МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 61800-5-1— 2019

СИСТЕМЫ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ

Часть 5-1

Требования безопасности. Электро-, тепло- и энергобезопасность

(IEC 61800-5-1:2007+AMD1:2016 CSV, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2026

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС) на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 октября 2019 г. № 123-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2025 г. № 1881-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 61800-5-1—2019 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2027 г. с правом досрочного применения

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61800-5-1:2007+AMD1:2016 CSV «Системы силовых электрических приводов с регулируемой скоростью. Часть 5-1. Требования безопасности. Электро-, тепло- и энергобезопасность» («Adjustable speed electrical power drive systems — Part 5-1: Safety requirements — Electrical, thermal and energy», IDT).

Международный стандарт разработан подкомитетом SC 22G «Регулируемые скоростные системы электроприводов с полупроводниковыми силовыми преобразователями» Технического комитета по стандартизации IEC/TC 22 «Силовая электроника» Международной электротехнической комиссии (IEC).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© IEC, 2007
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026



В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 4
4 Защита от поражения электрическим током, тепловой и энергетической опасностей 10
4.1 Общие положения 10
4.2 Условия отказа 11
4.3 Защита от поражения электрическим током 12
4.4 Защита от тепловых опасностей 40
4.5 Защита от опасных энергетических факторов 45
4.6 Защита от воздействий окружающей среды 45
5 Требования к испытаниям 45
5.1 Общие положения 45
5.2 Технические условия испытаний 48
6 Требования к информации и маркировке 71
6.1 Общие положения 71
6.2 Информация для выбора 73
6.3 Информация для установки и ввода в эксплуатацию 73
6.4 Информация для использования 76
6.5 Информация для обслуживания 78
Приложение А (справочное) Примеры защиты в случае прямого контакта 79
Приложение В (справочное) Примеры снижения категории перенапряжений 81
Приложение С (обязательное) Измерение расстояний зазора и утечки 88
Приложение D (справочное) Поправка на высоту для зазоров 94
Приложение Е (справочное) Определение зазора и расстояния утечки для частот более 30 кГц 96
Приложение F (справочное) Сечения круглых проводников 99
Приложение G (справочное) Рекомендации по совместимости с RCD 100
Приложение Н (справочное) Символы, упоминаемые в этой части IEC 61800 103
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 104
Библиография 107

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

СИСТЕМЫ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ

Часть 5-1

Требования безопасности. Электро-, тепло- и энергобезопасность

Adjustable speed electrical power drive systems. Part 5-1. Safety requirements. Electrical, thermal and energy safety

Дата введения — 2027—01—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящая часть стандарта IEC 61800 устанавливает требования к системам силовых электрических приводов (PDS) с регулируемой скоростью в отношении электро-, тепло- и энергобезопасности. Настоящая часть стандарта не распространяется на приводное оборудование, за исключением требований к интерфейсу. Он также применим к системам силовых электрических приводов, включающих преобразователи мощности, регуляторы привода и электромоторы.

Область применения настоящего стандарта распространяется на системы приводов постоянного тока, подключенные к сети свыше 1 кВ переменного тока с частотой 50 или 60 Гц; системы приводов постоянного тока с преобразователем входного напряжения свыше 35 кВ, частотой 50 или 60 Гц и выходного напряжения свыше 35 кВ.

Другие части IEC 61800 касаются технических условий на номинальные характеристики, ЭМС, функциональную безопасность и т. д.

Область применения настоящей части IEC 61800 не распространяется на устройства, используемые в качестве составных частей PDS, если они соответствуют требованиям безопасности соответствующего стандарта на продукцию для той же среды. Например, двигатели, используемые в PDS, должны соответствовать требованиям, изложенным в соответствующих частях IEC 60034.

Если не указано отдельно, требования настоящего международного стандарта применяются ко всем частям PDS, включая полный/основной модуль привода (CDM/BDM) (см. рисунок 1).

Примечание — В некоторых случаях требования безопасности PDS (например, защита от прямого контакта) могут потребовать использования специальных компонентов и/или дополнительных мер.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

IEC 60034 (все части), Rotating electrical machines Rotating electrical machines (Машины электрические вращающиеся)

IEC 60034-1, Rotating electrical machines — Part 1: Rating and performance (Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные и эксплуатационные характеристики)

Издание официальное

IEC 60034-5, Rotating electrical machines — Part 5: Degrees of protection provided by the integral de-sign of rotating electrical machines (IP code) — Classification (Машины электрические вращающиеся. Часть 5. Степени защиты, предусмотренные конструкцией вращающихся электрических машин (код IP). Классификация)

IEC 60050-111[1)], International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 111: Physics and chemistry (Международный электротехнический словарь. Глава 111. Физика и химия)

IEC 60050-151, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 151: Electrical and magnetic devices (Международный электротехнический словарь. Часть 151. Электрические и магнитные устройства)

IEC 60050-161, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 161: Electromagnetic compatibility (Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость)

IEC 60050-191, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 191: Dependability and quality of service (Международный электротехнический словарь. Глава 191. Надежность и качество услуг)

IEC 60050-441, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses (Международный электротехнический словарь. Часть 441. Коммутационная аппаратура, аппаратура управления и предохранители)

IEC 60050-442, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 442: Electrical accessories (Международный электротехнический словарь. Часть 442. Электрическая арматура)

IEC 60050-551, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 551: Power electronics (Международный электротехнический словарь. Часть 551. Силовая электроника)

IEC 60050-601, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity — General (Международный электротехнический словарь. Глава 601. Производство, передача и распределение электрической энергии. Общие понятия)

IEC 60060-1:1989[2)], High-voltage test techniques — Part 1: General definitions and test requirements (Методы испытаний высоким напряжением. Часть 1. Общие определения и требования к испытаниям)

IEC 60068-2-2:1974[3)], Environmental testing — Part 2: Tests. Tests B: Dry heat (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытания B. Сухое тепло)

IEC 60068-2-6, Environmental testing — Part 2: Tests — Test Fc: Vibration (sinusoidal) (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-6. Испытания. Испытание Fc. Вибрация (синусоидальная))

IEC 60068-2-78, Environmental testing — Part 78: Tests — Test Cab: Damp heat, steady state (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-78. Испытания. Испытание Cab. Влажное тепло, постоянный режим)

IEC 60112:2003[4)], Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials (Метод определения контрольного и сравнительного индексов трекингостойкости твердых изоляционных материалов)

IEC 60204-11, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV (Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 11. Требования к оборудованию на напряжение свыше 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока и не превышающее 36 кВ)

IEC 60309, Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes (Вилки, штепсельные розетки и соединительные устройства промышленного назначения)

IEC 60364-1, Low-voltage electrical installations — Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions (Вилки, штепсельные розетки и соединительные устройства промышленного назначения. Часть 1. Общие требования)

[1)] Заменен на IEC 60050-112:2010, IEC 60050-113:2011, IEC 60050-114:2014. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[2)] Заменен на IEC 60060-1:2010. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[3)] Заменен на IEC 60068-2-2:2007. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[4)] Заменен на IEC 60112:2025. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

IEC 60364-4-41:2005, Low-voltage electrical installations — Part 4-41: Protection for safety — Protection against electric shock (Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Защита в целях безопасности. Защита от поражения электрическим током)

IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017

IEC 60364-5-54:2002[1)], Electrical installations of buildings — Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment — Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors (Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие приспособления и защитные провода)

IEC 60417, Graphical symbols for use on equipment (Графические символы для использования на оборудовании)

IEC 60529:1989, Degrees of protection provided by enclosures (IP code) (Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP))

IEC 60617, Graphical symbols for diagrams (Графические символы для диаграмм)

IEC 60664-1:1992[2)], Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 1: Principles, requirements and tests (Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 1. Принципы, требования и испытания)

Amd1 (2000)

Amd2 (2002)

IEC 60664-3:2003[3)], Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 3: Use of coatings to achieve insulation coordination of printed board assemblies (Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 3. Использование покрытий, заливки компаундом и формовки для защиты от загрязнений)

IEC 60664-4:2005, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress (Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 4. Анализ высокочастотного напряжения)

IEC 60695-2-10, Fire hazard testing — Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods — Glow-wire apparatus and common test procedure (Испытание на пожароопасность. Часть 2-10. Методы испытаний раскаленной/горячей проволокой. Аппаратура для испытания раскаленной проволокой и общий порядок проведения испытаний)

IEC 60695-2-13, Fire hazard testing — Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods — Glow-wire ignitability test method for materials (Испытание на пожароопасность. Часть 2-13. Методы испытаний раскаленной/горячей проволокой. Метод испытания материалов для определения температуры воспламенения раскаленной проволокой)

IEC 60695-11-10, Fire hazard testing — Part 11-10: Test flames — 50 W horizontal and vertical flame test methods (Испытания на пожароопасность. Часть 11-10. Испытательное пламя. Методы испытаний горизонтального и вертикального горения с использованием пламени мощностью 50 Вт)

IEC 60695-11-20, Fire hazard testing — Part 11-20: Test flames — 500 W flame test methods (Испытания на пожароопасность. Часть 11-20. Испытательное пламя. Метод испытания пламенем мощностью 500 Вт)

IEC 60755, General requirements for residual current operated protective devices (Общие требования безопасности к защитным устройствам, управляемым дифференциальным током)

IEC 60947-4-1:2009[4)], Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-1: Contactors and motor-starters — Electromechanical contactors and motor-starters (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-1. Контакторы и пускатели электродвигателей. Электромеханические контакторы и пускатели электродвигателей)

IEC 60947-4-1:2009/AMD1:2012

[1)] Заменен на IEC 60364-5-54:2011. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[2)] Заменен на IEC 60664-1:2020. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[3)] Заменен на IEC 60664-3:2016. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[4)] Заменен на IEC 60947-4-1:2023. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

IEC 60947-7-1:2002[1)], Low-voltage switchgear and control gear — Part 7-1: Ancillary equipment — Terminal blocks for copper conductors (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7-1. Оборудование вспомогательное. Клеммные колодки для медных проводников)

IEC 60947-7-2:2002[2)], Low-voltage switchgear and controlgear — Part 7-2: Ancillary equipment — Protective conductor terminal blocks for copper conductors (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7-2. Оборудование вспомогательное. Клеммные колодки с защитным проводом для медных проводников)

IEC 60990:1999[3)], Methods of measurement of touch current and protective conductor current (Методы измерений тока прикосновения и тока защитного проводника)

IEC 61230, Live working — Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting (Работа под напряжением. Переносное оборудование для заземления или для заземления и закорачивания)

IEC 61800-1, Adjustable speed electrical power drive systems — Part 1: General requirements — Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems (Системы силовых электрических приводов с регулируемой скоростью. Часть 1. Общие требования. Номинальные технические характеристики низковольтных систем силовых электрических приводов постоянного тока с регулируемой скоростью)

IEC 61800-2, Adjustable speed electrical power drive systems — Part 2: General requirements — Rating specifications for low voltage adjustable frequency a.c. power drive systems (Системы силовых электрических приводов с регулируемой скоростью. Часть 2. Общие требования. Номинальные технические характеристики низковольтных систем силовых электрических приводов переменного тока с регулируемой скоростью)

IEC 61800-4, Adjustable speed electrical power drive systems — Part 4: General requirements — Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c. and not exceeding 35 kV (Системы силовых электрических приводов с регулируемой скоростью. Часть 4. Общие требования. Номинальные технические характеристики систем силовых приводов переменного тока свыше 1000 В, но не более 35 кВ)

IEC 62020, Electrical accessories — Residual current monitors for household and similar uses (RCMs) (Оборудование электрическое вспомогательное. Контрольно-измерительные устройства остаточного тока для бытового и аналогичного использования (RCMs))

IEC 62271-102, High-voltage switchgear and controlgear — Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches (Аппаратура распределения и управления высоковольтная. Часть 102. Разъединители и заземляющие переключатели переменного тока)

ISO 3864 (все части), Graphical symbols — Safety colours and safety signs (Графические символы. Знаки и цвета, относящиеся к безопасности)

ISO 7000:2004[4)], Graphical symbols for use on equipment — Index and synopsis (Обозначения условные графические, наносимые на оборудование. Перечень и сводная таблица)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по IEC 60050-111, IEC 60050-151, IEC 60050-161, IEC 60050-191, IEC 60050-441, IEC 60050-442, IEC 60050-551, IEC 60050-601, IEC 60664-1, IEC 61800-1, IEC 61800-2, IEC 61800-3 и IEC 61800-4 (некоторые из них приведены ниже для удобства пользования), а также следующие термины с соответствующими определениями.

В таблице 1 приводится алфавитный указатель ссылок на перекрестные термины.

[1)] Заменен на IEC 60947-7-1:2025. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[2)] Заменен на IEC 60947-7-2:2009. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[3)] Заменен на IEC 60990:2016. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[4)] Заменен на ISO 7000:2019. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

Таблица 1 — Алфавитный указатель терминов

Термин на английском языке	Термин на русском языке	Номер термина
adjacent circuit	смежная цепь	3.1
basic drive module (BDM)	основной модуль привода (ОМП)	3.2
basic insulation	основная изоляция	3.3
CDM (complete drive module)	полный модуль привода (ПМП)	3.4
closed electrical operating area	закрытая электрическая рабочая зона	3.5
commissioning test	приемо-сдаточное испытание	3.6
decisive voltage class (DVC)	определенный класс напряжения	3.7
double insulation	двойная изоляция	3.8
extra low voltage (ELV)	сверхнизкое напряжение (СНН)	3.9
electrical breakdown	электрический пробой	3.10
expected lifetime	ожидаемый срок службы	3.11
functional insulation	функциональная изоляция	3.12
high-voltage PDS	высоковольтная СЭП	3.13
installation	установка	3.14
integrated PDS	встроенная СЭП	3.15
(earth) leakage current	ток утечки на землю	3.16
live part	токоведущая часть	3.17
low-voltage PDS	низковольтная СЭП	3.18
open-type (product)	открытого типа (изделие)	3.19
power drive system (PDS)	система силового электрического привода (СЭП)	3.20
protective ELV (PELV) circuit	защитная цепь ELV (PELV)	3.21
prospective short-circuit current	ожидаемый ток короткого замыкания	3.22
protective bonding	защитное соединение	3.23
protective class 0	класс защиты 0	3.24
protective class I	класс защиты I	3.25
protective class II	класс защиты II	3.26
protective class III	класс защиты III	3.27
protective earthing (PE)	защитное заземление	3.28
protective earthing conductor	защитный заземляющий проводник	3.29
protective impedance	защитное сопротивление	3.30
protective screening	защитное экранирование	3.31
protective separation	защитное разделение	3.32
reinforced insulation	усиленная изоляция	3.33
routine test	стандартное испытание	3.34
safety ELV (SELV) circuit	цепь безопасности ELV (SELV)	3.35

Окончание таблицы 1

Термин на английском языке	Термин на русском языке	Номер термина
sample test	испытание образца	3.36
supplementary insulation	дополнительная изоляция	3.37
system voltage	напряжение в системе	3.38
temporary overvoltage	временное перенапряжение	3.39
touch current	ток прикосновения	3.40
type test	испытание типа	3.41
user terminal	пользовательский терминал	3.42
working voltage	рабочее напряжение	3.43
zone of equipotential bonding	зона уравнивания потенциалов	3.44

3.1 **смежная цепь** (adjacent circuit): Цепь, не имеющая гальванического соединения с рассматриваемой цепью.

Примечание — Защитное сопротивление не считается гальваническим соединением.

3.2 **основной модуль привода;** ОМП (basic drive module; BDM): Модуль привода, состоящий из секции преобразователя и секции управления скоростью, крутящим моментом, током или напряжением и т. д. (см. рисунок 1).

3.3 **основная изоляция** (basic insulation): Изоляция, применяемая на токоведущих частях, для обеспечения основной защиты от поражения электрическим током.

[IEV 826-12-14, измененное]

3.4 **полный модуль привода;** ПМП (complete drive module; CDM): Система привода без двигателя и датчиков, которые механически соединены с валом двигателя, состоящая из BDM и выносных частей, таких как загрузочная секция и вспомогательные устройства (см. рисунок 1), но не ограничивающаяся ими.

3.5 **закрытая электрическая рабочая зона** (closed electrical operating area): Помещение или место для электрооборудования, доступ к которому имеют квалифицированные или проинструктированные лица, использующие для открытия двери или снятия барьера ключ или инструмент, и которое четко обозначено соответствующими предупредительными знаками.

3.6 **приемо-сдаточное испытание** (commissioning test): Испытание на устройстве или оборудовании, выполняемое на месте, для проверки правильности установки и функционирования.

[IEV 151-16-24, измененное]

3.7 **определенный класс напряжения;** DVC (decisive voltage class; DVC): Классификация диапазона напряжений, используемых для определения защитных мер от поражения электрическим током.

3.8 **двойная изоляция** (double insulation): Изоляция, включающая как основную, так и дополнительную изоляцию.

[IEV 826-12-16]

Примечание — Основная и дополнительная изоляции являются отдельными изоляциями, каждая из которых предназначена для общей защиты от поражения электрическим током.

3.9 **сверхнизкое напряжение;** СНН (extra low voltage; ELV): Любое напряжение не выше 50 В переменного тока r.m.s. и 120 В постоянного тока.

Примечание 1 — Пульсирующее напряжение r.m.s. — не более 10 % от компоненты постоянного тока.

Примечание 2 — В настоящем стандарте защита от поражения электрическим током зависит от определенного класса напряжения. DVC A и B включаются в диапазон напряжений ELV.

3.10 **электрический пробой** (electrical breakdown): Повреждение изоляции в результате электрического воздействия, когда разряд полностью перекрывает изоляцию, тем самым уменьшая напряжение между электродами почти до нуля.

[IEC 60664-1:1992, определение 1.3.20]

3.11 **ожидаемый срок службы** (expected lifetime): Минимальная продолжительность времени, в течение которого действуют эксплуатационные характеристики безопасности при номинальных условиях эксплуатации.

3.12 **функциональная изоляция** (functional insulation): Изоляция между токопроводящими частями в цепи, которая необходима для правильного функционирования цепи, но которая не обеспечивает защиту от поражения электрическим током.

3.13 **высоковольтная СЭП** (high-voltage PDS): Изделие с номинальным напряжением питания от 1 до 35 кВ, частотой 50 или 60 Гц.

Примечание — Эти изделия относятся к области применения IEC 61800-4.

3.14 **установка** (installation): Оборудование или комплект оборудования, включая по меньшей мере PDS и приводное оборудование (см. рисунок 1).

Примечание — Слово «установка» также используется в этом международном стандарте для обозначения процесса установки PDS/CDM/BDM. В этих случаях слово не выделяется курсивом.

3.15 **встроенная СЭП** (integrated PDS): Система электрического привода (PDS), где двигатель и CDM/BDM механически встроены в единый блок.

3.16 **ток утечки на землю** ((earth) leakage current): Ток, протекающий от находящихся под напряжением частей установки на землю, при отсутствии пробоя изоляции.

[IEV 442-01-24]

3.17 **токоведущая часть** (live part): Проводник или проводящая часть, предназначенная для обеспечения нормальной работы, включая нейтральный проводник, но не нейтраль защитного заземления.

3.18 **низковольтная СЭП** (low-voltage PDS): Изделие с номинальным напряжением питания до 1000 В, 50 Гц или 60 Гц.

Примечание — Эти изделия относятся к области применения IEC 61800-1 или IEC 61800-2.

3.19 **открытого типа** (изделие) (open type (product)): (Изделие), предназначенное для встраивания в оболочку или сборку, обеспечивающую защиту от доступа.

3.20 **система силового электрического привода;** СЭП (power drive system (PDS)): Система управления скоростью электродвигателя, включающая CDM и двигатель, но не приводное оборудование (см. рисунок 1).

3.21 **защитная цепь ELV (PELV)** (protective ELV (PELV) circuit): Электрическая цепь со следующими характеристиками:

- напряжение не постоянно превышает ELV при одиночном отказе, а также при нормальных условиях;
- защитное разделение от цепей, отличных от PELV или SELV;
- условия для заземления цепи PELV или ее доступных проводящих частей или того и другого.

3.22 **ожидаемый ток короткого замыкания** (prospective short-circuit current): Ток, который протекает, когда подводящие провода к цепи закорочены проводником с незначительным сопротивлением, расположенным как можно ближе к выводам питания PDS/CDM/BDM.

3.23 **защитное соединение** (protective bonding): Электрическое подключение токопроводящих частей для целей безопасности.

3.24 **класс защиты 0** (protective class 0): Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током зависит только от основной изоляции.

Примечание — Оборудование этого класса становится опасным в случае повреждения основной изоляции.

3.25 **класс защиты I** (protective class I): Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током зависит не только от основной изоляции, но и включает в себя дополнительную меру предосторожности, которая состоит в том, что предусмотрены средства для подключения доступных проводящих частей к защитному (заземляющему) проводнику в стационарной проводке установки так, чтобы доступные проводящие части не могли стать токоведущими в случае повреждения основной изоляции.

3.26 **класс защиты II** (protective class II): Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током зависит не только от основной изоляции, но в котором также предусмотрены

дополнительные меры предосторожности, такие как дополнительная или усиленная изоляция, при этом не предусматривается защитное заземление или зависимость от условий установки.

3.27 **класс защиты III** (protective class III): Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током зависит от питания на ELV и в котором не генерируются напряжения, превышающие напряжения ELV, и не предусмотрено защитное заземление.

[См. IEC 61140, подраздел 7.4]

3.28 **защитное заземление;** PE (protective earthing (PE)): Заземление точки в системе или оборудовании для защиты от поражения электрическим током в случае отказа.

3.29 **защитный заземляющий проводник** (protective earthing conductor): Защитный проводник для защитного заземления.

[IEV 195-02-11]

3.30 **защитное сопротивление** (protective impedance): Сопротивление, подключенное между токоведущими частями и доступными проводящими частями, такой величины, что ток при нормальном использовании и в условиях вероятного отказа ограничен безопасным значением, и которое сконструировано таким образом, что его надежность сохраняется на протяжении всего срока службы оборудования.

[IEV 442-04-24, измененное]

3.31 **защитное экранирование** (protective screening): Отделение цепей от опасных токоведущих частей с помощью вставленного проводящего экрана, соединенного со средством соединения для защитного заземляющего проводника.

3.32 **защитное разделение** (protective separation): Разделение между цепями с помощью основной и дополнительной защиты (основная изоляция плюс дополнительная изоляция или защитное экранирование) или эквивалентным защитным средством (например, усиленная изоляция).

3.33 **усиленная изоляция** (reinforced insulation): Отдельная система изоляции, применяемая к токоведущим частям, которая обеспечивает степень защиты от поражения электрическим током, эквивалентную двойной изоляции в условиях, указанных в соответствующем стандарте IEC.

