитным проводником и заземленным фазным проводником во всей системе:

1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство электроустановки; 3 – открытые проводящие части; 4 – электроустановка; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания

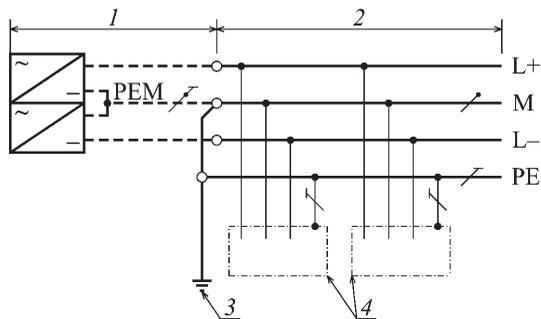


Рис. 10 (31Н). Система TN-S постоянного тока:

1 – источник питания; 2 – электроустановка; 3 – заземление системы;
4 – открытые проводящие части

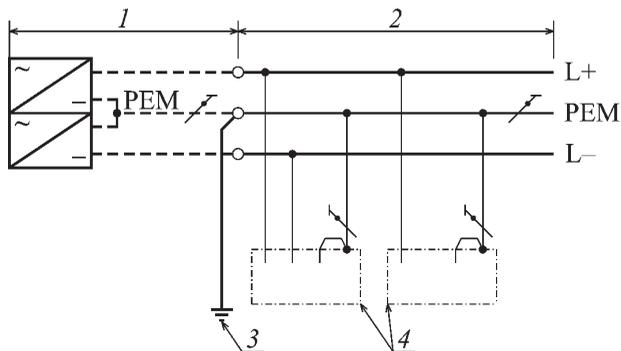


Рис. 11 (31J). Система TN-C постоянного тока:

1 – источник питания; 2 – электроустановка; 3 – заземление системы;
4 – открытые проводящие части

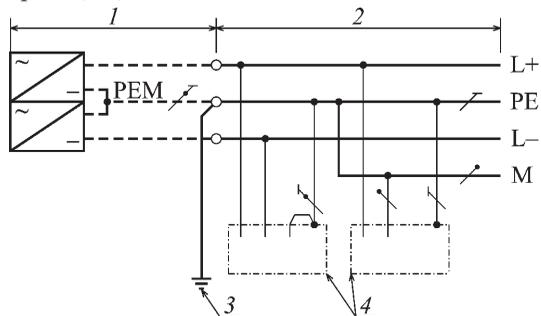


Рис. 12 (31К). Система TN-C-S постоянного тока:

1 – источник питания; 2 – электроустановка; 3 – заземление системы;
4 – открытые проводящие части

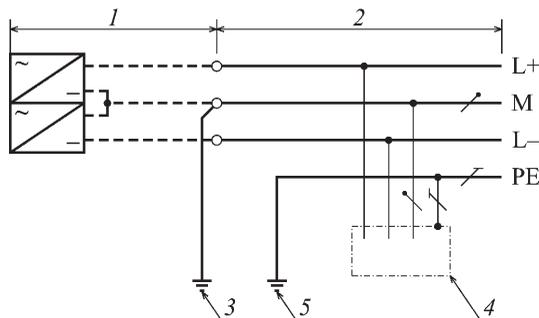


Рис. 13 (31L). Система ТТ постоянного тока:

1 – источник питания; 2 – электроустановка; 3 – заземление системы; 4 – открытая проводящая часть; 5 – заземление открытой проводящей части

Электроустановку здания, подключаемую к наиболее распространенной низковольтной распределительной электрической сети общего назначения, имеющей три фазных проводника и PEN-проводник (см. рисунки 20.2 и 31В2 ГОСТ 30331.1), как правило, выполняют с типом заземления системы TN-C-S. Систему TN-C применяют реже, поскольку требованиями п. 312.2.1.1 ГОСТ Р 50571.1–2009 было запрещено выполнять электроустановки жилых и общественных зданий, торговых предприятий и медицинских учреждений с типом заземления системы TN-C. Аналогичный запрет на применение системы TN-C установлен ГОСТ 30331.1.

При подключении к указанной распределительной электрической сети возможно выполнить электроустановку здания с типом заземления системы ТТ. При этом PEN-проводник линии электропередачи будет выполнять только функции нейтрального проводника.

Если электроустановку здания подключают к низковольтной распределительной электрической сети, имеющей три фазных проводника, нейтральный проводник и защитный проводник, или если трансформаторная подстанция встроена в здание, электроустановку здания следует выполнять с типом заземления системы TN-S.

Электроустановки зданий, как правило, являются низковольтными электроустановками переменного тока. Однако некоторые электроустановки зданий могут иметь части, функционирующие на постоянном токе. Эти части обычно выполняют с типами заземления системы TN-S и ТТ.

В большинстве случаев электроустановки зданий входят в состав систем распределения электроэнергии, которые имеют непо-

средственно заземленные нейтрали или другие части источников питания, находящихся под напряжением. Иными словами, электроустановки зданий являются частями заземленных электрических систем. Поэтому для электроустановок зданий, как правило, применяют следующие диапазоны напряжения переменного и постоянного тока, установленные стандартом МЭК 60449 и ГОСТ 32966 для заземленных электрических систем:

Диапазоны	Заземленные электрические системы переменного тока		Заземленные электрические системы постоянного тока	
	Напряжение между фазой и землей, В	Напряжение между фазами, В	Напряжение между полюсом и землей, В	Напряжение между полюсами, В
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 120$	$U \leq 120$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1000$	$120 < U \leq 900$	$120 < U \leq 1500$

U – номинальное напряжение электроустановки.

Напряжение между фазой и землей – напряжение между фазным проводником и эталонной землей в заданной точке электрической цепи.

Напряжение между фазами – напряжение между двумя фазными проводниками в заданной точке электрической цепи.

Напряжение между полюсом и землей – напряжение между полюсным проводником и эталонной землей в заданной точке электрической цепи.

Напряжение между полюсами – напряжение между двумя полюсными проводниками в заданной точке электрической цепи.

Номинальное напряжение (электрической установки) – значение напряжения, которым обозначают и идентифицируют электрическую установку или часть электрической установки (более подробно см. «Номинальное напряжение (электроустановки здания)» в третьей части Словаря).

Изолированная или неэффективно заземленная электрическая система – электрическая система, в которой все части, находящиеся под напряжением, изолированы от земли или одна из частей, находящихся под напряжением, заземлена через большое полное сопротивление.

Стандартом МЭК 60449 и его национальным аналогом – ГОСТ Р МЭК 449¹ для электроустановок зданий установлено два

¹ С 1 октября 2015 г. вместо ГОСТ Р МЭК 449 введен в действие новый межгосударственный стандарт ГОСТ 32966, который также подготовлен на основе стандарта МЭК 60449.

диапазона напряжения переменного и постоянного тока. Диапазоны напряжения указаны для заземленной электрической системы и изолированной или неэффективно заземленной электрической системы.

Термин «изолированная или неэффективно заземленная система» (isolated or not effectively earthed system) определен стандартом МЭК 60449 следующим образом: система, в которой нет точки, присоединенной к земле, или в которой точка (как правило, **нейтральная точка**) присоединена к земле через ограничивающее полное сопротивление.

Определение термина «изолированная или неэффективно заземленная система» в ГОСТ Р МЭК 449 отличается от первоисточника: «система, у которой ни одна точка не заземлена или у которой одна точка, как правило, нейтраль (в системах переменного тока) или **средняя точка (в системах постоянного тока)** соединена с землей через ограничивающий **резистор**».

Определение рассматриваемого термина в стандарте МЭК 60449 характеризует только электрические системы переменного тока, поскольку в нем упомянута нейтральная точка (нейтраль). Поэтому оно не подходит для определения электрических систем постоянного тока, так как в этих системах имеются средние точки (средние части, находящиеся под напряжением), а не нейтральные точки. Одновременно с принятием поправки к стандарту МЭК 60449, которой были установлены диапазоны напряжения постоянного тока, следовало изменить определение термина «изолированная или неэффективно заземленная система». Указанный недостаток был устранен в национальном стандарте, поскольку в его определении упомянуты части, находящиеся под напряжением, электрических систем и переменного, и постоянного тока.

В стандартах и других документах МЭК отсутствуют определения термина «изолированная или неэффективно заземленная система». Однако имеются определения терминов «система с изолированной нейтралью» и «система с нейтралью, заземленной через полное сопротивление».

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-601) указанные термины определены следующим образом:

система с изолированной нейтралью – система, где **нейтральная точка** не присоединена к земле преднамеренно, за исключением соединений с большим полным сопротивлением для целей защиты и измерения;

система с нейтралью, заземленной через полное сопротивление, – система, чья **нейтральная(ые) точка(и)** заземлена(ы) через полные сопротивления, чтобы ограничить токи замыкания на землю.

В другой части МЭС (в стандарте МЭК 60050-195) определение первого термина выполнено на основе определения из стандарта МЭК 60050-601, а второму термину дано собственное определение:

система с изолированной нейтралью – система, в которой **нейтральная точка** не заземлена преднамеренно, за исключением соединений с большим полным сопротивлением для целей защиты и измерения;

система с нейтралью, заземленной через полное сопротивление, – система, в которой по крайней мере одна **нейтральная точка** заземлена через устройство, имеющее полное сопротивление, предназначенное ограничивать ток короткого замыкания **линии** на землю.

Стандарты МЭК 60044-8, МЭК 60071-1, МЭК 60358-1, МЭК 61869-1 и МЭК 62271-100 заимствовали определения терминов «система с изолированной нейтралью» и «система с нейтралью, заземленной через полное сопротивление» из стандарта МЭК 60050-601.

В ГОСТ Р МЭК 60050-195 рассматриваемые термины определены аналогично первоисточнику:

«система с изолированной нейтралью»: «Система, в которой **нейтральная точка** не заземлена преднамеренно, за исключением заземления через большое сопротивление для целей защиты и измерения»;

«система с нейтралью, заземленной через сопротивление»: «Система, в которой по крайней мере одна **нейтральная точка** заземлена через устройство, имеющее сопротивление, предназначенное для ограничения тока короткого замыкания между **фазой** и землей».

Представленные определения характеризуют электрические системы переменного тока, у которых нейтральные точки изолированы от земли или заземлены через полные сопротивления для ограничения токов короткого замыкания на землю. Такими электрическими системами могут быть трехфазные четырехпроводные электрические системы, источники питания которых соединены звездой и, следовательно, имеют нейтральные точки, или однофазные трехпроводные электрические системы, источники питания

которых также имеют нейтральные точки. Поскольку трехфазные трехпроводные электрические системы, источники питания которых соединены треугольником, и однофазные двухпроводные электрические системы не имеют нейтральных точек, применительно к ним рассматриваемые определения использовать нельзя. Однако в изолированных низковольтных электрических системах переменного тока часто применяют трехфазные источники питания, соединенные треугольником. Кроме того, рассматриваемые определения не распространяются на электрические системы постоянного тока. То есть они идентифицируют только конкретные электрические системы переменного тока.

Однако для применения в стандарте МЭК 60449 и в его национальном аналоге необходимо такое определение термина «изолированная или неэффективно заземленная электрическая система», которое позволит охарактеризовать электрические системы и переменного, и постоянного тока, в которых все части, находящиеся под напряжением, изолированы от земли или какие-то части, находящиеся под напряжением, заземлены через полные сопротивления. Такое определение термину «изолированная или неэффективно заземленная система» дано в п. 2.3 ГОСТ 32966: «Электрическая система, в которой все части, находящиеся под напряжением, изолированы от земли или одна из частей, находящихся под напряжением, заземлена через большое полное сопротивление».

Изолированную или неэффективно заземленную низковольтную электрическую систему можно рассматривать в качестве аналога системы распределения электроэнергии (см. статью «Заземленная электрическая система»), имеющей тип заземления системы IT, требования к которой изложены в подразделе 312 стандарта МЭК 60364-1 и в разработанных на его основе ГОСТ Р 50571.1–2009, который с 1 июля 2015 г. заменен ГОСТ 30331.1. На рис. 1–4 показаны примеры изолированных трехфазных трех- и четырехпроводных и однофазной двухпроводной электрических систем переменного тока, а на рис. 5 – изолированной трехпроводной электрической системы постоянного тока. Для рисунков, заимствованных из ГОСТ 30331.1, в скобках указан номер рисунка в межгосударственном стандарте. На этих рисунках не представлены двухпроводные электрические системы постоянного тока и не показаны аккумуляторные батареи. Все примечания к рисункам из ГОСТ 30331.1 опущены.

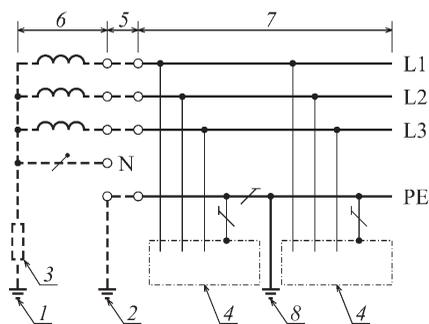


Рис. 1 (31G1). Система IT трехфазная трехпроводная со всеми открытыми проводящими частями, соединенными защитным проводником и заземленными совместно:

1 – заземление источника питания; 2 – защитное заземление системы; 3 – полное сопротивление; 4 – открытые проводящие части; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания; 7 – электроустановка; 8 – защитное заземление в электроустановке

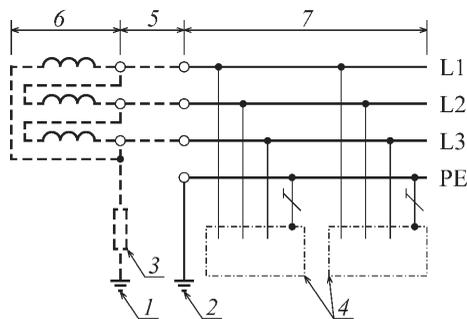


Рис. 2. Система IT трехфазная трехпроводная со всеми открытыми проводящими частями, соединенными защитным проводником и заземленными совместно:

1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство электроустановки; 3 – полное сопротивление; 4 – открытые проводящие части; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания; 7 – электроустановка

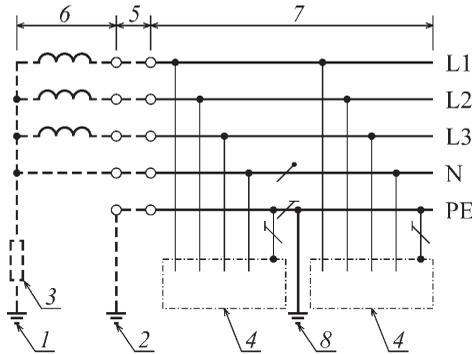


Рис. 3. Система IT трехфазная четырехпроводная со всеми открытыми проводящими частями, соединенными защитным проводником и заземленными совместно:

1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство распределительной электрической сети; 3 – полное сопротивление; 4 – открытые проводящие части; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания; 7 – электроустановка; 8 – заземляющее устройство электроустановки

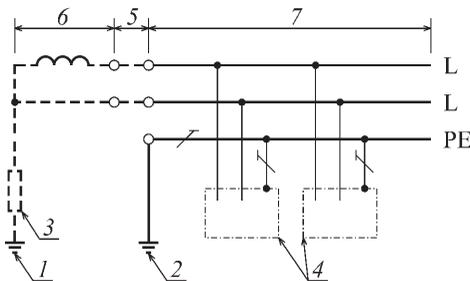


Рис. 4. Система IT однофазная двухпроводная со всеми открытыми проводящими частями, соединенными защитным проводником и заземленными совместно:

1 – заземляющее устройство источника питания; 2 – заземляющее устройство электроустановки; 3 – полное сопротивление; 4 – открытые проводящие части; 5 – распределительная электрическая сеть (при наличии); 6 – источник питания; 7 – электроустановка

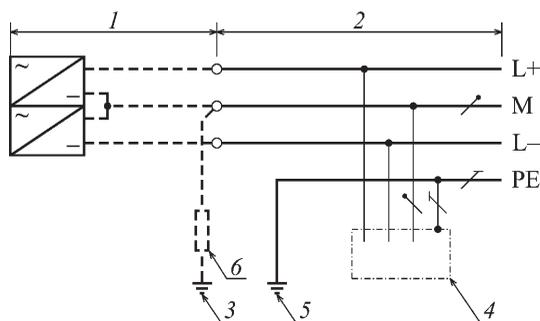


Рис. 5 (31М). Система IT постоянного тока:

1 – источник питания; 2 – электроустановка; 3 – заземление системы; 4 – открытая проводящая часть; 5 – заземление открытой проводящей части; 6 – полное сопротивление

Электроустановки зданий, подключаемые к низковольтным распределительным электрическим сетям общего назначения, как правило, выполняют с типами заземления системы TN-C-S и TN-S, реже – TN-C и TT. То есть в большинстве случаев электроустановки зданий входят в состав заземленных электрических систем. Однако в некоторых случаях электроустановки зданий специального назначения или их части, например части электроустановок медицинских учреждений, выполняют с типом заземления системы IT. Для таких электроустановок зданий или их частей применяют следующие диапазоны напряжения переменного и постоянного тока, установленные стандартом МЭК 60449 и ГОСТ 32966 для изолированных или неэффективно заземленных электрических систем:

Диапазоны	Изолированные или неэффективно заземленные электрические системы переменного тока	Изолированные или неэффективно заземленные электрические системы постоянного тока
	Напряжение между фазами, В	Напряжение между полюсами, В
I	$U \leq 50$	$U \leq 120$
II	$50 < U \leq 1000$	$120 < U \leq 1500$

U – номинальное напряжение электроустановки.

Напряжение между фазами – напряжение между двумя фазными проводниками в заданной точке электрической цепи.

Напряжение между полюсами – напряжение между двумя полюсными проводниками в заданной точке электрической цепи.

Номинальное напряжение (электрической установки) – значение напряжения, которым обозначают и идентифицируют электрическую установку или часть электрической установки (более подробно см. «Номинальное напряжение (электроустановки здания)» в третьей части Словаря).

Примечания:

1 Если в электрической системе переменного тока имеется нейтральный проводник, электрическое оборудование, подключаемое к фазному и нейтральному проводникам, выбирают таким образом, чтобы его изоляция соответствовала напряжению между фазами.

2 Если в электрической системе постоянного тока имеется средний проводник, электрическое оборудование, подключаемое к полюсному и среднему проводникам, выбирают таким образом, чтобы его изоляция соответствовала напряжению между полюсами.

Короткое замыкание – случайный или преднамеренно созданный проводящий путь между двумя или более проводящими частями, вызывающий уменьшение разности электрических потенциалов между этими проводящими частями до нуля или значения, близкого к нулю.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-195) термин «короткое замыкание» («short-circuit») определен следующим образом: случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более проводящими частями, принуждающий различия электрических потенциалов между этими проводящими частями становиться равными или близкими к нулю. В других частях МЭС – стандартах МЭК 60050-151 и МЭК 60050-826 приведено такое же определение термина «короткое замыкание».

В стандарте МЭК 60909-0 термину «короткое замыкание» дано определение, аналогичное определению стандарта МЭК 60050-195. Стандарты МЭК 60947-1, МЭК 61095, МЭК 61892-2, МЭК 62128-1 заимствовали определение рассматриваемого термина из стандарта МЭК 60050-151 или МЭК 60050-195.

Стандарт МЭК 60913 определил рассматриваемый термин более подробно: случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более точками в цепи, принуждающий напряжения между этими точками становиться сравнительно малыми. Любой такой проводящий путь между проводниками или между проводником и землей рассматривают как короткое замыкание.

В техническом отчете МЭК 62511 термин «короткое замыкание» определен следующим образом: случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более проводящими частями, выполненный случайно или преднамеренно, принуждающий различия электрических потенциалов между этими проводящими частями становиться равными или близкими к нулю (относительно низкое полное сопротивление).

В стандарте МЭК 60909-0 также определены следующие термины, характеризующие частные виды короткого замыкания:

короткое замыкание между линиями – случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более линейными проводниками с присоединением к земле или без него;

короткое замыкание линии на землю – случайный или преднамеренный проводящий путь в системе с глухозаземленной нейтралью или в системе с нейтралью, заземленной через полное сопротивление, между линейным проводником и локальной землей.

В электрических системах переменного тока первому термину соответствует термин «двухфазное короткое замыкание», посредством которого идентифицируют замыкание между двумя фазными проводниками разных фаз. Применительно к электрическим системам постоянного тока применяют термин «двухполюсное короткое замыкание», с помощью которого определяют замыкание между двумя полюсными проводниками. Аналогом второго термина является термин «короткое замыкание на землю».

ГОСТ Р МЭК 60050-195, подготовленный на основе стандарта МЭК 60050-195, определил термин «короткое замыкание» так: «Случайное или преднамеренное **соединение** двух или более проводящих частей, вызывающее снижение разности электрических потенциалов между этими частями до нуля или значения, близкого к нулю». Основным недостатком процитированного определения является замена оригинального термина «проводящий путь» термином «соединение», которым обычно обозначают действие, совершаемое с проводящими частями для обеспечения между ними электрического контакта.

ГОСТ Р МЭК 60050-826, подготовленный на основе стандарта МЭК 60050-826, определил термин «короткое замыкание» близко к первоисточнику: «Случайная или преднамеренно созданная **проводящая цепь** между двумя или более проводящими частями, вызывающая понижение разности электрических потенциалов между этими частями до нуля или значения, близкого к нулю».

В этом определении термин «проводящий путь» некорректно заменен словосочетанием «проводящая цепь».

ГОСТ 30331.1, разработанный на основе стандарта МЭК 60364-1¹, определил термин «короткое замыкание» в точном соответствии со стандартом МЭК 60050-826: «Случайный или преднамеренно созданный проводящий путь между двумя или более проводящими частями, вызывающий уменьшение разности электрических потенциалов между этими проводящими частями до нуля или значения, близкого к нулю.

[МЭС 826-14-10]»

В ГОСТ Р 50571.23, разработанном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60364-7-704:1989, термин «короткое замыкание» определен так: «Случайный или преднамеренный **электрический контакт** между двумя или более проводящими частями, в результате которого разность электрических потенциалов между ними близка к нулю». В этом определении термин «электрический контакт» применен более правильно, чем термин «соединение» в определении ГОСТ Р МЭК 60050-195.

В ГОСТ 30011.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60947-1:2004, рассматриваемому термину дано следующее определение: «Случайное или преднамеренное **соединение** двух или нескольких **токопроводящих частей** между собой, приводящее к тому, что разность потенциалов этих частей становится равной или близкой к нулю». Это определение имеет следующие недостатки. Во-первых, оригинальный термин «проводящий путь» ошибочно заменен в нем термином «соединение».

Во-вторых, вместо термина «проводящая часть» в определении применен термин «токопроводящая часть». Такая некорректная подмена терминов повлекла за собой существенное ограничение области действия термина «короткое замыкание». Защитный проводник, открытая и сторонние проводящие части не относятся к токопроводящим частям (с.м. статью «Токопроводящая часть» в первой части Словаря). Поэтому согласно рассматриваемому определению короткое замыкание между этими проводящими частями и, например, фазным проводником, не может рассматриваться в качестве короткого замыкания.

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «короткое замыкание».

ГОСТ Р 51731, разработанный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61095:2000, определил термин «короткое замыкание» следующим образом: «Случайное или преднамеренное **соединение резистором или импедансом со сравнительно низким сопротивлением** двух или более **точек в цепи**, нормально находящихся под различным напряжением». Прочитированное определение существенно отличается от представленных выше определений термина «короткое замыкание». Во-первых, вместо термина «проводящий путь» в нем использована длинная фраза «соединение резистором или импедансом со сравнительно низким сопротивлением». Во-вторых, вместо проводящих частей в анализируемом определении указаны точки в цепи.

Короткое замыкание обычно возникает в условиях единичного или множественных повреждений изоляции каких-то проводящих частей, находящихся под разными электрическими потенциалами. Эти проводящие части замыкаются друг на друга, образуя между собой электрические контакты с ничтожно малыми переходными сопротивлениями. Такие короткие замыкания обычно возникают из-за случайных повреждений изоляции проводящих частей.

В электроустановках зданий могут происходить однофазные короткие замыкания, когда замыкаются фазный и нейтральный проводники, двух- и трехфазные короткие замыкания, когда замыкаются два или три фазных проводника. В условиях повреждений возможно также короткое замыкание на землю, когда части, находящиеся под напряжением, замыкаются на открытые и сторонние проводящие части, а также защитные проводники. Если подобное короткое замыкание на землю происходит в электроустановке здания, соответствующей типу заземления системы TN-S, TN-C или TN-C-S, ток замыкания на землю может быть равен току однофазного короткого замыкания.

Короткое замыкание также может быть результатом действий, совершаемых персоналом при монтаже и эксплуатации электроустановки здания, когда по ошибке соединяют между собой проводящие части, которые в нормальных условиях находятся под разными электрическими потенциалами. Например, ошибочное электрическое соединение между собой фазного и нейтрального проводников или двух фазных проводников разных фаз какой-то электрической цепи переменного тока, полюсного и среднего проводников или двух полюсных проводников электрической цепи постоянного тока неминуемо приводит к короткому замыканию.

Короткое замыкание характеризуется током короткого замыкания, который может многократно превышать значение номинального тока электрической цепи и допустимые длительные токи ее проводников. Даже кратковременное воздействие тока короткого замыкания на элементы электроустановки здания может вызвать их возгорание и явиться причиной пожара в здании. Поэтому в электроустановках зданий всегда проводят мероприятия, направленные на снижение вероятности возникновения короткого замыкания, а также выполняют защиту от короткого замыкания с помощью устройств защиты от сверхтока – автоматических выключателей и плавких предохранителей.

Номинальный ток проводника – см. допустимый длительный ток проводника.

В примечании стандарта МЭК 60050-826 к определению термина «сверхток» сказано: для проводников номинальный ток считают равным токопроводящей способности. Иными словами, стандарт МЭК 60050-826 продекларировал тождественность терминов «токопроводящая способность» и «номинальный ток проводника». Поскольку национальным аналогом международного термина «токопроводящая способность» является термин «допустимый длительный ток», последний термин эквивалентен термину «номинальный ток проводника».

Однако рассматриваемый термин имеет ограниченное применение. Только в одном стандарте МЭК 60384-14 определен похожий термин – «номинальный ток проводников»: максимально допустимый ток, протекающий через проводники конденсатора при номинальной температуре в течение продолжительного оперирования.

В ГОСТ Р МЭК 60384-14, подготовленном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60384-14:1993, определили иной термин – «номинальный ток через **токоведущие** проводники (проходного конденсатора)»: «Максимально допустимый ток, протекающий через **токоведущие** проводники конденсатора при номинальной температуре в условиях продолжительного режима работы». В отличие от первоисточника в процитированных наименовании и определении термина оригинальный термин «проводник» заменен термином «токоведущий проводник». В остальном определение соответствует первоисточнику.

Таким образом, термин «номинальный ток проводника» так же, как термин «допустимый длительный ток проводника», идентифицирует наибольший электрический ток, который проводник способен проводить в продолжительном режиме без превышения его установившейся температурой определенного значения. Номинальный ток проводника должен быть больше протекающего по нему электрического тока или равен ему. В противном случае цепь проводника следует разомкнуть посредством автоматического выключателя или плавкого предохранителя, защищающего его от сверхтока.

Номинальный ток электрической цепи – наибольший электрический ток, который электрическая цепь способна проводить в продолжительном режиме.

В МЭС, стандартах и других документах МЭК нет определения термина «номинальный ток электрической цепи». Однако стандарт МЭК 60050-826 определил, а стандарт МЭК 60364-1 разъяснил близкий по смыслу термин «расчетный ток (электрической цепи)» («design current (of an electric circuit)»). Аналогичные определения и пояснения к этому термину приведены в ГОСТ Р МЭК 60050-826, подготовленном на основе стандарта МЭК 60050-826, и в ГОСТ 30331.1, разработанном на основе стандарта МЭК 60364-1 (см. статью «Расчетный ток электрической цепи»).

В национальной нормативной документации термин «расчетный ток электрической цепи» целесообразно заменить термином «номинальный ток электрической цепи». Это, во-первых, обеспечит хорошее согласование с термином «номинальный ток», который является характеристикой каждого элемента электрической цепи. Во-вторых, позволит лучше понять суть термина «сверхток», когда его применяют по отношению к электрической цепи, обычно состоящей из нескольких единиц электрооборудования, каждая из которых имеет собственный номинальный ток.

Номинальный ток электрической цепи так же, как допустимый длительный ток проводника, представляет собой наибольший электрический ток, который электрическая цепь способна проводить в продолжительном режиме. Электрическая цепь электроустановки здания состоит из нескольких элементов, каждый из которых имеет собственный номинальный ток. Поэтому номинальный ток электрической цепи является производным от номиналь-

ных токов ее элементов. Логично предположить, что его величина не может превышать наименьший номинальный ток какого-то ее элемента или наименьшую сумму номинальных токов элементов электрической цепи, соединенных параллельно.