[IEC 60664-1:1992, определение 1.3.17.5]

3.34 **стандартное испытание** (routine test): Испытание, которому подвергается каждое отдельное устройство во время или после изготовления, чтобы удостовериться, соответствует ли оно определенным критериям.

[IEV 151-16-17]

3.35 **цепь безопасности ELV (SELV)** (Safety ELV (SELV) circuit): Электрическая цепь со следующими характеристиками:

- напряжение не превышает ELV;
- защитное разделение от цепей, отличных от SELV или PELV;
- отсутствие средств для заземления цепи SELV или ее доступных проводящих частей;
- основная изоляция цепи SELV от земли и от цепей PELV.

3.36 **испытание образца** (sample test): Испытание на нескольких устройствах, отобранных случайным образом из партии.

[IEV 151-16-20, измененное]

3.37 **дополнительная изоляция** (supplementary insulation): Независимая изоляция, применяемая в дополнение к основной изоляции для обеспечения защиты от поражения электрическим током в случае пробоя основной изоляции.

[IEC 60664-1:1992, определение 1.3.17.3]

Примечание — Основная и дополнительная изоляции являются отдельными изоляциями, каждая из которых предназначена для основной защиты от поражения электрическим током.

3.38 **напряжение в системе** (system voltage): Напряжение, используемое для определения требований к изоляции.

Примечание — Для дальнейшего рассмотрения напряжения в системе см. 4.3.6.2.1.

3.39 **временное перенапряжение** (temporary overvoltage): Перенапряжение на частоте питания относительно большой продолжительности. [IEC 60664-1:1992, определение 1.3.7.1, измененное]

3.40 **ток прикосновения** (touch current): Электрический ток, проходящий через тело человека или животного при касании одной или нескольких доступных частей электрической установки или электрического оборудования.

[IEV 826-11-12]

3.41 **испытание типа** (type test): Испытание одного или нескольких устройств, выполненных по определенному проекту, чтобы показать, что конструкция соответствует определенным техническим условиям.

[IEV 151-16-16, измененное]

3.42 **пользовательский терминал** (user terminal): Вывод, предназначенный для внешнего подключения к PDS/CDM/BDM.

3.43 **рабочее напряжение** (working voltage): Напряжение в условиях номинального питания (без допустимых отклонений) и наихудших рабочих условий, которое возникает по проекту в цепи или через изоляцию.

Примечание — Рабочее напряжение может быть постоянного тока или переменного тока, оба r.m.s., с повторяющимися пиковыми значениями.

3.44 **зона уравнивания потенциалов** (zone of equipotential bonding): Зона, где все одновременно доступные проводящие части электрически соединены для предотвращения возникновения опасных напряжений между ними.

Примечание — Для уравнивания потенциалов нет необходимости заземлять части.

3.45 **защита двигателя от перегрузки** (electronic motor overload protection): Схема PDS/CDM/BDM, защищающая двигатель в условиях перегрузки за счет уменьшения тока.

Примечание 1 — Схема защиты обычно представляет собой комбинацию аппаратного и программного обеспечения.

Примечание 2 — Такая защита, как правило, достигается через алгоритм на основе I2t тока к двигателю.

3.46 **электронная схема защиты от короткого замыкания выходной мощности** (electronic power output short-circuit protection circuitry): Интегральная схема к PDS/CDM/BDM, которая действует для существенного уменьшения электрического тока к выходной мощности после определения условий короткого замыкания.

Примечание 1 — Схема защиты обычно представляет собой комбинацию аппаратного и программного обеспечения.

3.47 **тепловая память** (thermal memory): Способность системы защиты от перегрузки уравновесить нагревание и охлаждение двигателя в процессе функционирования.

3.48 **хранение тепловой памяти** (thermal memory retention): Способность сохранять данные о термическом состоянии двигателя до остановки или падения мощности.

Примечание 1 — Как правило, эта информация будет использоваться системой защиты от перегрузки, чтобы уравновесить состояние двигателя в процессе функционирования.

Примечание 2 — Это может включать уменьшение непрерывного теплового воздействия для охлаждения двигателя до его остановки или падения мощности.

3.49 **разрыв** (trip): Быстрое прерывание или прекращение передачи энергии к любому устройству или начатому процессу вследствие обнаружения ошибки или неправильных условий.

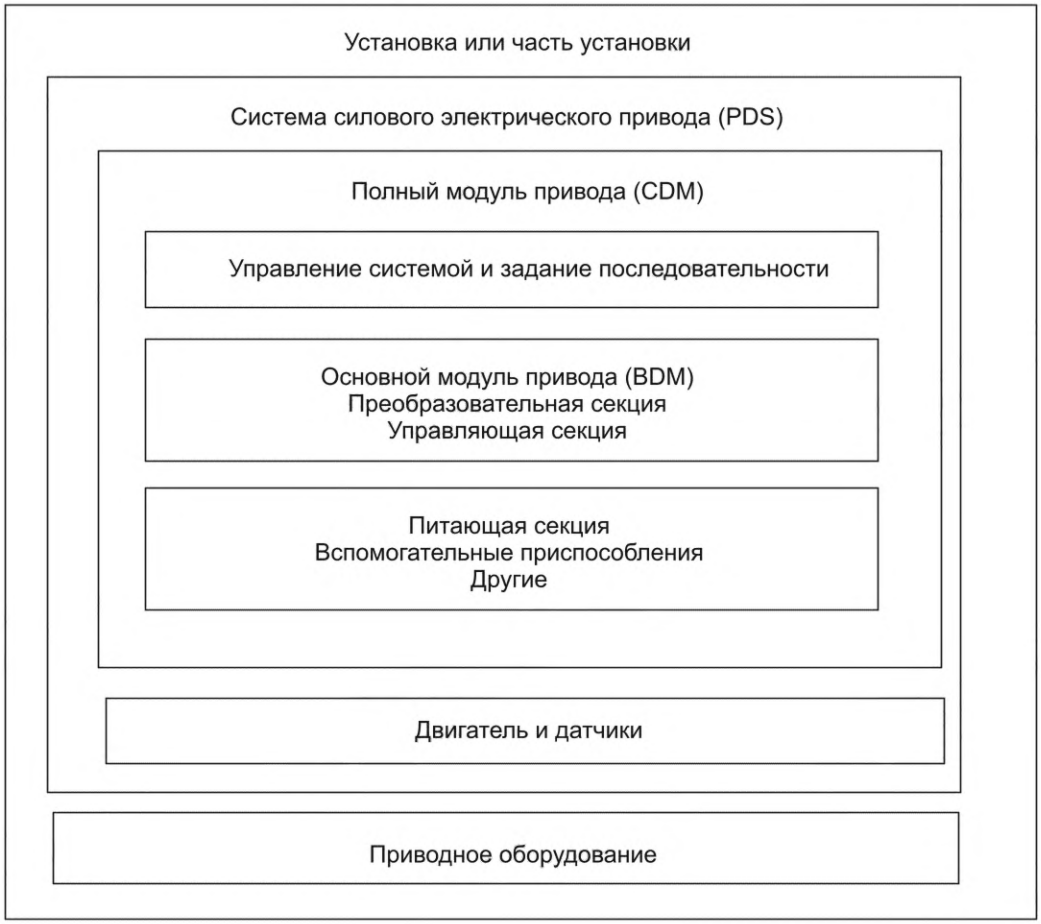


Рисунок 1 — Состав оборудования PDS в установке

4 Защита от поражения электрическим током, тепловой и энергетической опасностей

4.1 Общие положения

В разделе 4 приводятся минимальные требования к проекту и конструкции PDS, чтобы обеспечить ее безопасность во время установки, нормальные рабочие условия и техническое обслуживание в течение ожидаемого срока службы PDS. Рассматриваются также аспекты минимизации рисков, возникающих в результате предполагаемого неправильного использования.

В таблице 2 показано применение требований раздела 4 к PDS, CDM или BDM.

Таблица 2 — Значимость требований к PDS/CDM/BDM

Подраздел, пункт	Название	PDS[a]	CDM/BDM
4.2	(Защита от поражения электрическим током, тепловой и энергетической опасностей) — Условия отказа	A	A
4.3.1	Определенный класс напряжения	A	A
4.3.2	Защитное разделение	A	A
4.3.3	Защита от прямого контакта	A	C
4.3.4	Защита в случае прямого контакта	A	C

Окончание таблицы 2

Подраздел, пункт	Название	PDS[a]	CDM/BDM
4.3.5.1	(Защита от непрямого контакта) — Общие положения	A	A
4.3.5.2	Изоляция между токоведущими частями и доступными проводящими частями	A	C
4.3.5.3	**4.1.1.1 Цепь защитного соединения**	A	C
4.3.5.4	Защитный заземляющий проводник	A	A
4.3.5.5	Средства подключения защитного заземляющего проводника	A	A
4.3.5.6	Специальные функции оборудования для класса защиты II	A	C
4.3.6	Изоляция	A	A
4.3.7	Оболочки	A	C
4.3.8	Проводка и подключения	A	A
4.3.9	Требования к короткому замыканию на выходе	A	A
4.3.10	Совместимость устройства защитного отключения, управляемого дифференциальным током (RCD), или устройства мониторинга (RCM)	A	C
4.3.11	Разряд конденсатора	A	A
4.3.12	Условия доступа для высоковольтной PDS	A	C
4.4	Защита от тепловой опасности	A	A
4.4.3	Воспламеняемость материалов оболочки	A	C
4.4.5	Специальные требования к PDS с жидкостным охлаждением	A	A
4.5	Защита от опасных энергетических факторов	A	A
4.5.2	Опасности, связанные с механической энергией	A	C
4.6	Защита от воздействий окружающей среды	A	A
A — требование всегда актуально. C — требование обосновано, если CDM или BDM не встроены в узел, который обеспечивает необходимую защиту.			
[a] Встроенная PDS должна соответствовать требованию к PDS.			

4.2 Условия отказа

PDS должна быть спроектирована таким образом, чтобы избежать рабочих режимов или последовательностей, которые могут стать причиной условия для отказа или повреждения компонента, приводящего к опасности, если только другие меры по предотвращению опасности не обеспечиваются установкой.

Защита от тепловой опасности и поражения электрическим током должна поддерживаться в условиях одиночного отказа, а также при нормальных условиях.

Для идентификации компонентов (включая системы изоляции), повреждение которых может привести к опасности возгорания или поражения электрическим током, должен проводиться анализ цепи. Анализ должен включать эффект короткого замыкания и разомкнутого контура (режим холостого хода) компонента. Анализ не должен включать силовые полупроводниковые приборы, если эквивалентное испытание выполняется во время испытаний на короткое замыкание или компоненты, которые, как было установлено, имеют незначительную вероятность неисправности в течение ожидаемого срока службы PDS. Относительно испытаний см. 5.2.3.6.4.

Примечание — Возможно, что анализ не выявит критических компонентов. В этом случае проверка неисправности компонентов не требуется.

Следует учитывать потенциальные опасности для безопасности, связанные с основными составными частями PDS, такими как вращающиеся части двигателя и воспламеняемость трансформаторных и конденсаторных масел.

4.3 Защита от поражения электрическим током

4.3.1 Классификация определенного напряжения

4.3.1.1 Использование определенного класса напряжения (DVC)

Защитные меры от поражения электрическим током зависят от классификации определенного напряжения цепи в соответствии с таблицей 3, которая коррелирует пределы рабочего напряжения внутри цепи с DVC. DVC, в свою очередь, определяет минимально необходимый уровень защиты для цепи.

4.3.1.2 Предельные значения DVC

Таблица 3 — Краткий обзор предельных значений определенных классов напряжения

DVC	Пределы рабочего напряжения			Подраздел
	напряжение переменного тока (среднеквадратичное) (r.m.s.) U_{ACL}	напряжение переменного тока (пиковое) U_{ACPL}	напряжение постоянного тока (среднее) U_{DCL}	
A[a]	25	35,4	60	4.3.4.2, 4.3.4.4
B	50	71	120	4.3.5.3.1 a), b)
C	1000	4500[b]	1500	
D	> 1000	> 4500	> 1500	

[a] Для оборудования, имеющего только одну цепь DVC A, среднеквадратичное (r.m.s.) и пиковые предельные значения напряжения составляют 30 В и 42,4 В соответственно.

[b] Значение 4500 В позволяет покрывать все низковольтные PDS в таблице 7 (возможные отражения до $3 \times \sqrt{2} \times 1000$ В = 4242 В).

4.3.1.3 Требования к защите

В таблице 4 приведены требования к применению основной изоляции или защитного разделения в зависимости от DVC рассматриваемой цепи и смежных цепей.

Таблица 4 — Требования к защите рассматриваемой цепи

DVC рассматриваемой цепи	Защита от прямого контакта	Изоляция заземленных частей	Изоляция доступных проводящих частей, которые не заземлены	Изоляция смежной цепи DVC			
				A	B	C	D
A	Нет	a*	a	f*	b	p‡	p
B	Да	b	p		b	p‡	p
C	Да	b	p			b	p
D	Да	b	p				b

a — изоляция не нужна для безопасности, но может потребоваться по функциональным причинам.

* Если рассматриваемая цепь обозначена как цепь SELV, то требуется основная изоляция от земли и от цепей PELV.

f — функциональная изоляция для цепи с более высоким напряжением.

b — основная изоляция для цепи с более высоким напряжением.

p — защитное разделение для цепи с более высоким напряжением.

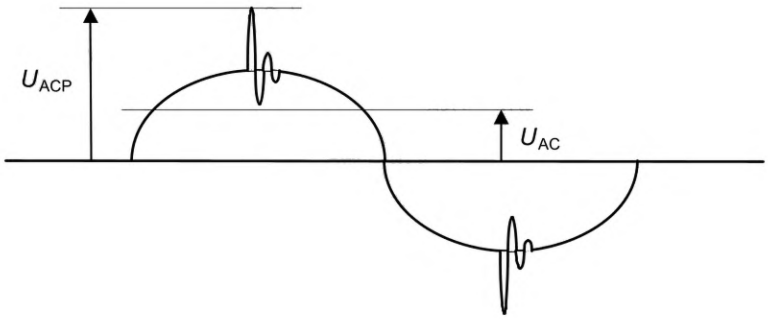
‡ — разрешается использовать основную изоляцию для цепи с более высоким напряжением, если защита от прямого контакта применяется к рассматриваемой цепи с помощью основной или дополнительной изоляции цепи с более высоким напряжением.

4.3.1.4 Оценка цепи

4.3.1.4.1 Общие положения

DVC данной цепи оценивается по методу, изложенному ниже, рассматриваются случаи с тремя формами волны.

4.3.1.4.2 Рабочее напряжение переменного тока (см. рисунок 2)



U_{AC} — среднеквадратичное (r.m.s.) напряжение;
U_{ACP} — повторяющееся пиковое напряжение

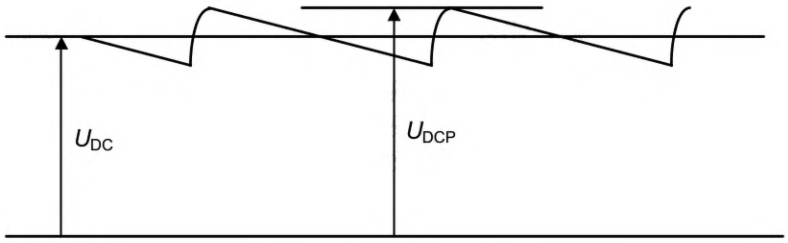
Рисунок 2 — Типовая форма волны для рабочего напряжения переменного тока

Рабочее напряжение имеет среднеквадратичное значение U_{AC} и повторяющееся пиковое значение U_{ACP}.

DVC — это строка наименьшего напряжения в таблице 3, для которой выполняются оба следующих условия:

- $U_{AC} \leq U_{ACL}$;
- $U_{ACP} \leq U_{ACPL}$.

4.3.1.4.3 Рабочее напряжение постоянного тока (см. рисунок 3)



U_{DC} — среднее напряжение;
U_{DCP} — повторяющееся пиковое напряжение

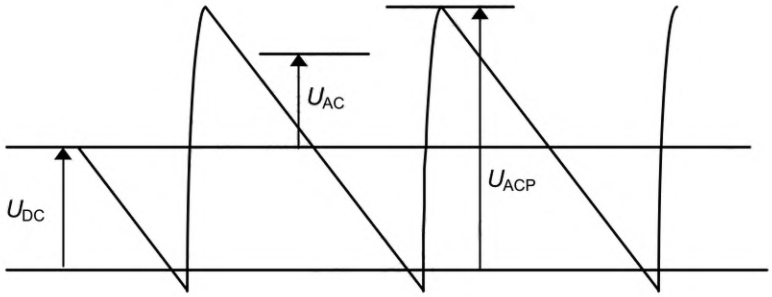
Рисунок 3 — Типовая форма волны для рабочего напряжения постоянного тока

Рабочее напряжение имеет среднее значение U_{DC} и повторяющееся пиковое значение U_{DCP}, вызванное среднеквадратичным (r.m.s.) напряжением пульсаций, значение которого не превышает 10 % от U_{DC}.

DVC — это строка наименьшего напряжения в таблице 3, для которого выполняются оба следующих условия:

- $U_{DC} \leq U_{DCL}$;
- $U_{DCP} \leq 1{,}17 \times U_{DCL}$.

4.3.1.4.4 Пульсирующее рабочее напряжение (см. рисунок 4)



U_{DC} — среднее напряжение;
U_{ACP} — повторяющееся пиковое напряжение

Рисунок 4 — Типовая форма волны для рабочего пульсирующего напряжения

Рабочее напряжение имеет среднее значение U_{DC} и повторяющееся пиковое значение U_{ACP}, вызванное среднеквадратичным (r.m.s.) напряжением пульсаций, значение которого не превышает 10 % от U_{DC}.

DVC — это строка наименьшего напряжения в таблице 3, для которого выполняются оба следующих условия:

- $U_{AC}/U_{ACL} + U_{DC}/U_{DCL} \leq 1$;
- $U_{ACP}/U_{ACPL} + U_{DC}/(1{,}17 \times U_{DCL}) \leq 1$.

4.3.2 Защитное разделение

Защитное разделение достигается применением материалов, устойчивых к разрушению, а также специальными конструктивными мерами и:

- двойной или усиленной изоляцией,

или

- защитным экранированием, то есть проводящим экраном, соединенным с землей защитным соединением PDS, или соединенным с самим защитным заземляющим проводом, посредством чего экран отделен от токоведущих частей по меньшей мере основной изоляцией,

или

- защитным сопротивлением в соответствии с 4.3.4.3, предусматривающим ограничение энергии разряда и тока, или ограничение напряжения в соответствии с 4.3.4.4.

Защитное разделение должно полностью и эффективно поддерживаться во всех условиях предполагаемого использования PDS.

4.3.3 Защита от прямого контакта

4.3.3.1 Общие положения

Защита от прямого контакта используется для предотвращения контакта людей с токоведущими частями, которые не соответствуют требованиям 4.3.4. Она обеспечивается одной или несколькими мерами, указанными в 4.3.3.2 и 4.3.3.3.

Для встроенной PDS двигатель должен отвечать требованиям IEC 60034-5. Для BDM защита должна обеспечиваться одной или несколькими мерами, указанными в 4.3.3.2 и 4.3.3.3.

4.3.3.2 Защита с помощью изоляции токоведущих частей

Токоведущие части должны быть полностью окружены изоляцией, если их рабочее напряжение больше максимального предела DVC A или если они не имеют защитного разделения от смежных цепей DVC C или D. Изоляция должна быть рассчитана с учетом импульсного напряжения, временного перенапряжения или рабочего напряжения (см. 4.3.6.2.1), в зависимости от того, к какому предъявляются самые строгие требования. Удаление изоляции без использования инструмента должно быть невозможно.

Любая токопроводящая часть, которая не отделена от токоведущих частей по меньшей мере основной изоляцией, считается токоведущей частью. Металлическая доступная часть считается токопроводящей, если ее поверхность голая или покрыта изолирующим слоем, который не соответствует требованиям основной изоляции.

В качестве альтернативы твердой или жидкой изоляции может быть предусмотрен зазор в соответствии с 4.3.6.4, показанный как *L*1 и *L*2 на рисунке 5.

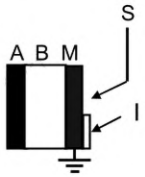
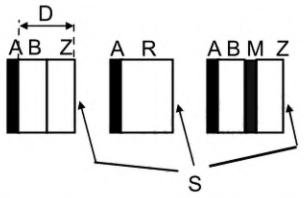
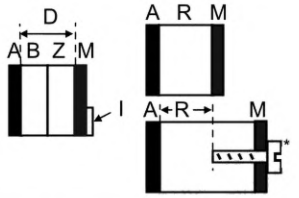
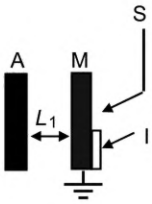
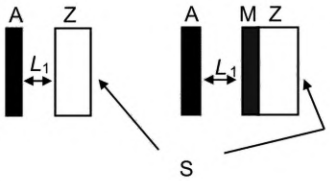
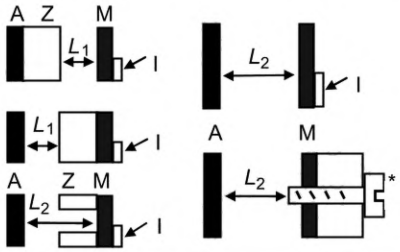
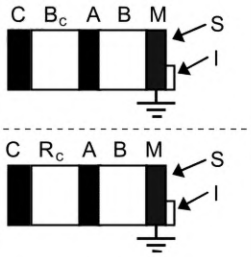
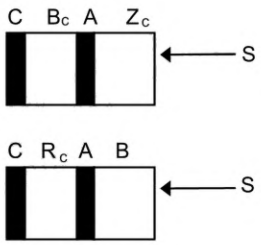
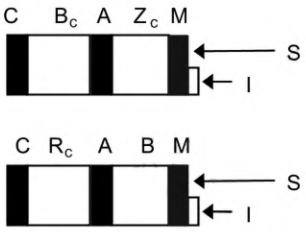
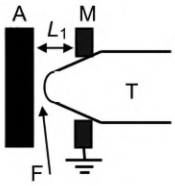
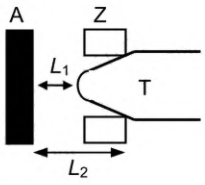
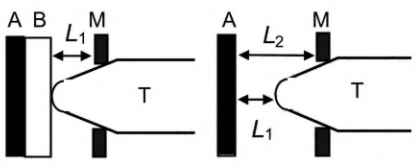
Степень изоляции — основная, двойная или усиленная — зависит от:

- DVC токоведущих частей или смежных цепей,

а также

- подключения токопроводящих частей на землю посредством защитного соединения.