Например, конечная электрическая цепь штепсельных розеток (не считая подключенного к ним электрооборудования) состоит из медных проводников сечением $2,5 \text{ мм}^2$, имеющих изоляцию из поливинилхлорида, и штепсельных розеток. Согласно данным таблицы В.52.2 ГОСТ Р 50571.5.52, который разработан на основе стандарта МЭК 60364-5-52, допустимый длительный ток указанных проводников в зависимости от способа выполнения электропроводки может быть равен от 18,5 до 27 А. Согласно данным таблицы 1 ГОСТ Р 51322.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60884-1:2006, номинальный ток штепсельных розеток обычно равен 16 А. Номинальный ток рассматриваемой электрической цепи следует принять равным наименьшему номинальному току – 16 А. Поэтому конечную электрическую цепь штепсельных розеток необходимо защитить от перегрузки автоматическим выключателем или плавким предохранителем, номинальный ток которого не превышает 16 А.

Основное правило применения устройства дифференциального тока: максимальный ток утечки в электрических цепях, защищаемых устройством дифференциального тока, должен быть меньше его минимально возможного отключающего дифференциального тока.

Для защиты от поражения электрическим током в электроустановках зданий широко применяют устройства дифференциального тока бытового назначения, соответствующие стандартам МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1, ГОСТ ИЕС 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1, которые разработаны на основе ранее действовавших стандартов МЭК 61008-1:2010 и МЭК 61009-1:2006. Согласно требованиям стандарта МЭК 60364-4-41 и разработанного на его основе ГОСТ Р 50571.3 устройства дифференциального тока используют в качестве защитных устройств в составе меры защиты «автоматическое отключение питания» в электроустановках зданий, соответствующих типам заземления системы ТТ и IT. Эти электроустановки характеризуются малыми токами замыкания на землю

(см. «Ток замыкания на землю» в третьей части Словаря), которые нельзя отключить с помощью устройств защиты от сверхтока – автоматических выключателей и плавких предохранителей. Некоторые электроустановки зданий, соответствующие типам заземления системы TN-C, TN-S и TN-C-S, могут иметь небольшие токи замыкания на землю, которые нельзя гарантированно отключить в течение нормируемого времени устройствами защиты от сверхтока. Поэтому электрические цепи в таких электроустановках зданий также защищают устройствами дифференциального тока.

Согласно требованиям основополагающего стандарта по безопасности МЭК 61140 и подготовленного на его основе ГОСТ ИЕС 61140 устройства дифференциального тока, номинальный отключающий дифференциальный ток которых не превышает 30 мА, применяют в электроустановках зданий в качестве дополнительной защиты от поражения электрическим током. Дополнительную защиту также используют в тех случаях, когда электрооборудование, особенно переносное и передвижное, применяют в условиях повышенной вероятности поражения электрическим током. Поэтому требованиями стандарта МЭК 60364-4-41 и ГОСТ Р 50571.3, других стандартов комплекса МЭК 60364 и комплекса ГОСТ Р 50571, а также глав 1.7 и 7.1 ПУЭ предписано защищать такими устройствами дифференциального тока конечные электрические цепи штепсельных розеток.

Устройство дифференциального тока должно отключать защищаемые им электрические цепи только в условиях единичного или множественных повреждений, когда начинает протекать ток замыкания на землю. Устройство дифференциального тока также должно срабатывать при неосторожном использовании электрооборудования, когда человек прикоснулся к какой-то части, находящейся под напряжением, и через его тело протекает ток замыкания на землю. В нормальных условиях, при которых нет замыкания на землю, устройство дифференциального тока не должно срабатывать.

Однако любое качественное электрооборудование имеет какой-то ток утечки (см. «Ток утечки» в третьей части Словаря), который протекает по защитным проводникам и может протекать через тело человека, находящегося в электрическом контакте с доступными прикосновению проводящими частями электрооборудования. Поскольку токи утечки электрооборудования класса I протекают по таким же проводящим путям, как токи замыкания на землю, боль-

шие токи утечки, протекающие в электрических цепях, защищаемых устройствами дифференциального тока, могут инициировать их ложные срабатывания. Для уменьшения вероятности ложных оперирований устройств дифференциального тока их характеристики следует согласовать с характеристиками электрических цепей, которые подключены к УДТ.

Впервые требования к применению устройств дифференциального тока, позволяющие исключить их ложные срабатывания, были изложены в п. 1.5 Временных указаний по применению устройств защитного отключения¹ в электроустановках жилых зданий: «Суммарная величина тока утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должна превосходить $1/3$ **номинального тока УЗО**. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников ее следует принимать из расчета $0,3$ мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки **сети** – из расчета 10 мкА на 1 метр длины фазного проводника».

Затем аналогичные требования были приведены в п. 7.1.83 ПУЭ: «Суммарный ток утечки **сети** с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должен превосходить $1/3$ **номинального тока УЗО**. При отсутствии данных ток утечки электроприемников следует принимать из расчета $0,4$ мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки **сети** – из расчета 10 мкА на 1 метр длины фазного проводника».

Из ПУЭ их переписали в п. А.1.2 СП 31-110: «Суммарное значение тока утечки **сети** с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должно превосходить $1/3$ **номинального тока УЗО**. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников его следует принимать из расчета $0,4$ мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки **сети** – из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника».

Процитированные требования содержат следующие ошибки. Во-первых, вместо термина «электрическая цепь» (см. «Электрическая цепь (электроустановки здания)» во второй части Словаря), характеризующего часть электроустановки здания, в рассматриваемых требованиях необоснованно использован термин «сеть», определяющий совокупность электроэнергетических установок

¹ Устаревшее название защитного устройства. Современное название – «устройство дифференциального тока».

(трансформаторные подстанции, линии электропередачи и др.), к которым подключают электроустановки зданий.

Во-вторых, в рассматриваемых требованиях вместо характеристики устройства дифференциального тока «номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ »¹, который для УДТ бытового назначения обычно равен 10, 30, 100, 300 и 500 мА, использована другая характеристика – «номинальный ток»², обычно равный 16, 25, 40, 63, 80, 100 или 125 А, что является грубой ошибкой. Любое устройство дифференциального тока типа А и АС³ обязано отключить электрическую цепь, в которой имеется синусоидальный ток утечки, равный или превышающий его номинальный отключающий дифференциальный ток. Если в электрической цепи имеется пульсирующий постоянный ток утечки, равный или превышающий $1,4 I_{\Delta n}$ для УДТ с $I_{\Delta n} > 10$ мА или $2,0 I_{\Delta n}$ для УДТ с $I_{\Delta n} = 10$ мА, устройство дифференциального тока типа А также обязано отключить электрическую цепь. При токе утечки, равном $1/3$ номинального тока, любое устройство дифференциального тока общего применения, которое не имеет выдержки времени при отключении, срабатывает мгновенно – за время не более 0,04 с.

В-третьих, даже исправленное требование о том, что суммарный ток утечки электрических цепей, подключенных к устройству дифференциального тока, при нормальных условиях не должен превосходить $1/3$ номинального отключающего дифференциального тока УДТ, справедливо лишь для синусоидальных токов. Если в главной цепи устройства дифференциального тока протекает

¹ **Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$** – установленное изготовителем значение отключающего дифференциального тока, при котором устройство дифференциального тока должно оперировать при определенных условиях.

² **Номинальный ток I_n** (для ВДТ) – установленный изготовителем электрический ток, который автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока способен проводить в продолжительном режиме. **Номинальный ток I_n** (для АВДТ) – установленный изготовителем электрический ток, который автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока способен проводить в продолжительном режиме при установленной контрольной температуре окружающего воздуха.

³ Устройство дифференциального тока типа АС предназначено для работы при синусоидальных токах, типа А – при синусоидальных и пульсирующих постоянных токах.

пульсирующий постоянный ток, минимальное значение отключающего дифференциального тока УДТ типа А при угле задержки тока 135° равно $0,11 I_{\Delta n}$. Поэтому пульсирующие постоянные токи утечки, значения которых находятся в диапазоне от $0,11 I_{\Delta n}$ до $0,33 I_{\Delta n}$, могут инициировать ложные срабатывания устройств дифференциального тока типа А.

Рассмотрим правила согласования характеристик устройств дифференциального тока с характеристиками защищаемых ими электрических цепей, позволяющие исключить ложные оперирования УДТ, вызванные токами утечки.

Во время своего функционирования устройство дифференциального тока выполняет следующие операции:

- определяет дифференциальный ток в своей главной цепи;
- сравнивает дифференциальный ток со значением дифференциального тока срабатывания;
- отключает защищаемые им электрические цепи в случае, когда дифференциальный ток в главной цепи превосходит значение дифференциального тока срабатывания или равен ему.

Основным фактором, воздействующим на устройство дифференциального тока и инициирующим его автоматическое оперирование, является дифференциальный ток I_{Δ} , посредством определения которого УДТ устанавливает факт протекания тока замыкания на землю и отключает электрическую цепь, в которой произошло замыкание на землю.

Весь диапазон дифференциальных токов, которые могут появиться в главной цепи устройства дифференциального тока, можно условно разделить на три зоны (см. рис.). **Зона 1** включает в себя синусоидальные дифференциальные токи от 0 до номинального неотключающего дифференциального тока $I_{\Delta no}$, который равен половине номинального отключающего дифференциального тока $I_{\Delta n}$, и пульсирующие постоянные дифференциальные токи (без учета постоянного тока) от 0 до наименьшего значения нижнего предела токов расцепления, равного $0,35 I_{\Delta n}$, при угле задержки тока $\alpha^1 = 0^\circ$, $0,25 I_{\Delta n}$ при $\alpha = 90^\circ$ и $0,11 I_{\Delta n}$ при $\alpha = 135^\circ$. **Зона 3** включает в себя синусоидальные дифференциальные токи от номинального отключающего дифференциального тока и пульсирующие посто-

¹ Угол задержки тока – промежуток времени, выраженный в угловой величине, в течение которого устройство фазового управления задерживает момент протекания электрического тока.

янные дифференциальные токи от верхнего предела токов расщепления, равного $1,4 I_{\Delta n}$ для УДТ с $I_{\Delta n} > 10$ мА и $2,0 I_{\Delta n}$ для УДТ с $I_{\Delta n} = 10$ мА. **Зона 2** расположена между **зонами 1** и **3**.



Рис. Зоны дифференциальных токов для УДТ, имеющих номинальный отключающий дифференциальный ток более 10 мА:

1 – не инициирующих оперирование УДТ; 2 – могущих инициировать оперирование УДТ; 3 – инициирующих оперирование УДТ

В **зоне 1** находятся дифференциальные токи, которые не могут инициировать автоматическое срабатывание качественного устройства дифференциального тока. Дифференциальные токи, расположенные в **зоне 3**, всегда инициируют срабатывание УДТ. **Зона 2** включает в себя дифференциальные токи, которые могут вызвать оперирование устройства дифференциального тока только в случае, если дифференциальный ток равен или превышает индивидуальный отключающий дифференциальный ток УДТ. То есть не каждый дифференциальный ток, находящийся в **зоне 2**, инициирует срабатывание устройства дифференциального тока.

Поскольку работающее электрооборудование класса I создает в электрических цепях токи утечки, суммарный ток утечки электрических цепей, защищаемых одним устройством дифференциального тока, может достигнуть значения отключающего дифференциального тока и даже превысить его, вызвав ложное оперирование УДТ. Исключить ложные срабатывания устройства дифферен-

циального тока можно только в том случае, если суммарный ток утечки будет находиться в **зоне 1**. Иными словами, для гарантированного исключения ложных срабатываний устройства дифференциального тока необходимо выполнить следующее условие:

$$I_{o\Delta} > I_{EL},$$

где $I_{o\Delta}$ – отключающий дифференциальный ток УДТ;

I_{EL} – суммарный ток утечки в электрических цепях, подключенных к УДТ.

Расположенные в **зоне 2** отключающие дифференциальные токи УДТ представляют собой неопределенные значения, которые нельзя использовать при проектировании электроустановки здания. Поэтому для исключения ложных оперирований устройства дифференциального тока необходимо обеспечить следующее соотношение: максимальный ток утечки в электрических цепях, защищаемых УДТ, должен быть меньше его минимально возможного отключающего дифференциального тока. То есть максимальные токи утечки, воздействующие на УДТ, должны находиться в **зоне 1**.

Соблюдение этого правила при согласовании характеристик устройства дифференциального тока с характеристиками подключенных к нему электрических цепей позволяет исключить ложные оперирования УДТ в нормальных условиях, когда отсутствует замыкание на землю.

Основное правило применения УДТ, таким образом, дает ответ на вопрос: какое максимальное значение суммарного тока утечки допустимо в электрических цепях, подключенных к устройству дифференциального тока? Однако для исключения ложных срабатываний устройств дифференциального тока необходимо ответить также на второй вопрос: как определить суммарные токи утечки в электрических цепях электроустановки здания, особенно на стадии их проектирования?

В подразделе 7.3 «Рекомендации по выбору и монтажу для исключения нежелательного расщепления УДТ» технического отчета МЭК 62350 сказано, что вычисление суммарного тока утечки от различных бытовых приборов не является результатом арифметической суммы и должно быть откорректировано посредством коэффициента 0,7/0,8.

В разделе 8 «Измерение тока защитного проводника» основополагающего стандарта по безопасности МЭК 60990 отмечается,

что в пределах любой совместно используемой системы заземления токи защитного проводника индивидуального электрооборудования объединяются неарифметическим методом. Поэтому ток защитного проводника совокупности электрооборудования, заземленного посредством единственного защитного заземляющего проводника, не может быть надежно предсказан из знания индивидуальных токов защитного проводника электрооборудования. Измерения, сделанные на индивидуальном электрооборудовании, имеют ограниченное использование, а ток защитного проводника для этой совокупности электрооборудования должен быть измерен в совместно используемом защитном заземляющем проводнике.

Иными словами, на стадии проектирования электроустановки здания нельзя точно определить суммарные токи утечки в ее электрических цепях. Эти токи можно лишь **приблизительно оценить** на основе максимально допустимых токов утечки, токов прикосновения и токов защитного проводника (см. «Ток прикосновения» и «Ток защитного проводника» в третьей части Словаря), установленных нормативными документами для различных видов электрического оборудования. Рассмотрим два примера.

1. В электроустановке офиса конечные электрические цепи штепсельных розеток защищены УДТ типа А, имеющим номинальный отключающий дифференциальный ток 30 мА. Сколько персональных компьютеров можно одновременно подключить к одному устройству дифференциального тока?

Максимальное число одновременно работающих компьютеров должно быть таким, чтобы их суммарный ток утечки (ток прикосновения) был меньше нижнего предела токов расцепления УДТ, который при пульсирующем постоянном токе равен 10,5 мА. В соответствии с требованиями стандарта МЭК 60950-1 и ГОСТ ИЕС 60950-1, который подготовлен на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60950-1:2005, максимально допустимый ток прикосновения персонального компьютера класса I (одного изделия, подключаемого к электрической цепи электроустановки здания) равен 3,5 мА. Поэтому для гарантированного исключения ложных срабатываний устройства дифференциального тока, вызванных токами утечки, к одному УДТ следует подключать не более трех персональных компьютеров класса I.

2. Целесообразно ли использовать устройство дифференциального тока, имеющее номинальный отключающий дифференциаль-

ный ток 10 мА, для защиты стиральной машины, установленной в ванной комнате?

Стиральная машина является стационарным прибором класса I с приводом от двигателя и электронагревателем. Стандартом МЭК 60335-1 и ГОСТ МЭК 60335-1, подготовленным на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60335-1:2006, максимально допустимый ток утечки для нее установлен равным 3,5 мА. Поскольку стиральная машина имеет регулируемый электропривод, в главной цепи устройства дифференциального тока могут появиться пульсирующие постоянные токи утечки, равные 1,1–3,5 мА, которые могут инициировать ложное срабатывание УДТ, имеющего номинальный отключающий дифференциальный ток 10 мА. Поэтому стиральную машину целесообразно подключать к устройству дифференциального тока типа А с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА.

Вследствие того, что устройство дифференциального тока с номинальным отключающим дифференциальным током 10 мА имеет нижний предел тока расцепления, соизмеримый с током утечки одного электроприемника, таким УДТ можно защищать конечную электрическую цепь, имеющую, как правило, только один электроприемник.

Основное правило селективного оперирования устройств дифференциального тока: при последовательном включении двух устройств дифференциального тока первое УДТ, расположенное ближе к источнику питания, должно быть типа S, а второе УДТ, расположенное ближе к электроприемнику, – общего применения. Номинальный отключающий дифференциальный ток первого УДТ должен быть не менее чем в 3 раза больше номинального отключающего дифференциального тока второго УДТ.

Для защиты от поражения электрическим током в электроустановках зданий повсеместно применяют устройства дифференциального тока бытового назначения, соответствующие требованиям стандартов МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1, ГОСТ ИЕС 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1, которые разработаны на основе ранее действовавших стандартов МЭК 61008-1:2010 и МЭК 61009-1:2006. При последовательном включении устройств дифференциального тока

следует обеспечить их селективное оперирование при замыканиях на землю. Первым должно срабатывать УДТ, расположенное ближе к месту замыкания на землю, обычно находящемуся в конечной электрической цепи. Вторым должно оперировать УДТ, расположенное ближе к источнику питания, например, установленное на вводе в электроустановку здания или защищающее распределительную электрическую цепь. В противном случае, если первым сработает вводное устройство дифференциального тока или УДТ, установленное в распределительной электрической цепи, то вместо одной конечной электрической цепи, в которой произошло замыкание на землю, будет отключена вся электроустановка здания или ее часть, состоящая из нескольких конечных электрических цепей. Аналогичное нежелательное отключение произойдет также в том случае, если оба устройства дифференциального тока сработают одновременно. Поэтому при проектировании электроустановок зданий вопросам обеспечения селективного оперирования устройств дифференциального тока следует уделять должное внимание.

В п. 535.3 (539.3) «Селективность между защитными устройствами дифференциального тока» стандарта МЭК 60364-5-53 и в п. 535.3 «Обеспечение селективности защитных устройств, управляемых дифференциальным током» ГОСТ Р 50571.5.53 (цитируется далее), который подготовлен на его основе, указано: «Чтобы обеспечивалась селективность между двумя защитными устройствами, управляемыми дифференциальным током¹, эти устройства должны удовлетворять следующим требованиям:

а) времятоковая характеристика несрабатывания защитного устройства, управляемого дифференциальным током, расположенного на стороне источника электропитания (по направлению к **входу** электроустановки²) должна быть выше полной рабочей времятоковой характеристики данного устройства, расположенного на стороне нагрузки (**вниз по схеме**³), и

¹ В стандарте МЭК 60364-5-53 здесь сказано более точно: между двумя защитными устройствами дифференциального тока, **включенными последовательно**.

² В стандарте МЭК 60364-5-53 сказано иначе: **выше по току**. В ГОСТ Р 50571.5.53 следовало указать так: ближе к **вводу** электроустановки.

³ В стандарте МЭК 60364-5-53 сказано иначе: **ниже по току**. В ГОСТ Р 50571.5.53 следовало указать так: **ближе к нагрузке**.

б) **расчетный дифференциальный ток срабатывания**¹ для устройства, расположенного на стороне источника электропитания, должен быть выше, чем для устройства, расположенного на стороне нагрузки.

Что касается защитных устройств, управляемых дифференциальным током, которые соответствуют требованиям МЭК 61008-1 и **МЭК 61009**², **расчетный дифференциальный ток срабатывания** для устройства, расположенного на стороне источника электропитания должен быть, по крайней мере, в 3 раза больше, чем для устройства, расположенного на стороне нагрузки).

В п. 7.2.2 «Селективность» технического отчета МЭК 62350 изложено общее правило, гарантирующее адекватную селективность при срабатывании последовательно включенных устройств дифференциального тока, которое основано на следующих двух условиях:

минимальное время несрабатывания УДТ, установленного выше по току, должно быть больше, чем максимальное время отключения УДТ, установленных ниже по току;

номинальный отключающий дифференциальный ток УДТ, установленного выше по току, должен быть, по крайней мере, в 3 раза больше номинального отключающего дифференциального тока УДТ, установленных ниже по току.

В подразделе 6.2 «Селективность – УДТ/УДТ» технического отчета МЭК 61912-2 указано, что мгновенные (без выдержки времени) УДТ, включенные последовательно, имеют очень ограниченную селективность, так как любой **ток утечки**³, превышающий $I_{\Delta n}$ ⁴

¹ В ГОСТ Р 50571.5.53 допущена ошибка. В стандарте МЭК 60364-5-53 здесь указана характеристика УДТ «rated residual operating current», национальным эквивалентом которой является характеристика «**номинальный отключающий дифференциальный ток**».

² В стандарте МЭК 60364-5-53 указаны комплексы стандартов МЭК 61008 и МЭК 61009, а в ГОСТ Р 50571.5.53 – стандарт МЭК 61008-1 и комплекс МЭК 61009, вместо которого следовало указать стандарт **МЭК 61009-1**.

³ В техническом отчете МЭК 61912-2 допущена ошибка. Здесь вместо термина «ток утечки» следует использовать термин «**ток замыкания на землю**», поскольку УДТ предназначены срабатывать в условиях повреждений, когда протекают токи замыкания на землю. Токи утечки протекают в электрических цепях при нормальных условиях, когда УДТ не должны оперировать (см. статью «Основное правило применения устройства дифференциального тока»).

⁴ $I_{\Delta n}$ – номинальный отключающий дифференциальный ток УДТ.

УДТ, расположенного ближе к источнику питания, может вызвать оперирование обоих УДТ. Поэтому УДТ, расположенное ближе к источнику питания, должно быть типом с выдержкой времени (например, типом S), чтобы достигнуть избирательности. На практике отношение $I_{\Delta n}$ УДТ, расположенного ближе к источнику питания, к $I_{\Delta n}$ УДТ, расположенному ближе к нагрузке, должно быть, по крайней мере, 3:1, а выдержка времени УДТ, расположенного ближе к источнику питания, должна быть больше чем полное время оперирования любого УДТ, расположенного в цепи ближе к нагрузке.

Таким образом, селективное оперирование двух последовательно включенных устройств дифференциального тока может быть обеспечено только в том случае, если время отключения любого тока замыкания на землю I_{EF} первым УДТ, размещенным ближе к источнику питания, превышает время отключения этого же тока замыкания на землю вторым УДТ, установленным ближе к нагрузке. То есть, как условно показано на рис. 1, характеристика оперирования первого УДТ должна быть расположена «выше» характеристики оперирования второго УДТ во всем диапазоне токов замыкания на землю. Для обеспечения указанного соотношения характеристик оперирования в качестве первого следует применять УДТ типа S, которое срабатывает с кратковременной задержкой, а в качестве второго – УДТ общего применения, которое оперирует без временной задержки.

При последовательном включении двух устройств дифференциального тока общего применения, номинальные отключающие дифференциальные токи которых различаются в 3 и более раза, например: 300 мА первое УДТ и 30 мА второе УДТ, можно обеспечить их селективную работу в ограниченном диапазоне токов замыкания на землю. Эти УДТ будут селективно оперировать при синусоидальном токе в диапазоне от 0 до номинального неотключающего дифференциального тока $I_{\Delta no}$, который равен половине номинального отключающего дифференциального тока $I_{\Delta n}$ – 150 мА. При пульсирующем постоянном токе их селективное функционирование гарантировано в более узком диапазоне от 0 до наименьшего значения нижнего предела токов расщепления, равного $0,35 I_{\Delta n}$ – 105 мА, $0,25 I_{\Delta n}$ – 75 мА и $0,11 I_{\Delta n}$ – 33 мА при углах задержки тока α соответственно 0° , 90° и 135° . Иными словами, практически во всем диапазоне возможных токов замыкания на землю нельзя обеспечить селективную работу указанных УДТ, поскольку они будут срабатывать одновременно (рис. 2).

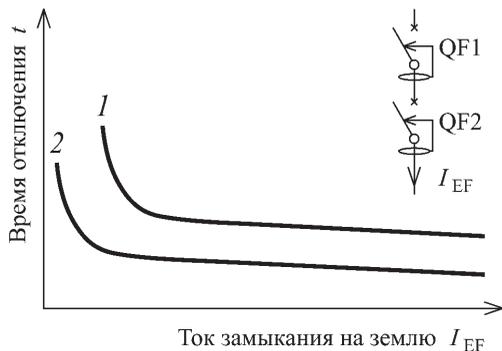


Рис. 1. Характеристики оперирования последовательно включенных устройств дифференциального тока при полной селективности: 1 – УДТ QF1 типа S; 2 – УДТ QF2 общего применения

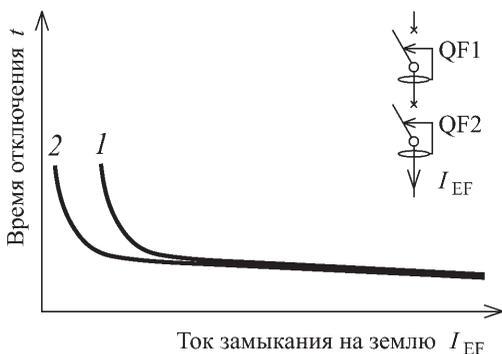


Рис. 2. Характеристики оперирования последовательно включенных устройств дифференциального тока при отсутствии селективности: 1 и 2 – УДТ QF1 и QF2 общего применения

Рассмотрим более подробно характеристики оперирования устройств дифференциального тока. В таблице 1 ГОСТ IEC 61008-1 приведены предельные значения времени отключения¹ и неот-

¹ **Время отключения** представляет собой интервал времени между моментом внезапного появления в главной цепи устройства дифференциального тока отключающего дифференциального тока и моментом гашения дуги на всех полюсах УДТ.

ключения¹ для переменного дифференциального тока для ВДТ типов АС и А, а в таблице 2 – максимальные значения времени отключения для однополупериодного пульсирующего дифференциального тока для ВДТ типа А. Таблицей 2 ГОСТ Р 51327.1 установлены стандартные значения времени отключения и времени неотключения для АВДТ. Ниже приведены обобщенные данные.

Значения максимального времени отключения
и минимального времени неотключения²

Тип УДТ	I_n^3 , А	$I_{\Delta n}^7$, А	Стандартные значения времени отключения и неотключения, с, при дифференциальном токе				Примечание
			I_{Δ}	$2 I_{\Delta}$	$5 I_{\Delta}$	$500 A^4$	
Общий	Любое значение ⁵		0,30	0,15	0,04	0,04	Максимальное время отключения
			0,50	0,20	0,15	0,15	
S	≥ 25	$> 0,030$	0,13	0,06	0,05	0,04 ⁶	Минимальное время неотключения

¹ **Время неотключения** характеризует максимальный промежуток времени, в течение которого устройство дифференциального тока не размыкает главные контакты, несмотря на то, что в его главной цепи имеет место отключающий дифференциальный ток, который инициирует срабатывание УДТ.

² Указаны значения для синусоидального дифференциального тока. При проведении испытаний пульсирующим постоянным дифференциальным током устройств дифференциального тока типа А значения испытательных дифференциальных токов, равные $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$, $5 I_{\Delta n}$ и $500 A$, умножают на поправочные коэффициенты 1,4 для УДТ с $I_{\Delta n} > 0,01 A$ и 2,0 для УДТ с $I_{\Delta n} \leq 0,01 A$.

³ I_n – номинальный ток УДТ.

⁴ В таблице 1 ГОСТ ИЕС 61008-1 для синусоидального дифференциального тока также указан диапазон 5–200 А, а в таблице 2 для однополупериодного пульсирующего дифференциального тока приведено значение 350 А. В таблице 2 ГОСТ Р 51327.1 помимо 500 А установлены также следующие значения дифференциального тока: 5, 10, 20, 50, 100 и 200 А.

⁵ В таблице 2 ГОСТ ИЕС 61008-1 одинаковые значения максимального времени отключения приведены для трех диапазонов номинального отключающего дифференциального тока: менее 30 мА, 30 мА и более 30 мА.

⁶ В таблице 2 ГОСТ Р 51327.1 это время указано для дифференциального тока АВДТ $I_{\Delta n}$, значение которого равно нижнему пределу стандартного диапазона токов мгновенного расцепления – 3, 5 или $10 I_n$ соответственно для типов мгновенного расцепления В, С или D.

Согласно нормативным данным при токе замыкания на землю, равном и, тем более, превышающем $5 I_{\Delta n}$ любое качественное устройство дифференциального тока общего применения должно сработать за промежуток времени менее 0,04 с. То есть два последовательно включенных УДТ общего применения с номинальными отключающими дифференциальными токами 300 мА первое и 30 мА второе будут срабатывать практически одновременно при синусоидальном токе замыкания на землю, который равен или превышает 1,5 А. Поскольку токи замыкания на землю в электроустановках зданий, соответствующих типам заземления системы TN-S, TN-C-S и TN-C¹, обычно достигают сотен и тысяч ампер, а в системе TT – десятков ампер (см. «Ток замыкания на землю» в третьей части Словаря), практически невозможно обеспечить селективность оперирования последовательно включенных УДТ общего применения.

Последовательное включение УДТ типа S (первое от источника питания) и УДТ общего применения (второе) позволяет обеспечить их селективное оперирование во всем диапазоне токов замыкания на землю. Качественное УДТ типа S при больших токах замыкания на землю не должно срабатывать, по крайней мере, 0,04 с, в течение которых обязано сработать любое качественное УДТ общего применения. При небольших токах замыкания на землю УДТ типа S также будет срабатывать в течение большего промежутка времени, чем УДТ общего применения. Как условно показано на рис. 3 и 4, стандартные времятоковые зоны, в которых находятся характеристики оперирования всех качественных УДТ типа S и УДТ общего применения, не пересекаются во всем диапазоне дифференциальных токов, обеспечивая тем самым их селективное оперирование.

В п. 7.1.73 ПУЭ имеется следующее требование: «При установке УЗО последовательно должны выполняться требования селективности. При двух- и многоступенчатой схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и **время срабатывания не менее чем в 3 раза большие**, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю». Рассмотрим возможность его корректного выполнения.

¹ В электроустановках зданий, соответствующих типу заземления системы TN-C, могут быть электрические цепи, имеющие защитный проводник. Такие электрические цепи можно защищать устройствами дифференциального тока.

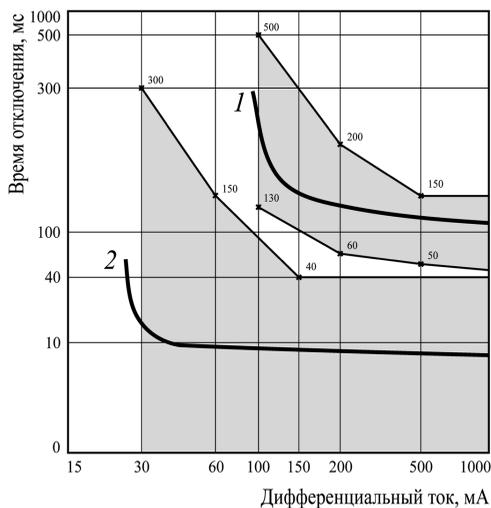


Рис. 3. Характеристики оперирования последовательно включенных устройств дифференциального тока:

1 – УДТ типа S, $I_{\Delta n} = 100$ мА; 2 – УДТ общего применения, $I_{\Delta n} = 30$ мА

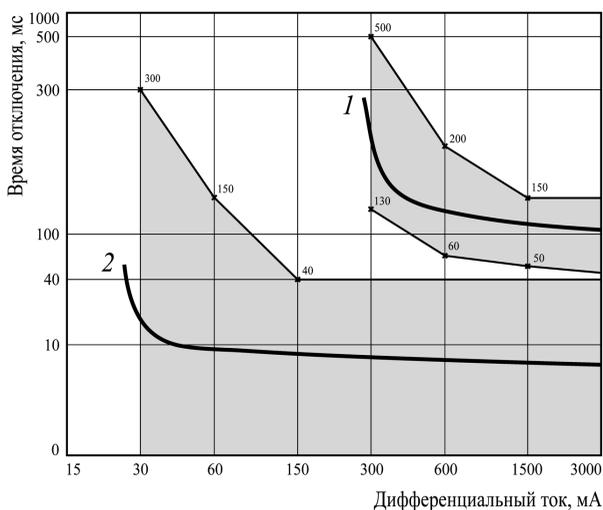


Рис. 4. Характеристики оперирования последовательно включенных устройств дифференциального тока:

1 – УДТ типа S, $I_{\Delta n} = 300$ мА; 2 – УДТ общего применения, $I_{\Delta n} = 30$ мА

Максимальное время отключения УДТ типа S при синусоидальных токах замыкания на землю, превышающих его пятикратный номинальный отключающий дифференциальный ток, может быть равным 0,15 с, а максимальное время отключения УДТ общего применения при этом токе замыкания на землю может быть равным – 0,04 с. В этом случае время отключения УДТ типа S в 3,75 раза превышает время отключения УДТ общего применения. Минимальное время отключения УДТ типа S может быть равным 0,06 с при том же самом максимальном времени отключения УДТ общего применения. То есть время отключения УДТ типа S может лишь незначительно превышать время отключения УДТ общего применения. Поскольку у устройств дифференциального тока бытового назначения нет средств регулирования времени отключения, нельзя гарантированно обеспечить его трех- или более кратное соотношение для УДТ, включенных последовательно.

Рассматриваемое требование ПУЭ следовало сформулировать иначе:

При установке нескольких УДТ последовательно должно быть обеспечено их селективное оперирование при замыканиях на землю. Номинальный отключающий дифференциальный ток УДТ, расположенного ближе к источнику питания, должен быть не менее чем в 3 раза больше номинального отключающего дифференциального тока УДТ, расположенного ближе к электроприемнику. Время отключения УДТ, расположенного ближе к источнику питания, должно быть больше времени отключения УДТ, расположенного ближе к электроприемнику, при одном и том же токе замыкания на землю. При последовательном включении двух устройств дифференциального тока первое УДТ, расположенное ближе к источнику питания, должно быть типа S, а второе УДТ, расположенное ближе к электроприемнику, – общего применения.

Поскольку устройства дифференциального тока типа S бытового назначения не имеют средств для изменения выдержки времени, их использование позволяет обеспечить селективное оперирование только с УДТ общего применения. Если в электроустановке здания применяют трех- и более ступенчатую защиту устройствами дифференциального тока, на первых ступенях от источника питания следует применять УДТ с выдержкой времени, которые соответствуют требованиям п. В.4.2.4.2 «Тип с выдержкой време-

ни» стандарта МЭК 60947–2 и ГОСТ Р 50030.2, разработанного на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60947–2:2006.

Минимальное предельное время неотключения при $2 I_{\Delta n}$ стандартом МЭК 60947–2 и ГОСТ Р 50030.2 установлено равным 0,06 с. Стандартами заданы также следующие предпочтительные значения предельного времени неотключения при $2 I_{\Delta n}$: 0,06; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и 1 с. Для АВДТ, имеющих предельное время неотключения, равное 0,06 с¹, характеристика оперирования задана стандартами. Максимальное время отключения установлено равным 0,50; 0,20; 0,15 и 0,15 с при дифференциальном токе, соответственно равном $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$, $5 I_{\Delta n}$ и $10 I_{\Delta n}$. Применение таких АВДТ позволяет обеспечить селективную работу при замыканиях на землю с АВДТ без выдержки времени и УДТ общего применения бытового назначения.

Если АВДТ имеет предельное время неотключения больше 0,06 с, характеристику оперирования (максимальное время отключения при дифференциальных токах $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$, $5 I_{\Delta n}$ и $10 I_{\Delta n}$) устанавливает производитель изделий. Посредством этих АВДТ можно осуществить селективное оперирование с АВДТ без выдержки времени и УДТ общего применения бытового назначения, а также с АВДТ, имеющим предельное время неотключения 0,06 с, и УДТ типа S бытового назначения.

Перегрузка – условия оперирования электрически не поврежденной цепи, которые вызывают сверхток.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-151) термин «перегрузка» («overload») определен следующим образом: превышение фактической нагрузки над полной нагрузкой, выраженное их разностью.

В другой части МЭС – стандарте МЭК 60050-441 термин «перегрузка» определен иначе: условия оперирования в электрически не поврежденной цепи, которые вызывают сверхток.

В техническом отчете МЭК 60269-5, в стандартах МЭК 60947-1, МЭК 61058-1, МЭК 61095, МЭК 61892-2 и МЭК 62271-106 использовано определение термина «перегрузка», заимствованное из стандарта МЭК 60050-441.

Стандарты МЭК 60204-1, МЭК 60204-32 и МЭК 60204-33 определили термин «перегрузка (цепи)» следующим образом: отноше-

¹ Такие АВДТ маркируют символом **S**.

ние время/ток в цепи, которое выражается в превышении номинальной полной нагрузки цепи, когда цепь не находится в условии повреждения. Примечание к определению уточняет, что перегрузку не следует использовать как синоним сверхтока.

В ГОСТ ИЕС 60050-151, который подготовлен на основе стандарта МЭК 60050-151:2001¹, термин «перегрузка» определен так же, как в первоисточнике: «Превышение фактической нагрузки (151-15-16)² над полной нагрузкой, выраженное их разностью».

ГОСТ Р МЭК 60050-441, который подготовлен на основе стандарта МЭК 60050-441, определил термин «перегрузка» так: «Режим работы неповрежденной электрической цепи, вызывающий сверхток».

ГОСТ 30331.1, разработанный на основе стандарта МЭК 60364-1³, определил термин «перегрузка» в точном соответствии со стандартом МЭК 60050-441: «Условия функционирования электрически не поврежденной цепи, которые вызывают сверхток. [МЭС 441-11-08]».

В ГОСТ 30011.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60947-1:2004, термин «перегрузка» определен аналогично ГОСТ Р МЭК 60050-441: «Условия функционирования не поврежденной электрической цепи, вызывающие сверхток».

ГОСТ ИЕС 61058-1, подготовленный на основе стандарта МЭК 61058-1, определил термин «перегрузка» аналогично первоисточнику: «Рабочие условия в электрически не поврежденной цепи, вызывающие сверхток».

ГОСТ Р 51731, разработанный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61095:2000, определил термин «перегрузка» следующим образом: «Условия появления сверхтока в электрически не поврежденной цепи».

В ГОСТ Р МЭК 60204-1, подготовленном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60204-1:2005, термин «перегрузка (цепи)» определен близко к первоисточнику: «Время–токовая зави-

¹ В 2013 и 2014 гг. к стандарту МЭК 60050-151:2001 были приняты изменения, с которыми он образует действующий стандарт МЭК 60050-151.

² В п. 151-15-16 ГОСТ ИЕС 60050-151 термину «нагрузка» дано следующее определение: «Мощность, поглощаемая нагрузкой».

³ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «перегрузка».

симость для цепи, в которой превышена максимальная нагрузка, когда цепь находится в исправном состоянии. Примечание – Не следует использовать термин «перегрузка» как синоним сверхтока».

В электрических цепях электроустановки здания могут возникать сверхтоки при отсутствии в них электрических повреждений. Причиной появления этих сверхтоков является перегрузка электрических цепей.

Вероятность возникновения перегрузки в одних электрических цепях существенно больше, чем в других. Перегрузка маловероятна в распределительных электрических цепях, а также в конечных электрических цепях, имеющих в своем составе только стационарные электроприемники, например, стационарные электрические светильники. В конечных электрических цепях штепсельных розеток вероятность перегрузки значительно выше, поскольку число и мощность подключенных к ним электроприемников могут изменяться в широких диапазонах. В какой-то момент времени сумма электрических токов всех одновременно работающих переносных, передвижных и стационарных электроприемников, которые подключены к штепсельным розеткам, может превысить номинальный ток их конечной электрической цепи. То есть возникнет перегрузка.

Длительная перегрузка проводников может вызвать их сильный нагрев и стать причиной пожара в здании. Поэтому в электроустановках зданий выполняют специальные мероприятия по защите их частей от перегрузок. С этой целью электрические цепи защищают устройствами защиты от сверхтока, которые в том числе должны своевременно отключать токи перегрузки.

Перегрузки часто возникают во время переходных процессов в электрических цепях, например, при включении какого-либо электрооборудования. Пусковые токи электрооборудования могут в 5–7 и более раз превышать их номинальные токи и вызывать кратковременные перегрузки. Однако устройства защиты от сверхтока не должны отключать электрические цепи, которые они защищают, при появлении в них кратковременных пусковых токов.

Расчетный ток электрической цепи – электрический ток, предназначенный для протекания в электрической цепи при нормальных условиях оперирования.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-826) определен термин «расчетный ток (электрической цепи)» («design current (of an electric circuit)»): электрический ток, предназначенный быть проведенным электрической цепью при нормальном оперировании.

В приложении В стандарта МЭК 60364-1 приведено следующее пояснение к этому термину: расчетный ток определяют, принимая во внимание разнообразие. В тех случаях, когда условия являются изменяющимися, расчетный ток представляет собой продолжительный ток, который привнесли бы компоненты цепи для одной и той же температуры. Этот ток обозначают I_B .

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826:1982 был определен термин «расчетный ток (цепи)»: ток, предназначенный быть проведенным цепью при нормальной эксплуатации.

В русскоязычной версии стандарта МЭК 60050-826:1982 этот термин был определен так: «Ток, который должен протекать по цепи при нормальной работе».

Стандарт BS 7671 определил термин «расчетный ток (цепи)» аналогично стандарту МЭК 60050-826:1982: значение тока (действующее значение для переменного тока), предназначенного быть проведенным цепью при нормальной эксплуатации.

В ГОСТ Р МЭК 60050-826, подготовленном на основе стандарта МЭК 60050-826, термин «расчетный ток (электрической цепи)» определен следующим образом: «Электрический ток, предназначенный для протекания в электрической цепи при нормальных условиях **эксплуатации**». В этом определении оригинальный термин «оперирование», под которым понимают самостоятельное функционирование электрооборудования, заменен термином «эксплуатация», который в том числе подразумевает обслуживание электрооборудования какими-то лицами.

ГОСТ 30331.1, разработанный на основе стандарта МЭК 60364-1¹, определил термин «расчетный ток (электрической

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «расчетный ток (электрической цепи)». Однако приложение В содержит разъяснение к определению этого термина, которое приведено в стандарте МЭК 60050-826. Приложение В исключено из ГОСТ 30331.1. Все его пояснения оформлены примечаниями к определениям терминов в разделе 20 «Термины и определения» ГОСТ 30331.1.

цепи)» так: «Электрический ток, предназначенный для протекания в электрической цепи при нормальных условиях функционирования.

[МЭС 826-11-10]

Примечание – Расчетный ток определяют с учетом одновременности включения потребителей. Если условия являются переменными, в качестве расчетного тока принимают непрерывный ток, который привел бы компоненты электрической цепи к той же самой температуре. Этот ток обозначают I_B .

Термин «расчетный ток (электрической цепи)», который определен в стандарте МЭК 60050-826 и разъяснен в стандарте МЭК 60364-1, должен использоваться во всех стандартах, входящих в состав комплекса МЭК 60364. Однако в п. 411.3.2.2 стандарта МЭК 60364-4-41 указано, что максимальное время отключения, установленное в таблице 41.1¹, следует применять для конечных **цепей, не превышающих 32 А**. Словосочетание «цепь, не превышающая 32 А», которое также использовано в примечании 4 к таблице 41.1, не имеет смысла. Амперами измеряют электрический ток, а не электрические цепи. Поэтому в указанных требованиях речь должна идти об электрических цепях, расчетный ток которых не превышает 32 А. В ГОСТ Р 50571.3, который разработан на основе стандарта МЭК 60364-4-41, ошибка первоисточника была исправлена: «411.3.2.2 Максимальное время отключения, установленное в таблице 41.1, следует применять для конечных электрических цепей, **расчетный ток** в которых не превышает 32 А».

Электрическая цепь в электроустановке здания обычно представляет собой совокупность последовательно соединенного электрооборудования (см. статью «Электрическая цепь (электроустановки здания)» во второй части Словаря). Каждый ее элемент, включая проводники, характеризуется собственным номинальным током, который он может проводить в продолжительном режиме. Поэтому любая электрическая цепь рассчитана на длительное проведение в нормальном режиме электроустановки здания определенного электрического тока. Этот электрический ток можно рассматривать в качестве номинального (расчетного) тока электрической цепи. Величина номинального тока электрической цепи

¹ В этой таблице приведены значения максимального времени отключения защитными устройствами электрических цепей, в которых произошли замыкания на землю.

обычно определяется наименьшим номинальным током какого-то ее элемента.

Вместо термина «расчетный ток электрической цепи» в национальной нормативной документации целесообразно применять термин «номинальный ток электрической цепи», поскольку он логически согласован с термином «номинальный ток», которым характеризуют каждый из элементов электрической цепи. Кроме того, это позволит лучше понять суть термина «сверхток» в тех случаях, когда его применяют по отношению к каким-либо частям электроустановки здания, например – применительно к ее электрическим цепям.

Сверхток – электрический ток, превышающий номинальный электрический ток.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-151) термин «сверхток» («overcurrent») определен следующим образом: электрический ток, значение которого превышает определенное предельное значение.

В другой части МЭС – стандарте МЭК 60050-441 термин «сверхток» определен более кратко: ток, превышающий номинальный ток. Аналогичное определение дано этому термину в стандарте МЭК 60050-442.

Стандарт МЭК 60050-826 определил рассматриваемый термин так: электрический ток, превышающий номинальный электрический ток. В примечании к определению термина указано, что для проводников номинальный ток считают равным токопроводящей способности.

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826:1982 термин «сверхток» был определен иначе: любой ток, превышающий **номинальное значение**. Для проводников номинальное значение является токопроводящей способностью.

В русскоязычной версии стандарта МЭК 60050-826:1982 этот термин имел такое же название – «сверхток» и был определен аналогично: «Любой ток, превышающий **номинальное значение**. Для проводников последний является длительно допустимым током».

Оба определения из стандарта МЭК 60050-826:1982 имели одну ошибку, поскольку в них сопоставляют разнородные понятия: электрический ток и его значение. В рассматриваемых определениях следовало сравнивать либо электрические токи, либо их значения. В действующем стандарте МЭК 60050-826 эта ошибка исправлена.

Приложение В стандарта МЭК 60364-1 содержит следующее примечание к определению термина «сверхток» из стандарта МЭК 60050-826: сверхток может или не может иметь вредные воздействия, зависящие от его значения и продолжительности. Сверхтоки могут быть следствием перегрузок в электроприемниках или повреждений, таких как короткие замыкания или замыкания на землю.

В техническом отчете МЭК 60269-5, в стандартах МЭК 60898-1, МЭК 60934, МЭК 60947-1, МЭК 61058-1, МЭК 61095, МЭК 61892-2, МЭК 62091, МЭК 62271-106 и МЭК 62640 использованы определения термина «сверхток», заимствованные из стандартов МЭК 60050-441 и МЭК 60050-442.

Стандарт МЭК 61009-1 определил рассматриваемый термин так: любой ток, превышающий номинальный ток.

В стандарте МЭК 60204-1 определение термина «сверхток» выполнено на основе информации из стандарта МЭК 60050-826: ток, превышающий **номинальное значение**. Для проводников номинальное значение является токопроводящей способностью. Однако оно почти полностью соответствует определению этого термина, приведенному в стандарте МЭК 60050-826:1982, и повторяет его ошибку.

В стандарте МЭК 60204-32 использовано определение рассматриваемого термина, заимствованное из стандарта МЭК 60050-826, без примечания. В стандарте МЭК 60204-33 термин «сверхток» определен так же, как в стандарте МЭК 60204-1. При этом второе предложение оформлено в виде примечания, как сделано в стандарте МЭК 60050-826.

Британский стандарт BS 7671 определил термин «сверхток» аналогично тому, как он был определен в стандарте МЭК 60050-826:1982: ток, превышающий **номинальное значение**. Для проводников номинальное значение является токопроводящей способностью.

В ГОСТ ИЕС 60050-151, который подготовлен на основе стандарта МЭК 60050-151:2001¹, термин «сверхток» определен так же, как в первоисточнике: «Электрический ток, значение которого превышает заданное предельное значение».

¹ В 2013 и 2014 гг. к стандарту МЭК 60050-151:2001 были приняты изменения, с которыми он образует действующий стандарт МЭК 60050-151.

ГОСТ Р МЭК 60050-441, который подготовлен на основе стандарта МЭК 60050-441, определил термин «сверхток» более кратко, чем первоисточник: «Ток, превышающий номинальный». В этом определении вместо оригинального термина «номинальный ток» использовано только слово «номинальный».

ГОСТ Р МЭК 60050-826, подготовленный на основе стандарта МЭК 60050-826, определил термин «сверхток» аналогично первоисточнику: «Электрический ток, превышающий номинальный электрический ток. Примечание – Для проводников номинальный ток считается равным **длительному допустимому току**». Единственным недостатком процитированного определения является неправильное название национального термина «допустимый длительный ток».

В ранее действовавшем ГОСТ Р 50571.1–93, который был разработан на основе стандартов МЭК 60364-1:1972 и МЭК 60364-2:1970, термин «сверхток» был определен следующим образом: «ток, значение которого превосходит **наибольшее рабочее значение тока электроустановки**». Процитированное определение содержит в себе значительную неопределенность, так как критерием отнесения какого-либо электрического тока к сверхтоку здесь выбран наибольший рабочий ток электроустановки. Указанный электрический ток, характеризуя электроустановку здания в целом, имеет место на ее вводе. С наибольшим рабочим током электроустановки здания следует согласовать сечения жил кабеля ввода и номинальный ток вводного устройства защиты от сверхтока. Однако любая электроустановка здания имеет десятки, сотни и тысячи электрических цепей, каждая из которых характеризуется собственным номинальным током. Поэтому применительно к электроустановке здания бессмысленно говорить только об одном рабочем токе. В определении следовало упомянуть номинальный ток элемента электроустановки, т. е. номинальный ток электрической цепи.

ГОСТ Р 50571.1–2009, сменивший ГОСТ Р 50571.1–93 и разработанный на основе стандарта МЭК 60364-1, не содержал определения термина «сверхток». Однако в его приложении В было приведено следующее пояснение к определению рассматриваемого термина из стандарта МЭК 60050-826: «Сверхток может оказывать или может не оказывать вредные воздействия в зависимости от его величины и продолжительности. Сверхтоки могут возникать в результате перегрузок в электроприемниках или при повреждениях, таких как короткие замыкания или замыкания на землю».

ГОСТ 30331.1, также разработанный на основе стандарта МЭК 60364-1¹, определил термин «сверхток» в точном соответствии со стандартом МЭК 60050-826: «Электрический ток, превышающий номинальный электрический ток.

Примечание – Для проводников номинальный ток считают равным допустимому длительному току.

[МЭС 826-11-14]

Примечание – Сверхток может оказывать или не оказывать вредные воздействия в зависимости от его значения и продолжительности. Сверхтоки могут возникать в результате перегрузок в электроприемниках или при повреждениях, таких как короткие замыкания или замыкания на землю».

Во втором примечании к определению приведено разъяснение к термину, заимствованное из приложения В стандарта МЭК 60364-1.

В ГОСТ Р 50571.23, разработанном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60364-7-704:1989, рассматриваемый термин определен следующим образом: «Ток, значение которого превышает номинальное значение тока электрической цепи». Поскольку здесь упомянута электрическая цепь, это определение ограничивает область применения термина «сверхток» частью электроустановки здания.

В ГОСТ Р 50345, ГОСТ Р 50031, ГОСТ 30011.1 и ГОСТ Р 51327.1, которые разработаны на основе ранее действовавших стандартов МЭК 60898-1:2003, МЭК 60934:2007, МЭК 60947-1:2004 и МЭК 61009-1:2006, термин «сверхток» определен иначе, чем в первоисточниках: «**Любой** ток, превышающий номинальный».

ГОСТ IEC 61058-1, подготовленный на основе стандарта МЭК 61058-1, определил термин «сверхток» также иначе, чем он определен в первоисточнике: «Ток, превышающий номинальный». В обоих процитированных определениях вместо оригинального термина «номинальный ток» использовано только слово «номинальный».

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «сверхток». Однако приложение В содержит разъяснение к определению этого термина, которое приведено в стандарте МЭК 60050-826. Приложение В исключено из ГОСТ 30331.1. Все его пояснения оформлены примечаниями к определениям терминов в разделе 20 «Термины и определения» ГОСТ 30331.1.

ГОСТ Р 51731, разработанный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61095:2000, определил термин «сверхток» следующим образом: «Ток, превышающий **номинальное значение**». В этом определении допущена ошибка, поскольку электрический ток сопоставлен с его значением.

В ГОСТ Р МЭК 60204-1, подготовленном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60204-1:2005, термин «сверхток» определен так: «Любой ток, превышающий **номинальное значение**. Для **проводов** номинальным значением является **допустимый ток**». Помимо ошибки первоисточника в представленном определении общий термин «проводник» необоснованно заменен частным термином «провод». Кроме того, допущена ошибка в названии термина «допустимый длительный ток».

Сверхток представляет собой любой электрический ток, который превышает номинальный ток какого-либо элемента электроустановки здания или номинальный ток используемого в ней электрооборудования, например: номинальный ток электрической цепи, допустимый длительный ток проводника, номинальный ток автоматического выключателя, плавкого предохранителя, устройства дифференциального тока и т. д.

Появление сверхтока в каком-либо элементе электроустановки здания может привести к его перегреву, возгоранию и, как следствие, к возникновению пожара в здании. Поэтому в электроустановке здания выполняют специальные мероприятия, имеющие своей целью защиту ее элементов от перегрузок и коротких замыканий. Требования к защите от сверхтока изложены в стандарте МЭК 60364-4-43 и в ГОСТ Р 50571.4.43, который разработан на его основе.

В нормативной документации различают два основных вида сверхтока – ток перегрузки и ток короткого замыкания. Появление тока перегрузки обычно не связано с возникновением какого-либо повреждения. Ток короткого замыкания, как правило, возникает при появлении единичного или множественных повреждений, т. е. в аварийном режиме электроустановки здания. Сверхтоком также может быть ток замыкания на землю, если замыкание на землю произошло в электроустановке здания, соответствующей типу заземления системы TN-S, TN-C или TN-C-S. В системах TN ток замыкания на землю может быть равен току однофазного короткого замыкания (см. статью «Ток замыкания на землю» в третьей части Словаря).

Во время переходных процессов в электрических цепях электроустановки здания появляются кратковременные сверхтоки. Например, включение какого-либо электроприемника обычно сопровождается протеканием пускового тока, который в несколько раз превышает его номинальный ток. Если номинальный ток электроприемника сопоставим с допустимым длительным током проводников, к которым он присоединен, при выборе их сечения необходимо учитывать значение пускового тока и время его протекания. Характеристики устройств защиты от сверхтока также выбирают с учетом возможных пусковых токов.

Ток короткого замыкания – сверхток в электрической цепи при коротком замыкании.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-195) термин «ток короткого замыкания» («short-circuit current») определен кратко: электрический ток при данном коротком замыкании. Такое же определение дано этому термину в другой части МЭС – стандарте МЭК 60050-826.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «ток короткого замыкания» определен следующим образом: сверхток, являющийся результатом короткого замыкания из-за повреждения или неправильного соединения в электрической цепи. В представленном определении помимо информации, которая идентифицирует ток короткого замыкания, приведены возможные причины возникновения короткого замыкания.

Стандарт МЭК 60050-603 определил термин «ток короткого замыкания» некорректно: ток, протекающий в данной точке сети, являющийся результатом короткого замыкания в другой точке этой сети. Указанные в определении точки одной и той же электрической сети могут быть расположены так, что короткое замыкание в одной точке не вызовет протекания тока короткого замыкания в другой точке. Например, если короткое замыкание произошло в точке, расположенной ближе к источнику питания, то в точке, расположенной дальше от источника питания, ток короткого замыкания не будет протекать. Возможно, по этой причине стандарт МЭК 60050-603 определил еще один термин – «ток в месте короткого замыкания»: ток, протекающий через место короткого замыкания.

Ранее действовавший стандарт МЭК 60050-826:1982 определял термин «ток короткого замыкания (металлического)» следующим

образом: сверхток, являющийся результатом повреждения с пренебрежимо малым полным сопротивлением между проводниками, находящимися под напряжением, имеющими разницу в потенциале при нормальных условиях оперирования. Большая часть этого определения – «повреждения с ... оперирования» фактически идентифицирует короткое замыкание. Поэтому вполне логичным представляется кардинальное изменение определения рассматриваемого термина в действующем стандарте МЭК 60050-826 посредством его существенного сокращения.

В русскоязычной версии стандарта МЭК 60050-826:1982 этот термин был определен так: «Сверхток, обусловленный повреждением с пренебрежимо малым сопротивлением между **токоведущими частями**, имеющими при нормальной работе разность потенциалов». В процитированном определении использован общий термин «токоведущая часть». Его международный аналог – «часть, находящаяся под напряжением» следовало использовать в оригинальном определении вместо частного термина «проводник, находящийся под напряжением».

В стандартах МЭК 60204-1, МЭК 60204-32, МЭК 60204-33, МЭК 60947-1, МЭК 61058-1, МЭК 61095, МЭК 61439-1, МЭК 62271-100, МЭК 62271-106 и МЭК 62271-109 использовано определение термина «ток короткого замыкания», которое заимствовано из стандарта МЭК 60050-441.