Примеры конфигураций изоляции приведены на рисунке 5, где также показаны требования к отверстиям.

Тип изоляции	Конфигурация изоляции		
	a	b	c
	Доступные части, токопроводящие и соединенные с землей защитным соединением	Доступные части, нетокопроводящие	Доступные части, токопроводящие, но не соединенные с землей защитным соединением
1) Твердая или жидкая			
2) Полностью или частично путем воздушного зазора			
3) Изоляция для смежных цепей. Цепь A: цепь низкого напряжения. Цепь C: цепь более высокого напряжения. Верхний ряд — только DVC C, нижний ряд — DVC C или D.			
4) Требования к отверстиям в оболочках			

A — токоведущая часть	L_1 — зазор для основной изоляции	T — испытательный палец (IEC 60529, раздел 12)
B — основная изоляция для цепи A	L_2 — зазор для усиленной изоляции	Z — дополнительная изоляция для цепи A
B_C — основная изоляция для цепи C	M — токопроводящая цепь	Z_C — дополнительная изоляция для цепи C

Окончание

C — смежная цепь	R — усиленная изоляция для цепи A	* Также применяется к пластиковым винтам
D — основная изоляция для цепи A	R_C — усиленная изоляция для цепи C	F — функциональная изоляция для цепи A
I — изоляция менее B	S — поверхность оборудования	
Примечание 1 — В колонке «c» пластиковый винт может рассматриваться как металлический винт, поскольку пользователь может заменить его металлическим винтом в течение всего срока службы оборудования. Примечание 2 — В позиции 4) введение испытательного пальца рассматривается как представляющее собой первый отказ.		

Рисунок 5 — Примеры защиты от прямого контакта

Рассматриваются три случая.

Случай a). Доступные части являются токопроводящими и соединены с землей защитным соединением.

- Требуется основная изоляция между доступными частями и токоведущими частями. Соответствующим напряжением является напряжение на токоведущих частях (см. рисунок 5, ячейки 1)a), 2)a), 3)a)).

Случаи b) и c). Доступные части являются непроводящими (случай b)) или проводящими, но не связанными с землей защитным соединением (случай c)). Требуемая изоляция:

- двойная или усиленная изоляция между доступными частями и токоведущими частями DVC C или D. Соответствующим напряжением является напряжение на токоведущих частях (см. рисунок 5, ячейки 1)b), 1)c), 2)b), 2)c));
- дополнительная изоляция между доступными частями и токоведущими частями цепей DVC A или B, которые разделены основной изоляцией от смежных цепей DVC C. Соответствующее напряжение является самым высоким напряжением смежных цепей (см. рисунок 5, верхние ячейки 3)b), 3)c));
- основная изоляция между доступными частями и токоведущими частями цепей DVC B, которые имеют защитное разделение от соседних цепей DVC C или D. Соответствующим напряжением является напряжение на токоведущих частях (см. рисунок 5, нижние ячейки 3)b), 3)c)).

4.3.3.3 Защита с помощью оболочек и ограждений

Токоведущие части DVC B, C или D должны быть расположены в оболочках или расположены за оболочками или ограждениями, которые отвечают по меньшей мере требованиям защитного типа IPXXB согласно 15.1 стандарта IEC 60529. Верхние поверхности оболочек или ограждений, которые доступны, когда оборудование находится под напряжением, должны соответствовать по крайней мере требованиям защитного типа IP3X только для вертикального доступа. Относительно испытания см. 5.2.2.3. Открывать оболочки или удалять ограждения должно быть возможно только с помощью инструмента или после обесточивания этих токоведущих частей.

Если требуется открыть оболочку и включить PDS во время установки или обслуживания:

a) доступные токоведущие части DVC B, C или D должны быть защищены по меньшей мере IPXXA;

b) токоведущие части DVC B, C или D, которых могут касаться при регулировках, должны быть защищены по меньшей мере IPXXB;

c) люди должны быть осведомлены о том, что токоведущие части DVC B, C или D доступны.

Подузлы и устройства открытого типа не требуют защитных мер против прямого контакта.

Изделия, включающие цепи DVC A, B или C, предназначенные для установки в закрытых электрических рабочих зонах, как определено в 3.5, не требуют защитных мер против прямого контакта.

К изделиям, включающим цепи DVC D, предназначенным для установки в замкнутой электрической рабочей зоне, предъявляются дополнительные требования (см. 4.3.12).

4.3.4 Защита в случае прямого контакта

4.3.4.1 Общие положения

Защита в случае прямого контакта необходима для обеспечения того, чтобы контакт с токоведущими частями не вызывал опасности удара.

Защита от прямого контакта в соответствии с 4.3.3 не требуется, если цепь, которой касаются, отделена от всех других цепей согласно 4.3.1.3 и:

- имеет DVC A и соответствует 4.3.4.2,

или

- ток ограничен посредством защитного сопротивления согласно 4.3.4.3,

или

- ограничена по напряжению согласно 4.3.4.4.

Примеры этих мер приведены в приложении А.

Примечание — Требования этих пунктов касаются всей цепи, включая источники питания и любые связанные с ними периферийные устройства.

Соответствие требованиям к защитному сопротивлению проверяется по 5.2.1, 5.2.2 и 5.2.3, если необходимо.

4.3.4.2 Защита с использованием DVC A

Незаземленные цепи DVC A и заземленные цепи DVC A, используемые в зоне уравнивания потенциалов (см. 3.44), не требуют защиты в случае прямого контакта.

Заземленные цепи DVC A, которые не входят в зону уравнивания потенциалов, требуют дополнительной защиты в случае прямого контакта посредством одной из мер, указанных в 4.3.4.3 или 4.3.4.4, для обеспечения защиты в случаях, когда опорные потенциалы земли цепей DVC A не одинаковые. В руководстве по эксплуатации должна быть представлена информация об использовании этих цепей (см. 6.3.6.5).

4.3.4.3 Защита с помощью защитного сопротивления

Подключение доступных токоведущих частей к цепям DVC B, C или D или к заземленным цепям DVC A, не используемым в зоне уравнивания потенциалов, должно выполняться только через защитные сопротивления (если не применяется 4.3.4.4).

Те же конструктивные положения, что и для защитного разделения, должны применяться для строительства и размещения защитного сопротивления. Значение тока, указанное ниже, не должно превышаться в случае неисправности одного компонента. Сохраненный заряд, доступный между одновременно доступными частями, защищенными защитным сопротивлением, не должен превышать 50 мКл.

Защитные сопротивления должны быть спроектированы таким образом, чтобы ток, доступный через них на землю в доступной токоведущей части, не превышал значения 3,5 мА переменного тока или 10 мА постоянного тока. Относительно испытания см. 5.2.3.4.

Защитные сопротивления должны быть спроектированы и испытаны так, чтобы они выдерживали импульсные напряжения и временные перенапряжения для цепей, к которым они подключены. Относительно испытаний см. 5.2.3.1 и 5.2.3.2.

4.3.4.4 Защита с помощью ограниченных напряжений

Этот тип защиты подразумевает метод деления напряжения с цепи, защищенной от прямого контакта, в результате чего напряжение на землю не больше, чем DVC A.

Эта цепь должна быть спроектирована таким образом, чтобы даже в случае неисправности одного компонента в цепи деления напряжения напряжение на выходных клеммах, а также напряжение на землю не было больше, чем напряжение DVC A. В этом случае должны применяться те же конструктивные меры, что и при защитном разделении.

Этот тип защиты не должен использоваться в случае класса защиты II, поскольку он зависит от защитного заземления.

4.3.5 Защита от непрямого контакта

4.3.5.1 Общие положения

Защита от непрямого контакта требуется для предотвращения поражающих токов, которые могут возникнуть на доступных токопроводящих частях во время пробоя изоляции. Эта защита должна соответствовать требованиям для класса защиты I, класса II или класса III.

Такая часть PDS, которая соответствует требованиям 4.3.5.2, 4.3.5.3 и 4.3.5.3.2, определяется как класс защиты I.

Такая часть PDS, которая соответствует требованиям 4.3.5.6, определяется как класс защиты II.

Такая часть PDS, которая соответствует требованиям SELV, определяется как класс защиты III.

Класс защиты 0 допускается только для частей PDS, когда предоставляются инструкции для выполнения требований 4.3.3.3 (закрытые электрические рабочие зоны) (см. 6.3.6.5). В случае высоковольтных PDS существуют особые требования (см. 4.3.12).

4.3.5.2 Изоляция между токоведущими частями и доступными токопроводящими частями

Доступные токопроводящие части оборудования должны быть отделены от находящихся под напряжением частей, по крайней мере, основной изоляцией или зазорами, как указано в 4.3.6.4.

4.3.5.3 Цепь защитного соединения

4.3.5.3.1 Общие положения

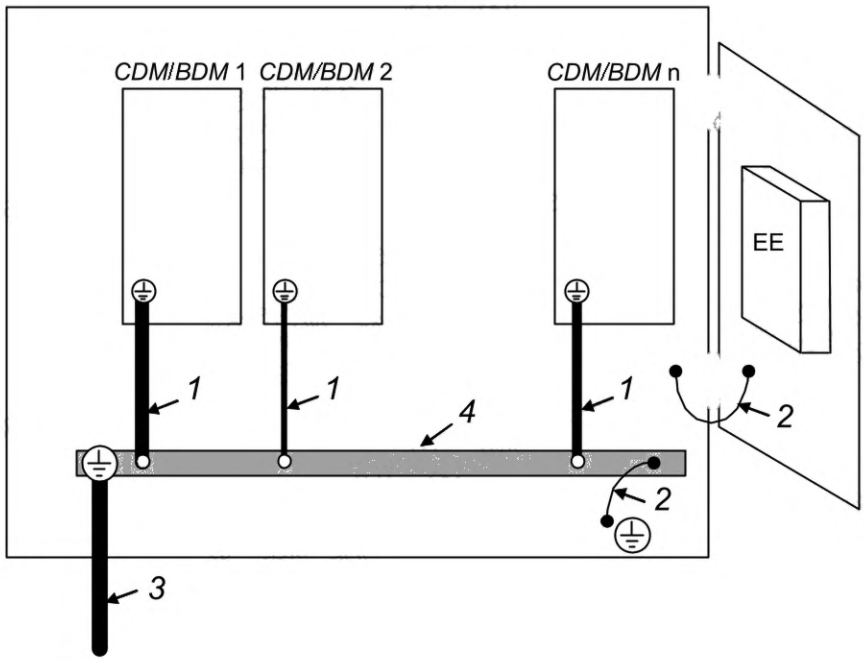
За исключением перечислений a) или b), приведенных ниже, должно быть предусмотрено защитное соединение между доступными токопроводящими частями оборудования и средствами соединения защитного заземляющего проводника:

a) когда доступные проводящие части защищены одной из мер, приведенных в 4.3.4.2—4.3.4.4;

b) когда доступные токопроводящие части отделены от токоведущих частей с помощью двойной или усиленной изоляции.

Примечание — Некоторыми примерами таких частей являются магнитные сердечники, винты, заклепки, заводские таблички и кабельные зажимы.

На рисунке 6 показан пример сборки CDM/BDM и связанного с ним защитного соединения.



1 — защитный заземляющий проводник CDM/BDM (размеры соответствуют требованиям к CDM/BDM); *2* — защитное соединение; *3* — защитный заземляющий провод PDS (размеры соответствуют требованиям к PDS) к точке заземления установки; *4* — шина заземления; EE — другое электрическое оборудование (соединенное как подходящее для этого оборудования)

Рисунок 6 — Пример защитного соединения

Электрический контакт со средствами подключения защитного заземляющего проводника должен быть достигнут одним или несколькими из следующих средств:

- через прямой металлический контакт;
- через другие доступные токопроводящие части, которые не удаляются, когда PDS/CDM/BDM используется по назначению;
- через специальный проводник защитного соединения;
- через другие металлические компоненты PDS/CDM/BDM.

Примечание — Когда окрашенные поверхности (в частности, поверхности с порошковой окраской) соединены вместе, для надежного контакта необходимо установить отдельное соединение.

Если электрооборудование установлено на крышках, дверцах или накладках, должна быть обеспечена непрерывность цепи защитного соединения, и рекомендуется использовать специальный проводник. В противном случае должны использоваться крепления, шарниры или скользящие контакты, спроектированные и поддерживаемые, с низким сопротивлением.

Металлические коробы гибкой или жесткой конструкции и металлические оболочки не должны использоваться в качестве защитных проводников.

Для высоковольтных PDS металлические коробы и металлические оболочки всех соединительных кабелей (например, кабельная арматура, свинцовая оболочка) должны быть соединены с землей цепью защитного соединения. Если так соединен только один конец такого короба или оболочки, то нельзя касаться другого конца. Он должен быть соединен с землей цепью защитного соединения через сопротивление, чтобы ограничить любое индуцированное напряжение максимум 50 В переменного тока.

Для таких устройств цепь защитного соединения не должна включать в себя переключающее устройство, устройство перегрузки по току (например, переключатель, предохранитель) или средство обнаружения тока.

4.3.5.3.2 Классификация защитного соединения

Защитное соединение должно выдерживать самые высокие тепловые и динамические напряжения, которые могут возникать в изделиях PDS/CDM/BDM, когда происходит их отказ, связанный с доступными токопроводящими частями.

Защитное соединение должно оставаться эффективным до тех пор, пока не будет устранен отказ доступных токопроводящих частей или пока защитное устройство со стороны питания не отключит питание от части.

Примечание — В тех случаях, когда защитное соединение прокладывается посредством проводников с низким поперечным сечением (например, дорожки PWB), необходимо проявлять особую осторожность, чтобы гарантировать отсутствие необнаруженного повреждения цепи соединения в случае отказа.

Эти условия будут выполнены, если поперечное сечение проводника защитного соединения будет таким же, как и защитного заземляющего проводника в соответствии с 4.3.5.4. Относительно испытания см. 5.2.3.9.

В качестве альтернативы защитное соединение может быть спроектировано таким образом, чтобы соответствовать требованиям к сопротивлению согласно 4.3.3.3.

4.3.5.3.3 Сопротивление защитного соединения

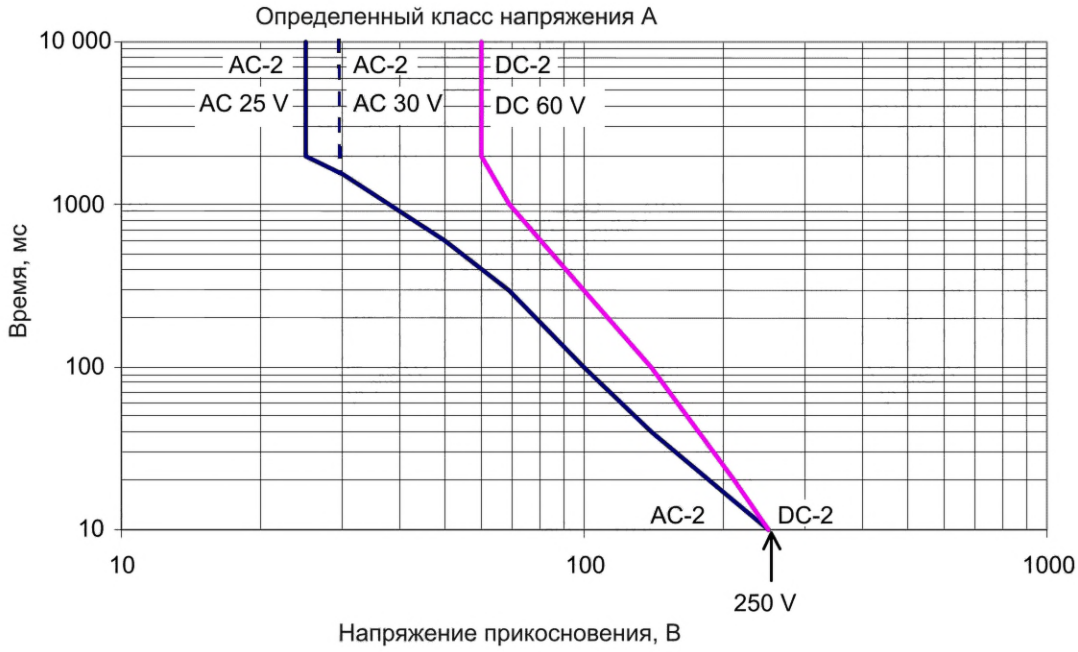
Сопротивление защитного соединения должно быть достаточно низким, чтобы:

- во время нормальной работы напряжение, превышающее 5 В переменного тока или 12 В постоянного тока, не могло сохраняться между доступными токопроводящими частями и средствами соединения для защитного заземляющего проводника,

а также

- в состоянии отказа напряжение, превышающее AC-2 или DC-2 на рисунке 7, не могло сохраняться между доступными токопроводящими частями и средствами соединения для защитного заземляющего проводника до тех пор, пока защитное устройство со стороны питания не отключит питание от токопроводящей части. Защитное устройство со стороны питания, рассматриваемое для этого требования, должно обладать характеристиками, требуемыми руководством по установке в соответствии с 6.3.7.

Зоны напряжения по времени



Примечание — Пунктирная линия AC-2 применяется, если присутствует только одна цепь DVC A; сплошная линия применяется, если присутствует более одной цепи DVC A.

Рисунок 7 — Пределы напряжения в условиях отказа

Относительно испытания см. 5.2.3.9.

4.3.5.4 Защитный заземляющий проводник

Защитный заземляющий проводник должен быть подключен всегда, когда питание подается на PDS/CDM/BDM, если PDS/CDM/BDM не соответствует требованиям класса защиты II (см. 4.3.5.6). Если в местных правилах не указано иное, площадь поперечного сечения защитного заземляющего проводника определяется из таблицы 5 или путем расчета согласно 543.1 IEC 60364-5-54.

Если защитный заземляющий проводник проложен через штепсель и розетку или аналогичные средства разъединения, его должно быть невозможно отключить, если одновременно не отключить питание от защищаемой части.

Таблица 5 — Сечение защитного заземляющего проводника

Площадь поперечного сечения фазных проводников PDS/CDM/BDM, S, мм^2	Минимальная площадь поперечного сечения соответствующего защитного заземляющего проводника, S_p, мм^2
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
35 < S	S/2
Значения в таблице 5 действительны только в том случае, если защитный заземляющий проводник выполнен из того же металла, что и фазные проводники. Если это не так, то площадь поперечного сечения защитного заземляющего проводника должна определяться таким образом, чтобы обеспечить проводимость, эквивалентную проводимости, которая возникает в результате применения таблицы 5.	

Площадь поперечного сечения каждого защитного заземляющего проводника, который не является частью кабеля питания или кабельной оболочки, должен в любом случае быть не менее:

- 2,5 мм^2, если предусмотрена механическая защита,

или

- 4 мм^2, если механическая защита не предусмотрена. Для оборудования, подключенного с помощью шнура, должны быть предусмотрены условия, чтобы защитный заземляющий проводник в шнуре в случае неисправности механизма снятия натяжения был последним проводником, который будет прерван.

Для специальных топологий системы, таких как 6-фазные двигатели, проектировщик PDS должен проверить требуемое поперечное сечение защитного заземляющего проводника.

4.3.5.5 Средства подключения для защитного заземляющего проводника

4.3.5.5.1 Общие положения

Каждый PDS или элемент PDS (двигатель, преобразователь, трансформатор), требующий соединения с землей посредством защитного соединения, должен иметь соединение для защитного заземляющего проводника, расположенное вблизи выводов для соответствующих токоведущих проводников. Средства соединения должны быть коррозионно-стойкими и пригодными для подключения кабелей согласно таблице 5 и кабелей в соответствии с правилами подключения, применяемыми на установке. Средства подключения защитного заземляющего проводника не должны использоваться как часть механической сборки оборудования или для других соединений. Для каждого защитного заземляющего проводника должны быть предусмотрены отдельные средства подключения.

Для высоковольтных PDS защитные экраны высоковольтных кабелей должны обеспечивать подключение к земле защитным соединением в соответствии с IEC 60204-11 и IEC 61800-4. Схема защитного соединения должна быть согласована между поставщиком и пользователем и соответствовать местным требованиям в зоне установки.

Точки подключения и соединения должны быть спроектированы таким образом, чтобы их токопроводящая способность не ухудшалась механическими, химическими или электрохимическими воздействиями. Там, где используются оболочки и/или проводники из алюминия или алюминиевых сплавов, особое внимание следует уделять проблемам электролитической коррозии.

Относительно требований к маркировке см. 6.3.6.6.

4.3.5.5.2 Ток прикосновения в случае отказа защитного заземляющего проводника

Требования этого пункта должны выполняться для поддержания безопасности в случае повреждения или отсоединения защитного заземляющего проводника.

Для однофазных штекерных соединений PDS/CDM/BDM, не использующих промышленный разъем, соответствующий IEC 60309, ток прикосновения (измеренный в соответствии с 5.2.3.5) не должен превышать 3,5 мА переменного тока или 10 мА постоянного тока.

Для всех других PDS/CDM/BDM должна применяться одна или несколько из следующих мер, если ток прикосновения (измеренный в соответствии с 5.2.3.5) не может быть показан менее 3,5 мА переменного тока или 10 мА постоянного тока.

a) Постоянное соединение и:

- поперечное сечение защитного заземляющего проводника не менее 10 мм^2 Cu (медь) или 16 мм^2 Al (алюминий),

или

- автоматическое отключение питания в случае разрыва защитного заземляющего проводника;

или

- обеспечение дополнительного вывода для второго защитного заземляющего проводника с той же площадью поперечного сечения, что и исходный защитный заземляющий проводник,

или

b) подключение к промышленному разъему в соответствии с IEC 60309 и минимальное поперечное сечение защитного заземляющего проводника, равное 2,5 мм^2, в составе многожильного силового кабеля.

Должна быть предусмотрена надлежащая защита от натяжения.

Относительно требований к маркировке см. 6.3.6.7.

4.3.5.6 Специальные функции оборудования для класса защиты II

Если оборудование предназначено для использования двойной или усиленной изоляции между токоведущими частями и доступными поверхностями в соответствии с 4.3.3.2, то считается, что конструкция соответствует защитному классу II, если применяется также следующее:

- оборудование, спроектированное для класса защиты II, не должно иметь средств подключения защитного заземляющего проводника. Однако это не применяется, если защитный заземляющий проводник проходит через оборудование к последовательно подключенному к нему оборудованию. В

последнем случае защитный заземляющий проводник и его средства для подключения должны быть изолированы основной изоляцией от доступной поверхности оборудования и от цепей, в которых используется защитное разделение, сверхнизкое напряжение, защитное сопротивление и ограниченная энергия разряда согласно 4.3.4. Эта основная изоляция должна соответствовать номинальному напряжению последовательно подключенного оборудования;

- оборудование в металлической оболочке класса защиты II может иметь на своей оболочке устройство для подсоединения проводника уравнивания потенциалов;
- оборудование класса защиты II может иметь устройство для подсоединения заземляющего проводника по функциональным причинам или для демпфирования перенапряжений, однако оно должно быть изолировано, как если бы оно было токоведущей частью;
- оборудование класса защиты II должно быть маркировано согласно 6.3.6.6.

4.3.6 Изоляция

4.3.6.1 Общие положения

4.3.6.1.1 Факторы воздействия

В этом подпункте приведены минимальные требования к изоляции, основанные на принципах IEC 60664 и IEC 60071.

При проектировании и установке PDS должны учитываться производственные допуски.

Для встроенной PDS система изоляции двигателя должна удовлетворять требованиям соответствующей части IEC 60034. CDM/BDM должен соответствовать требованиям 4.3.6.

Изоляция должна быть выбрана после рассмотрения следующих факторов:

- степень загрязнения;
- категория перенапряжения;
- система заземления питания;
- напряжение изоляции;
- местоположение изоляции;
- тип изоляции.

Проверка изоляции должна производиться в соответствии с 5.2.2.1, 5.2.3.1, 5.2.3.2 и 5.2.3.3.

4.3.6.1.2 Степень загрязнения

Изоляция, особенно при наличии зазоров и расстояний утечки, зависит от загрязнений, которые происходят в течение ожидаемого срока службы PDS. Даже незначительные условия окружающей среды должны учитываться для изоляции в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 — Определения степеней загрязнения

Степень загрязнения	Описание
1	Отсутствует загрязнение или происходит только сухое, непроводящее загрязнение. Загрязнение не влияет
2	Обычно происходит только непроводящее загрязнение. Иногда, однако, следует ожидать временную проводимость, вызванную конденсацией, когда PDS не работает
3	Наблюдается проводящее загрязнение или сухое непроводящее загрязнение, которое становится проводящим из-за конденсации, чего и следует ожидать
4	Загрязнение создает стойкую проводимость, вызванную, например, проводящей пылью, или дождем, или снегом

В соответствии с IEC 61800-1, IEC 61800-2 и IEC 61800-4 стандартная PDS должна быть рассчитана на степень загрязнения 2. Для обеспечения безопасности при определении изоляции следует учитывать степень загрязнения 3. Таким образом, PDS можно использовать для сред со степенями загрязнения 1, 2 и 3.

Изоляция может быть определена в соответствии со степенью загрязнения 2, если применяется одно из следующих условий:

a) к PDS прилагаются инструкции, указывающие, что она должна быть установлена в среде со степенью загрязнения 2,

или

b) конкретным применением при установке PDS, как известно, является среда со степенью загрязнения 2,

или

c) оболочка PDS или покрытия, применяемые в PDS в соответствии с 4.3.6.8.4.2 или 4.3.6.8.6, обеспечивают адекватную защиту от ожидаемого уровня загрязнения 3 и 4 (проводящее загрязнение и конденсация).

Если требуется функционирование в среде со степенью загрязнения 4, защита должна обеспечиваться с помощью подходящей оболочки.

4.3.6.1.3 Категория перенапряжения

Концепция категорий перенапряжения (на основе IEC 60364-4-44 и IEC 60664-1) используется для оборудования с питанием от сети. Рассматриваются четыре категории:

- категория IV применяется к оборудованию, постоянно подключенному на начальном этапе установки (со стороны питания от основного распределительного щита). Примерами являются счетчики электроэнергии, оборудование первичной токовой защиты и другое оборудование, подключенное непосредственно к открытым линиям вне помещения;
- категория III применяется к оборудованию, постоянно подключенному к стационарным установкам (в сторону потребителя от основного распределительного щита, включая щит). Примерами являются распределительные устройства и другое оборудование в промышленной установке;
- категория II применяется к оборудованию, которое не постоянно подключено к стационарной установке. Примерами являются приборы, переносные инструменты и другое подключаемое оборудование;
- категория I применяется к оборудованию, подключенному к цепи, где были приняты меры для снижения переходных перенапряжений до низкого уровня.

В приложении B приведены примеры рассмотрения категории перенапряжений для требований к изоляции.

Примечание — Для PDS, не предназначенной для питания от сети, соответствующая категория перенапряжения должна определяться в соответствии с требованиями к применению.

4.3.6.1.4 Системы заземления питания

В IEC 60364-1 описаны три основных типа системы заземления:

- система TN: имеет одну непосредственно заземленную точку, а проводящие части установки подключаются к этой точке защитными проводниками. Три типа системы TN, TN-C, TN-S и TN-C-S определяются в соответствии с расположением нейтральных и защитных проводников. Система с угловым заземлением является системой TN с одной заземленной фазой;
- система TT: имеет одну непосредственно заземленную точку, доступные проводящие части установки подключены к заземляющим электродам, электрически не зависящим от заземляющих электродов системы питания. Система с угловым заземлением является системой TN с одной заземленной фазой;
- IT-система: все токоведущие части изолированы от земли, или одна точка соединена на землю через сопротивление, доступные токопроводящие части установки заземляются независимо или совместно с заземляющей системой.

В системе PDS, предназначенной для работы в системе с угловым заземлением:

- изоляция между фазами сетевого питания, включая заземленную фазу, может быть спроектирована в виде функциональной изоляции в соответствии с 4.3.6.3, и
- цепи в PDS/CDM/BDM, непосредственно подключенные к любой фазе системы углового заземления, должны быть отделены от заземленных частей по меньшей мере базовой изоляцией.

4.3.6.1.5 Напряжения изоляции

В таблице 7 и таблице 8 используется напряжение в системе рассматриваемой цепи и категория перенапряжения для определения импульсного напряжения. Напряжение в системе также используется для определения временного перенапряжения.

Таблица 7 — Напряжение изоляции для низковольтных цепей

Столбец 1	2	3	4	5	6
Напряжение в системе (4.3.6.2.1), В	Импульсное напряжение, В				Временное перенапряжение (максимальное значение/r.m.s.)[a], В
	Категория перенапряжения				
	I	II	III	IV	
≤ 50	330	500	800	1500	1770/1250
100	500	800	1500	2500	1840/1300
150	800	1500	2500	4000	1910/1350
300	1500	2500	4000	6000	2120/1500
600	2500	4000	6000	8000	2550/1800
1000	4000	6000	8000	12 000	3110/2200
Интерполяция системного напряжения не допускается при отключении импульсного напряжения для питающей сети. Интерполяция напряжения системы допускается при установлении временного перенапряжения для питающей сети. Примечание — Последняя строка применяется только к однофазным системам или к межфазному напряжению в трехфазных системах. Источник: IEC 62477-1:2012 (таблица 9).					
[a] Эти значения выводятся с использованием формулы (1200 В + напряжение в системе) по IEC 60664-1.					

Таблица 8 — Напряжение изоляции для высоковольтных цепей

Столбец 1	2	3	4	5	6
Напряжение в системе (4.3.6.2.1), В	Импульсное напряжение, В				Временное перенапряжение (максимальное значение/r.m.s.), В
	Категория перенапряжения				
	I	II	III	IV	
> 1000	4000	6000	8000	12 000	4250/3000
3600	9000[a]	16 000[a]	20 000[b]	40 000[b]	14 150/10 000[b]
7200	17 500[a]	29 000[a]	40 000[b]	60 000[b]	28 300/20 000[b]
12 000	29 000[a]	42 500[a]	60 000[b]	75 000[b]	39 600/28 000[b]
17 500	40 000[a]	55 000[a]	75 000[b]	95 000[b]	53 750/38 000[b]
24 000	52 000[a]	75 000[a]	95 000[b]	125 000[b]	70 700/50 000[b]
36 000	75 000[a]	95 000[a]	125 000[b]	145 000[b]	99 000/70 000[b]
Примечание 1 — Интерполяция допускается. [a] Эти значения были получены или экстраполированы из IEC 62103:2003 (таблицы 4 и 5). [b] Эти значения были получены или экстраполированы из IEC 60071-1:2006 (таблица 2). [c] Это значение было взято из IEC 60146-1-1, ред. 4 (в стадии подготовки).					

4.3.6.2 Изоляция от окружающих предметов

4.3.6.2.1 Общие положения

Изоляция для основной, дополнительной и усиленной изоляции между цепью и окружающей ее обстановкой должна быть спроектирована с учетом:

- импульсного напряжения,

или

- временного перенапряжения,

или

- рабочего напряжения цепи.

Примечание 1 — Для расстояний утечки используется r.m.s. значение рабочего напряжения. Для расстояний зазоров и твердой изоляции используется повторяющееся пиковое значение рабочего напряжения, как описано в 4.3.6.2.2—4.3.6.2.4.

Примечание 2 — Примеры рабочего напряжения с комбинацией переменного тока, постоянного тока и повторяющихся пиков показаны на звене цепи постоянного тока непрямого преобразователя напряжения или затухающих колебаниях тиристорного демпфера или внутренних напряжениях источника питания в режиме переключения.

Импульсное напряжение и временное перенапряжение зависят от напряжения в системе цепи, а импульсное напряжение также зависит от категории перенапряжения, как показано в таблице 7 (для низковольтных PDS) и в таблице 8 (для высоковольтных PDS).

Напряжение в системе в столбце 1 этих таблиц:

- для таблицы 7:
- в системах TN и TT: r.m.s. значение номинального напряжения между фазой и землей.

Примечание — Угловая заземленная система представляет собой систему TN с одной фазой, в которой напряжение в системе равно r.m.s. значению номинального напряжения между незаземленной фазой и землей (т. е. фаза — фазное напряжение);

- в трехфазных IT-системах:
- для определения импульсного напряжения, r.m.s. значение номинального напряжения между фазой и искусственной нейтральной точкой (мнимое соединение равных сопротивлений от каждой фазы).

Примечание — Для большинства систем это эквивалентно разделению межфазного напряжения на $\sqrt{3}$;

- для определения временного перенапряжения, r.m.s. значение номинального напряжения между фазами;
- в однофазных IT-системах: r.m.s. значение номинального напряжения между фазами.
- для таблицы 8: r.m.s. значение номинального напряжения между фазами.

Примечание 3 — Для обеих таблиц, когда напряжением питания является выпрямленный переменный ток, напряжение питания в системе составляет r.m.s. значение источника переменного тока до выпрямления, с учетом системы заземления питания.

Примечание 4 — Напряжения, генерируемые в PDS вторичными обмотками трансформаторов с целью обеспечения гальванической развязки от питающей сети, также считаются напряжениями в системе для определения импульсных напряжений.

Примечание 5 — Для PDS с последовательно соединенными диодными мостами (12-импульсный, 18-импульсный и т. д.) напряжение в системе представляет собой сумму напряжений переменного тока на диодных мостах.

4.3.6.2.2 Цепи, подключенные напрямую к питающей сети

Изоляция между окружением и цепями, которые подключены напрямую к питающей сети, должна быть спроектирована в соответствии с импульсным напряжением, временным перенапряжением или рабочим напряжением, в зависимости от того, к какому предъявляются самые серьезные требования.

Эта изоляция обычно оценивается так, чтобы она выдерживала импульсы категории перенапряжения III, за исключением того, что категория перенапряжения IV должна использоваться, когда PDS подключают в начале установки. Категория перенапряжения II может использоваться для оборудования со штепсельными выводами, подключаемого к источнику питания для непромышленных целей, без особых требований в отношении надежности.

Если предусматриваются меры, которые уменьшают импульсы перенапряжения категории IV до значений категории III, или значения категории III до значений категории II, то основная или дополнительная изоляция может быть спроектирована для меньших значений. Если устройства, используемые для этой цели, могут быть повреждены перенапряжениями или повторяющимися импульсами, что уменьшает их способность снижать импульсы, они должны контролироваться и должна быть предусмотрена индикация их статуса. Для низковольтных устройств в IEC 61643-12 содержится информация о выборе и использовании таких устройств.

Требования к двойной или усиленной изоляции не должны смягчаться, если предусмотрены меры по снижению импульсов.

Примечание — Цепи, которые подключены к питающей сети через защитные сопротивления в соответствии с 4.3.4.3 или посредством средств, ограничивающих напряжения, согласно 4.3.4.4, не считаются подключенными напрямую к питающей сети.

4.3.6.2.3 Цепи, не подключенные напрямую к питающей сети

Изоляция между окружением и цепями, на которые подается питание через трансформатор, обеспечивая гальваническую развязку от питающей сети, должна быть спроектирована в соответствии с: a) импульсным напряжением, определяемым с использованием вторичного напряжения трансформатора в качестве напряжения в системе или b) рабочим напряжением, в зависимости от того, к какому предъявляются более серьезные требования.

Эта изоляция обычно оценивается так, чтобы она выдерживала импульсы категории перенапряжения II, за исключением того, что категория перенапряжения III должна использоваться, когда PDS подключена в начале установки.

Если предусмотрены меры, которые уменьшают импульсы перенапряжения категории III до значений категории II или только для низковольтных PDS значения категории II до значений категории I, то основная или дополнительная изоляция может быть спроектирована для меньших значений. Если устройства, используемые для этой цели, могут быть повреждены перенапряжениями или повторяющимися импульсами, что уменьшает их способность снижать импульсы, они должны контролироваться и должна быть предусмотрена индикация их статуса. Для низковольтных устройств в IEC 61643-12 содержится информация о выборе и использовании таких устройств.

Требования к двойной или усиленной изоляции не должны смягчаться, если предусмотрены меры по снижению импульсов.

Изоляция между окружением и цепями DVC A или B, обеспечиваемая трансформатором на частоте, отличной от частоты питающей сети, или подаваемая другими средствами, обеспечивающими гальваническую развязку от питающей сети, должна оцениваться в соответствии с рабочим напряжением (повторяющийся пик) цепи.

4.3.6.2.4 Изоляция между цепями

Изоляция между двумя цепями должна быть спроектирована в соответствии со схемой, имеющей более строгие требования.

4.3.6.3 Функциональная изоляция

Для частей или цепей, на которые не оказывают существенного влияния внешние переходные процессы, функциональная изоляция должна быть спроектирована в соответствии с рабочим напряжением на изоляции.

Для частей или цепей, на которые влияют внешние переходные процессы, функциональная изоляция должна быть спроектирована в соответствии с импульсным напряжением категории перенапряжения II, за исключением того, что категория перенапряжения III должна использоваться, когда PDS подключена в начале установки.

В тех случаях, когда предусмотрены меры, которые уменьшают переходные перенапряжения в пределах цепи с категории III до значений категории II, или значения категории II до значений категории I, функциональная изоляция может быть спроектирована для меньших значений.

Если характеристики цепи могут быть показаны путем испытания (см. 5.2.3.1) для уменьшения импульсных напряжений, функциональная изоляция может быть спроектирована для максимального импульсного напряжения, возникающего в цепи во время испытаний.

4.3.6.4 Расстояния воздушного зазора

4.3.6.4.1 Определение

В таблице 9 указаны минимальные расстояния зазора, необходимые для обеспечения функциональной, основной или дополнительной изоляции (см. приложение C для примеров расстояний воздушного зазора).

Зазоры для использования на высотах от 2000 до 20 000 м должны рассчитываться с поправочным коэффициентом в соответствии с IEC 60664-1 (таблица A.2), который представляется в виде зазоров в воздухе, являющихся функцией атмосферного давления в соответствии с Законом Пашена. Расстояния зазора, указанные в таблице 9, действительны до 2 000 м над уровнем моря. Зазоры выше 2 000 м должны быть умножены на коэффициент, указанный в таблице D.1.

Таблица D.1.

Для определения зазоров для усиленной изоляции из таблицы 9:

- для низковольтной PDS должно использоваться значение, соответствующее следующему более высокому импульсному напряжению, или в 1,6 раза выше временного перенапряжения, или в 1,6 раза выше рабочего напряжения (см. IEC 60664-1:2007 (пункт 5.1.6) и IEC 62477-1:2012 (пункт 4.4.7.4.1));
- для высоковольтной PDS должно использоваться значение, соответствующее 1,6-кратному импульсному напряжению, временному перенапряжению или рабочему напряжению.

Зазоры для усиленной изоляции между цепями, подключенными напрямую к питающей сети и другим цепям, не должны уменьшаться, если предусмотрены меры по снижению переходных перенапряжений.

Соответствие зазоров должно быть проверено посредством визуального осмотра (см. 5.2.2.1) и, если необходимо, посредством проведения испытания импульсным напряжением согласно 5.2.3.1 и испытания напряжением переменного тока или постоянного тока согласно 5.2.3.2.

На рисунке Е.1 и в таблице Е.1 представлены справочные руководства для определения зазоров для частот выше 30 кГц.

Таблица 9 — Расстояния воздушного зазора

Столбец 1	2	3	4	5	6
Импульсное напряжение (таблица 7, таблица 8, 4.3.6.3), В	Временное перенапряжение (максимальное значение) для определения изоляции между окружением и цепями или Рабочее напряжение (повторяющийся пик) для определения функциональной изоляции, В	Рабочее напряжение (повторяющийся пик) для определения изоляции между окружением и цепями, В	Минимальный зазор, мм		
			Степень загрязнения		
			1	2	3
Не относится	≤110	≤71	0,01	0,20[a]	0,80
Не относится	225	141	0,01	0,20	0,80
330	340	212	0,01	0,20	0,80
500	530	330	0,04	0,20	0,80
800	700	440	0,10	0,20	0,80
1500	960	600	0,50	0,50	0,80
2500	1600	1000	1,5		
4000	2600	1600	3,0		
6000	3700	2300	5,5		
8000	4800	3000	8,0		
12 000	7400	4600	14		
20 000	12 000	7600	25		
40 000	26 000	16 000	60		
60 000	37 000	23 000	90		
75 000	48 000	30 000	120		
95 000	61 000	38 000	160		
125 000	80 000	50 000	220		
145 000	99 000	60 000	270		

Окончание таблицы 9

Примечание 1 — Интерполяция разрешена. Примечание 2 — Примеры расстояний для зазора приведены в приложении С. Примечание 3 — Зазоры для временного перенапряжения и рабочего напряжения были получены из IEC 60664-1 (таблица А.1). В столбце 2 напряжение составляет примерно 80 % от выдерживаемого напряжения; в столбце 3 напряжение составляет примерно 50 % от выдерживаемого напряжения.
[a] 0,1 мм на печатных монтажных платах (PWB).

4.3.6.4.2 Однородность электрического поля

Размеры в таблице 9 соответствуют требованиям неоднородного распределения электрического поля на зазоре, которые обычно являются условиями, имеющими место на практике. Если известно однородное распределение электрического поля, а импульсное напряжение равно или больше 6 000 В для цепи, подключенной напрямую к питающей сети, или 4000 В в пределах цепи, то зазор для основной или дополнительной изоляции может быть уменьшен до уровня, не меньшего, чем требуется в стандарте IEC 60664-1 (таблица 2, случай В). В этом случае, однако, испытание на импульсное напряжение согласно 5.2.3.1 должно выполняться на зазоре.

Зазоры для усиленной изоляции не должны уменьшаться для однородных полей.

4.3.6.4.3 Зазор для проводящих оболочек

Зазор между любой неизолированной токоведущей частью и стенками металлической оболочки должен соответствовать 4.3.6.4.1 после испытаний на деформацию, изложенных в 5.2.2.5.

Если проектный зазор составляет не менее 12,7 мм, а зазор, требуемый 4.3.6.4.1, не превышает 8 мм, то испытания на деформацию могут не проводиться.

4.3.6.5 Расстояния утечки

4.3.6.5.1 Общие положения

Расстояния утечки должны быть достаточно большими, чтобы предотвратить долговременную деградацию поверхности твердых изоляторов, согласно таблице 10.

Для функциональной, основной и дополнительной изоляции значения в таблице 10 применяются непосредственно. Для усиленной изоляции расстояния в таблице 10 должны быть удвоены.

Когда расстояние утечки, определенное из таблицы 10, меньше зазора, требуемого в соответствии с 4.3.6.4.1, или зазора, определяемого тестированием импульса (см. 5.2.3.1), тогда он должен быть увеличен до этого зазора.

Расстояния утечки должны быть проверены путем измерения или проверки (см. 5.2.2.1) (примеры расстояний утечки даны в приложении С).

На рисунке Е.2 и в таблице Е.2 представлены справочные руководства по определению расстояний утечки для частот выше 30 кГц.

4.3.6.5.2 Материалы

Изоляционные материалы подразделяются на четыре группы, соответствующие их показателю стойкости к пробою (CTI) при испытании в соответствии с IEC 60112 (пункт 6.2):

- группа изоляционных материалов I CTI ≥ 600;
- группа изоляционных материалов II 600 > CTI ≥ 400;
- группа изоляционных материалов IIIa 400 > CTI ≥ 175;
- группа изоляционных материалов IIIb 175 > CTI ≥ 100.

Расстояния утечки на печатных монтажных платах (PWB), подверженных условиям степени загрязнения 3, должны определяться на основании таблицы 10 (раздел «Другие изоляторы», степень загрязнения 3).

Если расстояние утечки ребристое, то расстояние утечки изоляционного материала группы I может применяться с использованием изоляционного материала группы II, а расстояние утечки изоляционного материала группы II может применяться с использованием изоляционного материала группы III. Кроме загрязнения степени 1, ребра должны быть по высоте не менее 2 мм. Расстояние между ребрами должно быть равно или превышать размер «X» согласно таблице С.1.

Для неорганических изоляционных материалов, например из стекла или керамики, которые не отслеживаются, расстояние утечки может быть равно соответствующему зазору, как определено в таблице 9.