Стандарты МЭК 60898-1, МЭК 60934, МЭК 61009-1 и МЭК 62640 выполнили определение термина «ток короткого замыкания» на основе определения из стандарта МЭК 60050-441 следующим образом: сверхток, являющийся результатом повреждения с пренебрежимо малым полным сопротивлением между точками, предназначенными находиться под различными потенциалами при нормальной эксплуатации. В примечании к определению термина разъяснено, что ток короткого замыкания может происходить в результате повреждения или неправильного соединения.

Представленное определение имеет существенные недостатки. Короткое замыкание происходит между проводящими частями. Поэтому в анализируемом определении следовало указать проводящие части, находящиеся под разными электрическими потенциалами, а не их точки. Кроме того, термин «нормальная эксплуатация» целесообразно заменить термином «нормальные условия», посредством которого в нормативной документации идентифици-

ругот отсутствие каких-либо повреждений, способных в том числе вызвать короткое замыкание даже при нормальной эксплуатации.

В стандарте МЭК 60909-0 рассматриваемый термин определен так: сверхток, являющийся результатом короткого замыкания в электрической системе. Примечание к определению термина содержит следующее уточнение: необходимо проводить различие между током короткого замыкания в месте короткого замыкания и частичными токами короткого замыкания в ветвях сети в любой точке сети. Это разъяснение подтверждает указанный выше недостаток определения термина «ток короткого замыкания» в стандарте МЭК 60050-603.

В стандарте МЭК 60913 термин «ток короткого замыкания» определен так же, как определен термин «ток в месте короткого замыкания» в стандарте МЭК 60050-603: электрический ток, протекающий через место короткого замыкания.

В стандартах МЭК имеются другие определения рассматриваемого термина, адаптированные для оборудования, например – для источников питания. В них ток короткого замыкания идентифицирован как электрический ток, протекающий в цепи при коротком замыкании проводящих частей, находящихся под разными электрическими потенциалами.

Британский стандарт BS 7671 определил термин «ток короткого замыкания» аналогично тому, как он был определен в стандарте МЭК 60050-826:1982: сверхток, являющийся результатом повреждения с пренебрежимо малым полным сопротивлением между проводниками, находящимися под напряжением, имеющими разницу в потенциале при нормальных условиях оперирования.

ГОСТ Р МЭК 60050-195, подготовленный на основе стандарта МЭК 60050-195, определил термин «ток короткого замыкания» иначе, чем первоисточник: «Электрический ток в данной короткозамкнутой цепи». В процитированном определении оригинальный термин «короткое замыкание» необоснованно заменен словосочетанием «короткозамкнутая цепь».

В ГОСТ Р МЭК 60050-826, подготовленном на основе стандарта МЭК 60050-826, термин «ток короткого замыкания» определен так же, как в первоисточнике: «Электрический ток при данном коротком замыкании».

ГОСТ Р МЭК 60050-441, который подготовлен на основе стандарта МЭК 60050-441, определил термин «ток короткого замыка-

ния» аналогично первоисточнику: «Сверхток, появляющийся в результате короткого замыкания, вызываемого повреждением или неправильным соединением в электрической цепи».

Ранее действовавший ГОСТ Р 50571.1–93, который был разработан на основе стандартов МЭК 60364-1:1972 и МЭК 60364-2:1970, определял термин «ток короткого замыкания» следующим образом: «сверхток, обусловленный повреждением с пренебрежимо малым полным сопротивлением между точками, находящимися под разными потенциалами в нормальных рабочих условиях». В процитированном определении вместо слова «точка» следовало использовать термин «проводящая часть», поскольку короткое замыкание происходит в результате замыкания проводящих частей, а не их точек.

В ГОСТ 30331.1, разработанном на основе стандарта МЭК 60364-1¹, термин «ток короткого замыкания» определен на основе информации стандарта МЭК 60050-826. При этом конкретизирована часть низковольтной электроустановки, в которой обычно протекает ток короткого замыкания: «Сверхток в электрической цепи при коротком замыкании.

[МЭС 826-11-16, изм.]».

В ГОСТ Р МЭК 60204-1, подготовленном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60204-1:2005, определение термина «ток короткого замыкания» содержит две ошибки: «Сверхток, возникающий в результате короткого замыкания из-за **дефекта** или неправильного **подключения** в электрической цепи». Во-первых, оригинальный термин «повреждение» некорректно заменен словом «дефект», которое не применяют в требованиях международной и национальной нормативной документации, относящихся к условиям повреждения. Более того, дефект может обозначать такое состояние в электрической цепи, при котором между ее проводящими частями нет электрического контакта.

Во-вторых, вместо термина «соединение» применен термин «подключение», который в данном случае идентифицирует действие по присоединению каких-то проводящих частей к существующей электрической цепи, в то время как оригинальный термин характеризует соединение между собой проводящих частей, составляющих электрическую цепь.

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «ток короткого замыкания».

В ГОСТ 30011.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60947-1:2004, рассматриваемый термин определен аналогично первоисточнику: «Сверхток, появляющийся в результате короткого замыкания, вызываемого повреждением или неправильным соединением в электрической цепи».

ГОСТ IEC 61058-1, подготовленный на основе стандарта МЭК 61058-1, определил термин «ток короткого замыкания» также аналогично первоисточнику: «Сверхток, появляющийся в результате короткого замыкания, возникающего из-за повреждения или неправильного соединения в электрической цепи».

ГОСТ Р 51731 и ГОСТ Р МЭК 61439-1, разработанные на основе ранее действовавших стандартов МЭК 61095:2000 и МЭК 61439 1:2009, определили термин «ток короткого замыкания» следующим образом: «Сверхток, появляющийся в результате короткого замыкания, вызываемого повреждением или неправильным соединением в электрической цепи».

В ГОСТ Р 50345, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60898-1:2003, рассматриваемый термин определен так: «Сверхток, обусловленный замыканием с ничтожно малым полным сопротивлением между точками, которые в нормальных условиях эксплуатации должны иметь разный потенциал». В примечании к определению разъяснено, что «Ток короткого замыкания может явиться результатом повреждения или неправильного соединения».

ГОСТ Р 50031, разработанный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60934:2007, определил термин «ток короткого замыкания» с погрешностями: «Сверхток, появляющийся в результате короткого замыкания в электрической цепи между точками с различным потенциалом при нормальной эксплуатации. Примечание – Короткое замыкание может быть результатом аварии или неправильного соединения электрической цепи». В представленном определении отсутствует согласование между точками, указанными во множественном числе и потенциалом, упомянутом в единственном числе. Кроме того, в примечании следовало сказать о неправильном соединении в электрической цепи.

В ГОСТ Р 51327.1, разработанном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61009-1:2006, рассматриваемому термину дано следующее определение: «Сверхток, появляющийся в результате короткого замыкания между точками, которые в нормальных условиях эксплуатации должны иметь различные потенциалы

с ничтожно малым сопротивлением». Примечание к определению термина уточняет, что «Ток короткого замыкания может быть результатом повреждения или неправильного соединения в электрической цепи». Прочитанное определение имеет серьезную логическую ошибку, поскольку слова «с ничтожно малым сопротивлением» относятся к короткому замыканию. Однако здесь они отнесены к различным потенциалам, которые не могут иметь какого-либо сопротивления.

Ток короткого замыкания представляет собой одну из разновидностей сверхтока. В отличие от тока перегрузки ток короткого замыкания обычно возникает в условиях повреждений, когда повреждается изоляция каких-либо проводящих частей, находящихся под разными электрическими потенциалами, и между ними возникает электрический контакт с пренебрежимо малым полным сопротивлением. В условиях повреждений также возможно замыкание частей, находящихся под напряжением, на открытые и сторонние проводящие части, которые в электроустановках зданий с типами заземления системы TN-S, TN-C-S и TN-C имеют электрическую связь с заземленной нейтралью источника питания. Токи замыкания на землю в системах TN, протекающие по фазным проводникам и защитным или PEN-проводникам, будут сопоставимы с токами однофазных коротких замыканий, которые протекают по фазным проводникам и нейтральным или PEN-проводникам.

Ток короткого замыкания может также возникнуть в нормальных условиях, когда отсутствуют повреждения, из-за ошибочного соединения проводящих частей с разными электрическими потенциалами, допущенного при монтаже и эксплуатации электроустановки здания. Если ошибочно выполнено электрическое соединение, например, фазного и нейтрального проводников какой-то электрической цепи, то при ее включении по обоим проводникам будет протекать ток однофазного короткого замыкания.

Величина тока короткого замыкания может многократно (на несколько порядков) превышать значение тока перегрузки и тем более значение номинального тока. Даже кратковременное его воздействие на какие-либо элементы электроустановки зданий может вызвать их механическое повреждение, перегрев, возгорание и, как следствие, явиться причиной пожара в здании. Поэтому электрооборудование в электроустановках зданий, прежде всего – проводники электрических цепей, должно быть надежно защище-

но от токов короткого замыкания с помощью устройств защиты от сверхтока – автоматических выключателей и плавких предохранителей.

Токи короткого замыкания определяют при проектировании электроустановок зданий и учитывают при выборе характеристик электрооборудования. Максимальные токи короткого замыкания всегда соотносят с предельными сверхтоками, которые способны отключить коммутационные устройства и устройства защиты от сверхтока, а также могут пропустить через себя некоторые виды электрооборудования. Минимальные токи короткого замыкания используют для проверки способности устройств защиты от сверхтока выполнить их отключение в течение нормируемого или предпочтительного промежутка времени.

Методики расчета токов короткого замыкания изложены в ГОСТ 28249, в стандартах и технических отчетах комплекса МЭК 60909. ГОСТ 28249 распространяется на трехфазные электроустановки переменного тока напряжением до 1 кВ, присоединенные к энергосистеме или к автономным источникам электрической энергии. Стандарт устанавливает общую методику расчета токов симметричных и несимметричных коротких замыканий в начальный и произвольный моменты времени с учетом параметров синхронных и асинхронных машин, трансформаторов, реакторов, кабельных и воздушных линий электропередачи, а также шинопроводов. Комплекс МЭК 60909 применяют для расчета токов короткого замыкания в низковольтных и высоковольтных электроустановках переменного тока частотой 50 или 60 Гц. Однако, как указано в стандарте МЭК 60909-0, электрические системы с напряжением 550 кВ и более, имеющие протяженные линии электропередачи, требуют специального рассмотрения.

Ток перегрузки – сверхток в электрической цепи при перегрузке.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-826) термин «ток перегрузки (электрической цепи)» («overload current (of an electric circuit)») определен следующим образом: сверхток, возникающий в электрической цепи, который не вызывается коротким замыканием или замыканием на землю.

Представленное определение имеет серьезную логическую ошибку, поскольку не всякое замыкание на землю приводит

к протеканию сверхтока замыкания на землю. Токи замыкания на землю, превышающие номинальные токи электрических цепей, могут быть в электроустановках зданий, соответствующих типам заземления системы TN-S, TN-C-S и TN-C, когда опасные части, находящиеся под напряжением, накоротко замыкаются на открытые проводящие части, сторонние проводящие части и защитные проводники. В электроустановках зданий, соответствующих типу заземления системы TT, не всякое короткое замыкание на землю сопровождается сверхтоком замыкания на землю. В электроустановках зданий, соответствующих типу заземления системы IT, любое короткое замыкание на землю приводит к протеканию незначительного тока замыкания на землю, который существенно меньше номинального тока электрической цепи. При замыканиях на землю частей, находящихся под напряжением, через какое-то переходное сопротивление, ток замыкания на землю может измеряться долями ампера при любом типе заземления системы.

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826:1982 определение термина «ток перегрузки (цепи)» не имело указанной логической ошибки: сверхток, возникающий в цепи при отсутствии электрического повреждения.

В русскоязычной версии стандарта МЭК 60050-826:1982 этот термин был определен аналогично: «Сверхток в цепи при отсутствии электрических повреждений в последней».

В стандартах МЭК 60898-1, МЭК 60934, МЭК 60947-1, МЭК 61009-1, МЭК 61095 и МЭК 62640 рассматриваемый термин определен следующим образом: сверхток, возникающий в электрически неповрежденной цепи. Стандарты МЭК 60898-1, МЭК 61009-1 и МЭК 62640 дополнили это определение следующим примечанием: ток перегрузки может быть причиной повреждения, если поддерживается достаточное время.

Британский стандарт BS 7671 определил термин «ток перегрузки» следующим образом: сверхток, возникающий в цепи, которая является электрически качественной.

Ранее действовавший ГОСТ Р 50571.1–93, который был разработан на основе стандартов МЭК 60364-1:1972 и МЭК 60364-2:1970, определял термин «ток перегрузки» следующим образом: «сверхток в электрической цепи электроустановки при отсутствии электрических повреждений».

В ГОСТ 30331.1, разработанном на основе стандарта МЭК 60364-1¹, термин «ток перегрузки» определен более кратко: «Сверхток в электрической цепи при перегрузке».

В ГОСТ Р 50345 и ГОСТ Р 51731, которые разработаны на основе ранее действовавших стандартов МЭК 60898-1:2003 и МЭК 61095:2000, рассматриваемый термин определен так: «Сверхток в электрически неповрежденной цепи». Примечание к определению термина в ГОСТ Р 50345 поясняет его следующим образом: «Достаточно длительный ток перегрузки может привести к повреждению».

ГОСТ Р 50031, разработанный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60934:2007, определил термин «ток перегрузки» аналогично первоисточнику: «Сверхток, который возникает в электрически неповрежденной цепи».

В ГОСТ 30011.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60947-1:2004, рассматриваемый термин определен иначе, чем в первоисточнике: «Сверхток, возникающий в неповрежденной электрической цепи».

В ГОСТ Р 51327.1, разработанном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61009-1:2006, рассматриваемому термину дано следующее определение: «Сверхток в электрически неповрежденной цепи». Примечание к определению термина, уточняет, что «Ток перегрузки может вызвать повреждение цепи, если будет протекать достаточно долго».

Ток перегрузки представляет собой разновидность сверхтока, который может возникнуть в какой-либо части электроустановки здания при появлении в ней перегрузки. При этом в указанной части электроустановки здания отсутствуют электрические повреждения. Вероятность появления тока перегрузки в одних электрических цепях существенно больше, чем в других. В конечных электрических цепях освещения, в которых используют стационарные электрические светильники, а также в других конечных электрических цепях, имеющих в своем составе только стационарные электроприемники, вероятность появления длительного тока перегрузки мала. В конечных электрических цепях штепсельных розеток вероятность возникновения тока перегрузки значительно

¹ В стандарте МЭК 60364-1 отсутствует определение термина «ток перегрузки».

выше. В какой-то момент времени сумма электрических токов всех одновременно работающих переносных и передвижных электроприемников, подключенных к штепсельным розеткам, может превысить номинальный ток их конечной электрической цепи.

Длительное протекание тока перегрузки по проводникам может вызвать их сильный нагрев и стать причиной пожара в здании. Поэтому электрические цепи в электроустановках зданий защищают от токов перегрузки с помощью устройств защиты от сверхтока – автоматических выключателей и плавких предохранителей.

В большинстве электрических цепей электроустановки здания могут возникать кратковременные токи перегрузки, которые представляют собой пусковые токи электрооборудования. Например, при включении асинхронных электродвигателей пусковые токи могут в 5–7 раз превышать их номинальные токи. При включении светильников с лампами накаливания пусковой ток может превышать десятикратный номинальный ток. Продолжительность промежутка времени, в течение которого протекают пусковые токи, зависит от характеристик электрооборудования. Например, для асинхронных электродвигателей пусковые токи протекают в течение нескольких секунд, а при тяжелых пусках – десятки секунд. Пусковые токи при включении ламп накаливания протекают в течение долей секунды. Устройства защиты от сверхтока не должны отключать защищаемые ими электрические цепи при появлении в них пусковых токов, поскольку в противном случае электрооборудование не сможет нормально функционировать.

Устройство дифференциального тока (УДТ) – контактное коммутационное устройство, предназначенное включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях и автоматически отключать электрическую цепь, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях.

В МЭС (в стандарте МЭК 60050-442) термин «устройство дифференциального тока, УДТ (аббревиатура)» («residual current device, RCD (abbreviation)») определен следующим образом: **механическое коммутационное устройство**, предназначенное включать, проводить и отключать токи при **нормальных условиях эксплу-**

атации и вызывать размыкание контактов, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях. В примечании к определению сказано, что устройство дифференциального тока может быть комбинацией различных обособленных элементов, предназначенных обнаруживать и оценивать дифференциальный ток и включать и отключать ток.

Представленное определение имеет три недостатка. Во-первых, в нем использован термин «механический коммутационный аппарат», который в национальной нормативной документации следует заменить термином «контактный коммутационный аппарат». В стандарте МЭК 60050-441 термин «механическое коммутационное устройство» определен так: коммутационное устройство¹, разработанное замыкать и размыкать одну или более электрических цепей посредством **разделяемых контактов**. То есть главным отличительным признаком механического коммутационного устройства от коммутационных устройств других видов являются его контакты, которые коммутационное устройство замыкает и размыкает. Поскольку механическое коммутационное устройство замыкает и размыкает электрические цепи при помощи собственных главных контактов, более правильно называть его не механическим, а контактными коммутационным устройством. Таким образом, в названии термина будет отображен способ коммутации электрических цепей. Аналогично – контактными коммутационным устройством следует определить устройство дифференциального тока, однозначно установив способ коммутации электрических цепей, реализованный в УДТ.

Это предложение подтверждают требования ГОСТ 17703, в котором изложены основные термины и определения для электрических коммутационных аппаратов, предназначенные для применения в науке, технике и производстве. Один из видов электрического коммутационного аппарата в ГОСТ 17703 назван **контактным коммутационным аппаратом**, который осуществляет «... коммутационную операцию путем перемещения его контактных деталей относительно друг друга». Другой вид коммутационного аппарата, названный **бесконтактным коммутационным аппа-**

¹ Термин «коммутационное устройство» определен стандартом МЭК 60050-441 следующим образом: устройство, разработанное включать или отключать ток в одной или более электрических цепях.

ратом¹, выполняет «... коммутационную операцию без перемещения и разрушения его деталей», т. е. он не имеет размыкаемых контактов.

Во-вторых, в анализируемом определении для характеристики условий функционирования низковольтной электроустановки или какой-то ее части, например электрической цепи, применен термин «нормальные условия эксплуатации», который следует заменить термином «нормальные условия». В основополагающем правиле защиты от поражения электрическим током, которое установлено стандартом МЭК 61140 и разработанным на его основе ГОСТ ИЕС 61140, условия функционирования электроустановки характеризуются двумя терминами «нормальные условия» и «условия единичного повреждения».

Под нормальными условиями понимают условия, при которых все средства защиты являются неповрежденными. То есть при нормальных условиях все меры предосторожности для основной защиты (прежде всего – основная изоляция) находятся в неповрежденном состоянии, обеспечивая надлежащую защиту от поражения электрическим током.

Под условиями единичного повреждения понимают условия, при которых имеется единичное повреждение какого-то средства защиты. То есть при условиях единичного повреждения какая-то мера предосторожности для основной защиты (прежде всего – основная изоляция) находится в поврежденном состоянии, создавая реальные предпосылки для поражения электрическим током. Поэтому в электроустановках зданий предусматривают меры предосторожности для защиты при повреждении (дополнительная изоляция, защитное уравнивание потенциалов, **защитные устройства, реагирующие на токи замыкания на землю**, защитное экранирование и др.), которые обеспечивают защиту от поражения электрическим током.

Устройство дифференциального тока, таким образом, не должно срабатывать при нормальных условиях. В условиях единичного повреждения основной изоляции какой-то опасной части, находя-

¹ В стандарте МЭК 60050-441 нет аналогичного термина. В нем определен термин «полупроводниковое коммутационное устройство»: коммутационное устройство, предназначенное для включения тока в электрической цепи посредством управляемой проводимости полупроводника. То есть это коммутационное устройство фактически является бесконтактным коммутационным устройством, поскольку не имеет размыкаемых контактов.

щейся под напряжением, и ее замыкания на землю, открытую, стороннюю проводящие части или защитный проводник УДТ должно автоматически отключить поврежденную электрическую цепь, которую оно защищает. УДТ также должно отключить электрическую цепь в том случае, когда человек по неосторожности прикоснулся к опасной части, находящейся под напряжением, и через его тело потек ток замыкания на землю.

В-третьих, последняя часть определения термина «**вызывать размыкание контактов**, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях» сформулирована неудачно. Здесь отсутствует информация о том, что размыкаемые контакты являются неотъемлемой частью конкретного коммутационного устройства, а именно – УДТ. Учитывая, что размыкание контактов УДТ предназначено для отключения электрической цепи, рассматриваемую часть определения целесообразно изложить так: **автоматически отключать электрическую цепь, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях**. Предлагаемая редакция хорошо согласуется с определением термина «коммутационное устройство» из стандарта МЭК 60050-441.

Определение термина и примечание к нему, заимствованные из стандарта МЭК 60050-442, использованы в стандартах МЭК 61851-1 и МЭК 62128-1.

Стандарт МЭК 60204-33 определил термин «устройство дифференциального тока, УДТ» на основе определения из стандарта МЭК 60050-442. При этом был устранен второй недостаток из указанных выше трех: **механическое** коммутационное устройство, предназначенное включать, проводить и отключать токи при **нормальных условиях** и **вызывать размыкание контактов**, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях. Примечание стандарта МЭК 60050-442 к определению термина приведено в стандарте МЭК 60204-33 без изменений.

В техническом отчете МЭК 60755 и в стандарте МЭК 62640 рассматриваемый термин определен следующим образом: **механическое коммутационное устройство** или совокупность устройств, предназначенная включать, проводить и отключать токи при **нормальных условиях эксплуатации** и **вызывать размыкание контактов**, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях.

Стандарт МЭК 61643-11 определил термин «устройство дифференциального тока (УДТ)» следующим образом: **коммутационное устройство** или совокупность устройств, предназначенная вызывать размыкание **силовой цепи**, когда дифференциальный ток или **несбалансированный ток** достигает заданного значения при определенных условиях. Стандарт МЭК 61643-12 определил этот термин аналогично: **механическое коммутационное устройство** или совокупность устройств, предназначенная вызывать размыкание контактов, когда дифференциальный ток или **несбалансированный ток** достигает заданного значения при определенных условиях.

Представленные определения имеют следующие недостатки. Во-первых, в определениях нет никаких сведений об оперировании УДТ в нормальных условиях.

Во-вторых, термин «несбалансированный ток», использованный в представленных определениях, не определен стандартами. То есть помимо дифференциального тока на УДТ может воздействовать какой-то несбалансированный ток, вызывающий его срабатывание.

В-третьих, термин «дифференциальный ток» определен обоими стандартами иначе, чем он определен в стандартах, распространяющихся на УДТ: ток, протекающий через **защитный вывод** устройства защиты от импульсных перенапряжений, когда оно присоединено согласно инструкциям производителя и находится под эталонным испытательным напряжением (стандарт МЭК 61643-11) или максимальным продолжительным напряжением оперирования (стандарт МЭК 61643-12). Фактически здесь определен ток защитного проводника, который протекает в защитном проводнике, присоединенном к защитному выводу устройства защиты от импульсных перенапряжений.

В стандартах МЭК 61540 и МЭК 62335 определение термина «устройство дифференциального тока (УДТ)» в большей степени характеризует конструкцию защитного устройства, чем его функционирование: **коммутационное устройство**, содержащее в себе средства обнаружения дифференциального тока, сравнения его значения со значением дифференциального тока оперирования и **размыкания защищаемой цепи**, когда дифференциальный ток превышает это значение. Здесь также отсутствует информация о функционировании УДТ в нормальных условиях.

Определение термина «устройство дифференциального тока (УДТ)» в ГОСТ Р МЭК 61851-1 незначительно отличается от оригинального определения в стандарте МЭК 61851-1, на основе которого подготовлен национальный стандарт: **«Механическое коммутационное устройство**, предназначенное для включения, проведения и отключения токов в **нормальных условиях эксплуатации и вызывающее размыкание контактов**, когда дифференциальный ток достигает указанного значения в заданных условиях». В примечании к определению разъяснено, что «УДТ может быть комбинацией ряда отдельных элементов, предназначенных для обнаружения и оценки дифференциального тока, а также включения и отключения тока».

В отличие от первоисточника – технического отчета МЭК 60755 подготовленный на его основе ГОСТ Р МЭК 60755 поименовал рассматриваемый термин **устройством защитного отключения (УЗО)** и определил его с изъятием упоминания о совокупности устройств: **«Механический коммутационный аппарат**, предназначенный для включения, проведения и отключения токов при **нормальных условиях эксплуатации**, а также **размыкания контактов** в случае, когда значение дифференциального тока достигает заданной величины в определенных условиях».

В ГОСТ Р 51992 и ГОСТ Р МЭК 61643-12, которые подготовлены на основе ранее действовавших стандартов МЭК 61643-1:2005 и МЭК 61643-12:2002, термин «устройство дифференциального тока (УДТ)» определен так же, как в первоисточниках: **«Механическое коммутационное устройство** или комплекс устройств, которые вызывают размыкание контактов, когда дифференциальный или **несбалансированный** ток достигнет заданного значения в заданных условиях».

ГОСТ 31603, разработанный на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61540:1997, назвал рассматриваемый термин **устройствами защитного отключения, управляемыми дифференциальным (остаточным) током (УЗО–Д)** и определил его иначе, чем первоисточник: **«Механический коммутационный аппарат**, предназначенный для включения, проведения и отключения токов при **нормальных условиях эксплуатации**, а также **размыкания контактов** в случае, когда значение дифференциального тока достигает заданной величины в определенных условиях». Прочитированное определение заимствовано из ГОСТ Р МЭК 60755.

В п. 20.82 ГОСТ 30331.1, который разработан на основе стандарта МЭК 60364-1¹, термин «устройство дифференциального тока (УДТ)» определен наиболее правильно: **«Контактное коммутационное устройство, предназначенное включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях и автоматически отключать электрическую цепь, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях.**

Примечание – Устройство дифференциального тока может быть комбинацией различных отдельных элементов, предназначенных обнаруживать и оценивать дифференциальный ток, а также включать и отключать электрический ток.

[МЭС 442-05-02, изм.]».

Представленное определение изменено по отношению к определению стандарта МЭК 60050-442 таким образом, чтобы устранить все его недостатки, указанные выше. Определение дополнено следующим примечанием, установившим эквивалентность между двумя названиями одного и того же защитного устройства: «В нормативных документах наряду с термином «устройство дифференциального тока» применяют термин «устройство защитного отключения»».

Термин «устройство защитного отключения» использовали в ранее действовавших стандартах комплекса ГОСТ Р 50571, применяют в ГОСТ Р МЭК 60755, ГОСТ 31603, ПУЭ, своде правил СП 31-110 и в некоторых других нормативных и правовых документах. В действующем ГОСТ Р 50571.23, разработанном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60364-7-704:1989, термин «устройство защитного отключения (УЗО)» определен с грубыми ошибками: «Коммутационный аппарат, размыкающий электрическую цепь при превышении **током утечки** этой цепи установленного значения (имеется в виду дифференциальный ток, т. е. **часть общего тока утечки, которая возвращается к источнику питания, минуя коммутационный аппарат**)». В процитированном определении вместо термина «дифференциальный ток» некорректно применен термин «ток утечки». Кроме того, в определении неправильно истолкован термин «дифференциальный ток».

¹ Раздел 20 «Термины и определения» стандарта МЭК 60364-1 не содержит определений терминов. В отличие от первоисточника в разделе 20 ГОСТ 30331.1 приведены определения 110 терминов, которые применяют в требованиях комплекса ГОСТ Р 50571.

Термин «устройство защитного отключения» необходимо заменить термином «устройство дифференциального тока» с целью исключения использования в национальной нормативной документации двух разных терминов для обозначения одного и того же защитного устройства. Такая замена позволит уменьшить число ошибок, допускаемых при разработке новых национальных нормативных документов. Кроме того, в ГОСТ Р 51327.1, ГОСТ Р 50030.2 и других нормативных документах следует устранить неправильное применение термина «устройство дифференциального тока» для обозначения изделия, которое является составной частью УДТ (см. статью «Блок дифференциального тока»).

Термин «устройство дифференциального тока» используют в международных и национальных стандартах для обобщенного обозначения защитных устройств или совокупности устройств, каждое из которых выполняет следующие три операции:

обнаружение дифференциального тока в своей главной цепи, который появляется при повреждении основной изоляции какой-либо опасной части, находящейся под напряжением, входящей в состав защищаемых им электрических цепей, и ее замыкании на землю;

сравнение обнаруженного дифференциального тока со значением дифференциального тока срабатывания;

отключение защищаемых им электрических цепей в случае, когда дифференциальный ток в главной цепи превосходит значение дифференциального тока срабатывания.