Таблица 10 — Расстояния утечки, мм

Столбец 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рабочее напряжение (r.m.s.), В	PWBs[a]		Другие изоляторы								
	Степень загрязнения		Степень загрязнения								
	1	2	1	2				3			
	b	c	b	Группа изоляционных материалов				Группа изоляционных материалов			
				I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
<2	0,025	0,04	0,056	0,35	0,35	0,35		0,87	0,87	0,87	
5	0,025	0,04	0,065	0,37	0,37	0,37		0,92	0,92	0,92	
10	0,025	0,04	0,08	0,40	0,40	0,40		1,0	1,0	1,0	
25	0,025	0,04	0,125	0,50	0,50	0,50		1,25	1,25	1,25	
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53		1,3	1,3	1,3	
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,80	1,1		1,4	1,6	1,8	
50	0,025	0,04	0,18	0,60	0,85	1,20		1,5	1,7	1,9	
63	0,04	0,063	0,20	0,63	0,90	1,25		1,6	1,8	2,0	
80	0,063	0,10	0,22	0,67	0,95	1,3		1,7	1,9	2,1	
100	0,10	0,16	0,25	0,71	1,0	1,4		1,8	2,0	2,2	
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5		1,9	2,1	2,4	
160	0,25	0,40	0,32	0,80	1,1	1,6		2,0	2,2	2,5	
200	0,40	0,63	0,42	1,0	1,4	2,0		2,5	2,8	3,2	
250	0,56	1,0	0,56	1,25	1,8	2,5		3,2	3,6	4,0	
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2		4,0	4,5	5,0	
400	1,0	2,0	1,0	2,0	2,8	4,0		5,0	5,6	6,3	
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5,0		6,3	7,1	8,0	
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3		8,0	9,0	10,0	
800	2,4	4,0	2,4	4,0	5,6	8,0		10,0	11	12,5	e
1000	3,2	5,0	3,2	5,0	7,1	10,0		12,5	14	16	
1250	4,2	6,3	4,2	6,3	9	12,5		16	18	20	
1600	f	f	5,6	8,0	11	16		20	22	25	
2000			7,5	10,0	14	20		25	28	32	
2500			10,0	12,5	18	25		32	36	40	
3200			12,5	16	22	32		40	45	50	
4000			16	20	28	40		50	56	63	
5000			20	25	36	50		63	71	80	

Окончание таблицы 10

Столбец 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рабочее напряжение (r.m.s.), В	PWBs[a]		Другие изоляторы								
	Степень загрязнения		Степень загрязнения								
	1	2	1	2				3			
	b	c	b	Группа изоляционных материалов				Группа изоляционных материалов			
				I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
6300			25	32	45	63		80	90	100	
8000			32	40	56	81		100	110	125	
10 000			40	50	71	100		125	140	160	
12 500			50	63	90	125		d	d	d	
16 000			63	80	110	150					
20 000			80	100	140	200					
25 000			100	125	180	250					
32 000			125	160	220	320					

Примечание — Интерполяция разрешена.

[a] Эти столбцы также применяются к компонентам и частям на PWB и к другим расстояниям утечки с сопоставимым контролем допусков.

[b] Все группы материалов

[c] Все группы материалов, за исключением IIIb

[d] Значения для расстояний утечки для этого диапазона не определены.

[e] Изоляционные материалы группы IIIb обычно не рекомендуются для степени загрязнения 3 выше 630 В.

[f] Выше 1250 В используют значения из столбцов 4—11, в зависимости от требований.

4.3.6.6 Покрытие

Покрытие может быть использовано для обеспечения изоляции, защиты поверхности от загрязнения и для обеспечения сокращения расстояний утечки и зазора (см. 4.3.6.8.4.2 и 4.3.6.8.6).

4.3.6.7 Пространственное распределение на PWB для функциональной изоляции

Пространственное распределение для функциональной изоляции на PWB, которое не соответствует 4.3.6.4 и 4.3.6.5, разрешено, если соблюдаются все следующие условия:

- PWB имеет класс воспламеняемости V-0 (см. IEC 60695-11-10);
- основной материал PWB имеет минимальный CTI 100;
- оборудование соответствует испытанию на короткое замыкание PWB (см. 5.2.2.2).

Расстояния утечки и зазора на PWB для функциональной изоляции при рабочих напряжениях менее 80 В (r.m.s.) или 110 В (повторяющийся пик) разрешается оценивать согласно степени загрязнения 1, если дорожки покрыты подходящим покрытием.

4.3.6.8 Твердая изоляция

4.3.6.8.1 Общие положения

Материалы, отбираемые для твердой изоляции, должны выдерживать возникающие напряжения. К ним относятся механические, электрические, тепловые и климатические напряжения, которые следует ожидать при нормальной эксплуатации. Изоляционные материалы также должны быть устойчивы к старению в течение ожидаемого срока службы PDS.

Испытания должны выполняться на компонентах и подузлах с использованием твердой изоляции, чтобы гарантировать, что эффективность изоляции не была нарушена конструкцией или производственным процессом.

Компоненты, соответствующие стандарту на изделие, который предусматривает требования, эквивалентные требованиям настоящего стандарта, не требуют отдельной оценки. Узлы, содержащие такие компоненты, должны испытываться в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

4.3.6.8.2 Требования к электрозащите

4.3.6.8.2.1 Основная или дополнительная изоляция:

- испытание с выдерживаемым импульсным напряжением согласно 5.2.3.1, таблице 19 (столбец 2 или столбец 4) или таблице 20 (столбец 2 или 4), в зависимости от требований;

и

- испытание с напряжением переменного или постоянного тока согласно 5.2.3.2, таблице 21 (столбец 2), таблице 22 или таблице 23, в зависимости от требований.

4.3.6.8.2.2 Двойная и усиленная изоляция:

- испытание с выдерживаемым импульсным напряжением согласно 5.2.3.1, таблице 19 (столбец 3 или 5) или таблице 20 (столбец 3 или 5), в зависимости от требований;

и

- испытание с напряжением переменного или постоянного тока согласно 5.2.3.2, таблице 21 (столбец 3), таблице 22 или таблице 23, в зависимости от требований;

а также

- измерение частичных разрядов согласно 5.2.3.3, если повторяющееся пиковое рабочее напряжение на изоляторе превышает 750 В, а нагрузка напряжением на изоляции больше 1 кВ/мм.

Примечание — Нагрузка напряжением — это повторяющееся пиковое напряжение, деленное на расстояние между двумя частями разного потенциала.

Измерение частичных разрядов должно выполняться как испытание типа на всех компонентах, узлах и PWB. Кроме того, если изоляция состоит из одного слоя материала, должно проводиться испытание образца.

Двойная изоляция должна быть спроектирована таким образом, чтобы пробой основной изоляции или дополнительной изоляции не приводил к уменьшению изоляционной способности оставшейся части изоляции.

4.3.6.8.2.3 Функциональная изоляция

Функциональная изоляция должна соответствовать требованиям 4.3.6.3. Испытание не требуется, за исключением тех случаев, когда анализ цепи, требуемый по 4.2, показывает, что пробой изоляции может привести к опасности. В этих случаях изоляция должна отвечать требованиям и проходить испытания для основной изоляции.

4.3.6.8.3 Тонкий листовой или ленточный материал

4.3.6.8.3.1 Общие положения

Подпункт 4.3.6.8.3 применяется при использовании тонких листовых или ленточных материалов в сборках, таких как компоненты обмотки и шины.

Также подпункт 4.3.6.8.3 может применяться для компонентов, обеспечивающих изоляционные свойства. См. 4.3.6.8.3.1 для использования стандартов на компоненты.

Разрешается изоляция, состоящая из тонких (менее 0,75 мм) листовых или ленточных материалов, при условии, что она защищена от повреждения и не подвергается механическому воздействию при нормальной эксплуатации.

Там, где используется более одного слоя изоляции, нет необходимости в том, чтобы все слои состояли из одного и того же материала.

Примечание 1 — Один слой изоляционной ленты, намотанной с перекрытием более 50 %, считается состоящим из двух слоев.

Примечание 2 — Основная, дополнительная и двойная изоляция могут применяться в виде предварительно собранной системы тонких материалов.

4.3.6.8.3.2 Толщина материала не менее 0,2 мм

- Основная или дополнительная изоляция должна состоять как минимум из одного слоя материала, который будет отвечать требованиям 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2.1.

- Двойная изоляция должна состоять как минимум из двух слоев материала, каждый из которых должен отвечать требованиям 4.3.6.8.1, 4.3.6.8.2.1 и требованиям к частичному разряду по 4.3.6.8.2.2, и оба слоя вместе должны соответствовать требованиям к импульсу и напряжению переменного и постоянного тока по 4.3.6.8.2.2.

- Усиленная изоляция должна состоять из одного слоя материала, который должен отвечать требованиям 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2.2.

Примечание — Требования настоящего подпункта указывают на то, что двойная изоляция должна иметь толщину не менее 0,4 мм, а усиленная изоляция может быть толщиной 0,2 мм.

4.3.6.8.3.3 Толщина материала менее 0,2 мм

- Основная или дополнительная изоляция должна состоять как минимум из одного слоя материала, который должен отвечать требованиям 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2.1.

- Двойная изоляция должна состоять как минимум из трех слоев материала. Каждый слой должен отвечать требованиям 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2.1, а любые два слоя вместе должны отвечать требованиям 4.3.6.8.2.2.

- Усиленная изоляция, состоящая из одного слоя материала, не допускается.

4.3.6.8.3.4 Соответствие

Соответствие проверяют, проводя испытания, описанные в 5.2.3.1—5.2.3.3.

Когда в компоненте или подузле используют тонкие листовые изоляционные материалы, разрешается проводить испытания на компоненте, а не на материале.

4.3.6.8.4 Печатные монтажные платы (PWB)

4.3.6.8.4.1 Общие положения

Изоляция между проводящими слоями в двухсторонних однослойных PWB, многослойных PWB и металлических сердечниках PWB должна отвечать требованиям 4.3.6.8.1. Основная, дополнительная, двойная и усиленная изоляция должны соответствовать требованиям 4.3.6.8.2.1 или 4.3.6.8.2.2. Функциональная изоляция в PWB должна отвечать требованиям 4.3.6.8.2.3.

Для внутренних слоев многослойных PWB изоляция между смежными дорожками на одном и том же слое должна рассматриваться как:

- расстояние утечки для степени загрязнения 1, и зазор как в воздухе (см. приложение С, пример С.14);

или

- твердая изоляция, и в этом случае она должна отвечать требованиям 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2.

4.3.6.8.4.2 Использование материалов покрытия

Материал покрытия, используемый для обеспечения функциональной, основной, дополнительной и усиленной изоляции, должен отвечать требованию, указанному ниже.

Защита типа 1 (как определено в IEC 60664-3) улучшает среду в ограниченном пространстве защищаемых частей. Для степени загрязнения 1 для защиты применяют зазор и расстояние утечки по таблице 9 и таблице 10. Требуется, чтобы между двумя проводящими частями защита покрывала одну или обе проводящие части, вместе со всем пространством между ними.

Защита типа 2 считается похожей на твердую изоляцию. При защите применяются требования к твердой изоляции, указанные в 4.3.6.8, и расстояния не должны быть меньше, чем указано в IEC 60664-3 (таблица 1). Требования к зазору и пути утечки в таблице 9 и таблице 10 не применяются. Требуется, чтобы между двумя проводящими частями защита покрывала обе проводящие части, вместе со всем пространством между ними, так чтобы между защитным материалом, проводящими частями и печатными платами не было никакого воздушного просвета.

Материал покрытия, используемый для обеспечения защиты типа 1 и типа 2, должен быть спроектирован таким образом, чтобы выдерживать напряжения, предполагаемые в течение ожидаемого срока службы PDS/CDM/BDM. Испытание типа на представительных PWB должно проводиться в соответствии с IEC 60664-3 (раздел 5). Для испытания на холод (см. 5.7.1) должна использоваться температура –25 °С, а для испытания на быстрое изменение температуры (см. 5.7.3): от –25 °С до +125 °С.

4.3.6.8.5 Компоненты обмотки

Лаковая или эмалевая изоляция проводов не должна использоваться для основной, дополнительной, двойной или усиленной изоляции.

Компоненты обмотки должны соответствовать требованиям 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2.

Сам компонент должен отвечать требованиям, указанным в 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2. Если компонент имеет усиленную или двойную изоляцию, испытание напряжением по 5.2.3.2 должно выполняться как стандартное испытание.

4.3.6.8.6 Пропиточный материал

Пропиточный материал может использоваться для обеспечения твердой изоляции или действовать в качестве покрытия для защиты от загрязнения. При использовании в качестве твердой изоляции

он должен соответствовать требованиям 4.3.6.8.1 и 4.3.6.8.2. При использовании для защиты от загрязнения применяются требования к защите типа 1 в 4.3.6.8.4.2.

4.3.6.9 Требования к изоляции выше 30 кГц

Если напряжения на изоляции имеют основные частоты, превышающие 30 кГц, применяются дополнительные положения. Для низковольтных цепей руководство представлено в IEC 60664-4.

В приложении E приводятся блок-схемы для определения расстояний зазоров и утечки в этих условиях. Для информации в IEC 60664-4 (приложение E) также включены таблицы 1 и 2.

4.3.7 Оболочки

4.3.7.1 Общие положения

Металлические оболочки должны выдерживать испытание на изгиб по 5.2.2.5.2 или иметь толщину, указанную в 4.3.7.2 или 4.3.7.3.

Полимерные оболочки или полимерные части, предназначенные завершать и поддерживать целостность электрической оболочки, должны соответствовать требованиям к воспламеняемости по 4.4.3 и выдерживать испытание на удар по 5.2.2.5.3.

Для встроенной PDS оболочка CDM/BDM должна соответствовать вышеуказанным требованиям. Оболочка двигателя должна отвечать требованиям соответствующих частей IEC 60034.

Оболочки должны быть пригодны для использования в предполагаемых условиях. Изготовитель должен указать предполагаемую среду (см. 6.3.3) и класс IP оболочки (относительно испытания см. 5.2.2.4).

Для встроенной PDS комбинация двигателя и CDM/BDM должна быть испытана в соответствии с их ожидаемой окружающей средой. Для внешних вентиляторов и сливных отверстий моторной части применяются требования IEC 60034-5.

4.3.7.2 Литой металл

Литой металл, за исключением резьбовых отверстий для короба, где требуется минимум 6,4 мм, должен быть:

- толщиной не менее 2,0 мм для площади более 155 см^2 или имеющей любой размер более 150 мм;
- толщиной не менее 1,2 мм для площади 155 см^2 или менее и имеющей размер не более 150 мм.

Рассматриваемая площадь может быть ограничена усиливающими ребрами, разделяющими большую площадь.

Ковкий чугун или кокильное литье алюминия, латуни, бронзы или цинка, за исключением резьбовых отверстий для короба, где требуется минимум 6,4 мм, должно быть:

- толщиной не менее 2,4 мм для площади более 155 см^2 или имеющей любой размер более 150 мм;
- толщиной не менее 1,5 мм для площади 155 см^2 или менее, имеющей размер не более 150 мм.

Металлическая оболочка, полученная в песчаной форме, должна иметь толщину не менее 3,0 мм, за исключением мест для резьбовых отверстий для короба, где требуется минимум 6,4 мм.

4.3.7.3 Листовой металл

Толщина оболочки из листового металла в точках, где должна подключаться система проводки, должна быть толщиной не менее 0,8 мм для стали без покрытия, 0,9 мм для оцинкованной стали и толщиной 1,2 мм для цветных металлов.

Толщина оболочки в точках, отличных от той, где должна подключаться система проводки, должна быть не меньше той, которая указана в таблице 11 или таблице 12.

Руководствуясь таблицей 11 и таблицей 12, опорная рама представляет собой конструкцию из углового, швеллерного или гнутого профиля листового металла, которая крепится и имеет такие же внешние размеры, что и поверхность оболочки, и имеет жесткость при кручении, чтобы противостоять изгибающим моментам, которые прикладываются к поверхности оболочки, когда она отклоняется.

Конструкция является такой же жесткой, как и конструкция, построенная с рамой из углового или швеллерного профиля, и имеет эквивалентное усиление. Конструкции без опорной рамы включают:

- один лист с отдельными штампованными фланцами — штампованные кромки;
- один лист, гофрированный или ребристый;
- поверхность оболочки, свободно прикрепленной к раме, например пружинными зажимами; а также
- поверхность оболочки, имеющая неподдерживаемый край.

Таблица 11 — Толщина листового металла для оболочек: углеродистая сталь или нержавеющая сталь

Без опорной рамы[a]		С опорной рамой[a]		Минимальная толщина, мм
Максимальная ширина, мм[b]	Максимальная длина, мм[c]	Максимальная ширина, мм[c]	Максимальная длина, мм[c]	
100	Не ограничена	160	Не ограничена	0,6[d]
120	150	170	210	
150	Не ограничена	240	Не ограничена	0,75[d]
180	220	250	320	
200	Не ограничена	310	Не ограничена	0,9
230	290	330	410	
320	Не ограничена	500	Не ограничена	1,2
350	460	530	640	
460	Не ограничена	690	Не ограничена	1,4
510	640	740	910	
560	Не ограничена	840	Не ограничена	1,5
640	790	890	1090	
640	Не ограничена	990	Не ограничена	1,8
740	910	1040	1300	
840	Не ограничена	1300	Не ограничена	2,0
970	1200	1370	1680	
1070	Не ограничена	1630	Не ограничена	2,5
1200	1500	1730	2130	
1320	Не ограничена	2030	Не ограничена	2,8
1520	1880	2130	2620	
1600	Не ограничена	2460	Не ограничена	3,0
1850	2290	2620	3230	

[a] См. 4.3.7.3.

[b] Ширина представляет собой меньший размер прямоугольной части листового металла, которая является частью оболочки. Смежные поверхности оболочки могут иметь общие опоры и быть сделаны из одного листа.

[c] «Не ограничена» применяется только тогда, когда край поверхности фланцевый не менее 12,7 мм или прикреплен к смежным поверхностям, которые обычно не снимаются в процессе эксплуатации.

[d] Листовая сталь для оболочки, предназначенной для использования вне помещения, должна быть толщиной не менее 0,86 мм.

Таблица 12 — Толщина листового металла для оболочек: алюминий, медь или латунь

Без опорной рамы[a]		С опорной рамой[a]		Минимальная толщина, мм
Максимальная ширина, мм[b]	Максимальная длина, мм[c]	Максимальная ширина, мм[c]	Максимальная длина, мм[c]	
75	Не ограничена	180	Не ограничена	0,6[d]
900	100	220	240	
100	Не ограничена	250	Не ограничена	0,75
125	150	270	340	
150	Не ограничена	360	Не ограничена	0,9
165	200	380	460	
200	Не ограничена	480	Не ограничена	1,2
240	300	530	640	
300	Не ограничена	710	Не ограничена	1,5
350	400	760	950	
450	Не ограничена	1100	Не ограничена	2,0
510	640	1150	1400	
640	Не ограничена	1500	Не ограничена	2,4
740	1000	1600	2000	
940	Не ограничена	2200	Не ограничена	3,0
1100	1350	2400	2900	
1300	Не ограничена	3100	Не ограничена	3,9
1500	1900	3300	4100	

[a] См. 4.3.7.3.

[b] Ширина представляет собой меньший размер прямоугольной части листового металла, которая является частью оболочки. Смежные поверхности оболочки могут иметь общие опоры и быть сделаны из одного листа.

[c] «Не ограничена» применяется только тогда, когда край поверхности фланцевый не менее 12,7 мм или прикреплен к смежным поверхностям, которые обычно не снимаются в эксплуатации.

[d] Листовой алюминий, медь или латунь для оболочки, предназначенной для использования вне помещения, должны быть толщиной не менее 0,74 мм.

4.3.8 Проводка и соединения

4.3.8.1 Общие положения

При установке проводка и соединения между частями оборудования и внутри каждой части должны быть защищены от механических повреждений. Изоляция, проводники и прокладка всех проводов оборудования должны соответствовать электрическим, механическим, тепловым и экологическим условиям эксплуатации. Проводники, которые могут контактировать друг с другом, должны иметь изоляцию, рассчитанную на требования к определенному классу напряжения (DVC) соответствующих цепей.

Соответствие требованиям 4.3.8.2—4.3.8.8 должно проверяться путем визуального осмотра (см. 5.2.1) общей конструкции и таблиц данных, если это применимо.

Примечание — Отраженные электрические волны в кабеле двигателя, питаемого от источника с широтно-импульсной модуляцией (PWM), могут стать причиной появления на кабеле высоких напряжений, что необходимо учитывать при выборе компонента PDS.

4.3.8.2 Прокладка

Чтобы уменьшить риск истирания изоляции для отверстия, через которое изолированные провода проходят в стенке из листового металла в оболочке оборудования, должен быть предусмотрен гладкий,

хорошо закругленный вкладыш или втулка, или оно должно иметь гладкие, хорошо закругленные поверхности, на которых располагаются провода.

Провода должны быть проложены вдали от острых кромок, резьбы винтов, заусенцев, ребер, движущихся частей, приспособлений для выталкивания и аналогичных деталей, которые ухудшают изоляцию проводов. Минимальный радиус изгиба, указанный изготовителем проволоки, не должен быть нарушен.

Зажимы и направляющие, металлические или неметаллические, используемые для прокладки стационарной внутренней проводки, должны иметь гладкие, хорошо закругленные края. Зажимное действие и опорная поверхность должны быть такими, чтобы не возникало истирания или пластической деформации изоляции. Если для проводников с термопластичной изоляцией используется металлический зажим толщиной менее 0,8 мм, должна быть предусмотрена непроводящая механическая защита.

4.3.8.3 Цветовое кодирование

Изолированные проводники, отличные от тех, которые являются неотъемлемой частью ленточного кабеля или многожильного сигнального кабеля, обозначенные зеленым цветом с одной или несколькими желтыми полосами или без них, должны использоваться только для защитного соединения.

Примечание — Выбор зеленого или зеленого/желтого цвета для защитного соединения регулируется национальными правилами.

4.3.8.4 Сращивания и соединения

Все сращивания и соединения должны быть механически защищены и обеспечивать неразрывность электроцепи.

Электрические соединения должны быть припаяны, приварены, закручены или иным образом надежно подключены. Паяное соединение, иное кроме компонента на PWB, дополнительно должно быть механически закреплено.

Когда многожильная внутренняя проводка соединена с винтом для крепления провода, конструкция должна быть такой, чтобы свободные нити провода не касались:

- других неизолированных токоведущих частей, которые не всегда имеют такой же потенциал, как и провод;
- обесточенных металлических частей.

Когда используются винтовые клеммные соединения, полученные в результате соединения могут потребовать регулярного технического обслуживания (затяжки). Соответствующая ссылка должна быть сделана в руководстве по техническому обслуживанию (см. 6.5.1).

4.3.8.5 Доступные соединения

В дополнение к мерам, указанным в 4.3.4.1—4.3.4.3, должно быть гарантировано, что ни ошибка введения, ни изменение полярности разъемов не могут привести к напряжению на доступном соединении выше максимального значения DVC A. Это относится, например, к подузлам со штекерным разъемом или к другим подключаемым устройствам, которые могут быть подключены без использования инструмента (ключа) или которые доступны без использования инструмента. Это не относится к оборудованию, предназначенному для установки в закрытых электрических рабочих зонах.

Если это необходимо, невзаимозаменяемость и защита от изменения полярности разъемов, штепселей и розеток должны быть подтверждены осмотром и пробной установкой.

4.3.8.6 Взаимосвязи между частями PDS

В дополнение к требованиям, изложенным в 4.3.8.1—4.3.8.5, средства, предусмотренные для соединения между частями PDS, должны соответствовать следующим требованиям или требованиям 4.3.8.7.

Кабельные сборки и гибкие шнуры, предусмотренные для соединения между секциями оборудования или между блоками системы, должны быть пригодны для эксплуатации или использования. Кабели должны быть защищены от физического повреждения на выходе из оболочки и должны иметь механическую защиту от натяжения.

Несогласование между вилкой и гнездом соединителей, введение многожильного штыревого разъема в гнездовой разъем, отличный от того, который предназначен для него, и другие манипуляции с частями, доступными для оператора, не должны приводить к механическим повреждениям или рискам тепловой опасности, поражению электрическим током или телесным повреждениям.

Когда внешние соединительные кабели оканчиваются штепсельной вилкой, которая вставляется в гнездо на внешней поверхности оболочки, при отключении не должно возникать опасности поражения электрическим током при контакте с розеткой или гнездом.

Примечание — Целям этих требований соответствует цепь блокировки в кабеле для отключения доступных контактов всякий раз, когда конец кабеля отсоединяется.

4.3.8.7 Подключение питания

В PDS, предназначенной для постоянного подключения к источнику питания, должно быть предусмотрено подключение к соответствующей системе проводки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ней. Предусмотренные точки подключения должны иметь соответствующую конструкцию, чтобы исключить возможность свободных жил кабеля, уменьшающих расстояние между проводниками, когда внимание уделяется установке.

4.3.8.8 Выводы

4.3.8.8.1 Требования к конструкции

Все части выводов, которые поддерживают контакт и проводят ток, должны быть металлическими и иметь достаточную механическую прочность.

Клеммные соединения должны быть такими, чтобы проводники могли соединяться с помощью винтов, пружин или других эквивалентных средств в целях обеспечения поддержания необходимого контактного давления.

Выводы должны быть выполнены таким образом, чтобы проводники могли быть зажаты между подходящими поверхностями без какого-либо значительного повреждения проводников или выводов.

Выводы не должны допускать, чтобы проводники были смещены или смещались сами по себе, что вредило бы работе оборудования, а изоляция не должна быть ниже номинальных значений.

Требования настоящего подпункта соблюдаются, когда используются выводы, соответствующие требованиям IEC 60947-7-1 или IEC 60947-7-2.

4.3.8.8.2 Присоединение мощности

Должны быть предусмотрены выводы, которые включают проводники, указанные в руководствах по монтажу и техническому обслуживанию (см. 6.3.6.4), и кабели в соответствии с правилами электромонтажа, применяемыми к установке. Выводы должны соответствовать испытанию на превышение температуры по 5.2.3.8. Также выводы должны быть пригодны для проводников того же типа по меньшей мере на два размера меньше, как указано в соответствующем столбце таблицы F.1.

Стандартные значения поперечного сечения круглых медных проводников показаны в приложении F, в котором также приведены приблизительные соотношения между метрическими размерами ISO и размерами AWG MCM (американский калибр проводов/круговой мил).

4.3.8.8.3 Подключение

Выводы для подключения к внешним проводникам должны быть легкодоступны во время установки.

Зажимные винты и гайки не должны фиксировать какой-либо другой компонент, хотя они могут удерживать клеммы на месте или не допускать их поворота.

4.3.8.8.4 Пространство для изгиба провода для проводов 10 мм^2 и более

Для низковольтной PDS расстояние между выводом для подключения к основному источнику питания или между основными частями PDS (например, двигателем, трансформатором, CDM/BDM) и препятствием, к которому направляется провод при выходе из выводного устройства, должно по крайней мере соответствовать указанному в таблице 13.

Таблица 13 — Пространство для изгиба провода от выводных устройств до оболочки

Размер провода, мм^2	Минимальное пространство для изгиба провода от выводного устройства до оболочки, мм		
	Провода на выводное устройство		
	1	2	3
10—16	40	—	—
25	50	—	—
35	65	—	—
50	125	125	180
70	150	150	190
95	180	180	205

Окончание таблицы 13

Размер провода, мм^2	Минимальное пространство для изгиба провода от выводного устройства до оболочки, мм		
	Провода на выводное устройство		
	1	2	3
120	205	205	230
150	255	255	280
185	305	305	330
240	305	305	380
300	355	405	455
350	355	405	510
400	455	485	560
450	455	485	610

Для высоковольтных PDS минимальное пространство для изгиба провода для проводников в целях взаимосвязи между частями PDS или основным источником питания должно быть:

- в восемь раз больше диаметра для неэкранированных проводников;

или

- в 12 раз больше общего диаметра экранированных или свинцовых проводников.

4.3.9 Требования к короткому замыканию на выходе

PDS не должна представлять тепловую опасность, опасность поражения электрическим током или опасный энергетический фактор в условиях короткого замыкания на любом выходе, который способен обеспечивать питание. В некоторых случаях защита от короткого замыкания может быть обеспечена внешними мерами, характеристики которых должны быть указаны изготовителем.

Оценка короткого замыкания на каждом выходе мощности CDM/BDM должна включать в себя короткие замыкания обоих:

- от фазы к фазе и
- каждой фазы на землю.

Если CDM/BDM обеспечивает гальваническую изоляцию между всеми портами питания и выходом питания, то оценка короткозамкнутых цепей от фазы к заземлению для данного конкретного выхода мощности и любые дополнительные силовые выходы с гальванической развязкой не нужны.

Соблюдение требований IEC 60364-4-41:2005/AMD1[1)] (пункт 411 и приложение D) установлено следующим образом:

- испытания в соответствии с пунктом 5.2.3.6.5 или
- дополнительное защитное эквипотенциальное соединение в соответствии с IEC 60364-4-41: 2005/AMD1: —, 415.2.

Электрическая схема защиты от короткого замыкания, используемая для подтверждения соответствия требованиям при испытании, предусмотренном в пункте 5.2.3.6.3, должна также соответствовать требованию, изложенному в 5.2.9.

Примечание — IEC 60364-4-41:2005/AMD1: —, 411.3.2, содержит дополнительную информацию о защите от косвенного воздействия в случае короткого замыкания между опасными токоведущими частями и защитным заземлением.

Необходимо учитывать соответствие различным типам системы заземления (например, TN, TT, IT или заземление краев), так как ток короткого замыкания на защитное заземление зависит от типа системы заземления.

Примечание — Главным образом, ток короткого замыкания на землю будет ниже или равен номинальному току выходной мощности в зависимости от заземления системы.

Требования к информации — по 6.3.7.

[1)] В стадии подготовки. Этап на момент публикации: IEC DEC 60364-4-41:2016.

Для согласования с устройствами защиты со стороны питания изготовитель должен указать максимальный ожидаемый ток короткого замыкания, соответствующий каждому выходу мощности CDM/BDM. Если требуются устройства защиты с определенными характеристиками, они также должны быть указаны.

Примечание — Максимальный ожидаемый номинальный ток короткого замыкания относится к мощности источника питания, который питает PDS.

Оценка короткого замыкания должна выполняться в соответствии с 5.2.3.6 на всех выходах мощности.

4.3.10 Совместимость устройства защитного отключения, управляемого дифференциальным током (RCD), или устройства контроля (RCM)

В некоторых бытовых и промышленных установках для защиты от отказов изоляции используются устройство защитного отключения, управляемое дифференциальным током (RCD), и устройство контроля дифференциального тока (RCM) в дополнение к тому, что обеспечивается установленным оборудованием.

Отказ изоляции или прямой контакт с определенными типами цепей PDS может стать причиной тока с компонентой постоянного тока, протекающим в защитном заземляющем проводнике, уменьшая, таким образом, способность RCD или RCM типа A или AC (см. IEC 60755 и IEC 62020) обеспечивать такую защиту для другого оборудования в установке.

В приложении G приводятся рекомендации по оказанию помощи в выборе типа RCD или RCM.

PDS должна удовлетворять одному из следующих условий.

a) Однофазная PDS со штекерным разъемом с номинальным входным током менее или равным 16 A, не использующая промышленный разъем в соответствии с IEC 60309, должна быть спроектирована таким образом, чтобы при нормальных условиях и условиях отказа она не уменьшала способность RCD и RCM типа A обеспечивать защиту другого оборудования в установке.

b) Для PDC со штекерным разъемом (в отличие от перечисления a)) с промышленным разъемом в соответствии с IEC 60309, и PDS со стационарным подключением, если постоянный ток может присутствовать в защитном заземляющем проводе, в руководстве для пользователя должно быть предусмотрено предупреждение и символ по ISO 7000-0434 (2004-01), а символ должен быть помещен на PDS (см. 6.3.6.7 и приложение H).

Информация и требования к маркировке приведены в 6.3.6.7.

Примечание — При проектировании и строительстве электроустановок следует соблюдать осторожность с RCD или RCM типа B. Все RCD или RCM со стороны питания от RCD или RCM типа B до трансформатора питания должны быть типа B.

4.3.11 Разряд конденсатора

Конденсаторы в PDS должны разряжаться до напряжения менее 60 В или до дифференциального заряда менее 50 мкКл в течение 5 с после отключения питания от PDS. Если это требование недостижимо по функциональным или иным причинам, применяются требования к информации и маркировке согласно 6.5.2. Относительно испытания см. 5.2.3.7.

Примечание — Это требование также применяется к конденсаторам, используемым для компенсации коэффициента мощности, фильтрации и т. д.

В случае вилок или подобных устройств, которые могут быть отсоединены без использования инструмента, снятие которых приводит к незащищенности проводников (например, штифтов), время разряда не должно превышать 1 с. В противном случае такие проводники должны быть защищены от прямого контакта по крайней мере посредством IPXXB. Если не может быть достигнуто ни время разряда 1 с, ни защита по меньшей мере IPXXB, должны применяться дополнительные разъединительные устройства или соответствующее предупреждающее устройство.

4.3.12 Условия доступа для высоковольтных PDS

Секции высокого напряжения (трансформатор, преобразователь, двигатель и т. д.) должны быть защищены соответствующей оболочкой корпуса согласно IEC 60204-11 для обеспечения безопасности персонала.

a) Условия эксплуатации

Блокирующие дверки должны препятствовать доступу внутрь оболочки секции преобразователя высокого напряжения, когда главный(е) выключатель(и), обеспечивающий(е) высокое напряжение в цепи, включен(ы) и если токоведущие части не заземлены (см. 0).

b) Доступ для обслуживания. Инструкции по заземлению

Операция заземления выполняется после нормального времени разряда, указанного изготовителем преобразователя. Необходимо следить за тем, чтобы эта операция была безопасной даже в случае выхода из строя разрядной цепи. Также следует принять во внимание, что на стороне входа и выхода паразитная емкость кабелей, двигателя и/или трансформатора должна быть разряжена до того, как станет возможен доступ к токоведущим частям. Применяются требования 4.3.11.

Заземляющие устройства (заземляющие переключатели и/или заземляющие кабели) должны быть предусмотрены в достаточном количестве, чтобы облегчить работу, выполняемую в безопасности на токоведущих частях высоковольтного оборудования PDS. Заземляющие устройства должны соответствовать требованиям IEC 62271-102 или IEC 61230. Заземляющие контакты или индикация того, что контакты выключателей замкнуты, должны быть видны обслуживающему персоналу до того, как они получат доступ к оборудованию.

Примечание — В особых случаях (например, инверторы с естественной коммутацией) могут потребоваться два заземляющих устройства (одно со стороны линии, другое со стороны нагрузки).

Для частей, которые не заземлены напрямую заземляющим переключателем, изготовители компонентов должны предоставить безопасные инструкции для заземления (см. 6.3.6.6).

4.4 Защита от тепловых опасностей

4.4.1 Сведение к минимуму риска воспламенения

Риск воспламенения из-за высокой температуры должен быть сведен к минимуму с помощью соответствующего выбора и использования компонентов и подходящей конструкции.

Электрические компоненты должны использоваться таким образом, чтобы их максимальная рабочая температура при нормальных условиях нагрузки была меньше, чем та, которая необходима для того, чтобы вызвать воспламенение окружающих материалов, с которыми они могут соприкасаться. Для окружающего материала не должны превышаться пределы, указанные в таблице 15.

Если нецелесообразно защищать компоненты от перегрева в условиях отказа, то все материалы, контактирующие с такими компонентами, должны иметь класс воспламеняемости V-1 в соответствии с IEC 60695-11-10 или лучше.

Соответствие требованиям 4.4.24.4.5 должно быть подтверждено проверкой технических данных компонентов и материалов и при необходимости испытанием.

4.4.2 Изоляционные материалы

4.4.2.1 Общие положения

Материал, который используется для непосредственной поддержки неизолированной токоведущей части, должен соответствовать следующим требованиям.

Примечание — Материалом, обеспечивающим непосредственную поддержку неизолированной токоведущей части, обычно считается материал, который:

a) находится в прямом физическом контакте с неизолированной токоведущей частью и

b) физически поддерживает или сохраняет относительное положение неизолированной токоведущей части.

Изоляционный материал должен подходить для максимальной температуры, которой он достигает, как определено испытанием на превышение температуры по 5.2.3.8. Следует рассмотреть вопрос о том, обеспечивает ли изоляционный материал дополнительную механическую прочность или нет и может ли часть подвергаться удару во время эксплуатации.

4.4.2.2 Требования к материалам

Изоляционный материал должен иметь CTI 100 или выше.

При использовании основных материалов в соответствии с таблицей 14 дополнительная оценка не требуется.

Таблица 14 — Основные материалы для непосредственной поддержки неизолированных токоведущих частей

Основные материалы	Минимальная толщина, мм	Максимальная температура, °С
Любой холодноформованный состав	Без ограничений	Без ограничений
Керамика, фарфор	Без ограничений	Без ограничений
Диаллилфталат	0,7	105
Эпоксидная смола	0,7	105
Меламин	0,7	130
Меламин-фенол	0,7	130
Фенольная смола	0,7	150
Ненаполненный нейлон	0,7	105
Ненаполненный поликарбонат	0,7	105
Формальдегид мочевины	0,7	100

В других случаях изоляционный материал должен пройти испытание раскаленной проволокой, описанное в 5.2.5.2, при температуре 850 °С. Может использоваться альтернативное испытание на воспламенение от горячей проволоки по 5.2.5.3.

Если изоляционный материал используется в устройстве, которое содержит переключающие контакты, и находится в пределах 12,7 мм от контактов, он должен пройти испытание на воспламеняемость от высоковольтной дуги по 5.2.5.1.

Изготовитель может предоставить данные от поставщика изоляционного материала, чтобы продемонстрировать соответствие вышеуказанным требованиям. В этом случае дальнейшее испытание не требуется.

4.4.3 Воспламеняемость материалов оболочки

Материалы, используемые для оболочки PDS, должны соответствовать требованиям к испытаниям, изложенным в 5.2.5.4.

Металлы, керамические материалы и стекло, которые являются термостойкими закаленными, армированными проволокой или ламинированными, считаются соответствующими без испытаний.

Материалы считаются соответствующими без испытаний, если при минимальной толщине материал имеет класс воспламеняемости 5VA согласно IEC 60695-11-20.

Компоненты, которые заполняют отверстие в оболочке и которые предназначены для монтажа таким образом, не требуется оценивать на соответствие требованиям воспламеняемости, изложенным в 5.2.5.4, при условии, что эти компоненты соответствуют аспектам воспламеняемости соответствующего стандарта IEC на компонент.

Примечание — Примерами этих компонентов являются держатели плавких предохранителей, переключатели, контрольные лампы, разъемы и входы для приборов.

Соответствие проверяют, проводя визуальный осмотр и при необходимости испытание.

Изготовитель может предоставить данные от поставщика изоляционного материала, чтобы продемонстрировать соответствие вышеуказанным требованиям. В этом случае дальнейшее испытание не требуется.

4.4.4 Температурные пределы

4.4.4.1 Внутренние части

Оборудование и его составные части при испытании в соответствии с классами оборудования не должны достигать температур, указанных в таблице 15.

Таблица 15 — Максимальные измеренные температуры для внутренних материалов и компонентов

Материалы и компоненты	Метод термометра, °C	Метод сопротивления, °C
1 Проводники, изолированные резиной или термопластиком[a]	75	
2 Пользовательские терминалы[b]	c	
3 Медные шины и соединительные ремни	d	
4 Изоляционные системы		
Класс A (105)	105	125
Класс E (120)	120	135
Класс B (130)	125	145
Класс F (155)	135	155
Класс H (180)	155	175
Класс N (220)	195	215
5 Фенольный состав[a]	165	
6 На материале голого резистора	415	
7 Конденсатор	e	
8 Силовые переключающие полупроводники	f	
9 PWBs	g	
10 Жидкая охлаждающая среда	h	

[a] Ограничение, касающееся фенольного состава и резиновой и термопластичной изоляции, не распространяется на соединения, которые были исследованы и признаны соответствующими требованиям для более высокой температуры.

[b] Температура на выводе проводки или наконечнике измеряется в точке, наиболее подверженной риску при контакте с изоляцией проводника, установленного как в эксплуатации.

[c] Максимальная температура вывода не должна превышать 15 °C номинальной температуры изоляции проводника или кабеля, указанной изготовителем (см. 6.3.6.4).

[d] Максимально разрешенная температура определяется пределом температуры материалов опоры или изоляцией соединительных проводов или других компонентов. Рекомендуется максимальная температура 140 °C.

[e] Для конденсатора максимальная температура, указанная изготовителем, не должна превышаться.

[f] Максимальная температура на корпусе должна быть максимальной температурой корпуса при подаваемой мощности, указанной изготовителем полупроводника.

[g] Максимальная рабочая температура PWB не должна превышаться.

[h] Максимальная температура охлаждающей среды, указанная изготовителем среды или определяемая из известных характеристик среды, не должна превышаться.

Метод сопротивления для измерения температуры, как указано в таблице 15, состоит из расчета превышения температуры обмотки с использованием формулы

$$\Delta t = \frac{r_2}{r_1}(k + t_1) - (k + t_2),$$

где Δt — превышение температуры;

r_2 — сопротивление в конце испытания (Ω);

r_1 — сопротивление в начале испытания (Ω);

t_1 — температура окружающей среды в начале испытания, °C;

t_2 — температура окружающей среды в конце испытания, °С;

k — составляет 234,5 для меди, 225,0 для марки алюминия для токопроводящей жилы (EC); значения константы для других проводников должны быть определены.

4.4.4.2 Внешние части полного модуля привода (CDM)

Максимальная температура для доступных внешних частей CDM должна соответствовать таблице 16. Разрешается, чтобы части имели температуры, превышающие эти значения, но тогда они должны быть отмечены предупреждением, приведенным в 6.4.3.4. Ни при каких обстоятельствах температура доступных частей не должна превышать 150 °С.

Таблица 16 — Максимальные измеренные температуры для внешних частей CDM

Часть	Материал	
	Металл, °С	Термопластик или стекло, °С
Пользовательские устройства (кнопки, ручки, переключатели, дисплеи и т. д.)	55	65
Части оболочки, доступные пользователю при случайном контакте	70	80
Части оболочки, где они соприкасаются со строительными материалами после установки	90	90

4.4.5 Специальные требования к PDS с жидкостным охлаждением

Примечание — Герметичные системы охлаждения теплоотводящими трубками, которые используются для передачи тепла от горячего компонента радиатору, не считаются системами жидкого охлаждения в настоящем стандарте. Однако возможная неисправность таких компонентов должна учитываться при анализе цепи по 4.2.

4.4.5.1 Охлаждающая жидкость

Указанная охлаждающая жидкость (см. 6.2) должна соответствовать ожидаемым температурам окружающей среды.

Температура охлаждающей жидкости в рабочем режиме не должна превышать предела, указанного в таблице 15.

4.4.5.2 Требования к конструкции

4.4.5.2.1 Коррозионная стойкость

Все компоненты системы охлаждения должны быть пригодны для использования с указанной охлаждающей жидкостью. Они должны быть стойкими к коррозии и не должны подвергаться коррозии в результате электролитического воздействия или длительного воздействия охлаждающей жидкости и/или воздуха.

4.4.5.2.2 Трубы, швы и уплотнения

Трубы, швы и уплотнения системы охлаждения должны быть спроектированы таким образом, чтобы предотвратить утечку во время колебаний давления в течение всего срока службы оборудования. Вся система охлаждения, включая насосно-компрессорные трубы, должна удовлетворять требованиям к испытанию гидростатическим давлением по 5.2.7.

4.4.5.2.3 Условие для конденсации

Если во время нормальной работы или технического обслуживания наблюдается внутренняя конденсация, необходимо принять меры для предотвращения ухудшения изоляции. В тех зонах, где ожидается такая конденсация, расстояния зазора и утечки должны оцениваться по крайней мере для окружающей среды степени загрязнения 3 (см. таблицу 6) и должны быть предусмотрены меры предосторожности для предотвращения накопления воды (например, путем дренирования).

4.4.5.2.4 Утечка охлаждающей жидкости

Должны быть приняты меры для предотвращения утечки охлаждающей жидкости на токоведущие части в результате нормальной работы, обслуживания или ослабления шлангов или других частей системы охлаждения в течение ожидаемого срока службы. Если предусмотрен механизм сброса давления, он должен быть расположен таким образом, чтобы при его активации не было утечки охлаждающей жидкости на токоведущие компоненты.

4.4.5.2.5 Потеря охлаждающей жидкости

Потеря хладагента из системы охлаждения не должна приводить к тепловым опасностям, взрыву или опасности удара электрическим током. Требования к испытанию на потерю охлаждающей жидкости, изложенные в 5.2.4.5.4, должны быть выполнены.

4.4.5.2.6 Проводимость хладагента

Когда хладагент намеренно соприкасается с токоведущими частями (например, незаземленные радиаторы), проводимость хладагента нужно постоянно контролировать и управлять ею во избежание опасного тока через хладагент.

4.4.5.2.7 Требования к изоляции для шлангов охлаждающей жидкости

Когда хладагент намеренно соприкасается с токоведущими частями (например, незаземленные радиаторы), шланги охлаждающей жидкости образуют часть системы изоляции. В зависимости от расположения шлангов требования 4.3.6 для функциональной или основной изоляции или защитного разделения должны применяться там, где это необходимо.