В стандартах МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 используется термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током», определенный так: **механическое коммутационное устройство**, предназначенное включать, проводить и отключать токи при **нормальных условиях эксплуатации** и **вызывать размыкание контактов**, когда дифференциальный ток достигает заданного значения при определенных условиях. Поскольку представленное определение полностью совпадает с определением термина «устройство дифференциального тока» в стандарте МЭК 60050-442, международные стандарты установили эквивалентность между этими терминами.

Термин «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током» применен стандартами МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 только для определения следующих двух терминов: «автоматический выключатель, управляемый дифференциаль-

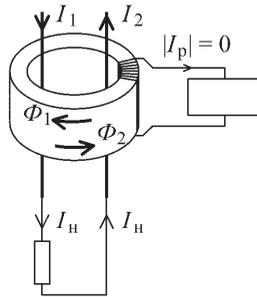
ным током, без встроенной защиты от сверхтока (ВДТ)» и «автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока (АВДТ)» (см. соответствующие статьи Словаря). Указанные термины идентифицируют два вида устройств дифференциального тока, которые выпускаются серийно и применяются в электроустановках зданий для обеспечения защит от поражения электрическим током. Однако в нормативных требованиях по их применению в электроустановках зданий обычно употребляют обобщенное название защитного устройства – «устройство дифференциального тока». Когда необходимо подчеркнуть, что УДТ в том числе предназначено для защиты от сверхтока подключенных к нему электрических цепей, говорят об устройстве дифференциального тока со встроенной защитой от сверхтока. Такое УДТ выполняет те же функции, что и АВДТ. В противном случае речь идет об устройстве дифференциального тока без встроенной защиты от сверхтока, эквивалентом которого является ВДТ.

Основным фактором, воздействующим на устройство дифференциального тока и инициирующим его оперирование, является дифференциальный ток I_{Δ} , который представляет собой действующее значение векторной суммы электрических токов, протекающих в главной цепи УДТ (см. «Дифференциальный ток» в третьей части Словаря).

Устройство дифференциального тока с помощью встроенного в него дифференциального (суммирующего) трансформатора определяет векторную сумму электрических токов, протекающих в проводниках своей главной цепи (т. е. дифференциальный ток), и разрывает эту цепь, если сумма указанных токов превышает установленное значение (отключающий дифференциальный ток) или равна ему. Дифференциальный трансформатор, таким образом, является тем ключевым элементом, посредством которого можно отслеживать появление тока замыкания на землю (см. «Ток замыкания на землю» в третьей части Словаря), создающего реальную опасность для человека и животных.

Для пояснения принципа функционирования дифференциального трансформатора УДТ воспользуемся информацией, приведенной на рис. 1.

НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ



УСЛОВИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ

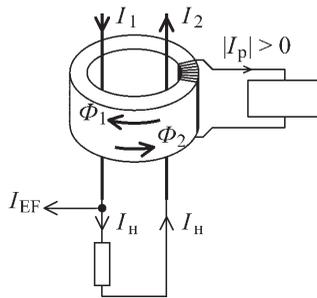


Рис. 1. Функционирование дифференциального трансформатора двухполюсного устройства дифференциального тока

Дифференциальный трансформатор двухполюсного устройства дифференциального тока имеет две первичные обмотки, выполненные двумя проводниками главной цепи УДТ, и одну вторичную обмотку, к которой подключен расцепитель дифференциального тока¹.

Рассмотрим нормальные условия оперирования электрической цепи, когда отсутствуют какие-либо повреждения основной изоляции опасных частей, находящихся под напряжением. Через главную цепь УДТ не протекает ток замыкания на землю, поскольку в электрической цепи нет замыкания на землю.

¹ Под расцепителем дифференциального тока понимают расцепитель, вызывающий срабатывание УДТ с выдержкой времени или без нее, когда дифференциальный ток превышает заданное значение.

В обоих проводниках главной цепи устройства дифференциального тока протекают электрические токи, равные по своему абсолютному значению току нагрузки I_n . То есть электрические токи I_1 и I_2 , протекающие в первичных обмотках дифференциального трансформатора, равны между собой по абсолютному значению, однако направлены навстречу друг другу. Поэтому их векторная сумма равна нулю.

Магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , создаваемые электрическими токами I_1 и I_2 в сердечнике дифференциального трансформатора, также направлены навстречу друг другу и равны между собой по абсолютному значению. Поскольку указанные магнитные потоки взаимно компенсируют друг друга, суммарный магнитный поток в сердечнике дифференциального трансформатора равен нулю.

Следовательно, абсолютная величина электрического тока, который может протекать в электрической цепи, подключенной к вторичной обмотке дифференциального трансформатора, также будет равна нулю. Поэтому при нормальных условиях расцепитель дифференциального тока, подключенный к вторичной обмотке дифференциального трансформатора, не может инициировать срабатывание УДТ.

В нормальных условиях, таким образом, устройство дифференциального тока не размыкает контакты своей главной цепи и, следовательно, не отключает присоединенные к нему внешние электрические цепи.

Рассмотрим оперирование электрической цепи в условиях повреждения основной изоляции опасной части, находящейся под напряжением, и ее замыкания на землю, когда через главную цепь УДТ протекает ток замыкания на землю.

В условиях повреждения по одному из проводников главной цепи УДТ помимо тока нагрузки I_n протекает ток замыкания на землю $I_{\text{ЗФ}}$. Поэтому абсолютное значение электрического тока, протекающего в одной из первичных обмоток дифференциального трансформатора, превышает абсолютное значение электрического тока, который протекает в другой его первичной обмотке $|I_1| > |I_2|$. Следовательно, их векторная сумма ΔI будет отлична от нуля.

Магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 в сердечнике дифференциального трансформатора, прямо пропорциональные электрическим токам I_1 и I_2 , не равны между собой по абсолютному значению. Они не могут компенсировать друг друга. Поэтому суммарный магнитный

поток в сердечнике дифференциального трансформатора отличен от нуля.

Следовательно, абсолютная величина электрического тока, который протекает в электрической цепи, подключенной к вторичной обмотке дифференциального трансформатора, также не равна нулю $|I_p| > 0$. Поэтому в указанных условиях расцепитель дифференциального тока сработает под воздействием электрического тока I_p , побуждая устройство дифференциального тока разомкнуть свои главные контакты и отключить присоединенные к нему внешние электрические цепи.

Таким образом, в условиях единичного или множественных повреждений устройство дифференциального тока размыкает контакты своей главной цепи и отключает присоединенные к нему внешние электрические цепи.

В трехфазных электрических цепях применяют трех- и четырехполюсные устройства дифференциального тока, которые оснащены дифференциальными трансформаторами, имеющими соответственно три и четыре первичные обмотки. Эти дифференциальные трансформаторы функционируют так же, как и дифференциальный трансформатор двухполюсного УДТ. Векторные суммы электрических токов, протекающих в главных цепях УДТ, они определяют с учетом запаздывания и опережения по фазе электрических токов в проводниках разных фаз, подключенных к УДТ.

Конструктивное исполнение устройства дифференциального тока (рис. 2), таким образом, специально ориентировано на обнаружение и оценку тока замыкания на землю I_{EF} в совокупности с током утечки I_{EL} путем определения дифференциального (суммарного) тока в проводниках главной цепи УДТ, которое производится посредством его дифференциального трансформатора, размещенного между входными и выходными выводами УДТ.

Ток замыкания на землю может возникнуть из-за повреждения основной изоляции какой-либо опасной части, находящейся под напряжением, в электрических цепях, включенных после УДТ. Повреждение основной изоляции опасной части, находящейся под напряжением, обычно сопровождается ее замыканием на открытую проводящую часть (см. «Открытая проводящая часть» в первой части Словаря) электроприемника класса I. Из опасной части, находящейся под напряжением, ток замыкания на землю протекает в открытую проводящую часть. Затем этот ток протекает из

открытой проводящей части электроприемника в защитный проводник и далее через заземляющее устройство¹ электроустановки здания – в землю.

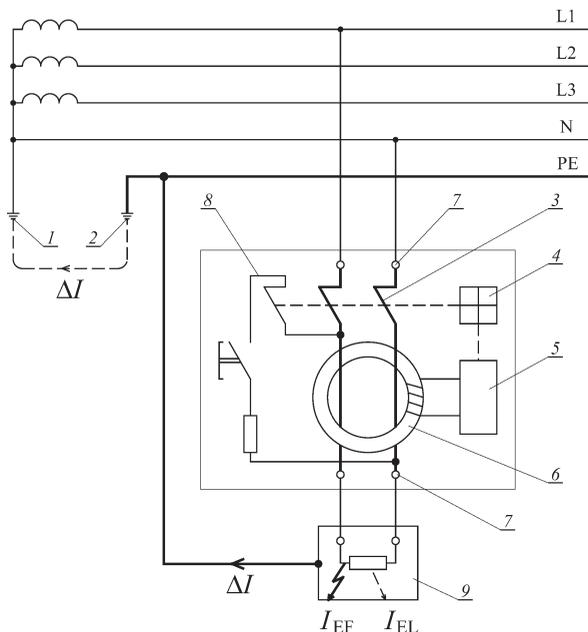


Рис. 2. Схема устройства дифференциального тока:

1 – заземляющее устройство нейтрали источника питания; 2 – заземляющее устройство электроустановки здания; 3 – главные контакты УДТ; 4 – механизм размыкания УДТ; 5 – расцепитель дифференциального тока УДТ; 6 – дифференциальный трансформатор УДТ; 7 – выводы УДТ; 8 – электрическая цепь контрольного устройства УДТ; 9 – электроприемник класса I

¹ Заземляющее устройство электроустановки здания обычно состоит из заземлителя, заземляющих проводников и главной заземляющей шины. Заземлитель представляет собой проводящую часть или совокупность электрически соединенных между собой проводящих частей, находящихся в контакте с локальной землей прямо или через промежуточную проводящую среду. Заземляющие проводники электрически соединяют заземлитель с главной заземляющей шиной – специальной шиной, предназначенной для присоединения проводников к заземляющему устройству.

В механизме устройства дифференциального тока выполняется сравнение дифференциального тока в главной цепи УДТ с дифференциальным током срабатывания. В том случае, если дифференциальный ток превосходит отключающий дифференциальный ток УДТ или равен ему, оно отключит защищаемые электрические цепи.

Для выполнения двух последних операций в устройстве дифференциального тока предусмотрен расцепитель дифференциального тока, подключенный к вторичной обмотке дифференциального трансформатора.

В электрических цепях с нормальной (неповрежденной) изоляцией частей, находящихся под напряжением, всегда имеется ток утечки. Его величина в системах TN-C, TN-S, TN-C-S и TT ничтожна по сравнению с током замыкания на землю. Однако при большом числе одновременно включенных электроприемников класса I их суммарный ток утечки может превысить отключающий дифференциальный ток устройства дифференциального тока, инициировав тем самым его автоматическое срабатывание. Для гарантированного исключения ложных оперирований УДТ его отключающий дифференциальный ток I_{Δ} должен превышать суммарный ток утечки в электрических цепях, подключенных к УДТ I_{EL} (см. статью «Основное правило применения устройства дифференциального тока»).

Устройство дифференциального тока может быть выполнено в виде изделия, представляющего собой совокупность нескольких устройств. Например, АВДТ бытового назначения, как показано на рис. 3, может быть собран из блока дифференциального тока, соответствующего требованиям приложения G ГОСТ Р 51327.1, и автоматического выключателя, соответствующего требованиям ГОСТ Р 50345, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60898-1:2003. В таком АВДТ автоматический выключатель производит отключение электрических цепей и при протекании в его главной цепи сверхтоков, и при появлении команды на расцепление, которую подает блок дифференциального тока.

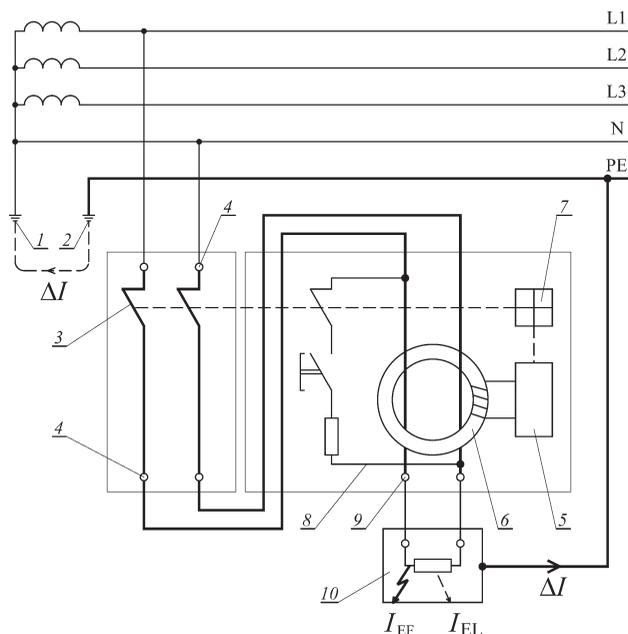


Рис. 3. Схема АВДТ, собранного из блока дифференциального тока и автоматического выключателя:

1 – заземляющее устройство нейтрали источника питания; 2 – заземляющее устройство электроустановки здания; 3 – главные контакты автоматического выключателя; 4 – выводы автоматического выключателя; 5 – расцепитель дифференциального тока БДТ; 6 – дифференциальный трансформатор БДТ; 7 – механизм размыкания БДТ; 8 – электрическая цепь контрольного устройства БДТ; 9 – выводы БДТ; 10 – электроприемник класса I

Рассмотрим более подробно конструкцию устройств дифференциального тока бытового назначения, которые производят в соответствии с требованиям стандартов МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1, ГОСТ ИЕС 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1.

Устройство дифференциального тока имеет **главную цепь** и может иметь **цепь управления** и **вспомогательную цепь**. Главная цепь объединяет все проводящие части УДТ, включенные в электрическую цепь, которую оно предназначено замыкать и размыкать.

Цепь управления устройства дифференциального тока предназначена для осуществления его замыкания и размыкания или выполнения обоих оперирований. Эта цепь включает в себя проводящие части УДТ, применяемые для его управления, за исключением тех частей, которые входят в состав главной цепи УДТ. К цепи управления относят цепь контрольного устройства, посредством которой осуществляют периодический контроль работоспособности УДТ.

Вспомогательная цепь объединяет все проводящие части устройства дифференциального тока, предназначенные для включения в электрическую цепь, используемую, например, для дистанционной индикации его коммутационного положения. К этой цепи не относят проводящие части УДТ, которые входят в состав его главной цепи и цепи управления.

Для оснащения устройства дифференциального тока цепью управления (кроме цепи контрольного устройства) и вспомогательной цепью к нему следует прикрепить одно или несколько дополнительных устройств, таких, например, как блок-контакт, независимый расцепитель и расцепитель минимального напряжения.

Блок-контакт представляет собой выключатель с одним или несколькими контактами управления и (или) вспомогательными контактами, который механически приводится в действие устройством дифференциального тока. Для устройств дифференциального тока выпускают блок-контакт положения (БКП), предназначенный для указания коммутационного положения УДТ, и блок-контакт срабатывания (БКС), предназначенный для указания срабатывания УДТ.

При замыкании главных контактов УДТ замыкающие контакты БКП замыкаются, а размыкающие контакты – размыкаются. При размыкании устройством дифференциального тока своих главных контактов из-за появления в его главной цепи тока замыкания на землю (ВДТ и АВДТ) или сверхтока (АВДТ), под воздействием независимого расцепителя или расцепителя минимального напряжения, а также при ручном управлении УДТ замыкающие контакты БКП замыкаются, а размыкающие контакты – замыкаются. Применение блок-контактов положения во вспомогательных цепях устройств дифференциального тока позволяет выполнить в электроустановке здания систему сигнализации и контроля их коммутационного положения. Кроме того, БКП могут быть исполь-

зованы в цепях управления других коммутационных устройств, которые применяют в одной электроустановке здания.

При замыкании главных контактов устройства дифференциального тока замыкающие контакты БКС замыкаются, а размыкающие контакты БКС размыкаются. В исходное положение контакты БКС возвращаются в двух случаях: при размыкании УДТ своих главных контактов из-за появления в его главной цепи тока замыкания на землю, сверхтока и при отключении УДТ с помощью независимого расцепителя или расцепителя минимального напряжения. При ручном отключении УДТ контакты БКС не меняют своего коммутационного положения. Блок-контакты срабатывания, как правило, используют во вспомогательных цепях для сигнализации об отключении устройством дифференциального тока тока замыкания на землю или сверхтока, но их можно применять и в цепях управления других коммутационных устройств, установленных в электроустановке здания.

Независимый расцепитель и расцепитель минимального напряжения применяют для управления устройством дифференциального тока (более подробно см. ниже).

Главная цепь устройства дифференциального тока обычно состоит из двух, трех или четырех полюсов. Под **полюсом** понимают часть УДТ, связанную исключительно с одним электрически независимым проводящим путем его главной цепи, оснащенную контактами, предназначенными замыкать и размыкать главную цепь, исключая те части, которые обеспечивают средства для монтажа и совместного оперирования всеми полюсами.

Наиболее широкое применение в электроустановках зданий получили двухполюсные устройства дифференциального тока, предназначенные для использования в однофазных двухпроводных¹ электрических цепях, и четырехполюсные УДТ, которые используют в трехфазных четырехпроводных² электрических цепях. Для трехфазных трехпроводных³ электрических цепей выпуска-

¹ Однофазная двухпроводная электрическая цепь может включать в себя фазный и нейтральный проводники или два фазных проводника. Защитный проводник, входящий в состав этой цепи, не учитывают в общем числе проводников.

² Трехфазная четырехпроводная электрическая цепь включает в себя три фазных проводника, нейтральный проводник и защитный проводник.

³ Трехфазная трехпроводная электрическая цепь включает в себя три фазных проводника и защитный проводник.

ют трехполюсные УДТ, имеющие меньшую область применения, чем четырехполюсные устройства, поскольку такие электрические цепи используют значительно реже.

Для выполнения функции по защите от сверхтока АВДТ оснащают защищенными полюсами. Оставшийся полюс АВДТ, если таковой имеется, может быть незащищенным полюсом или коммутирующим нейтральным полюсом. **Защищенный полюс** оснащен расцепителем сверхтока таким же, как и автоматический выключатель. **Незащищенный полюс** не имеет расцепителя сверхтока, но во всем остальном он способен к той же самой работе, как защищенный полюс того же самого АВДТ. **Коммутирующий нейтральный полюс** предназначен коммутировать электрическую цепь нейтрального проводника, но не предназначен иметь коммутационную способность при коротком замыкании.

В главной цепи каждого полюса устройства дифференциально тока имеются главные контакты. **Главный контакт** представляет собой контакт, включенный в главную цепь УДТ и предназначенный для проведения в замкнутом положении электрического тока, протекающего в его главной цепи.

При размыкании главной цепи УДТ, по которой протекает электрический ток (особенно – сверхток), возможно возникновение электрических дуг между разъединяемыми частями главных контактов. Поэтому АВДТ, а часто и ВДТ, оснащают дуговыми контактами, на которых предполагается возникновение электрической дуги.

Дуговой контакт может быть главным контактом, а может быть отдельным контактом, который размыкается позже, а замыкается раньше другого контакта главной цепи, защищаемого им от повреждения электрической дугой. У АВДТ так же, как у автоматических выключателей, дуговые контакты обычно являются главными контактами. Главный контакт имеет специальную конструкцию проводящих частей, которая обеспечивает перемещение электрической дуги в **дугогасительную камеру**, где она разбивается металлическими пластинами на несколько частей и интенсивно гасится.

В многополюсном устройстве дифференциального тока подвижные контакты всех полюсов (за исключением коммутирующего нейтрального полюса) должны замыкать и размыкать главную цепь практически одновременно как при автоматическом, так и при ручном оперировании. Контакты коммутирующего нейтраль-

ного полюса должны размыкаться позже, а замыкаться раньше контактов остальных полюсов УДТ.

В цепи управления устройства дифференциального тока имеются **контакты управления**, которые механически приводятся в действие этим же УДТ. **Вспомогательные контакты**, если их используют, входят в состав вспомогательной цепи устройства дифференциального тока и механически приводятся в действие этим же УДТ.

Каждое устройство дифференциального тока оснащают одним или несколькими расцепителями, которые предназначены для инициирования:

автоматического размыкания главных контактов в случае появления в главной цепи тока замыкания на землю (ВДТ и АВДТ), сверхтока (АВДТ);

автоматического размыкания ВДТ или АВДТ при снижении напряжения или изменении других характеристик подключенных к нему электрических цепей и электрооборудования;

дистанционного отключения ВДТ или АВДТ.

Расцепитель представляет собой устройство, механически связанное с устройством дифференциального тока или встроенное в него, которое освобождает удерживающее приспособление в механизме УДТ и инициирует его автоматическое размыкание.

Для сравнения величины дифференциального тока в главной цепи устройства дифференциального тока со значением дифференциального тока срабатывания, а также для выдачи команды на размыкание главных контактов в УДТ установлен **расцепитель дифференциального тока**. Расцепитель дифференциального тока инициирует автоматическое срабатывание УДТ в том случае, если значение дифференциального тока в его главной цепи превосходит значение дифференциального тока срабатывания или равно ему.

Для выполнения АВДТ функций по защите от сверхтока их оснащают (помимо расцепителя дифференциального тока) такими же **расцепителями сверхтока**, какими оснащены автоматические выключатели. Если АВДТ состоит из блока дифференциального тока и автоматического выключателя, то расцепитель дифференциального тока расположен в БДТ, а расцепители сверхтока – в автоматическом выключателе.

Устройства дифференциального тока могут быть оснащены независимыми расцепителями и расцепителями минимального напряжения.

Независимый расцепитель¹ представляет собой расцепитель, возбуждаемый источником напряжения. Он предназначен для дистанционного управления устройством дифференциального тока. Его используют в тех случаях, когда существует потребность в дистанционном отключении каких-то электрических цепей с помощью УДТ.

После подачи напряжения на цепь управления независимого расцепителя его электромагнитный механизм воздействует на удерживающее приспособление устройства дифференциального тока, инициируя размыкание контактов его главной цепи. Управляющий сигнал для независимого расцепителя может быть сформирован вручную, например, посредством кнопочного выключателя с замыкающим контактом. Сигнал управления также может быть сгенерирован каким-либо коммутационным или электронным устройством по факту выполнения каких-то predeterminedенных условий, например, таймером при наступлении установленного часа.

Включение устройства дифференциального тока после осуществления его дистанционного отключения с помощью независимого расцепителя производят вручную.

Расцепитель минимального напряжения² представляет собой расцепитель, инициирующий размыкание автоматического выключателя с выдержкой времени или без нее, когда напряжение на выводах расцепителя снижается ниже predeterminedенного значения. Основным его назначением является побуждение устройства дифференциального тока к отключению электрооборудования при недопустимом для него снижении напряжения. Расцепитель минимального напряжения обычно вызывает отключение устрой-

¹ В МЭС (в стандарте МЭК 60050-441) и других стандартах МЭК этот расцепитель назван шунтовым расцепителем (shunt release).

² В МЭС (в стандарте МЭК 60050-441) и в стандарте МЭК 60947-1 этот расцепитель назван расцепителем пониженного напряжения («undervoltage release»). В ГОСТ 30011.1, который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 60947-1:2004, термину дано наименование «минимальный расцепитель напряжения», которое имеет логическую ошибку. Рассматриваемый расцепитель должен реагировать на снижение напряжения ниже predeterminedенного значения. Поэтому его следует называть расцепителем минимального напряжения.

ства дифференциального тока при снижении напряжения в своей цепи управления до 75 % от его номинального значения (например, равного 230 В переменного тока) и менее, а также препятствует включению УДТ, если напряжение в этой цепи меньше 85 % от номинального напряжения.

Каждое устройство дифференциального тока должно иметь **механизм свободного расцепления**, который обеспечивает возвращение подвижных контактов его главной цепи в разомкнутое положение, когда автоматическое размыкание инициируется после начала замыкания, даже если сохраняется команда на замыкание. Этот механизм позволяет осуществлять отключение УДТ тока замыкания на землю в тот момент, когда выполняют его ручное управление. Например, при ручном оперировании устройством дифференциального тока на включение электрической цепи, в которой имеется замыкание на землю, по замыканию главных контактов через главную цепь УДТ начнет протекать ток замыкания на землю. Под его воздействием расцепитель дифференциального тока освободит удерживающее приспособление в механизме УДТ. Главные контакты УДТ станут автоматически размыкаться, несмотря на то, что в рассматриваемый промежуток времени еще продолжается ручное управление на их замыкание.

Аналогично функционирует механизм свободного расцепления АВДТ при ручном включении электрической цепи, в которой имеется короткое замыкание. После замыкания главных контактов в главной цепи АВДТ начнет протекать ток короткого замыкания. Расцепитель сверхтока освободит удерживающее приспособление в механизме АВДТ. Главные контакты АВДТ станут автоматически размыкаться даже при продолжении ручного оперирования на их замыкание.

Если АВДТ состоит из блока дифференциального тока и автоматического выключателя, механизм свободного расцепления АВДТ находится в автоматическом выключателе. Расцепитель дифференциального тока, который находится в БДТ, воздействует на удерживающее приспособление механизма автоматического выключателя, позволяя реализовать функцию свободного расцепления при включении рассматриваемым АВДТ электрической цепи, в которой имеется замыкание на землю.

В каждом устройстве дифференциального тока предусмотрена индикация его коммутационного положения, которая позволяет определить, в каком положении (замкнутом или разомкнутом)

находятся его главные контакты. С этой целью устройство дифференциального тока может быть оснащено **индикатором положения**. В противном случае коммутационное положение УДТ указывает орган управления, который должен иметь два четко различающихся состояния покоя, соответствующих замкнутому и разомкнутому положению его главных контактов. При автоматическом срабатывании УДТ из-за появления тока замыкания на землю (ВДТ, АВДТ) или сверхтока (АВДТ) в его главной цепи орган управления УДТ может занимать отдельное, третье положение. Орган управления вертикально установленного УДТ обычно перемещается вверх-вниз. При перемещении органа управления вверх главные контакты УДТ замыкаются, а при перемещении органа управления вниз они размыкаются. Замкнутое положение УДТ обозначают знаком **I** (вертикальной чертой), разомкнутое положение – знаком **O** (окружностью).

У АВДТ, состоящего из блока дифференциального тока и автоматического выключателя, коммутационное положение обычно указывает индикатор положения и орган управления автоматического выключателя. Если орган управления вертикально установленного автоматического выключателя перемещается вверх-вниз, его главные контакты должны замыкаться при перемещении органа управления вверх.

Для электрического присоединения устройства дифференциального тока к проводникам внешних электрических цепей используют **выводы**, которые могут быть **выводами резьбового типа** и **выводами безрезьбового типа**. Обычно УДТ оснащают резьбовыми выводами: столбчатыми, винтовыми, штифтовыми, пластинчатыми, реже – выводами для наконечников. Наиболее распространенным видом выводов у современных устройств дифференциального тока является **столбчатый вывод**, в отверстие или полость которого вставляют проводник и зажимают его одним или несколькими винтами. Некоторые фирмы начинают производить устройства дифференциального тока, оснащенные выводами безрезьбового типа.

Согласно стандартам МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1, ГОСТ ИЕС 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1 выпускают следующие устройства дифференциального тока:

УДТ типа АС, подлежащее срабатыванию которых происходит только при синусоидальных переменных дифференциальных токах, либо прикладываемых скачком, либо медленно растущих;

УДТ типа А, подлежащее срабатыванию которых происходит как при синусоидальных переменных дифференциальных токах, так и при пульсирующих постоянных дифференциальных токах, либо прикладываемых скачком, либо медленно растущих.

Стандартом МЭК 62423¹ установлены дополнительные к стандартам МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 требования, в соответствии с которыми выпускают УДТ типа F и типа В. **УДТ типа F** предназначены для защиты электрических цепей, к которым подключены частотные преобразователи. Они оперируют так же, как УДТ типа А, и дополнительно:

при сложных дифференциальных токах либо прикладываемых скачком, либо медленно растущих;

при пульсирующем постоянном дифференциальном токе, наложенном на сглаженный постоянный ток 0,01 А.

УДТ типа В оперируют так же, как УДТ типа F, и дополнительно:

при синусоидальных переменных дифференциальных токах, имеющих частоту до 1000 Гц включительно;

при пульсирующем постоянном дифференциальном токе, который появляется в двух и более фазах;

при сглаженных постоянных дифференциальных токах либо прикладываемых скачком, либо медленно растущих.

В зависимости от наличия задержки по времени (при наличии отключающего дифференциального тока) выпускают устройства дифференциального тока без выдержки времени – **тип для общего применения** и УДТ с выдержкой времени – **тип S** для обеспечения селективности. Устройства дифференциального тока типа S специально предназначены для обеспечения селективной работы при их последовательном включении с УДТ общего применения (см. «Основное правило селективного оперирования устройств дифференциального тока»).

Рассмотрим характеристики устройств дифференциального тока, установленные требованиями стандартов МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1, ГОСТ IEC 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1.

Номинальное рабочее напряжение U_e или **номинальное напряжение U_n** представляет собой установленное изготовителем напряжение, при котором обеспечена работоспособность

¹ На основе стандарта МЭК 62423 подготовлен ГОСТ IEC 62423, который введен в действие с 1 января 2016 г.

устройства дифференциального тока. Для одного УДТ может быть установлено несколько значений номинального напряжения. В этом случае каждому значению номинального напряжения соответствует определенное значение номинальной коммутационной способности при коротком замыкании АВДТ. Для двухполюсных УДТ установлены предпочтительные значения номинального напряжения, равные 120, 230, 240 и 400 В, для трех- и четырехполюсных УДТ – 400 В.

Устройства дифференциального тока, имеющие значения номинального напряжения 230 и 400 В, применяют в широко распространенных в нашей стране низковольтных электрических системах с номинальным напряжением 230, 400 и 230/400 В, включающих в себя электроустановки зданий. УДТ, предпочтительные значения номинального напряжения которых равны 120 и 240 В, предназначены для использования в электрических системах с номинальным напряжением 120/240 и 240 В.

Под **номинальным напряжением изоляции** U_i понимают установленное изготовителем напряжение, к которому отнесены напряжения испытания изоляции и расстояния утечки. Номинальное напряжение изоляции применяют для определения значений напряжений, используемых при испытании изоляции устройства дифференциального тока. Это напряжение также учитывают при установлении расстояний утечки УДТ. Когда отсутствуют другие указания, значение номинального напряжения изоляции соответствует наибольшему значению номинального напряжения УДТ. При этом значение наибольшего номинального напряжения УДТ не должно превышать значения его номинального напряжения изоляции.

Номинальный ток I_n является установленным изготовителем электрическим током, который ВДТ способен проводить в продолжительном режиме. АВДТ способен проводить электрический ток, равный номинальному току, в продолжительном режиме при установленной контрольной температуре окружающего воздуха.

Под продолжительным режимом понимают такой режим, при котором главные контакты устройства дифференциального тока остаются замкнутыми, проводя установившийся электрический ток без прерывания в течение продолжительного времени (неделями, месяцами и даже годами). Стандартная контрольная температура окружающего воздуха принята равной 30 °С.

Предпочтительные значения номинального тока ВДТ установлены равными 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 А, а для АВДТ – 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 А.

Характеристика «**номинальная частота**» определяет промышленную частоту, для которой разработано устройство дифференциального тока и с которой согласованы значения других его характеристик. УДТ может иметь одно или несколько значений номинальной частоты. Стандартные значения номинальной частоты равны 50 и 60 Гц.

Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ – установленное изготовителем значение отключающего дифференциального тока, при котором устройство дифференциального тока должно оперировать при определенных условиях. Для УДТ, которые имеют несколько фиксированных значений отключающего дифференциального тока, под номинальным отключающим дифференциальным током подразумевают его наибольшее значение.

Вид дифференциального тока, появившегося в главной цепи устройства дифференциального тока, существенно влияет на значение отключающего дифференциального тока. УДТ типа АС и типа А автоматически срабатывают при появлении в их главных цепях синусоидального дифференциального тока, равного номинальному отключающему дифференциальному току. Гарантированное срабатывание УДТ типа А (при возникновении в его главной цепи пульсирующего постоянного дифференциального тока) возможно в тех случаях, когда значение этого дифференциального тока равно верхнему пределу тока расщепления, равному $1,4 I_{\Delta n}$ (для УДТ, имеющего $I_{\Delta n} > 0,01$ А) и $2,0 I_{\Delta n}$ (для УДТ с $I_{\Delta n} \leq 0,01$ А). Если на пульсирующей постоянной дифференциальный ток накладывается постоянный ток, равный 0,006 А, то гарантированное срабатывание УДТ обеспечивается при значении дифференциального тока, равного: $1,4 I_{\Delta n} + 0,006$ А при $I_{\Delta n} > 0,01$ А и $2,0 I_{\Delta n} + 0,006$ А при $I_{\Delta n} \leq 0,01$ А.

Стандартные значения номинального отключающего дифференциального тока УДТ установлены равными 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3 и 0,5 А.

Под **номинальным неотключающим дифференциальным током $I_{\Delta no}$** понимают установленное изготовителем значение неотключающего дифференциального тока, при котором устройство дифференциального тока не оперирует при определенных услови-

ях. Стандартное значение номинального неотключающего синусоидального дифференциального тока равно $0,5 I_{\Delta n}$. Для пульсирующего постоянного дифференциального тока численное значение этой характеристики УДТ не установлено. Однако требованиями к проверке оперирования УДТ типа А при протекании через их главные цепи пульсирующих постоянных токов замыкания на землю установлены нижние и верхние пределы токов расцепления. При угле задержки тока α , равном 0° , нижний предел пульсирующего постоянного тока расцепления равен $0,35 I_{\Delta n}$, при $90^\circ - 0,25 I_{\Delta n}$, при $135^\circ - 0,11 I_{\Delta n}$. То есть при таких значениях пульсирующих постоянных дифференциальных токов УДТ могут сработать. Поэтому неотключающие пульсирующие постоянные дифференциальные токи меньше указанных нижних пределов пульсирующих постоянных токов расцепления.

Характеристики устройства дифференциального тока «номинальный отключающий дифференциальный ток» и «верхний предел тока расцепления», с одной стороны, «номинальный неотключающий дифференциальный ток» и «нижний предел тока расцепления», с другой стороны, устанавливают токовый диапазон, в котором находится минимальный отключающий дифференциальный ток любого качественного УДТ.

Если значение синусоидального дифференциального тока в главной цепи устройства дифференциального тока меньше номинального неотключающего дифференциального тока или равно ему, УДТ не должно оперировать. Если синусоидальный дифференциальный ток равен и тем более превышает номинальный отключающий дифференциальный ток, УДТ, как правило, должно автоматически разомкнуть свои главные контакты.

Следовательно, минимальное значение синусоидального дифференциального тока, при котором УДТ может сработать, находится в диапазоне свыше $0,5 I_{\Delta n}$ до $I_{\Delta n}$.

Если значение пульсирующего постоянного дифференциального тока в главной цепи устройства дифференциального тока меньше нижнего предела тока расцепления, УДТ не должно оперировать. Если пульсирующий постоянный дифференциальный ток равен или превышает верхний предел тока расцепления, УДТ, как правило, должно автоматически разомкнуть свои главные контакты.

Следовательно, минимальное значение пульсирующего постоянного дифференциального тока, при котором УДТ может срабо-

тать, находится в диапазоне от $0,35 I_{\Delta n}$ при $\alpha = 0^\circ$ или $0,25 I_{\Delta n}$ при $\alpha = 90^\circ$, или $0,11 I_{\Delta n}$ при $\alpha = 135^\circ$ до $1,4 I_{\Delta n}$ для УДТ с $I_{\Delta n} > 0,01$ А или $2,0 I_{\Delta n}$ для УДТ с $I_{\Delta n} \leq 0,01$ А.

При пульсирующем постоянном токе минимальный отключающий дифференциальный ток изменяется в большем диапазоне, чем при синусоидальном. Наименьшее его значение равно $0,11 I_{\Delta n}$, а наибольшее значение превышает номинальный отключающий дифференциальный ток и может быть равно $1,4 I_{\Delta n}$ или $2,0 I_{\Delta n}$. Если через главную цепь УДТ протекает постоянный ток, значение которого равно $0,006$ А, наибольшее значение минимального отключающего дифференциального тока может достигать величины, равной:

$$1,4 I_{\Delta n} + 0,006 \text{ А при } I_{\Delta n} > 0,01 \text{ А};$$

$$2,0 I_{\Delta n} + 0,006 \text{ А при } I_{\Delta n} \leq 0,01 \text{ А}.$$

Наибольшее значение неотключающего синусоидального дифференциального тока почти равно номинальному отключающему дифференциальному току УДТ. При пульсирующем постоянном токе наибольший неотключающий дифференциальный ток УДТ приближается к следующим значениям дифференциального тока:

$$1,4 I_{\Delta n} \text{ или } (1,4 I_{\Delta n} + 0,006 \text{ А}) \text{ при } I_{\Delta n} > 0,01 \text{ А};$$

$$2,0 I_{\Delta n} \text{ или } (2,0 I_{\Delta n} + 0,006 \text{ А}) \text{ при } I_{\Delta n} \leq 0,01 \text{ А}.$$

В ГОСТ ИЕС 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1 установлены две временные характеристики устройств дифференциального тока – «**время отключения**» и «**предельное время неотключения**», посредством которых нормируют их время оперирования. Характеристика «время отключения» определяет промежуток времени между моментом внезапного появления отключающего дифференциального тока и моментом гашения дуги на всех полюсах УДТ. Предельное время неотключения характеризует максимальный промежуток времени, в течение которого устройство дифференциального тока не размыкает главные контакты, несмотря на то, что в его главной цепи имеет место отключающий дифференциальный ток.

Характеристика «предельное время неотключения» установлена только для устройств дифференциального тока типа S, которые должны срабатывать с определенной выдержкой времени. Это позволяет обеспечить их селективную работу с последовательно включенными устройствами дифференциального тока общего применения (см. статью «Основное правило селективного оперирования устройств дифференциального тока»).

Характеристика «**номинальная включающая и отключающая способность I_m** » предусмотрена только для ВДТ. Она представляет собой установленное изготовителем действующее значение переменной составляющей ожидаемого тока, который автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока способен включать, проводить и отключать при определенных условиях. Эта характеристика указывает максимальное значение тока короткого замыкания, который ВДТ может самостоятельно включить, проводить определенное время и отключить при наличии в его главной цепи отключающего дифференциального тока. Любой ВДТ должен три раза включить и автоматически отключить электрическую цепь, в которой протекает сверхток, равный I_m , при наличии в его главной цепи отключающего дифференциального тока.

Минимальное значение номинальной включающей и отключающей способности ВДТ равно большему значению из следующих двух: или $10 I_n$, или 500 А. Если номинальный ток ВДТ не превышает 50 А, минимальное значение рассматриваемой характеристики равно 500 А. В противном случае – оно равно десяти номинальным токам. Многие производители ВДТ устанавливают для своих изделий большие значения номинальной включающей и отключающей способности, чем указанные минимально допустимые значения.

Под **номинальной дифференциальной включающей и отключающей способностью $I_{\Delta m}$** понимают установленное изготовителем действующее значение переменной составляющей ожидаемого дифференциального тока, которое устройство дифференциального тока способно включать, проводить и отключать при определенных условиях. Рассматриваемая характеристика указывает на способность УДТ включать, проводить в течение определенного времени и отключать дифференциальные токи короткого замыкания. Любое УДТ должно два раза включить и автоматически отключить, а также один раз автоматически отключить электрическую цепь, в которой протекает дифференциальный сверхток, равный $I_{\Delta m}$. После проведения указанных испытаний УДТ должно расцепиться при дифференциальном токе, равном $1,25 I_{\Delta n}$.

В ГОСТ IEC 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1 для ВДТ и АВДТ установлено минимальное значение номинальной дифференциальной включающей и отключающей способности, которое должно быть

равным бóльшему значению из следующих двух значений: или $10 I_n$, или 500 А.

Характеристика «**номинальный условный ток короткого замыкания I_{nc}** » предусмотрена только для ВДТ. Она представляет собой установленное изготовителем действующее значение ожидаемого тока короткого замыкания, который автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока, защищенный устройством защиты от короткого замыкания¹ (УЗКЗ), способен выдержать при определенных условиях без нарушения своей работоспособности.

Поскольку ВДТ не имеет встроенной защиты от сверхтока, должна быть предусмотрена его защита от токов короткого замыкания и токов перегрузки автоматическим выключателем или плавким предохранителем. Рассматриваемую характеристику ВДТ используют для согласования с характеристиками УЗКЗ и с максимальным током короткого замыкания в месте установки ВДТ.

Стандартные значения номинального условного тока короткого замыкания до 10000 А включительно установлены в ГОСТ ИЕС 61008-1 равными 3000, 4500, 6000 и 10000 А. Предпочтительное значение для тока свыше 10000 А, но не более 25000 А установлено в стандарте равным 20000 А.

Номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания $I_{\Delta c}$ также является характеристикой только ВДТ. Он представляет собой установленное изготовителем значение ожидаемого дифференциального тока, который автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока, защищенный УЗКЗ, может выдержать при определенных условиях без нарушения своей работоспособности.

Во время замыкания какой-либо опасной части, находящейся под напряжением, на открытую проводящую часть электрооборудования класса I ток замыкания на землю в системах TN мо-

¹ В стандарте МЭК 60050-442 термин «устройство защиты от короткого замыкания (для устройства дифференциального тока) (УЗКЗ)» определен следующим образом: устройство, определенное производителем устройства дифференциального тока, которое должно быть установлено в цепи последовательно с устройством дифференциального тока для того, чтобы защищать его только от коротких замыканий.

жет быть равен току однофазного короткого замыкания. Поэтому должна быть предусмотрена защита ВДТ от дифференциальных токов короткого замыкания, которую выполняют с помощью автоматического выключателя или плавкого предохранителя. Рассматриваемую характеристику ВДТ используют для согласования с характеристиками УЗКЗ и с максимальным током короткого замыкания на землю в месте установки ВДТ.

Стандартные значения номинального условного дифференциального тока короткого замыкания до 10000 А включительно равны 3000, 4500, 6000 и 10000 А. Предпочтительное значение для тока свыше 10000 А, но не более 25000 А установлено в ГОСТ IEC 61008-1 равным 20000 А.

При протекании большого сверхтока, не являющегося током замыкания на землю, через главную цепь автоматического выключателя, управляемого дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтока он может автоматически сработать даже при отсутствии в главной цепи отключающего дифференциального тока. Ложное оперирование ВДТ происходит из-за погрешности дифференциального трансформатора, во вторичной обмотке которого появляется электрический ток, достаточный для срабатывания расцепителя дифференциального тока. Расцепитель дифференциального тока АВДТ также может выдать команду на размыкание главных контактов при протекании в его главной цепи сверхтока в условиях отсутствия дифференциального тока срабатывания.

В ГОСТ IEC 61008-1 и ГОСТ Р 51327.1 установлены две характеристики УДТ, определяющие предельное значение сверхтока, протекающего через главную цепь устройства дифференциального тока, который еще не вызывает его автоматического срабатывания в условиях отсутствия отключающего дифференциального тока. Первая характеристика, названная **«предельное значение сверхтока неотключения в случае нагрузки УДТ с двумя токовыми путями»**, определяет максимальное значение сверхтока, который в условиях отсутствия какого-либо замыкания на землю, а также в отсутствие тока утечки может протекать через УДТ с двумя токовыми путями, не вызывая его оперирования.

В ГОСТ IEC 61008-1 отсутствует стандартное минимальное значение сверхтока неотключения для ВДТ с двумя токовыми путями в случае однофазной нагрузки, однако установлено стандартное минимальное значение сверхтока неотключения в случае много-

фазной равномерной нагрузки многополюсного ВДТ. Это значение равно шестикратному номинальному току ВДТ. Двухполюсный ВДТ является многополюсным устройством. Однофазный сверхток (за исключением сверхтока замыкания на землю, который может возникнуть в системах TN) представляет для двухполюсного ВДТ «равномерную нагрузку». Поэтому можно предположить, что при протекании сверхтока, равного $6 I_n$, через главную цепь двухполюсного ВДТ, в условиях отсутствия отключающего дифференциального тока, он не будет оперировать, по крайней мере, в течение 1 с.

Для АВДТ с двумя токовыми путями стандартное значение рассматриваемой характеристики в ГОСТ Р 51327.1 не установлено. Не предусмотрено в стандарте также проведение испытаний, аналогичных испытаниям ВДТ.

Вторая характеристика, названная «**предельное значение сверхтока неотключения в случае однофазной нагрузки трех- или четырехполюсного УДТ**», устанавливает максимальное значение однофазного сверхтока, который при отсутствии какого-либо замыкания на землю и в отсутствие тока утечки может протекать через трех- или четырехполюсное УДТ, не вызывая его срабатывания.

В ГОСТ ИЕС 61008-1 стандартное минимальное значение этой характеристики установлено равным $6 I_n$. При таком значении однофазного сверхтока в главной цепи трех- или четырехполюсного ВДТ и при отсутствии отключающего дифференциального тока он не должен оперировать, по крайней мере, в течение 1 с.

В ГОСТ Р 51327.1 отсутствует стандартное минимальное значение сверхтока неотключения в случае однофазной нагрузки трех- или четырехполюсного АВДТ. Однако в п. 9.18 стандарта изложены требования по проверке предельного значения сверхтока в случае однофазной нагрузки трех- и четырехполюсного АВДТ. В главной цепи АВДТ устанавливают ток, равный 0,8 от значения нижней границы стандартного диапазона токов мгновенного расцепления (для типа мгновенного расцепления В – $0,8 \times 3 I_n$, С – $0,8 \times 5 I_n$ и D – $0,8 \times 10 I_n$). При указанном испытательном токе АВДТ не должен оперировать в течение 1 с.

Характеристика I^2t ВДТ – кривая, отражающая максимальные значения I^2t как функцию ожидаемого тока в определенных условиях эксплуатации. Эта характеристика указывает на способность ВДТ пропускать ожидаемый сверхток через свою главную цепь. Поскольку ВДТ имеют ограничения по значению характе-

ристики I^2t , необходимо проводить проверку возможности обеспечения их защиты от токов короткого замыкания посредством автоматических выключателей или плавких предохранителей. Иными словами, при определенном номинальном условном токе короткого замыкания значение характеристики I^2t устройства защиты от сверхтока должно быть не более значения характеристики I^2t ВДТ.

Характеристика I^2t АВДТ представляет собой кривую, отражающую максимальные значения I^2t АВДТ как функцию ожидаемого тока в установленных условиях эксплуатации. Эта характеристика позволяет оценить способность автоматического выключателя, управляемого дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока ограничивать ожидаемый сверхток в защищаемых им электрических цепях. Классификация АВДТ по характеристике I^2t находится на стадии рассмотрения.

Характеристика расцепления каждого автоматического выключателя, управляемого дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтока должна быть стабильной во время эксплуатации АВДТ и находиться в пределах соответствующей **стандартной времятоковой зоны**. Основные параметры стандартных времятоковых зон АВДТ представлены в таблице 8 «Времятоковые рабочие характеристики¹» ГОСТ Р 51327.1. Они должны соответствовать параметрам стандартных времятоковых зон, установленным для автоматических выключателей в таблице 7 ГОСТ Р 50345. Однако пределы времени нерасцепления для испытания «а» в ГОСТ Р 51327.1 указаны иначе, чем в первоисточнике – стандарте МЭК 61009-1:2006, действующих стандартах МЭК 61009-1 и МЭК 60898-1, а также в ГОСТ Р 50345: $t = (55-65)$ мин (при $I_n \leq 63$ А), $t = (115-125)$ мин (при $I_n > 63$ А). Возможно, разработчики ГОСТ Р 51327.1 таким способом попытались исправить ошибку, допущенную в стандарте МЭК 61009-1:2006, в котором пределы времени нерасцепления для испытания «а» были заданы неправильно: $t \geq 1$ ч (при $I_n \leq 63$ А), $t \geq 2$ ч (при $I_n > 63$ А). В действующем стандарте МЭК 61009-1 эта ошибка исправлена.

¹ В стандарте МЭК 61009-1:2006 и в действующем стандарте МЭК 61009-1 эта таблица названа «Времятоковые характеристики оперирования» («Time-current operating characteristics»). Поскольку рассматриваемая таблица задает параметры 12 стандартных времятоковых зон для АВДТ, ее можно назвать иначе: «Параметры стандартных времятоковых зон».

Параметры стандартных времятоковых зон АВДТ

Испытание	Тип мгновенного расщепления ¹	Испытательный ток	Начальное состояние	Пределы времени расщепления или нерасщепления	Требуемый результат
a	B, C, D	$1,13 I_n$	Холодное ²	$t \leq 1$ ч (при $I_n \leq 63$ А) $t \leq 2$ ч (при $I_n > 63$ А)	Без расщепления
b	B, C, D	$1,45 I_n$	Сразу за «а»	$t < 1$ ч (при $I_n \leq 63$ А) $t < 2$ ч (при $I_n > 63$ А)	Расщепление
c	B, C, D	$2,55 I_n$	Холодное	$1 \text{ с} < t < 60 \text{ с}$ (при $I_n \leq 32$ А) ³ $1 \text{ с} < t < 120 \text{ с}$ (при $I_n > 32$ А)	Расщепление
d	B	$3 I_n$	Холодное	$t \leq 0,1 \text{ с}^4$	Без расщепления
	C	$5 I_n$			
	D	$10 I_n$			
e	B	$5 I_n$	Холодное	$t < 0,1 \text{ с}$	Расщепление
	C	$10 I_n$			
	D	$50 I_n^5$			

¹ В головке таблицы 8 ГОСТ Р 51327.1 и стандарте МЭК 61009-1:2006 указано кратко: «Тип». Однако в текстах обоих стандартов отсутствуют какие-либо разъяснения того, что следует понимать под этой характеристикой. Буквами «В», «С» и «D» в национальном и международном стандартах обозначены типы мгновенного расщепления АВДТ.

² Испытания при «холодном» начальном состоянии АВДТ выполняют при контрольной температуре калибровки, равной 30 °С, без предварительного пропуска электрического тока через его главную цепь.

³ В таблице 8 ГОСТ Р 51327.1 указано неправильно: $I_n < 32$ А. Поэтому пределы времени расщепления для АВДТ с номинальным током 32 А оказались не установленными.

⁴ В стандарте МЭК 61009-1:2006 время было указано неправильно: $t \geq 0,1 \text{ с}$. То есть при указанных испытательных токах АВДТ могут не размыкаться в течение суток, недели, месяца, года. Однако нельзя признать допустимым подобное «быстродействие» АВДТ, когда через его главную цепь протекает, например, десятикратный номинальный ток.

⁵ В стандартах МЭК 61009-1 и МЭК 60898-1, а также в ГОСТ Р 50345 этот испытательный ток установлен равным $20 I_n$.

Для стандартной времятоковой зоны АВДТ установлены следующие условные параметры, используемые при испытаниях «а» и «б»:

условное время, равное 1 ч для АВДТ с номинальным током до 63 А включительно и 2 ч – с номинальным током свыше 63 А;

условный ток нерасщепления I_{nt} – установленный электрический ток, который АВДТ проводит условное время без расщепления: $I_{nt} = 1,13 I_n$;

условный ток расщепления I_t – установленный электрический ток, вызывающий расщепление АВДТ в пределах условного времени: $I_t = 1,45 I_n$.

Приведенные выше параметры стандартных времятоковых зон действительны для АВДТ, оперирующих при **контрольной температуре калибровки**, равной 30 °С, в специальных условиях, которые, в частности, предусматривают последовательное соединение всех его полюсов. Однако проверку характеристики расщепления автоматического выключателя можно проводить при температуре окружающего воздуха, которая отлична от 30 °С, корректируя испытательные токи. При этом увеличение или уменьшение испытательных токов не должно превышать 1,2 % на 1 °С соответственно уменьшения или увеличения температуры, при которой выполняют проверку, относительно контрольной температуры калибровки.

Изменение температуры окружающего воздуха сказывается на характеристике расщепления АВДТ. Однако, как указано в ГОСТ Р 51327.1, изменение температуры окружающего воздуха от – 5 до + 40 °С не должно сопровождаться существенным ее изменением.

Стандартная времятоковая зона АВДТ в области сверхтоков, которые равны или меньше нижней границы диапазона токов мгновенного расщепления, незначительно изменяется в зависимости от конкретного типа мгновенного расщепления. В области сверхтоков, превышающих нижнюю границу диапазона токов мгновенного расщепления, стандартная времятоковая зона АВДТ существенно зависит от типа мгновенного расщепления.

При пропуске условного тока нерасщепления I_{nt} , равного $1,13 I_n$, через все полюсы АВДТ, находящегося в холодном начальном состоянии, в течение условного времени не должно происходить его расщепление. По завершении этой проверки в течение 5 с электрический ток через АВДТ плавно увеличивают до условного

тока расщепления I_c , равного $1,45 I_n$. При указанном испытательном токе АВДТ должен расщепиться в течение условного времени.

При пропускании электрического тока, равного $2,55 I_n$, через все полюсы АВДТ, начиная от холодного состояния, он должен расщепиться в течение промежутка времени не менее 1 с и не более 60 с при номинальном токе АВДТ до 32 А включительно или 120 с при номинальном токе свыше 32 А.

Если, начиная от холодного состояния, через все полюсы АВДТ пропускают электрический ток, равный $3 I_n$, $5 I_n$ и $10 I_n$ (соответственно для типов мгновенного расщепления В, С и D), то его расщепление не должно происходить, по крайней мере в течение 0,1 с. При пропускании через все полюсы АВДТ, начиная от холодного состояния, электрического тока, равного $5 I_n$, $10 I_n$ и $50 I_n$ (соответственно для типов мгновенного расщепления В, С и D), он должен расщепиться за время менее 0,1 с.

Параметры испытания «ф» установлены не очень удачно, поскольку в них отсутствует максимально допустимое время расщепления АВДТ. Результатом испытания должно быть указано «расщепление», поскольку при появлении электрических токов в главных цепях АВДТ, равных $3 I_n$, $5 I_n$ и $10 I_n$, должно происходить их расщепление за время более 0,1 с, но менее какого-то максимального промежутка времени, в течение которого АВДТ должны сработать. Максимальное время определяется граничными значениями стандартной времятоковой зоны расщепителя сверхтока с обратно-зависимой выдержкой времени, параметры которой представлены в анализируемой таблице для испытаний «в» и «с».

Иными словами, в таблице 8 ГОСТ Р 51327.1 и в таблице 10 стандарта МЭК 61009-1, а также в таблицах 7 ГОСТ Р 50345 и стандарта МЭК 60898-1 для испытания «ф» следует указать как минимальное, так и максимальное время расщепления для АВДТ и автоматических выключателей с типом мгновенного расщепления В, С и D при испытательных токах, соответственно равных $3 I_n$, $5 I_n$ и $10 I_n$. Минимальное время соответствует времени мгновенного расщепления. Максимальное время соответствует времени расщепления, определяемому по верхнему пределу стандартной времятоковой зоны расщепителя сверхтока с обратно-зависимой выдержкой времени. Интервал времени расщепления для испытания «ф» должен ограничиваться с двух сторон: $0,1 \text{ с} < t < XX \text{ с}$, так же как это сделано в стандарте МЭК 60898-2 и подготовленном

на его основе ГОСТ ИЕС 60898-2 для автоматических выключателей с типами мгновенного расцепления В и С. Для автоматических выключателей с типом мгновенного расцепления D пределы времени расцепления заимствованы из изменений, внесенных в 1996 г. в европейский стандарт EN 60898, который в основном соответствовал ранее действовавшему стандарту МЭК 60898:1995. Эти изменения уточнили параметры стандартных времятоковых зон автоматических выключателей для испытания «d», а также откорректировали методику проверки времятоковых характеристик автоматических выключателей при испытательных токах, равных $3 I_n$, $5 I_n$ и $10 I_n$.

Параметры стандартных времятоковых зон автоматических выключателей для испытания «d»

Испытание	Тип мгновенного расцепления	Испытательный ток	Начальное состояние	Пределы времени расцепления или нерасцепления	Требуемый результат
d	В	$3,00 I_n$	Холодное	$0,1 \text{ с} < t < 45 \text{ с} (I_n \leq 32 \text{ А})$	Расцепление
				$0,1 \text{ с} < t < 90 \text{ с} (I_n > 32 \text{ А})$	
	С	$5,00 I_n$		$0,1 \text{ с} < t < 15 \text{ с} (I_n \leq 32 \text{ А})$	
				$0,1 \text{ с} < t < 30 \text{ с} (I_n > 32 \text{ А})$	
	D	$10,00 I_n$		$0,1 \text{ с} < t < 4 \text{ с} (I_n \leq 32 \text{ А})$	
				$0,1 \text{ с} < t < 8 \text{ с} (I_n > 32 \text{ А})$	

Времятоковая характеристика качественного АВДТ должна находиться в пределах его стандартной времятоковой зоны. Проверку времятоковой характеристики следует производить в строгом соответствии с требованиями, изложенными в п. 9.9.2 ГОСТ Р 51327.1. Любые отступления от указанных норм при испытании АВДТ неминуемо влекут за собой некорректные результаты, основываясь на которых нельзя сделать вывод о его пригодности к использованию в электроустановке здания.