4.4.6 Защита двигателя от перегрузки и перегрева

4.4.6.1 Средства защиты

Двигатель PDS должен иметь защиту от перегрева. В зависимости от исполнения двигателя должно быть одно или несколько следующих средств защиты для каждого приводимого в действие двигателя (выбирается производителем PDS):

a) тепловое или электронное реле перегрузки, соответствующее требованиям IEC 60947-4-1;

b) CDM/BDM с электронной защитой двигателя от перегрузки в соответствии с 4.4.6.2, которая может включать:

i) сохранение тепловой памяти в соответствии с 4.4.6.3 и/или

ii) чувствительность к скорости в соответствии с 4.4.6.4;

c) CDM/BDM с мониторингом и автоматическим снижением тока двигателя на основе сигнала от термодатчика, установленного в двигателе или на двигателе в соответствии с 4.4.6.5;

d) встроенная тепловая защита двигателя, которая отключает двигатель;

e) информация в соответствии с 6.3.8.1.

Примечание 1 — Средства защиты, изложенные в перечислениях a) и d), являются единственно возможными средствами защиты двигателя от перегрузки в случае, когда несколько двигателей параллельно запитаны с той же самой выходной мощности двигателя CDM/BDM.

Информационные требования — согласно 6.3.8.

Примечание 2 — В США соблюдение требований NFPA 70 по защите от перегрузки в соответствии с NFPA 70:2014, 430.32 обеспечивается за счет средств защиты, изложенных в перечислениях a), b), c) или d); соблюдение требований NFPA 70 о превышении температуры в соответствии с NFPA 70:2014, 430.126 обеспечивается посредством средств защиты, изложенных в перечислениях b) (i) и ii)), c) или d).

4.4.6.2 CDM/BDM с защитой от перегрузки электродвигателя

Защита электродвигателя от перегрузки должна соответствовать положениям, изложенным в 5.2.8.1—5.2.8.4 и 5.2.9.

Регулируемая защита электродвигателя от перегрузки не должна регулироваться таким образом, чтобы были превышены предельные значения, указанные в таблице 29.

a) Для PDS, где известны двигатель и CDM/BDM, предельные значения, отличные от приведенных в таблице 29, могут быть указаны и испытаны в соответствии с 5.2.8.1—5.2.8.4.

b) Информационные требования — в соответствии с 6.3.8.2.

4.4.6.3 CDM/BDM с защитой от перегрузки электродвигателя с тепловой памятью

Защита электродвигателя от перегрузки с сохранением тепловой памяти должна соответствовать 5.2.8.1—5.2.8.6 и подпадает под действие требований 5.2.9.

4.4.6.4 CDM/BDM с защитой от перегрузки электродвигателя, чувствительной к скорости

Защита электронного двигателя от перегрузки, чувствительная к скорости, должна соответствовать требованиям 5.2.8.1—5.2.8.7 и подпадать под требования 5.2.9.

4.4.6.5 CDM/BDM, обеспечивающие мониторинг и автоматическое снижение тока двигателя на элементы термодатчиков

CDM/BDM, предназначенные для использования с двигателями, которые имеют термозащиту или термодатчик в/на двигателях, требуют наличия сигнального интерфейса для поддержки средств подключения защиты.

Должны быть учтены требования к изоляции для подключения термозащитного устройства или термодатчика.

4.5 Защита от опасных энергетических факторов

4.5.1 Опасности, которые представляет электрическая энергия

Неисправность какого-либо компонента в PDS не должна выделять достаточную энергию для приведения к опасности, например выбросу материала в зону, где находится персонал.

Там, где это необходимо, следует рассмотреть возможность передачи энергии от двигателя PDS к CDM/BDM, когда приводное оборудование перегружает управление CDM/BDM.

Примечание — Для этого требования в настоящей части IEC 61800 испытания не приведены.

4.5.2 Опасности, которые представляет механическая энергия

4.5.2.1 Общие положения

Механическая неисправность вследствие критической скорости вращения или проблем с кручением может создать опасность для обслуживающего персонала. Эти соображения применимы ко всем PDS, хотя они все возрастают при увеличении размера оборудования, например, с высоковольтной PDS. Поскольку это зависит от применения, в настоящий стандарт невозможно включить конкретные требования.

4.5.2.2 Критическая торсионная частота вращения

Там, где это необходимо, следует установить связь между поставщиком PDS/CDM/BDM, поставщиком приводного оборудования, установщиком и пользователем в отношении любых ожидаемых аспектов критической торсионной частоты вращения.

4.5.2.3 Анализ переходного крутящего момента

Анализ переходного крутящего момента является важным инструментом проектирования PDS для проверки напряжений кручения во всей механической части. Например, следующие условия эксплуатации — это области, вызывающие озабоченность:

- запуск;
- однофазное или трехфазное короткое замыкание на клеммах двигателя переменного тока;
- влияние возможной коммутационной неисправности полного модуля привода (CDM) переменного тока;
- влияние гармонических составляющих CDM переменного тока;
- потеря питания в CDM переменного тока;
- короткое замыкание на клеммах обмотки якоря двигателя постоянного тока.

При необходимости следует установить связь с поставщиком приводного оборудования и получить информацию, предусмотренную в 6.3.5.4.

4.5.3 Эмиссия акустического шума

На стадии рассмотрения. Требования к эмиссии акустического шума часто присутствуют в местных правилах. При отсутствии таких правил рекомендуется применять пределы, установленные в IEC 60034-9.

4.6 Защита от воздействий окружающей среды

PDS/CDM/BDM не должны представлять никаких опасностей в результате указанных экологических воздействий. Как минимум, PDS/CDM/BDM должны пройти испытания на предел прочности по 5.2.6. Более жесткие требования могут быть указаны изготовителем, и в таком случае менее жесткие испытания согласно настоящему стандарту нет необходимости выполнять.

5 Требования к испытаниям

5.1 Общие положения

5.1.1 Цели испытания и классификация

Испытания, как установлено в настоящем разделе, для подтверждения того, что PDS полностью соответствует требованиям настоящей части IEC 61800. Испытания могут быть отменены, если это разрешено в соответствующем пункте требований раздела 4.

В настоящем разделе 5 описываются процедуры, которые должны быть приняты для испытания PDS.

Испытания классифицируются как:

- испытания типа;
- стандартные испытания;
- испытания образца.

Изготовитель и/или испытательный центр должны обеспечить, чтобы использовались указанные максимальные и/или минимальные значения среды (или испытания), принимая во внимание допуски и неопределенности измерений.

Внимание! Эти испытания могут привести к возникновению опасных ситуаций. Необходимо принять соответствующие меры предосторожности, чтобы избежать травм.

5.1.2 Выбор образцов для испытания

При испытании линейки или серии аналогичных изделий может не потребоваться испытывать все модели линейки. Каждое испытание должно выполняться на модели или моделях с механическими и электрическими характеристиками, которые адекватно представляют весь диапазон для этого конкретного испытания.

5.1.3 Последовательность испытаний

В общем нет необходимости проводить испытания в заданной последовательности и не требуется, чтобы все они выполнялись на одном образце оборудования. Однако критерии прохождения некоторых испытаний требуют, чтобы за ними следовало одно или несколько дополнительных испытаний.

5.1.4 Условия заземления

Изготовитель должен указать приемлемые системы заземления (см. 4.3.6.1.4) для PDS. Требования к испытаниям должны определяться с использованием наихудшей (самой напряженной) системы заземления, разрешенной изготовителем. Системы заземления могут:

- включать нейтраль на землю;
- включать линию на землю;
- включать нейтраль на землю через высокое сопротивление;
- быть изолированными (незаземленными).

Недопустимые системы должны указываться:

- как запрещенные;
- с измененными значениями и/или уровнями безопасности, которые должны быть количественно определены с помощью испытания типа.

5.1.5 Соответствие

Соответствие настоящей части IEC 61800 должно быть проверено путем проведения соответствующих испытаний, указанных в настоящем разделе 5.

Соответствие может быть заявлено только в том случае, если все соответствующие испытания были успешно проведены.

Соблюдение строительных требований и информации, предоставляемой изготовителем, должно быть проверено путем соответствующей экспертизы, визуального осмотра и/или измерения.

Всякий раз, когда изменения конструкции или компонента потенциально влияют на соответствие требованиям, для подтверждения соответствия должны проводиться испытания нового типа. Желательно, чтобы модифицированное изделие было идентифицировано, например, с использованием подходящего кода даты или серийного номера, как описано в 6.2.

5.1.6 Обзор испытаний

В таблице 17 представлен обзор испытания типа, стандартных испытаний и испытания образца электронных компонентов, устройств и PDS/CDM/BDM.

Таблица 17 — Обзор испытаний

Испытание	типа	стандартное	образца	Требование(я)	Технические условия
Визуальный осмотр	X	X	X		5.2.1
Механические испытания					5.2.2
Расстояния зазора и утечки	X			4.3.6.1, 4.3.6.4, 4.3.6.5	5.2.2.1
Короткое замыкание PWB	X			4.3.6.7	5.2.2.2

Продолжение таблицы 17

Испытание	типа	стандартное	образца	Требование(я)	Технические условия
Недоступность	X			4.3.3.3	5.2.2.3
Целостность оболочки	X			4.3.7.1	5.2.2.4
Испытания на деформацию				4.3.6.4.3	5.2.2.5
Изгиб	X			4.3.7.1	5.2.2.5.2
Удар	X			4.3.7.1	5.2.2.5.3
Электрические испытания				4.3.4.1, 4.3.6.8.2	5.2.3
Импульсное напряжение	X		X	4.3.3.2, 4.3.4.3, 4.3.6.1, 4.3.6.8.2.1, 4.3.6.8.2.2, 4.3.6.8.3	5.2.3.1
Напряжение переменного или постоянного тока	X	X		4.3.3.2, 4.3.4.3, 4.3.6.1, 4.3.6.8.2.1, 4.3.6.8.2.2, 4.3.6.8.4.2	5.2.3.2
Частичный разряд	X		X	4.3.6.1, 4.3.6.8.2.2, 4.3.6.8.3	5.2.3.3
Защитное сопротивление	X	X		4.3.4.3	5.2.3.4
Измерение тока прикосновения	X			4.3.5.5.2	5.2.3.5
Испытание на короткое замыкание	X			4.3.9	5.2.3.6.3
Распределение компонентов	X			4.2	5.2.3.6.4
Разряд конденсатора	X			4.3.11	5.2.3.7
Превышение температуры	X			4.3.8.8.2, 4.4.2.1	5.2.3.8
Защитное соединение	X	X		4.3.5.3	5.2.3.9
Аномальные эксплуатационные испытания				4.2	5.2.4
Потеря фазы	X			4.2	5.2.4.4
Неисправная воздуходувка	X			4.2	5.2.4.5.2
Забитый фильтр	X			4.2	5.2.4.5.3
Потеря хладагента	X			4.4.5.2.5	5.2.4.5.4
Испытания материалов					5.2.5
Высоковольтное дуговое зажигание	X			4.4.2.2	5.2.5.1
Нить накала	X			4.4.2.2	5.2.5.2
Зажигание раскаленной проволокой	X			4.4.2.2	5.2.5.3
Воспламеняемость	X			4.4.3	5.2.5.4

Окончание таблицы 17

Испытание	типа	стандартное	образца	Требование(я)	Технические условия
Испытания на воздействие окружающей среды				4.6	5.2.6
Сухое тепло	X			4.6	5.2.6.3.1
Влажное тепло	X			4.6	5.2.6.3.2
Испытание на вибрацию	X			4.6	5.2.6.4
Гидростатическое давление	X	X		4.4.5.2.2	5.2.7

5.2 Технические условия испытаний

5.2.1 Визуальные осмотры (испытание типа, образца и стандартное испытание)

Визуальные осмотры должны выполняться:

- как стандартные испытания, чтобы проверить такие особенности, как адекватность маркировки, предупреждений и другие аспекты безопасности;
- в качестве критериев приемлемости для отдельных испытаний типа, испытаний образца или стандартных испытаний, чтобы убедиться, что требования настоящего стандарта выполнены.

Регулярные осмотры могут быть частью процесса производства или сборки.

Перед испытанием типа необходимо проверить, чтобы PDS, поставляемая для испытания, соответствовала ожиданиям в отношении напряжения питания, диапазонов ввода и вывода и т. д.

5.2.2 Механические испытания

5.2.2.1 Расстояния воздушных зазоров и путей утечки (испытание типа)

Посредством измерения или визуального осмотра должно быть проверено соответствие расстояний зазора и утечки согласно таблице 9 и таблице 10. Примеры измерений приведены в приложении С. Если такая проверка невозможна, то должно быть проведено испытание импульсного напряжения (см. 5.2.3.1) между рассматриваемыми цепями.

5.2.2.2 Испытание на короткое замыкание PWB (испытание типа)

На PWB функциональная изоляция, обеспечиваемая расстояниями, которые меньше, чем указанные в таблице 9 и таблице 10 (см. 4.3.6.7), должна быть проверена посредством испытания типа, как описано ниже.

Образец оборудования, содержащего узел PWB, должен быть подключен в соответствии с электрической схемой электропитания, рассчитанной и защищенной для имитации условий конечного использования. В случае PDS/CDM/BDM, поставляемых без оболочки, для имитации предполагаемой оболочки можно использовать клетку из проволочной сетки, которая в 1,5 раза больше индивидуальных линейных размеров исследуемой части.

Снаружи оболочки во всех отверстиях, ручках, фланцах, соединениях и подобных местах и в клетке из проволочной сетки (если используется) должна быть помещена хирургическая вата таким образом, чтобы это не оказывало существенного влияния на охлаждение.

Уменьшенные промежутки должны быть закорочены по очереди на представительных образцах, и короткое замыкание должно поддерживаться до тех пор, пока не перестанут наблюдаться дальнейшие повреждения.

В результате испытания на короткое замыкание PWB, PDS/CDM/BDM должны соответствовать следующему:

- не должно быть выброса пламени или расплавленного металла;
- хирургическая вата, являющаяся индикатором, не должна загореться;
- соединение на землю не должно размыкаться;
- дверка или крышка не должна открыться;
- в процессе и после испытания доступные цепи SELV и PELV не должны показывать напряжения, превышающие напряжения, зависящие от времени, показанные на рисунке 7;
- в процессе и после испытания токоведущие части при напряжениях, превышающих определенный класс напряжения А, не должны становиться доступными.

Не требуется, чтобы PDS/CDM/BDM после испытания работали, оболочка может быть деформирована. Разрешается размыкать защиту от перегрузки по току, встроенную в PDS/CDM/BDM или необходимую для использования с PDS/CDM/BDM.

5.2.2.3 Испытание недоступности (испытание типа)

Это испытание призвано показать, что токоведущие части, защищенные оболочками и барьерами в соответствии с 4.3.3.3, недоступны.

Это испытание должно проводиться как испытание типа оболочки PDS, как указано в IEC 60529, для классификации оболочки для защиты от доступа к опасным частям. Исключение:

- испытательный зонд для IP3X не должен проникать через верхнюю поверхность оболочки при зондировании только с вертикального направления ±5°.

5.2.2.4 Испытание целостности оболочки (испытание типа)

Утвержденный IP-класс оболочки должен быть проверен. Это испытание должно проводиться как испытание типа оболочки PDS, как указано в IEC 60529 для классификации оболочки.

5.2.2.5 Испытания на деформацию

5.2.2.5.1 Общие положения

Испытания на изгиб и удар применяются к PDS и прилагаемым CDM/BDM, где они предназначены для работы без дополнительной оболочки, доступ к которой ограничен обученным обслуживающим персоналом. После завершения испытания на изгиб (см. 5.2.2.5.2) для металлических оболочек и испытания на удар (см. 5.2.2.5.3) для полимерных оболочек PDS/CDM/BDM должны пройти испытания по 5.2.3.1 и 5.2.3.2 и должны быть проверены, чтобы:

- токоведущие части не были доступными (см. 4.3.3.3);
- оболочки не имели трещин или отверстий, которые могут стать причиной опасности;
- зазоры не были меньше их минимально допустимых значений, а другая изоляция не была повреждена;
- барьеры не были повреждены или ослаблены;
- не были обнаружены движущиеся части, которые могут вызвать опасность.

Испытания на изгиб и удар должны выполняться для наихудшего случая на репрезентативной доступной лицевой стороне (сторонах) оболочки.

Не требуется, чтобы PDS/CDM/BDM после испытания работали, и оболочка может быть деформирована до такой степени, что ее первоначальная IP-классификация не поддерживается.

5.2.2.5.2 Испытание на изгиб (испытание типа)

Оболочка должна быть надежно закреплена на жесткой опоре и должна выдерживать постоянное усилие 250 Н, прилагаемое на 5 с через конец стержня, имеющего квадратную плоскую стальную поверхность 12,7 на 12,7 мм.

Повреждение поверхностной отделки, небольшие вмятины и мелкие сколы, которые не оказывают неблагоприятное воздействие на защиту от поражения электрическим током или влаги, могут быть проигнорированы.

5.2.2.5.3 Испытание на удар (испытание типа)

Образец, состоящий из оболочки или ее части, представляющей наибольшую неармированную область, должен поддерживаться в нормальном положении. Твердая гладкая стальная сфера диаметром около 50 мм и массой 500 ± 25 г должна свободно падать из состояния покоя с вертикального расстояния 1300 мм на образец. (Вертикальные поверхности исключены из этого испытания.)

Кроме того, стальная сфера должна быть подвешена на шнуре и качаться в виде маятника для нанесения горизонтального удара по вертикали с расстояния 1300 мм. (Горизонтальные поверхности исключены из этого испытания.)

Если испытание маятником вызывает затруднения, разрешено моделировать горизонтальные удары по вертикальным или наклонным поверхностям путем установки образца на 90° к нормальному положению и применения испытания вертикальным ударом вместо испытания маятником.

5.2.3 Электрические испытания

5.2.3.1 Испытание импульсным напряжением (испытание типа и испытание образца)

Испытание импульсным напряжением выполняется с напряжением, имеющим волнообразную форму 1,2/50 мкс (см. IEC 60060-1 (рисунок 6)), и предназначено для имитации перенапряжений атмосферного происхождения. Оно также охватывает перенапряжения вследствие коммутации оборудования. Относительно условий испытания импульсным напряжением см. таблицу 18.

Испытания на зазоры, меньшие, чем требуется в таблице 9, и на твердой изоляции, выполняются в качестве испытаний типа с использованием соответствующих напряжений из таблицы 19 или таблицы 20.

Испытания на компонентах и устройствах для защитного разделения выполняются как испытание типа и испытание образца перед их сборкой в PDS с использованием импульсных выдерживаемых напряжений, перечисленных в столбце 3 или столбце 5 таблицы 19 или таблицы 20, в зависимости от ситуации.

Чтобы гарантировать, что ограничивающие устройства (см. 4.3.6.2.2, 4.3.6.2.3, 4.3.6.3) способны уменьшить перенапряжение, к PDS применяются значения столбца 2 или столбца 4 в таблице 19 или таблице 20, в зависимости от ситуации, в качестве испытания типа, и проверяются сокращенные значения, соответствующие следующему, более низкому напряжению в том же столбце этой таблицы.

Если необходимо проверить зазор, который был рассчитан для высот от 2000 до 20 000 м (с использованием таблицы А.2 IEC 60664-1), соответствующее испытательное напряжение может быть определено по расстоянию зазора, используя таблицу 9, в обратном порядке.

Таблица 18 — Испытание импульсным напряжением

<table>
<tr><th>Предмет</th><th colspan="2">Условия испытаний</th></tr>
<tr><td>Ссылка на испытания</td><td colspan="2">Раздел 19, 20.1.1 и IEC 60060-1 (см. рисунок 6); IEC 60664-1 (пункт 4.1.1.2.1)</td></tr>
<tr><td>Ссылка на требования</td><td colspan="2">Согласно 4.3.3.2, 4.3.4.3 и 4.3.6</td></tr>
<tr><td>Предварительное кондиционирование</td><td colspan="2">Токоведущие части, принадлежащие одной и той же цепи, должны быть соединены вместе. Защитные сопротивления должны быть отключены, если они не требуются для испытания. Импульсное напряжение применяется: 1) между испытываемой цепью и окружающей средой; и 2) между испытываемыми цепями. Питание не подается на испытываемые цепи</td></tr>
<tr><td>Начальное измерение</td><td colspan="2">Согласно техническим условиям PDS, компонента или устройства</td></tr>
<tr><td>Испытательное оборудование</td><td colspan="2">Импульсный генератор 1,2/50 мкс с эффективным внутренним сопротивлением не более 2 Ом для проверки зазоров и ограничивающих устройств и не более 500 Ом для испытания твердой изоляции и компонентов</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Измерение и верификация</td><td>a)</td><td>b)</td></tr>
<tr><td>Зазоры меньше, чем требуется в таблице 9
Зазоры, уменьшенные средством ограничения перенапряжения или характеристиками цепи.
Твердая основная или дополнительная изоляция.</td><td>Твердая усиленная изоляция
Зазоры, компоненты и устройства для защитного разделения.</td></tr>
<tr><td>Испытательное напряжение</td><td colspan="2">Три импульса 1,2/50 мкс каждой полярности в интервале ≥1 с, пиковое напряжение (±5 %) в соответствии с:
столбец 2 или столбец 4 таблицы 19, столбец 2 или столбец 4 таблицы 20, в зависимости от ситуации. | столбец 3 или столбец 5 таблицы 19, столбец 3 или столбец 5 таблицы 20, в зависимости от ситуации.
Когда испытание проводится на зазоре при высоте менее 2000 м, испытательное напряжение должно быть увеличено в соответствии с таблицей 5 и IEC 60664-1 (пункт 4.1.1.2.1.2), что позволяет воспроизвести импульсные испытания, проводимые на высоте менее 2000 м с целью проверки воздушных зазоров. При этом должны использоваться испытательные напряжения, которые были скорректированы в соответствии с давлением воздуха (высоты). Испытательные напряжения, которые были скорректированы для трех высот, приведены в таблице D.2. Коррекция испытательного напряжения на высоту не требуется для импульсных испытаний твердой изоляции. Значения напряжения в таблице D.2 применяются только для проверки зазоров.
Таблица D.2</td></tr>
</table>

Испытание импульсным напряжением считается успешно проведенным, если не происходит прокола, перегорания или искрообразования. В случае компонентов и устройств, в которых используется твердая изоляция для защитного разделения, также должно быть проведено испытание частичным разрядом (см. 5.2.3.3).