Ток мгновенного расцепления – минимальный электрический ток, вызывающий автоматическое срабатывание АВДТ без выдержки времени, является характеристикой расцепителя сверхтока. Для каждого типа мгновенного расцепления в ГОСТ Р 51327.1 установлены следующие **стандартные диапазоны токов мгновенного расцепления**.

венного расщепления, в которых должны находиться токи мгновенного расщепления всех качественных АВДТ:

тип мгновенного расщепления В – **свыше**¹ $3 I_n$ до $5 I_n$;

тип мгновенного расщепления С – свыше $5 I_n$ до $10 I_n$;

тип мгновенного расщепления D – свыше $10 I_n$ до $50 I_n$ ².

Если в главной цепи АВДТ протекает электрический ток (не являющийся током замыкания на землю), величина которого равна нижней границе стандартного диапазона токов мгновенного расщепления ($3 I_n$, $5 I_n$, $10 I_n$), то он должен расщепиться за промежуток времени более 0,1 с, но менее 45 с или 90 с (тип мгновенного расщепления В), 15 с или 30 с (тип мгновенного расщепления С) и 4 с или 8 с (тип мгновенного расщепления D) соответственно при номинальном токе до 32 А включительно и более 32 А. То есть нижняя граница стандартного диапазона токов мгновенного расщепления не является током мгновенного расщепления.

При протекании в главной цепи АВДТ электрического тока, равного верхней границе стандартного диапазона токов мгновенного расщепления ($5 I_n$, $10 I_n$, $50 I_n$), он должен расщепиться за промежуток времени менее 0,1 с. То есть верхняя граница стандартного диапазона токов мгновенного расщепления представляет собой максимально допустимое значение минимального тока мгновенного расщепления. Любой сверхток, превышающий верхнюю границу стандартного диапазона токов мгновенного расщепления, тем более должен вызывать мгновенное расщепление АВДТ.

В том случае, если значение электрического тока, протекающего в главной цепи АВДТ, находится между нижней и верхней границами стандартного диапазона токов мгновенного расщепления, он может расщепиться либо с незначительной выдержкой времени (несколько секунд), либо без выдержки времени (менее 0,1 с). Фактическое время срабатывания и ток мгновенного расщепления конкретного АВДТ определяется его индивидуальной времятоковой характеристикой (индивидуальным током мгновенного расщепления).

¹ В ГОСТ Р 51327.1 диапазон задан неправильно: **от ... до ...**. То есть нижние границы стандартных диапазонов токов мгновенного расщепления включены в состав этих диапазонов. В стандартах МЭК 61009-1:2006 и МЭК 61009-1 указано иначе: **свыше ... до ...**.

² В стандарте МЭК 61009-1 верхняя граница стандартного диапазона токов мгновенного расщепления для типа мгновенного расщепления D установлена равной $20 I_n$. Для специальных АВДТ, имеющих тип мгновенного расщепления D, верхняя граница может быть увеличена до $50 I_n$.

В отличие от автоматического выключателя, АВДТ оснащен расцепителем дифференциального тока, который будет инициировать его срабатывание при появлении тока замыкания на землю. При коротком замыкании какой-либо опасной части, находящейся под напряжением, на открытую проводящую часть электроприемника класса I в электроустановке здания, соответствующей типу заземления системы TN-S, TN-C-S или TN-C, расцепитель сверхтока АВДТ может сработать за промежуток времени менее 0,1 с, если ток замыкания на землю превышает его ток мгновенного расцепления. При этом расцепитель дифференциального тока АВДТ сработает за промежуток времени менее 0,04 с. Учитывая, что в указанных условиях фактическое время срабатывания обоих расцепителей примерно одинаково и составляет около 0,01 с, оба расцепителя сработают одновременно. Если ток замыкания на землю меньше тока мгновенного расцепления АВДТ, он будет срабатывать под воздействием расцепителя дифференциального тока.

Характеристика **«номинальная коммутационная способность при коротком замыкании¹ I_{cn} »** установлена только для АВДТ. Она равна значению предельной отключающей способности при коротком замыкании, установленному изготовителем АВДТ. Под **предельной отключающей способностью при коротком замыкании² I_{cu}** в ГОСТ Р 51327.1 понимают отключающую способность, для которой предписанные условия соответственно уста-

¹ В ГОСТ Р 51327.1 так же, как в ГОСТ Р 50345, эта характеристика названа номинальной наибольшей отключающей способностью, а в стандарте МЭК 61009-1:2006 так же, как в стандарте МЭК 60898-1, она поименована номинальной способностью при коротком замыкании. При этом под способностью при коротком замыкании в международных стандартах понимают (включающую и отключающую) способность при коротком замыкании, т. е. коммутационную способность АВДТ при коротком замыкании. С целью уточнения терминологии в национальных нормативных документах вместо термина «номинальная наибольшая отключающая способность» следует использовать термин «номинальная коммутационная способность при коротком замыкании».

² В ГОСТ Р 51327.1 и ГОСТ Р 50345 рассматриваемая характеристика имеет наименование «предельная наибольшая отключающая способность». В стандартах МЭК 61009-1:2006 и МЭК 60898-1 эта характеристика названа иначе – «предельная отключающая способность при коротком замыкании». В национальных стандартах, распространяющихся на АВДТ и автоматические выключатели, вместо термина «предельная наибольшая отключающая способность» следует использовать термин «предельная отключающая способность при коротком замыкании».

новленной последовательности испытаний не предусматривают способности АВДТ проводить в течение условного времени электрический ток, равный 0,85 его тока нерасщепления.

Включающую и отключающую способность при коротком замыкании¹ АВДТ оценивают в стандарте по действующему значению переменной составляющей ожидаемого тока, который он предназначен включать, проводить в течение его времени размыкания и отключать при определенных условиях.

Время размыкания, упомянутое в определении характеристики АВДТ, представляет собой интервал времени между моментом, когда электрический ток² в главной цепи АВДТ, находящегося в замкнутом положении, достигает значения срабатывания расцепителя сверхтока, и моментом, когда дуговые контакты разомкнулись во всех полюсах. Для отключения сверхтока АВДТ требуется определенное время – **время отключения**, которое представляет собой интервал времени между началом времени размыкания и концом времени дуги. Началом времени размыкания считают момент, когда электрический ток в главной цепи АВДТ достигнет уровня срабатывания его расцепителя сверхтока. Концом времени дуги является момент гашения электрических дуг во всех полюсах АВДТ. Поэтому время отключения однополюсного АВДТ приблизительно равно сумме времени размыкания и **времени дуги** в полюсе, а многополюсного АВДТ – сумме времени размыкания и времени дуги в многополюсном АВДТ.

Характеристика «номинальная коммутационная способность при коротком замыкании» определяет максимальный ток короткого замыкания, который АВДТ должен гарантированно включить, проводить определенное время и отключить при заданных стандартом условиях, например, при установленном в стандарте диа-

¹ В ГОСТ Р 51327.1 рассматриваемая характеристика имеет неправильное наименование – «наибольшая **отключающая** (включающая и отключающая) способность», поскольку совокупность включения и отключения является **коммутацией**. В ГОСТ Р 50345 этой характеристике дано иное название – «наибольшая включающая и отключающая способность». В стандартах МЭК 61009-1:2006 и МЭК 60898-1 эта характеристика именована иначе – «(включающая и отключающая) способность при коротком замыкании». В национальных стандартах, распространяющихся на АВДТ и автоматические выключатели, вместо указанных терминов следует использовать термин «включающая и отключающая способность при коротком замыкании».

² Речь идет о сверхтоке, не связанном с замыканием на землю.

пазоне коэффициентов мощности (см. табл. 17 ГОСТ Р 51327.1). АВДТ, тем более, должен отключить любой ток короткого замыкания, значение которого не превышает его номинальной коммутационной способности при коротком замыкании.

Требования п. 9.12.11.4 «Испытание на токах св. 1500 А» ГОСТ Р 51327.1 установили, что каждый АВДТ должен обеспечить одно отключение испытательной электрической цепи с ожидаемым током короткого замыкания, равным номинальной коммутационной способности при коротком замыкании, а также одно включение с последующим автоматическим отключением электрической цепи, в которой протекает указанный испытательный ток. После проведения этого испытания АВДТ не должен иметь повреждений, ухудшающих его эксплуатационные свойства, а также должен выдерживать установленные стандартом испытания на электрическую прочность и проверку характеристики расцепления.

Рассматриваемую характеристику АВДТ используют для согласования ее численного значения с токами короткого замыкания в электроустановке здания. Значение номинальной коммутационной способности при коротком замыкании должно превышать или быть равным максимальному току короткого замыкания в месте установки АВДТ.

Для АВДТ в ГОСТ Р 51327.1 установлены такие же значения номинальной коммутационной способности при коротком замыкании, какие установлены ГОСТ Р 50345 для автоматических выключателей:

в диапазоне сверхтока до 10000 А включительно – стандартные значения номинальной коммутационной способности при коротком замыкании, равные 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 А;

в диапазоне сверхтока свыше 10000 А до 25000 А включительно – предпочтительное значение номинальной коммутационной способности при коротком замыкании, равное 20000 А.

Номинальной коммутационной способности при коротком замыкании АВДТ соответствует определенная **рабочая отключающая способность при коротком замыкании**¹ I_{cs} – отключающая

¹ В ГОСТ Р 51327.1 и ГОСТ Р 50345 эта характеристика названа рабочей наибольшей отключающей способностью, а в стандартах МЭК 61009-1:2006 и МЭК 60898-1 – рабочей отключающей способностью при коротком замыкании. В национальных нормативных документах вместо термина «рабочая наибольшая отключающая способность» следует использовать термин «рабочая отключающая способность при коротком замыкании».

способность, для которой предписанные условия соответственно установленной последовательности испытаний предусматривают способность АВДТ проводить в течение условного времени электрический ток, равный 0,85 его тока нерасщепления.

Между номинальной коммутационной способностью при коротком замыкании АВДТ и его рабочей отключающей способностью при коротком замыкании установлены соотношения, представленные в таблице 18 ГОСТ Р 51327.1 в виде коэффициента $K = I_{cs} / I_{cn}$. Эти данные полностью соответствуют данным ГОСТ Р 50345.

Соотношения между номинальной коммутационной и рабочей отключающей способностями при коротком замыкании

Номинальная коммутационная способность при коротком замыкании I_{cn}	Рабочая отключающая способность при коротком замыкании I_{cs}
$I_{cn} \leq 6000 \text{ A}$	$I_{cs} = I_{cn}$
$6000 \text{ A} < I_{cn} \leq 10000 \text{ A}$	$I_{cs} = 0,75 I_{cn}$, но не менее 6000 А
$I_{cn} > 10000 \text{ A}$	$I_{cs} = 0,5 I_{cn}$, но не менее 7500 А

Рабочая отключающая способность при коротком замыкании значительно меньше номинальной коммутационной способности при коротком замыкании (при $I_{cn} > 6000 \text{ A}$). Поэтому каждый АВДТ способен отключить электрический ток, равный рабочей отключающей способности при коротком замыкании, большее число раз, чем электрический ток, равный номинальной коммутационной способности при коротком замыкании.

Одно- и двухполюсный АВДТ должны обеспечить два отключения испытательной электрической цепи с ожидаемым током короткого замыкания в ней, равным рабочей отключающей способности при коротком замыкании, и одно включение указанной электрической цепи с последующим ее автоматическим отключением. Трех- и четырехполюсный АВДТ должны обеспечить одно отключение электрической цепи, в которой протекает указанный испытательный ток, а также два ее включения с последующим автоматическим отключением.

После проведения указанного испытания АВДТ не должен иметь повреждений, ухудшающих его эксплуатационные свойства. Каждый АВДТ также должен выдержать предписанные стандар-

том испытания на электрическую прочность и проверку его характеристики расщепления.

Устройства дифференциального тока характеризуются **номинальным импульсным выдерживаемым напряжением** $U_{\text{имп}}$, которое равно наибольшему пиковому значению импульсного напряжения предписанной формы и полярности, не вызывающему пробоя изоляции в заданных условиях испытания. Значения номинального импульсного выдерживаемого напряжения установлены производными от номинального напряжения низковольтной электроустановки, в которых применяют УДТ. Для электроустановок, входящих в состав трехфазных электрических систем с номинальным напряжением 230/400 В, номинальное импульсное выдерживаемое напряжение должно быть не менее 4 кВ, в однофазных трехпроводных электрических системах с номинальным напряжением 120/240 В – не менее 2,5 кВ.

Каждое УДТ имеет определенную коммутационную и механическую износостойкость. Под **коммутационной износостойкостью** понимают способность коммутационного устройства выполнять определенное число циклов оперирования, когда в его главной цепи протекает электрический ток, оставаясь после этого в предусмотренном состоянии. Механическая износостойкость устанавливает способность коммутационного устройства выполнять определенное число циклов оперирования, когда в его главной цепи не протекает электрический ток, оставаясь после этого в предусмотренном состоянии.

При номинальном напряжении и токовой нагрузке в своей главной цепи, равной номинальному току, устройство дифференциального тока должно выдерживать не менее 2000 циклов электрического оперирования. Кроме того, УДТ должно выдержать без нагрузки не менее 2000 циклов механического оперирования, если его номинальный ток не превышает 25 А, и 1000 циклов при номинальном токе более 25 А. Каждый цикл оперирования состоит из замыкания главных контактов УДТ с последующим их размыканием.

Размыкание устройства дифференциального тока во время испытаний на его коммутационную износостойкость производят тремя способами. В первой части циклов электрического оперирования размыкание производят посредством органа ручного управления. Во второй части циклов размыкание УДТ инициируют его

контрольным устройством. В третьей части циклов автоматическое размыкание УДТ вызывают путем приложения отключающего дифференциального тока к его главной цепи.

После выполнения всех перечисленных циклов электрического и механического оперирования устройство дифференциального тока не должно быть чрезмерно изношенным, не должно иметь поврежденных подвижных контактов главной цепи, а также – ослабления электрических и механических соединений. Кроме того, не должна ухудшаться электрическая прочность изоляции УДТ – оно должно выдержать предписанную стандартом проверку.

Устройство дифференциального тока должно быть достаточно устойчивым к импульсам электрического тока, вызванным в электроустановке здания грозовыми или коммутационными перенапряжениями. Оно не должно срабатывать от импульсов электрического тока, вызванных емкостной нагрузкой. УДТ типа S должно также выдерживать импульсы электрических токов, вызванные короткими замыканиями, происходящими в каких-либо электрических цепях электроустановок зданий.

Проверку устойчивости устройства дифференциального тока выполняют с помощью специальных импульсов электрического тока. Любое УДТ не должно срабатывать от воздействующих на него десяти испытательных импульсов электрического тока 0,5 мкс/100 кГц с пиковым значением 200 А (25 А для УДТ с номинальным отключающим дифференциальным током до 0,01 А включительно).

Повышенную устойчивость УДТ типа S к нежелательному срабатыванию дополнительно проверяют импульсным током 8/20 мкс с пиковым значением, равным 3000 А. УДТ не должно срабатывать при приложении к любому его полюсу десяти указанных импульсов электрического тока.

Каждое устройство дифференциального тока должно иметь стойкую маркировку, которая включает в себя значения следующих основных характеристик и данных:

1. Наименование или торговый знак изготовителя.
2. Типовое обозначение УДТ, каталожный или серийный номер.
3. Одно или несколько значений номинального напряжения U_n УДТ.

4. Номинальный ток I_n для ВДТ. Для АВДТ указывают номинальный ток I_n в амперах без указания единицы измерения с предшествующим обозначением типа мгновенного расцепления (В, С или D). Например, В16: тип мгновенного расцепления – В, номинальный ток – 16 А.

5. Номинальную частоту, если УДТ предназначено для работы только при одной частоте.

6. Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ УДТ.

7. Значения отключающего дифференциального тока, если УДТ имеет несколько таких значений.

8. Номинальную включающую и отключающую способность I_m^1 ВДТ.

9. Номинальную коммутационную способность при коротком замыкании I_{cn} АВДТ в амперах.

10. Номинальную дифференциальную включающую и отключающую способность $I_{\Delta m}$, если она отличается от номинальной включающей и отключающей способности ВДТ и если она отличается от номинальной коммутационной способности при коротком замыкании АВДТ.

11. Степень защиты, при ее отличии от IP20.

12. Рабочее положение, при необходимости.

13. Символ **S** для УДТ типа S.

14. Указание о том, что УДТ функционально зависит от напряжения, если это имеет место.

15. Обозначение органа управления контрольного устройства УДТ буквой «Т».

16. Схему подключения УДТ.

17. Рабочую характеристику при наличии дифференциальных токов с составляющими постоянного тока:

УДТ типа АС маркируют символом .

УДТ типа А обозначают символом .

18. Контрольную температуру калибровки АВДТ, если она отличается от 30 °С.

Маркировка должна быть четко видна после установки ВДТ и АВДТ. Если размеры устройств не позволяют разместить всю пере-

¹ В пункте б) раздела 6 ГОСТ IEC 61008-1 указано ошибочное наименование характеристики ВДТ: «номинальная **включающая и отключающая коммутационная** способность». Коммутационная способность представляет собой включающую и отключающую способность.

численную информацию, то данные, указанные в пп. 4, 6, 15 и 17 (только для типа А) для ВДТ и пп. 4, 6 и 13 для АВДТ¹ должны быть видны после их монтажа.

Характеристики, перечисленные в пп. 1–3, 10, 12 и 16 для ВДТ, в пп. 1–3, 9 и 16 для АВДТ, могут быть нанесены на боковых и задних поверхностях устройств и быть видимыми только до их установки в низковольтном распределительном устройстве. Остальная информация должна быть приведена в эксплуатационной документации на изделия или в каталогах изготовителя.

В разделе 6 «Маркировка и другая информация об изделии» ГОСТ IEC 61008-1 и в соответствующем шестом разделе стандарта МЭК 61008-1 отсутствуют требования о маркировке на изделии или о предоставлении в ином виде следующих характеристик ВДТ:

номинального условного тока короткого замыкания I_{nc} ;

номинального условного дифференциального тока короткого замыкания $I_{\Delta c}$.

Изготовитель должен предоставить допустимые для ВДТ значения характеристики I^2t и пикового тока I_p . В противном случае применяют минимальные значения, приведенные в таблице 18 ГОСТ IEC 61008-1.

В каталоге или эксплуатационной документации на изделие изготовитель также должен указать сведения хотя бы об одном устройстве защиты от короткого замыкания, подходящем для защиты ВДТ.

Разомкнутое (отключенное) положение устройства дифференциального тока, управляемого органом оперирования, перемещаемым вверх–вниз (вперед–назад), должно обозначаться символом **O** (окружностью), замкнутое (включенное) его положение маркируется символом **I** (вертикальной чертой). Эти обозначения должны быть хорошо видны после установки УДТ. Для обозначения включенного и отключенного положений УДТ допускается также использование дополнительных символов.

При необходимости различать входные и выходные выводы УДТ их следует четко обозначать, например, словами «линия» и «нагрузка», расположенными около соответствующих выводов,

¹ Согласно требованиям действующих стандартов МЭК 61008-1 и МЭК 61009-1 после монтажа ВДТ и АВДТ должна быть видна маркировка, указанная в пп. 4, 6, 13, 15 и 17 (последняя только для УДТ типа А).

или стрелками, указывающими направление протекания электроэнергии.

Выводы устройства дифференциального тока, предназначенные только для присоединения нейтрального проводника, должны быть маркированы буквой «N».

Выводы устройства дифференциального тока, которые используют исключительно лишь для присоединения защитного проводника, маркируют символом .

Устройство защитного отключения (УЗО) – см. устройство дифференциального тока.

Термин «устройство защитного отключения» использовали в ранее действовавших стандартах комплекса ГОСТ Р 50571, применяют в ГОСТ Р МЭК 60755, ГОСТ 31603, ПУЭ, своде правил СП 31-110 и в некоторых других нормативных и правовых документах. В действующих стандартах комплекса ГОСТ Р 50571 и в ГОСТ 30331.1 используют термин «устройство дифференциального тока (УДТ)», которое полностью соответствует термину «residual current device (RCD)», употребляемому в требованиях и рекомендациях стандартов и других документов МЭК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ¹

1. British Standard BS 7671:2008. Requirements for Electrical Installations. IEE Wiring Regulations. Seventeenth Edition. – London: The Institution of Engineering and Technology and BSI, 2008.
2. International standard IEC 60044-8:2002. Instrument transformers. Part 8: Electronic current transformers. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2002-07.
3. International standard IEC 60050-151:2001. International Electrotechnical Vocabulary. Part 151: Electrical and magnetic devices. Second edition. – Geneva: IEC, 2001-07.
4. International standard IEC 60050-151-am1:2013. International Electrotechnical Vocabulary. Part 151: Electrical and magnetic devices. Second edition. Amendment 1. – Geneva: IEC, 2013-08.
5. International standard IEC 60050-151-am2:2014. International Electrotechnical Vocabulary. Part 151: Electrical and magnetic devices. Second edition. Amendment 2. – Geneva: IEC, 2014-08.
6. International standard IEC 60050-195:1998. International Electrotechnical Vocabulary. Part 195: Earthing and protection against electric shock. First edition. – Geneva: IEC, 1998-08.
7. International standard IEC 60050-195-am1:2001. International Electrotechnical Vocabulary. Part 195: Earthing and protection against electric shock. First edition. Amendment 1. – Geneva: IEC, 2001-01.
8. International standard IEC 60050-441:1984. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses. Second edition. – Geneva: IEC, 1984-01.
9. International standard IEC 60050-441-am1:2000. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses. Second edition. Amendment 1. – Geneva: IEC, 2000-07.
10. International standard IEC 60050-442:1998. International Electrotechnical Vocabulary. Part 442: Electrical accessories. First edition. – Geneva: IEC, 1998-11.
11. International standard IEC 60050-442-am1:2015. International Electrotechnical Vocabulary. Part 442: Electrical accessories. First edition. Amendment 1. – Geneva: IEC, 2015-02.

¹ Международные и национальные стандарты, которые действовали до 31 августа 2015 г., выделены курсивом.

12. International standard IEC 60050-448:1995. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 448: Power system protection. Second edition. – Geneva: IEC, 1995-12.

13. International standard IEC 60050-601:1985. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity. General. First edition. – Geneva: IEC, 1985.

14. International standard IEC 60050-601-am1:1998. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity. General. Edition 1.0. Amendment 1. – Geneva: IEC, 1998-04.

15. International standard IEC 60050-603:1986. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 603: Generation, transmission and distribution of electricity. Power systems planning and management. First edition. – Geneva: IEC, 1986-08.

16. International standard IEC 60050-603-am1:1998. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 603: Generation, transmission and distribution of electricity. Power systems planning and management. Edition 1.0. Amendment 1. – Geneva: IEC, 1998-05.

17. *Publication 50(826):1982. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 826: Electrical installations of buildings. First edition.* – Geneva: IEC, 1982.

18. International standard IEC 60050-826:2004. International Electrotechnical Vocabulary. Part 826: Electrical installations. Second edition. – Geneva: IEC, 2004-08.

19. International standard IEC 60071-1:2011. Insulation co-ordination. Part 1: Definitions, principles and rules. Edition 8.1. – Geneva: IEC, 2011-03.

20. *International standard IEC 60204-1:2005. Safety of machinery. Electrical equipment of machines. Part 1: General requirements. Fifth edition.* – Geneva: IEC, 2005-10.

21. International standard IEC 60204-1:2009. Safety of machinery. Electrical equipment of machines. Part 1: General requirements. Edition 5.1. – Geneva: IEC, 2009-02.

22. International standard IEC 60204-32:2008. Safety of machinery. Electrical equipment of machines. Part 32: Requirements for hoisting machines. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2008-03.

23. International standard IEC 60204-33:2009. Safety of machinery. Electrical equipment of machines. Part 33: Requirements for

semiconductor fabrication equipment. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2009-12.

24. Technical report IEC/TR 60269-5:2014. Low-voltage fuses. Part 5: Guidance for the application of low-voltage fuses. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2014-03.

25. *International standard IEC 60335-1. Household and similar electrical appliances. Safety. Part 1: General requirements. Edition 4.2.* – Geneva: IEC, 2006-09.

26. International standard IEC 60335-1:2013. Household and similar electrical appliances. Safety. Part 1: General requirements. Edition 5.1. – Geneva: IEC, 2013-12.

27. International standard IEC 60358-1:2012. Coupling capacitors and capacitor dividers. Part 1: Scope, object and definitions. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2012-06.

28. International standard IEC 60364-1:2005. Low-voltage electrical installations. Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions. Fifth edition. – Geneva: IEC, 2005-11.

29. *International standard IEC 60364-1:1972. Electrical installations of buildings. Part 1: Scope, object and definitions. Second edition.* – Geneva: IEC, 1972-01.

30. *International standard IEC 60364-2:1970. Electrical installations of buildings. Part 2: Fundamental principles. First edition.* – Geneva: IEC, 1970-01.

31. International standard IEC 60364-4-41:2005. Low-voltage electrical installations. Part 4-41: Protection for safety. Protection against electric shock. Fifth edition. – Geneva: IEC, 2005-12.

32. International standard IEC 60364-4-42:2014. Low-voltage electrical installations. Part 4-42: Protection for safety. Protection against thermal effects. Edition 3.1. – Geneva: IEC, 2014-11.

33. International standard IEC 60364-4-43:2008. Low-voltage electrical installations. Part 4-43: Protection for safety. Protection against overcurrent. Edition 3.0. – Geneva: IEC, 2008-08.

34. International standard IEC 60364-4-44:2007. Low-voltage electrical installations. Part 4-44: Protection for safety. Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2007-08.

35. International standard IEC 60364-5-51:2005. Electrical installations of buildings. Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment. Common rules. Fifth edition. – Geneva: IEC, 2005-04.

36. International standard IEC 60364-5-52:2009. Low-voltage electrical installations. Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment. Wiring systems. Edition 3.0. – Geneva: IEC, 2009-10.

37. International standard IEC 60364-5-53:2002. Electrical installations of buildings. Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment. Isolation, switching and control. Edition 3.1. – Geneva: IEC, 2002-06.

38. International standard IEC 60364-5-54:2011. Low-voltage electrical installations. Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment. Earthing arrangements and protective conductors. Edition 3.0. – Geneva: IEC, 2011-03.

39. International standard IEC 60364-5-55:2012. Electrical installations of buildings. Part 5-55: Selection and erection of electrical equipment. Other equipment. Edition 2.1. – Geneva: IEC, 2012-10.

40. International standard IEC 60364-5-56:2009. Low-voltage electrical installations. Part 5-56: Selection and erection of electrical equipment. Safety services. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2009-07.

41. International standard IEC 60364-6:2006. Low-voltage electrical installations. Part 6: Verification. First edition. – Geneva: IEC, 2006-02.

42. International standard IEC 60364-7-701:2006. Low-voltage electrical installations. Part 7-701: Requirements for special installations or locations. Locations containing a bath or shower. Second edition. – Geneva: IEC, 2006-02.

43. International standard IEC 60364-7-702:2010. Low-voltage electrical installations. Part 7-702: Requirements for special installations or locations. Swimming pools and fountains. Edition 3.0. – Geneva: IEC, 2010-05.

44. International standard IEC 60364-7-703:2004. Electrical installations of buildings. Part 7-703: Requirements for special installations or locations. Rooms and cabins containing sauna heaters. Second edition. – Geneva: IEC, 2004-10.

45. International standard IEC 60364-7-704:1989. Electrical installations of buildings. Part 7: Requirements for special installations or locations. Section 704: Construction and demolition site installations. First edition. – Geneva: IEC, 1989-03.

46. International standard IEC 60364-7-704:2005. Low-voltage electrical installations. Part 7-704: Requirements for special installations or locations. Construction and demolition site installations. Second edition. – Geneva: IEC, 2005-10.

47. International standard IEC 60364-7-705:2006. Low-voltage electrical installations. Part 7-705: Requirements for special installations or locations. Agricultural and horticultural premises. Second edition. – Geneva: IEC, 2006-07.

48. International standard IEC 60364-7-706:2005. Low-voltage electrical installations. Part 7-706: Requirements for special installations or locations. Conducting locations with restricted movement. Second edition. – Geneva: IEC, 2005-10.

49. International standard IEC 60364-7-708:2007. Low-voltage electrical installations. Part 7-708: Requirements for special installations or locations. Caravan parks, camping parks and similar locations. Second edition. – Geneva: IEC, 2007-05.

50. International standard IEC 60364-7-709:2012. Low-voltage electrical installations. Part 7-709: Requirements for special installations or locations. Marinas and similar locations. Edition 2.1. – Geneva: IEC, 2012-03.

51. International standard IEC 60364-7-710:2002. Electrical installations of buildings. Part 7-710: Requirements for special installations or locations. Medical locations. First edition. – Geneva: IEC, 2002-11.

52. International standard IEC 60364-7-711:1998. Electrical installations of buildings. Part 7-711: Requirements for special installations or locations. Exhibitions, shows and stands. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 1998-03.

53. International standard IEC 60364-7-712:2002. Electrical installations of buildings. Part 7-712: Requirements for special installations or locations. Solar photovoltaic (PV) power supply systems. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2002-05.

54. International standard IEC 60364-7-713:2013. Low-voltage electrical installations. Part 7-713: Requirements for special installations or locations. Furniture. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2013-02.

55. International standard IEC 60364-7-714:2011. Low-voltage electrical installations. Part 7-714: Requirements for special installations or locations. External lighting installations. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2011-12.

56. International standard IEC 60364-7-715:2011. Low-voltage electrical installations. Part 7-715: Requirements for special installations or locations. Extra-low-voltage lighting installations. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2011-12.

57. International standard IEC 60364-7-717:2009. Low-voltage electrical installations. Part 7-717: Requirements for special installations or locations. Mobile or transportable units. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2009-07.

58. International standard IEC 60364-7-718:2011. Low-voltage electrical installations. Part 7-718: Requirements for special installations or locations. Communal facilities and workplaces. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2011-03.

59. International standard IEC 60364-7-721:2007. Low-voltage electrical installations. Part 7-721: Requirements for special installations or locations. Electrical installations in caravans and motor caravans. First edition. – Geneva: IEC, 2007-04.

60. International standard IEC 60364-7-722:2015. Low-voltage electrical installations. Part 7-722: Requirements for special installations or locations. Supplies for electric vehicles. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2015-02.

61. International standard IEC 60364-7-729:2007. Low-voltage electrical installations. Part 7-729: Requirements for special installations or locations. Operating or maintenance gangways. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2007-07.

62. International standard IEC 60364-7-740:2000. Electrical installations of buildings. Part 7-740: Requirements for special installations or locations. Temporary electrical installations for structures, amusement devices and booths at fairgrounds, amusement parks and circuses. First edition. – Geneva: IEC, 2000-10.

63. International standard IEC 60364-7-753:2014. Low-voltage electrical installations. Part 7-753: Requirements for special installations or locations. Heating cables and embedded heating systems. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2014-05.

64. International standard IEC 60364-8-1:2014. Low-voltage electrical installations. Part 8-1: Energy efficiency. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2014-10.

65. International standard IEC 60384-14:2013. Fixed capacitors for use in electronic equipment. Part 14: Sectional specification. Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains. Edition 4.0. – Geneva: IEC, 2013-06.

66. International standard IEC 60449:1973. Voltage bands for electrical installations of buildings. First edition. – Geneva: IEC, 1973-01.

67. International standard IEC 60449-am1:1979. Voltage bands for electrical installations of buildings. Amendment 1. – Geneva: IEC, 1979-01.

68. Technical report IEC/TR 60755:2008. General requirements for residual current operated protective devices. Edition 2.0 – Geneva: IEC, 2008-01.

69. *International standard IEC 60884-1:2006. Plugs and socket-outlets for household and similar purposes. Part 1: General requirements. Edition 3.1. – Geneva: IEC, 2006-07.*

70. *International standard IEC 60898:1995. Electrical accessories. Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations. Second edition. – Geneva: IEC, 1995-02.*

71. *International standard IEC 60898-1:2003. Electrical accessories. Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations. Part 1: Circuit-breakers for a. c. operation. Edition 1.2. – Geneva: IEC, 2003-07.*

72. International standard IEC 60898-1:2015. Electrical accessories. Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations. Part 1: Circuit-breakers for a. c. operation. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2015-03.

73. International standard IEC 60898-2:2003. Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations. Part 2: Circuit-breakers for a. c. and d. c. operation. Edition 1.1. – Geneva: IEC, 2003-07.

74. International standard IEC 60909-0:2001. Short-circuit currents in three-phase a. c. systems. Part 0: Calculation of currents. First edition. – Geneva: IEC, 2001-07.

75. International standard IEC 60913:2013. Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2013-03.

76. *International standard IEC 60934:2007. Circuit-breakers for equipment (CBE). Edition 3.1. – Geneva: IEC, 2007-03.*

77. International standard IEC 60934:2013. Circuit-breakers for equipment (CBE). Edition 3.2. – Geneva: IEC, 2013-01.

78. *International standard IEC 60947-1:2004. Low-voltage switchgear and controlgear. Part 1: General rules. Edition 4.0. – Geneva: IEC, 2004-03.*

79. International standard IEC 60947-1:2014. Low-voltage switchgear and controlgear. Part 1: General rules. Edition 5.2. – Geneva: IEC, 2014-09.

80. *International standard IEC 60947-2:2006. Low-voltage switchgear and controlgear. Part 2: Circuit-breakers. Fourth edition.* – Geneva: IEC, 2006-05.

81. *International standard IEC 60947-2:2013. Low-voltage switchgear and controlgear. Part 2: Circuit-breakers. Edition 4.2.* – Geneva: IEC, 2013-01.

82. *International standard IEC 60950-1:2005. Information technology equipment. Safety. Part 1: General requirements. Second edition.* – Geneva: IEC, 2005-12.

83. *International standard IEC 60950-1:2013. Information technology equipment. Safety. Part 1: General requirements. Edition 2.2.* – Geneva: IEC, 2013-05.

84. *International standard IEC 60990:1999. Methods of measurement of touch current and protective conductor current. Second edition.* – Geneva: IEC, 1999-08.

85. *International standard IEC 61008-1:2010. Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs). Part 1: General rules. Edition 3.0.* – Geneva: IEC, 2010-02.

86. *International standard IEC 61008-1:2013. Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs). Part 1: General rules. Edition 3.2.* – Geneva: IEC, 2013-09.

87. *International standard IEC 61009-1:2006. Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs). Part 1: General rules. Edition 2.2.* – Geneva: IEC, 2006-06.

88. *International standard IEC 61009-1:2013. Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs). Part 1: General rules. Edition 3.2.* – Geneva: IEC, 2013-09.

89. *International standard IEC 61095:2000. Electromechanical contactors for household and similar purposes. Edition 1.1.* – Geneva: IEC, 2000-10.

90. *International standard IEC 61095:2009. Electromechanical contactors for household and similar purposes. Edition 2.0.* – Geneva: IEC, 2009-02.

91. *International standard IEC 61140:2009. Protection against electric shock. Common aspects for installation and equipment. Edition 3.1.* – Geneva: IEC, 2009-09.

92. International standard IEC 61230:2008. Live working. Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2008-07.

93. *International standard IEC 61439-1:2009. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 1: General rules. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2009-01.*

94. International standard IEC 61439-1:2011. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 1: General rules. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2011-08.

95. *International standard IEC 61540:1997. Electrical accessories. Portable residual current devices without integral overcurrent protection for household and similar use (PRCDs). Edition 1.0. – Geneva: IEC, 1997-08.*

96. International standard IEC 61540:1999. Electrical accessories. Portable residual current devices without integral overcurrent protection for household and similar use (PRCDs). Edition 1.1. – Geneva: IEC, 1999-03.

97. *International standard IEC 61643-1:2005. Low-voltage surge protective devices. Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems. Requirements and tests. Second edition. – Geneva: IEC, 2005-03.*

98. International standard IEC 61643-11:2011. Low-voltage surge protective devices. Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems. Requirements and test methods. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2011-03.

99. *International standard IEC 61643-12:2002. Low-voltage surge protective devices. Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems. Selection and application principles. First edition. – Geneva: IEC, 2002-02.*

100. International standard IEC 61643-12:2008. Low-voltage surge protective devices. Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems. Selection and application principles. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2008-11.

101. International standard IEC 61851-1:2010. Electric vehicle conductive charging system. Part 1: General requirements. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2010-11.

102. International standard IEC 61869-1:2007. Instrument transformers. Part 1: General requirements. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2007-10.

103. International standard IEC 61892-2:2012. Mobile and fixed offshore units. Electrical installations. Part 2: System design. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2012-03.

104. Technical report IEC/TR 61912-2:2009. Low-voltage switchgear and controlgear. Over-current protective devices. Part 2: Selectivity under over-current conditions. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2009-05.

105. International standard IEC 62091:2007. Low-voltage switchgear and controlgear. Controllers for drivers of stationary fire pumps. First edition. – Geneva: IEC, 2007-01.

106. International standard IEC 62128-1:2013. Railway applications. Fixed installations. Electrical safety, earthing and the return circuit. Part 1: Protective provisions against electric shock. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2013-09.

107. International standard IEC 62271-100:2012. High-voltage switchgear and controlgear. Part 100: Alternating current circuit-breakers. Edition 2.1. – Geneva: IEC, 2012-09.

108. International standard IEC 62271-106:2011. High-voltage switchgear and controlgear. Part 106: Alternating current contactors, contactor-based controllers and motor-starters. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2011-08.

109. International standard IEC 62271-109:2013. High-voltage switchgear and controlgear. Part 109: Alternating-current series capacitor by-pass switches. Edition 2.1. – Geneva: IEC, 2013-05.

110. International standard IEC 62335:2008. Circuit breakers. Switched protective earth portable residual current devices for class I and battery powered vehicle applications. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2008-07.

111. Technical report IEC/TR 62350:2006. Guidance for the correct use of residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use. First edition. – Geneva: IEC, 2006-12.

112. International standard IEC 62423:2009. Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses. Edition 2.0. – Geneva: IEC, 2009-11.

113. Technical report IEC/TR 62511:2014. Guidelines for the design of interconnected power systems. Edition 1.0. – Geneva: IEC, 2014-09.

114. International standard IEC 62640:2015. Residual current devices with or without overcurrent protection for socket-outlets for household and similar uses. Edition 1.1. – Geneva: IEC, 2015-05.

115. Временные указания по применению устройств защитного отключения в электроустановках жилых зданий// Вестник Главгосэнергонадзора России. 1997. № 2.

116. ГОСТ 17703–72. Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1972.

117. ГОСТ 28249–93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – М.: Стандартинформ, 2006.

118. ГОСТ 30011.1–2012 (IEC 60947-1:2004). Аппаратура распределения и управления низковольтная. Ч. 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2013.

119. ГОСТ 30331.1–2013 (IEC 60364-1:2005). Электроустановки низковольтные. Ч. 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2014.

120. ГОСТ 31603–2012 (IEC 61540:1997). Устройства защитного отключения переносные бытового и аналогичного назначения, управляемые дифференциальным током, без встроенной защиты от сверхтоков (УЗО-ДП). Общие требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014.

121. ГОСТ 32966–2014 (IEC 60449:1973). Установки электрические зданий. Диапазоны напряжения. – М.: Стандартинформ, 2015.

122. ГОСТ IEC 60050-151–2014. Международный электротехнический словарь. Ч. 151. Электрические и магнитные устройства. – М.: Стандартинформ, 2015.

123. ГОСТ IEC 60898-2–2011. Выключатели автоматические для защиты от сверхтоков электроустановок бытового и аналогичного назначения. Ч. 2. Выключатели автоматические для переменного и постоянного тока. – М.: Стандартинформ, 2013.

124. ГОСТ IEC 60950-1–2011. Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Ч. 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2013.

125. ГОСТ IEC 61008-1–2012. Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. Ч. 1. Общие требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014.

126. ГОСТ ИЕС 61058-1–2012. Выключатели для электроприборов. Ч. 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2014.

127. ГОСТ ИЕС 61140–2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. – М.: Стандартинформ, 2014.

128. ГОСТ ИЕС 61230–2012. Работы, выполняемые под напряжением. Переносное оборудование для заземления или для заземления и закорачивания. – М.: Стандартинформ, 2014.

129. ГОСТ ИЕС 62423–2013. Автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током, типа F и типа B со встроенной и без встроенной защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. – М.: Стандартинформ, 2014.

130. ГОСТ МЭК 60335-1–2008. Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. Ч. 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2014.

131. ГОСТ Р 50030.2–2010 (МЭК 60947-2:2006). Аппаратура распределения и управления низковольтная. Ч. 2. Автоматические выключатели. – М.: Стандартинформ, 2012.

132. ГОСТ Р 50031–2012 (МЭК 60934:2007). Автоматические выключатели для электрооборудования (АВО). – М.: Стандартинформ, 2013.

133. ГОСТ Р 50345–2010 (МЭК 60898-1:2003). Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения. Ч. 1. Автоматические выключатели для переменного тока. – М.: Стандартинформ, 2011.

134. ГОСТ Р 50571.1–93 (МЭК 364-1–72, МЭК 364-2–70). Электроустановки зданий. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1993.

135. ГОСТ Р 50571.1–2009 (МЭК 60364-1:2005). Электроустановки низковольтные. Ч. 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010.

136. ГОСТ Р 50571.2–94 (МЭК 364-3–93). Электроустановки зданий. Ч. 3. Основные характеристики. – М.: Изд-во стандартов, 1995.

137. ГОСТ Р 50571.3–94 (МЭК 364-4-41–92). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. – М.: Изд-во стандартов, 1995.

138. ГОСТ Р 50571.3–2009 (МЭК 60364-4-41:2005). Электроустановки низковольтные. Ч. 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. – М.: Стандартинформ, 2011.

139. ГОСТ Р 50571.4–94 (МЭК 364-4-42–80). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий. – М.: Изд-во стандартов, 1995.

140. ГОСТ Р 50571.4.42–2012/ МЭК 60364-4-42:2010. Электроустановки низковольтные. Ч. 4-42. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий. – М.: Стандартинформ, 2014.

141. ГОСТ Р 50571.4.43–2012/ МЭК 60364-4-43:2008. Электроустановки низковольтные. Ч. 4-43. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока. – М.: Стандартинформ, 2014.

142. ГОСТ Р 50571-4-44–2011 (МЭК 60364-4-44:2007). Электроустановки низковольтные. Ч. 4-44. Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех. – М.: Стандартинформ, 2012.

143. ГОСТ Р 50571.5–94 (МЭК 364-4-43–77). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока. – М.: Изд-во стандартов, 1994.

144. ГОСТ Р 50571.5.51–2013/ МЭК 60364-5-51:2005. Электроустановки низковольтные. Ч. 5-51. Выбор и монтаж электрооборудования. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2014.

145. ГОСТ Р 50571.5.52–2011/ МЭК 60364-5-52:2009. Электроустановки низковольтные. Ч. 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки. – М.: Стандартинформ, 2013.

146. ГОСТ Р 50571.5.53–2013/ МЭК 60364-5-53:2002. Электроустановки низковольтные. Ч. 5-53. Выбор и монтаж электрооборудования. Отделение, коммутация и управление. – М.: Стандартинформ, 2014.

147. ГОСТ Р 50571.5.54–2011/ МЭК 60364-5-54:2002. Электроустановки низковольтные. Ч. 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов. – М.: Стандартинформ, 2013.

148. ГОСТ Р 50571.5.54–2013/ МЭК 60364-5-54:2011. Электроустановки низковольтные. Ч. 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и

защитные проводники уравнивания потенциалов. – М.: Стандартинформ, 2014.

149. ГОСТ Р 50571.5.56–2013/ МЭК 60364-5-56:2009. Электроустановки низковольтные. Ч. 5-56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности. – М.: Стандартинформ, 2014.

150. ГОСТ Р 50571.6–94 (МЭК 364-4-45–84). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от понижения напряжения. – М.: Изд-во стандартов, 1994.

151. ГОСТ Р 50571.7–94 (МЭК 364-4-46–81). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Отделение, отключение, управление. – М.: Изд-во стандартов, 1994.

152. ГОСТ Р 50571.7.701–2013/ МЭК 60364-7-701:2006. Электроустановки низковольтные. Ч. 7. Требования к специальным установкам или местам их размещения. Раздел 701. Помещения для ванн и душевых комнат. – М.: Стандартинформ, 2014.

153. ГОСТ Р 50571.7.702–2013/ МЭК 60364-7-702:2010. Электроустановки низковольтные. Ч. 7. Требования к специальным установкам или местам их размещения. Раздел 702. Плавательные бассейны и фонтаны. – М.: Стандартинформ, 2014.

154. ГОСТ Р 50571.7.705–2012/ МЭК 60364-7-705:2006. Электроустановки низковольтные. Ч. 7-705. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Электроустановки для сельскохозяйственных и садоводческих помещений. – М.: Стандартинформ, 2014.

155. ГОСТ Р 50571.7.709–2013/ МЭК 60364-7-709:2007. Электроустановки низковольтные. Ч. 7. Требования к специальным установкам или местам их расположения. Раздел 709. Пристани и подобные расположения. – М.: Стандартинформ, 2014.

156. ГОСТ Р 50571.7.712–2013/ МЭК 60364-7-712:2002. Электроустановки низковольтные. Ч. 7-712. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Системы питания с использованием фотоэлектрических (ФЭ) солнечных батарей. – М.: Стандартинформ, 2014.

157. ГОСТ Р 50571.7.713–2011/ МЭК 60364-7-713:1996. Электроустановки низковольтные. Ч. 7-713. Требования к специальным установкам или местам их расположения. Мебель. – М.: Стандартинформ, 2012.

158. ГОСТ Р 50571.7.714–2014/ МЭК 60364-7-714:2011. Электроустановки низковольтные. Ч. 7-714. Требования к специаль-

ным электроустановкам или местам их расположения. Установки наружного освещения. – М.: Стандартинформ, 2014.

159. ГОСТ Р 50571.7.715–2014/ МЭК 60364-7-715:2011. Электроустановки низковольтные. Ч. 7-715. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Осветительные установки сверхнизкого напряжения. – М.: Стандартинформ, 2014.

160. ГОСТ Р 50571.7.717–2011/ МЭК 60364-7-717:2009. Электроустановки низковольтные. Ч. 7-717. Требования к специальным установкам или местам их расположения. Мобильные или транспортируемые модули. – М.: Стандартинформ, 2012.

161. ГОСТ Р 50571-7-753–2013/ МЭК 60364-7-753:2005. Электроустановки низковольтные. Ч. 7-753. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Электроустановки с нагреваемыми полами и потолочными поверхностями. – М.: Стандартинформ, 2014.

162. ГОСТ Р 50571.8–94 (МЭК 364-4-47–81). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Общие требования по применению мер защиты для обеспечения безопасности. Требования по применению мер защиты от поражения электрическим током. – М.: Изд-во стандартов, 1995.

163. ГОСТ Р 50571.9–94 (МЭК 364-4-473–77). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Применение мер защиты от сверхтоков. – М.: Изд-во стандартов, 1995.

164. ГОСТ Р 50571.10–96 (МЭК 364-5-54–80). Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Гл. 54: Заземляющие устройства и защитные проводники. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1996.

165. ГОСТ Р 50571.11–96 (МЭК 364-7-701–84). Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 701. Ваньные и душевые помещения. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1996.

166. ГОСТ Р 50571.12–96 (МЭК 364-7-703–84). Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 703. Помещения, содержащие нагреватели для саун. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1996.

167. ГОСТ Р 50571.13–96 (МЭК 364-7-706–83). Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 706. Стесненные помещения с проводящим полом, стенами и потолком. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1996.

168. ГОСТ Р 50571.14–96 (МЭК 364-7-705–84). *Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 705. Электроустановки сельскохозяйственных и животноводческих помещений.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1997.

169. ГОСТ Р 50571.15–97 (МЭК 364-5-52–93). *Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Гл. 52: Электропроводки.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1997.

170. ГОСТ Р 50571.16–99 (МЭК 60364-6-61–86). *Электроустановки зданий. Ч. 6. Испытания. Гл. 61: Приемосдаточные испытания.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1999.

171. ГОСТ Р 50571.16–2007 (МЭК 60364-6:2006). *Электроустановки низковольтные. Ч. 6. Испытания.* – М.: Стандартинформ, 2008.

172. ГОСТ Р 50571.17–2000 (МЭК 60364-4-482–82). *Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Гл. 48: Выбор мер защиты в зависимости от внешних условий. Раздел 482. Защита от пожара.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

173. ГОСТ Р 50571.18–2000 (МЭК 60364-4-442–93). *Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Гл. 44: Защита от перенапряжений. Раздел 442. Защита электроустановок до 1 кВ от перенапряжений, вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1 кВ.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

174. ГОСТ Р 50571.19–2000 (МЭК 60364-4-443–95). *Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Гл. 44: Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозových и коммутационных перенапряжений.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

175. ГОСТ Р 50571.20–2000 (МЭК 60364-4-444–96). *Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Гл. 44: Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

176. ГОСТ Р 50571.21–2000 (МЭК 364-5-548–96). *Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.* – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

177. ГОСТ Р 50571.22–2000 (МЭК 60364-7-707–84). Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

178. ГОСТ Р 50571.23–2000 (МЭК 60364-7-704–89). Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 704. Электроустановки строительных площадок. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

179. ГОСТ Р 50571.24–2000 (МЭК 60364-5-51–97). Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Гл. 51: Общие требования. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001.

180. ГОСТ Р 50571.25–2001. Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки зданий и сооружений с электрообогреваемыми полами и поверхностями. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2002.

181. ГОСТ Р 50571.26–2002 (МЭК 60364-5-534–97). Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2003.

182. ГОСТ Р 50571.27–2003 (МЭК 60364-7-740–2000). Электроустановки зданий. Ч. 7-740. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Временные электрические установки для сооружений, устройств для развлечений и павильонов на ярмарках, в парках развлечений и цирках. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2003.

183. ГОСТ Р 50571.28–2006 (МЭК 60364-7-710:2002). Электроустановки зданий. Ч. 7-710. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений. – М.: Стандартинформ, 2007.

184. ГОСТ Р 50571.29–2009 (МЭК 60364-5-55:2008). Электрические установки зданий. Ч. 5-55. Выбор и монтаж электрооборудования. Прочее оборудование. – М.: Стандартинформ, 2009.

185. ГОСТ Р 51322.1–2011 (МЭК 60884-1:2006). Соединители электрические штепсельные бытового и аналогичного назначения. Ч. 1. Общие требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2012.

186. ГОСТ Р 51327.1–2010 (МЭК 61009-1:2006). Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхто-

ков. Ч. 1. Общие требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2011.

187. ГОСТ Р 51731–2010 (МЭК 61095:2000). Контактторы электромеханические бытового и аналогичного назначения. – М.: Стандартинформ, 2011.

188. ГОСТ Р 51992–2011 (МЭК 61643-1:2005). Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Ч. 1. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2012.

189. ГОСТ Р МЭК 449–96. Электроустановки зданий. Диапазоны напряжения. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1996.

190. ГОСТ Р МЭК 60050-195–2005. Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2006.

191. ГОСТ Р МЭК 60050-441–2012. Аппаратура коммутационная, аппаратура управления и предохранители. Глава 441. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2014.

192. ГОСТ Р МЭК 60050-826–2009. Установки электрические. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010.

193. ГОСТ Р МЭК 60204-1–2007. Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Ч. 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2008.

194. ГОСТ Р МЭК 60384-14–2004. Конденсаторы постоянной емкости для электронной аппаратуры. Ч. 14. Групповые технические условия на конденсаторы постоянной емкости для подавления электромагнитных помех и соединения с питающими магистральями. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2005.

195. ГОСТ Р МЭК 60755–2012. Общие требования к защитным устройствам, управляемым дифференциальным (остаточным) током. – М.: Стандартинформ, 2013.

196. ГОСТ Р МЭК 60898-2–2006. Выключатели автоматические для защиты от сверхтоков электроустановок бытового и аналогичного назначения. Ч. 2. Выключатели автоматические для переменного и постоянного тока. – М.: Стандартинформ, 2006.

197. ГОСТ Р МЭК 61439-1–2012 (МЭК 61439-1:2009). Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Ч. 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2014.

198. ГОСТ Р МЭК 61643-12–2011. Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Ч. 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения. – М.: Стандартинформ, 2013.

199. Правила устройства электроустановок/ Раздел 1. Общие правила. Гл. 1.1: Общая часть; гл. 1.2: Электроснабжение и электрические сети; гл. 1.7: Заземление и защитные меры электробезопасности; гл. 1.9: Изоляция электроустановок. Раздел 6. Электрическое освещение. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Гл. 7.1: Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий; гл. 7.2: Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений; гл. 7.5: Электротермические установки; гл. 7.6: Электросварочные установки; гл. 7.10: Электролизные установки и установки гальванических покрытий. 7-е изд. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2002.

200. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. СП 31-110–2003. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

201. Харечко Ю.В. Краткий терминологический словарь по низковольтным электроустановкам. Часть 1// Приложение к журналу «Библиотека инженера по охране труда». – 2011. – № 3. – 160 с.

202. Харечко Ю.В. Краткий терминологический словарь по низковольтным электроустановкам. Часть 2// Приложение к журналу «Библиотека инженера по охране труда». – 2012. – № 4. – 160 с.

203. Харечко Ю.В. Краткий терминологический словарь по низковольтным электроустановкам. Часть 3// Приложение к журналу «Библиотека инженера по охране труда». – 2013. – № 4. – 160 с.

**Краткий терминологический словарь
по низковольтным электроустановкам
(алфавитный указатель терминов)**

Термин	Часть Словаря
РЕ-проводник	1
PEL-проводник	1
РЕМ-проводник	1
REN-проводник	1
Ввод в электроустановку здания	2
Вводное устройство	2
Вводно-распределительное устройство	2
ВРУ	2
ВУ	2
Главный распределительный щит	2
Групповая электрическая цепь	2
ГРЩ	2
Дифференциальный ток	3
Доступная часть	3
Заземленный линейный проводник	1
Замыкание на землю	3
Защитный заземляющий проводник	1
Защитный проводник (РЕ)	1
Квалифицированное лицо	2
Квалифицированный персонал	2
Квартирный щиток	2
Коммутационная аппаратура и аппаратура управления	2
Конечная электрическая цепь	2
КЩ	2
Линейный проводник (L)	1
Напряжение прикосновения	3

Термин	Часть Словаря
Нейтраль	1
Нейтральная точка	1
Нейтральный проводник (N)	1
Необученное лицо	2
Необученный персонал	2
Низкое напряжение (НН)	2
Номинальное напряжение (электроустановки здания)	3
Нулевой защитный проводник	1
Нулевой рабочий проводник	1
Обученное лицо	2
Обычное лицо	2
Ожидаемое напряжение прикосновения	3
Опасная токоведущая часть	1
Открытая проводящая часть	1
Передвижное электрооборудование	2
Переносное электрооборудование	2
Полюсный проводник (L)	1
Портативное оборудование	2
Постоянно подключенное электрооборудование	2
Проводник	1
Проводящая часть	1
Распределительная электрическая цепь	2
Сверхнизкое напряжение (СНН)	2
Совмещенный защитный заземляющий и линейный проводник (PEL-проводник, PEL)	1
Совмещенный защитный заземляющий и нейтральный проводник (PEN-проводник, PEN)	1
Совмещенный защитный заземляющий и средний проводник (PEM-проводник, PEM)	1

Термин	Часть Словаря
Совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник	1
Средний проводник (M)	1
Средняя точка	1
Стационарное электрооборудование	2
Сторонняя проводящая часть	1
Ток замыкания на землю	3
Ток защитного проводника	3
Ток прикосновения	3
Ток утечки	3
Токоведущая часть	1
Токоведущий проводник	1
Токопроводящая часть	1
Токопроводящий проводник	1
Условный предел напряжения прикосновения	3
Фазный проводник (L)	1
Фиксированное электрооборудование	2
Электрическая цепь (электроустановки здания)	2
Электрический стояк	2
Электрическое оборудование	2
Электрооборудование	2
Электрооборудование с разъемным подключением	2
Электроприемник	2
Электроустановка здания	2
Электроустановка квартиры	2
ЭРЩ	2
Этажный распределительный щиток	2

Поставщик ЗАО Редакция журнала «Охрана труда и социальное страхование»
Московский банк ПАО «Сбербанка России» г. Москва

Адрес 117393, г. Москва, ул. Гарибальди 24, корпус 3
Банк ПАО «Сбербанк России» г. Москва
Кор/счет 30101810400000000225 Рас/счет 40702810638280101680
БИК 044525225
ИНН 7728011057, КПП 772801001, тел. (499) 120-25-31

Счет № 1 от 01.10.2015

Наименование	Ед.	Кол-во	Цена за 1 шт., руб.	Итого, руб.
Подписка на «Приложение к журналу “Библиотека инженера по охране труда”» на I полугодие 2016 г. : при получении журнала в редакции	шт.	3	485.00	1455.00 В том числе НДС 10%: 132.27
при получении журнала с учетом почтовых расходов (пересылка почтовой бандеролью)			520.00	1560.00 В том числе НДС 10%: 141.82

Директор: _____

Бухгалтер: _____



Уважаемые подписчики!

Опубликованный счет является основанием для оплаты.
Оплатить подписку можно по опубликованному счету, указав в платежном поручении в графе «Назначение платежа»
почтовый адрес, контактный телефон.