В качестве альтернативы для высоковольтных PDS импульсное испытание считается успешно проведенным, если

a) применяются три последовательных импульса для каждой полярности и:

- не наблюдается разрушающего разряда;

или

- один разряд наблюдается в самовосстанавливающейся части изоляции, а затем применяется девять дополнительных импульсов, не производя разрушающего разряда;

или

b) были применены 15 последовательных импульсов для каждой полярности и:

- количество разрушающих разрядов на самовосстанавливающуюся изоляцию не превышает двух для каждой серии;

и

- не происходит разрушающего разряда на несамовосстанавливающейся изоляции.

Таблица 19 — Импульсное испытательное напряжение для низковольтной PDS

Столбец 1	2	3	4	5
Напряжение системы (см. 4.3.6.2.1), В	Импульсное выдерживаемое напряжение для изоляции между цепями, не подключенными напрямую к питающей сети, и их окружением согласно категории перенапряжения II		Импульсное выдерживаемое напряжение для изоляции между цепями, подключенными напрямую к питающей сети, и их окружением согласно категории перенапряжения III	
	Основная или дополнительная, В	Усиленная, В	Основная или дополнительная, В	Усиленная, В
<50	500	800	800	1500
100	800	1500	1500	2500
150	1500	2500	2500	4000
300	2500	4000	4000	6000
600	4000	6000	6000	8000
1000	6000	8000	8000	12 000
—	Интерполяция разрешена		Интерполяция не разрешена	
	Примечание — Испытательные напряжения для категорий перенапряжений I и III могут быть получены аналогичным образом из таблицы 7.		Примечание — Испытательные напряжения для категорий перенапряжений II и IV могут быть получены аналогичным образом из таблицы 7.	

Таблица 20 — Импульсное испытательное напряжение для высоковольтной PDS

Столбец 1	2	3	4	5
Напряжение системы (см. 4.3.6.2.1), В	Импульсное выдерживаемое напряжение для изоляции между цепями и их окружением согласно категории перенапряжения III		Импульсное выдерживаемое напряжение для изоляции между цепями и их окружением согласно категории перенапряжения IV	
	Основная или дополнительная, В	Усиленная, В	Основная или дополнительная, В	Усиленная, В
>1000	8000	12 800	12 000	19 200
3600	20 000	32 000	40 000	64 000
7200	40 000	64 000	60 000	96 000

Окончание таблицы 20

Столбец 1	2	3	4	5
Напряжение системы (см. 4.3.6.2.1), В	Импульсное выдерживаемое напряжение для изоляции между цепями и их окружением согласно категории перенапряжения III		Импульсное выдерживаемое напряжение для изоляции между цепями и их окружением согласно категории перенапряжения IV	
	Основная или дополнительная, В	Усиленная, В	Основная или дополнительная, В	Усиленная, В
12 000	60 000	96 000	75 000	120 000
17 500	75 000	120 000	95 000	152 000
24 000	95 000	152 000	125 000	200 000
36 000	125 000	200 000	145 000	232 000
Интерполяция разрешена.				
Примечание — Испытательные напряжения для категорий перенапряжений I и II могут быть получены аналогичным образом из таблицы 7.				

5.2.3.2 Испытательное напряжение переменного или постоянного тока (испытание типа и стандартное испытание)

5.2.3.2.1 Цель испытания

Испытание используется для проверки того, что зазоры и твердая изоляция компонентов и PDS/CDM/BDM в сборке имеют достаточную диэлектрическую прочность, чтобы противостоять условиям перенапряжения.

5.2.3.2.2 Значение и тип испытательного напряжения

Значения испытательного напряжения определяются из столбца 2 или 3 таблицы 21, таблицы 22 или таблицы 23 в зависимости от того, подключена ли испытываемая цепь к сети низкого напряжения, сети высокого напряжения или не подключена к сети.

Испытательное напряжение из столбца 2 используется для испытания цепей с основной изоляцией.

Между цепями с защитным разделением (двойная или усиленная изоляция) испытательное напряжение столбца 3 применяется для испытаний типа. Для стандартных испытаний между цепями с защитным разделением должны использоваться значения из столбца 2, чтобы предотвратить повреждение твердой изоляции частичным разрядом.

Значения столбца 3 применяются к PDS с защитой от прямого контакта в соответствии с 4.3.3. Испытание проводится между цепями и доступными поверхностями PDS, которые являются непроводящими или проводящими, но не подключенными к защитному заземляющему проводнику.

Испытание напряжением должно проводиться с синусоидальным напряжением 50 или 60 кВ. Если цепь содержит конденсаторы, испытание может быть выполнено с напряжением постоянного тока, равным пиковому значению указанного значения напряжения переменного тока.

Стандартные испытания проводятся для проверки того, чтобы зазоры во время производственных операций не были сокращены. Защитные устройства, предназначенные для уменьшения импульсных напряжений на испытываемых цепях (см. 4.3.6.2.2 и 4.3.6.2.3), и цепи, принадлежащие цепям контроля или защиты, не предназначенные для поддержания испытательного перенапряжения на время испытания, должны быть отключены во избежание повреждения и обеспечения возможности применения испытательного напряжения без ложной индикации неисправности.

Таблица 21 — Испытательное напряжение переменного или постоянного тока для цепей, подключенных напрямую к сети низкого напряжения

Столбец 1	2		3[b]	
Напряжение системы (см. 4.3.6.2.1), В	Напряжение для цепей при испытании типа с основной изоляцией и для всех стандартных испытаний		Напряжение для цепей при испытании типа с защитным разделением, а также между цепями и доступными поверхностями (непроводящими или проводящими, но не подключенными к защитному заземлению, класс защиты II согласно 4.3.5.6)	
	Переменный ток r.m.s.[a], В	Постоянный ток, В	Переменный ток r.m.s.[a], В	Постоянный ток, В
≤50	1250	1770	2500	3540
100	1300	1840	2600	3680
150	1350	1910	2700	3820
300	1500	2120	3000	4240
600	1800	2550	3600	5090
1000	2200	3110	4400	6220
Примечание — Интерполяция разрешена.				
[a] Соответствует 1 200 В + напряжение системы. [b] Для этого испытания используется источник напряжения с током короткого замыкания не менее 0,1 А согласно IEC 61180-1 (пункт 5.2.2.2).				

Таблица 22 — Испытательное напряжение переменного или постоянного тока для цепей, подключенных напрямую к сети высокого напряжения

Столбец 1	2		3[b]	
Напряжение системы (см. 4.3.6.2.1), В	Напряжение для цепей при испытании типа с основной изоляцией и для всех стандартных испытаний		Напряжение для цепей при испытании типа с защитным разделением, а также между цепями и доступными поверхностями (непроводящими или проводящими, но не подключенными к защитному заземлению, класс защиты II согласно 4.3.5.6)	
	Переменный ток r.m.s.[a], В	Постоянный ток, В	Переменный ток r.m.s.[a], В	Постоянный ток, В
>1000	3000	4250	4800	6800
3600	10 000	14 150	16 000	22 650
7200	20 000	28 300	32 000	45 300
12 000	28 000	39 600	44 800	63 350
17 500	38 000	53 700	60 800	85 900
24 000	50 000	70 700	80 000	113 100
36 000	70 000	99 000	112 000	158 400
Примечание — Интерполяция разрешена.				
[a] Значения из IEC 60071-1 (таблица 2). [b] Для этого испытания используется источник напряжения с током короткого замыкания не менее 0,1 А согласно 5.2.2.2 IEC 61180-1 (пункт 5.2.2.2).				

Таблица 23 — Испытательное напряжение переменного или постоянного тока для цепей, не подключенных напрямую к сети

Столбец 1	2[a]		3[a]	
Напряжение системы (повторяющийся пик (см. 4.3.6.2.1), В	Напряжение для цепей при испытании типа с основной изоляцией и для всех стандартных испытаний		Напряжение для цепей при испытании типа с защитным разделением, а также между цепями и доступными поверхностями (непроводящими или проводящими, но не подключенными к защитному заземлению, класс защиты II согласно 4.3.5.6)	
	Переменный ток r.m.s., В	Постоянный ток, В	Переменный ток r.m.s., В	Постоянный ток, В
≤71	80	110	160	220
141	160	225	320	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1100
440	500	700	1000	1400
600	680	960	1400	1900
1000	1100	1600	2200	3200
1600	1800	2600	2900	4200
2300	2600	3700	4200	5900
3000	3400	4800	5400	7700
4600	5200	7400	8300	11 800
7600	8500	12 000	14 000	19 000
16 000	18 000	26 000	29 000	42 000
23 000	26 000	37 000	42 000	59 000
30 000	34 000	48 000	54 000	77 000
38 000	43 000	61 000	69 000	98 000
50 000	57 000	80 000	91 000	130 000
60 000	70 000	99 000	109 000	154 000

Примечание 1 — Интерполяция разрешена.

Примечание 2 — Испытательные напряжения в этой таблице основаны на 80 % выдерживаемого напряжения для соответствующего зазора в таблице 9, как указано в IEC 60664-1 (таблица A.1).

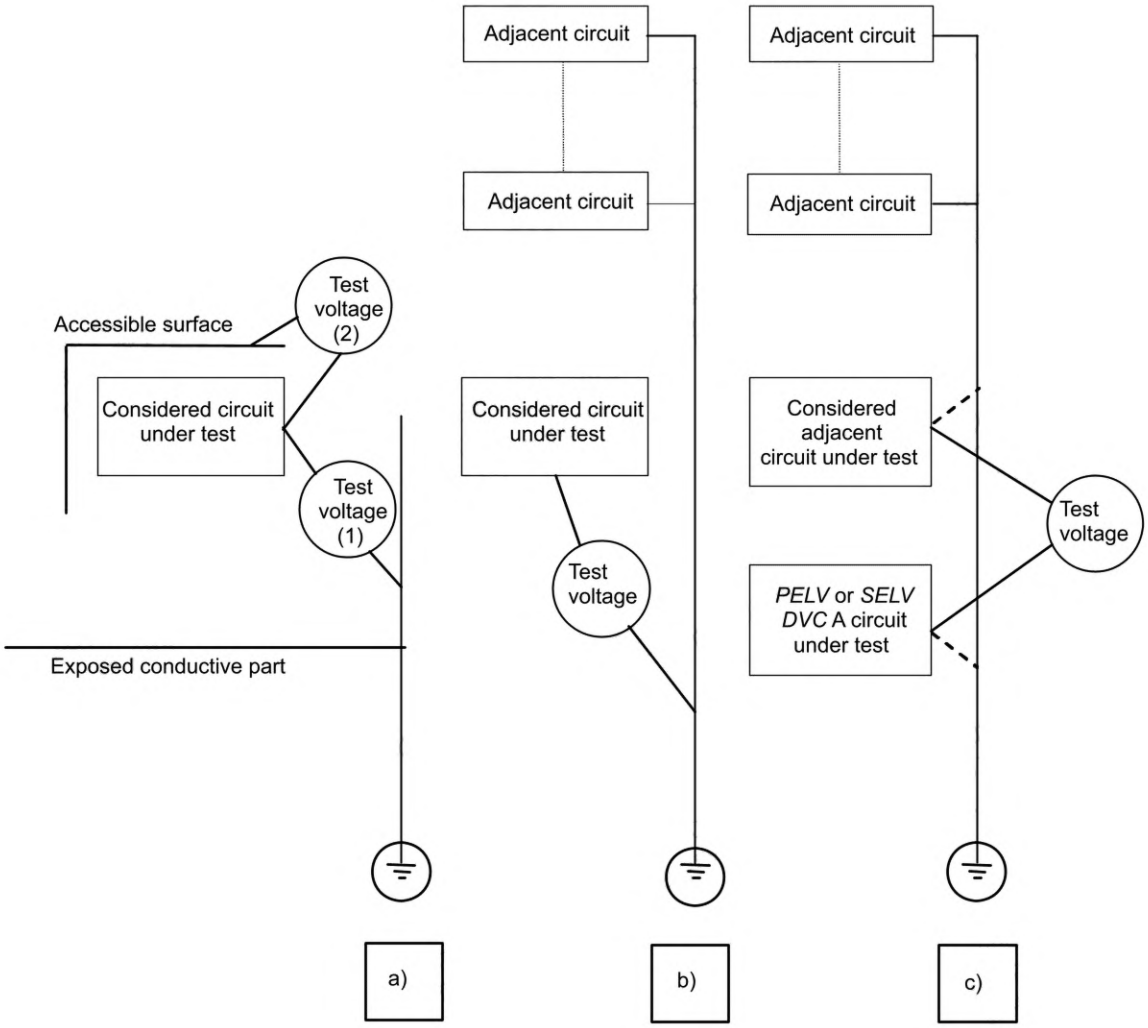
[a] Для этого испытания используется источник напряжения с током короткого замыкания не менее 0,1 А согласно IEC 61180-1 (пункт 5.2.2.2).

5.2.3.2.3 Выполнение испытания напряжением

Испытание следует применять следующим образом согласно рисунку 8.

а) Испытание (1) между доступной проводящей частью (подключенной к земле) и каждой цепью последовательно (за исключением цепей DVC A). Испытательное напряжение согласно таблице 22 или таблице 23, столбец 2, соответствует напряжению рассматриваемой испытываемой цепи.

Испытание (2) между доступной поверхностью (непроводящей или проводящей, но не подключенной к земле) и каждой цепью последовательно (за исключением цепей DVC A). Испытательное напряжение согласно таблице 21, таблице 22 или таблице 23, столбец 3 (для испытания типа) или столбец 2 (для стандартного испытания), соответствует напряжению рассматриваемой испытываемой цепи.



Adjacent circuit	Смежная цепь
Test voltage	Испытательное напряжение
Accessible surface	Доступная поверхность
Exposed conductive part	Открытая проводящая часть
Considered circuit under test	Рассматриваемая испытываемая цепь
Considered adjacent circuit under test	Рассматриваемая смежная испытываемая цепь
PELV or SELV DVC A circuit under test	Испытываемая цепь PELV или SELV DVC A

Рисунок 8 — Процедуры испытания напряжением

b) Испытание между каждой рассматриваемой цепью последовательно и другими смежными цепями, соединенными вместе. Испытательное напряжение согласно таблице 21, таблице 22 или таблице 23, столбец 2, соответствует напряжению рассматриваемой испытываемой цепи.

c) Испытание между цепью DVC A и каждой смежной цепью последовательно. Испытательное напряжение согласно таблице 21, таблице 22 или таблице 23, столбец 3 (для испытания типа) или столбец 2 (для стандартного испытания), соответствует цепи с более высоким напряжением. Для этого испытания может быть заземлена либо смежная цепь, либо цепь DVC A. Необходимо проверить основную изоляцию между PELV и SELV, но нет необходимости проверять функциональную изоляцию между смежными PELV или смежными SELV цепями.

Поскольку цепи PELV/SELV и цепи DVC C и D обычно отделяются от шасси (земли) с помощью основной изоляции, как правило, невозможно проверить двойную или усиленную изоляцию, разделяющую низковольтные цепи от высоковольтных цепей в полностью собранной PDS без перенапряжения основной изоляции. В связи с этим может возникнуть необходимость в демонтаже PDS или может оказаться невозможным выполнить испытания типа защитной изоляции при напряжениях согласно столбцу 3 таблиц 21—23. В этих случаях испытание типа изоляции, используемое для защитного разделения, осуществляется при напряжениях согласно столбцу 2 соответствующей таблицы.

Испытания должны проводиться с закрытыми дверцами оболочки.

Когда цепь электрически подключена к доступным проводящим частям, испытательное напряжение не имеет значения и может быть опущено.

Чтобы создать непрерывную цепь для испытания напряжением на PDS, выводы, разомкнутые контакты на переключателях и полупроводниковых коммутационных устройствах и т. д. должны быть соединены перемычками, где это необходимо. Перед испытанием полупроводники и другие уязвимые компоненты внутри цепи могут быть отключены и/или их выводы соединены перемычками, чтобы избежать повреждений, возникающих в ходе испытания.

В тех случаях, когда это практически возможно, отдельные компоненты, составляющие часть испытываемой изоляции, например конденсаторы подавления помех, не должны отсоединяться или соединяться перемычками перед испытанием. В этом случае рекомендуется использовать испытательное напряжение постоянного тока согласно 5.2.3.2.2.

Если PDS полностью или частично покрыта непроводящей доступной поверхностью, то для проведения испытаний на эту поверхность должна быть нанесена проводящая фольга, к которой применяется испытательное напряжение. В этом случае испытание изоляции между цепью и непроводящей доступной поверхностью может быть выполнено как испытание образца вместо стандартного испытания.

Стандартное испытание PDS в сборе не требуется, если:

- выполняется стандартное испытание всех подузлов, связанных с системой изоляции PDS;

и

- можно продемонстрировать, что окончательная сборка не будет подвергать риску систему изоляции;

а также

- испытание типа полностью собранной PDS было выполнено успешно.

Защитные сопротивления в соответствии с 4.3.4.3 должны быть либо включены в испытание, либо соединение с защищенной частью цепи должно быть разомкнуто перед испытанием. В последнем случае соединение должно быть тщательно восстановлено после испытания напряжением во избежание повреждения изоляции. Защитные экраны в соответствии с 4.3.2 должны оставаться подключенными к доступным проводящим частям во время испытания напряжением.

В случае высоковольтной PDS напряжение должно применяться с линейным изменением длительностью до 5 с. Кроме того, для высоковольтной PDS, если испытание требуется или требуется его повторить, напряжение должно быть снижено до 80 % от исходного испытательного напряжения.

5.2.3.2.4 Продолжительность испытания напряжением переменного или постоянного тока

Продолжительность испытания должна быть не менее 5 с для испытания типа и 1 с для стандартного испытания. Испытательное напряжение может применяться с увеличением и/или уменьшением линейного изменения напряжения, но для испытаний типа и стандартных испытаний полное напряжение должно поддерживаться в течение 5 с и 1 с соответственно.

5.2.3.2.5 Проверка испытания напряжением переменного или постоянного тока

Испытание прошло успешно, если во время испытания не произошел электрический пробой.

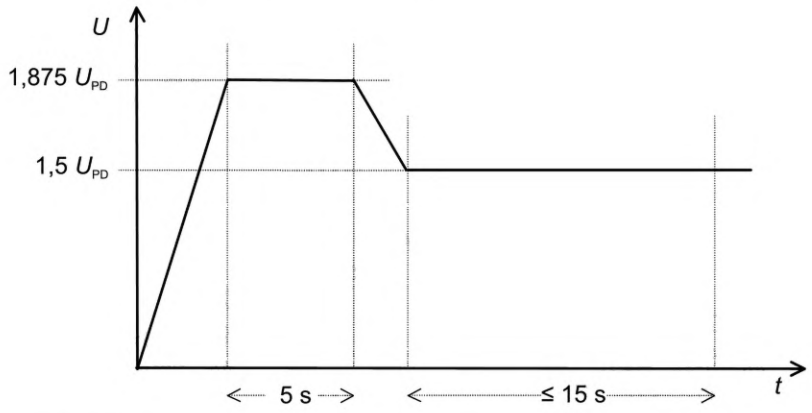
5.2.3.3 Измерение частичных разрядов (испытание типа, испытание образца)

Измерение частичных разрядов (см. таблицу 24) должно подтвердить, что твердая изоляция (см. 4.3.6.8), используемая в компонентах и узлах для защитного разделения электрических цепей, остается свободной от частичных разрядов в пределах указанного диапазона напряжений (см. таблицу 24).

Это измерение должно быть выполнено как испытание типа и образца. Его можно не использовать для изоляционных материалов, которые не разрушаются от частичного разряда, например керамики.

На порог и напряжение погасания частичного разряда влияют климатические факторы (например, температура и влажность), самонагрев оборудования и технологический допуск. Эти влияющие переменные могут быть значительными при определенных условиях и поэтому должны учитываться при испытании типа.

Таблица 24 — Измерение частичных разрядов

Предмет	Условия испытаний
Ссылка на испытания	IEC 60664-19 (пункт 4.1.2.4)
Ссылка на требования	4.3.6.8
Предварительное кондиционирование	Образцы должны быть предварительно кондиционированы в соответствии с методом, изложенным в IEC 60664-1 (пункт 4.1.2.1, перечисление b)) Токоведущие части, принадлежащие одной и той же цепи, должны быть соединены вместе. Рекомендуется провести измерение частичных разрядов после испытания импульсным напряжением (см. 5.2.3.1), чтобы был очевиден любой ущерб, вызванный испытанием импульсным напряжением. Желательно, чтобы измерение частичных разрядов выполнялось до того, как компоненты или устройства вставят в оборудование, поскольку измерение частичных разрядов обычно невозможно для оборудования в сборке
Начальное измерение	Согласно техническим условиям компонента или устройства
Испытательное оборудование	Откалиброванное устройство измерения заряда или измеритель радиопомех без взвешивающих фильтров
Испытательная цепь	IEC 60664-1 (раздел C.1)
Испытательное напряжение	Пиковое значение переменного тока 50 или 60 кВ
Метод испытания	4.1.2.4 IEC 60664-1: F1 = 1,2; F2, F3 = 1,25. Процедура испытания 4.1.2.4.2 IEC 60664-1
Калибровка испытательного оборудования	IEC 60664-1 (раздел C.4)
Измерение	Начиная с напряжения ниже номинального разрядного напряжения U_{PD}[a], напряжение должно линейно увеличиваться до 1,875 U_{PD} и выдерживаться в течение максимум 5 с. Затем напряжение должно линейно уменьшаться до 1,5 U_{PD} (±5 %) и выдерживаться в течение максимум 15 с, в течение которого измеряют частичные разряды
Верификация	Испытание считается успешно пройденным, если частичный разряд составляет менее 10 пК в течение периода измерения 

[a] Номинальное разрядное напряжение представляет собой сумму повторяющихся пиковых напряжений в каждой из цепей, разделенных изоляцией.

5.2.3.4 Защитное сопротивление (испытание типа и стандартное испытание)

Испытание типа должно выполняться для проверки того, что ток через защитное сопротивление при нормальных рабочих условиях не превышает значений, указанных в 4.3.4.3. Испытание должно проводиться с использованием цепи по IEC 60990 (рисунок 4).

Примечание — В стандарте IEC 60990 указано, что использование одной схемы для измерения переменного тока в сочетании с постоянным током не было исследовано, но не делается никаких предположений относительно измерения в таких случаях.

Значение защитного сопротивления должно быть проверено по результатам стандартного испытания.

5.2.3.5 Измерение тока прикосновения (испытание типа)

Ток прикосновения измеряется, чтобы определить, не следует ли принимать меры защиты (см. 4.3.5.5.2). Испытание может использоваться для BDM, но в этом случае BDM должен быть подключен к двигателю. Двигатель может быть без нагрузки, но следует использовать длину и тип кабеля двигателя, указанного изготовителем.

PDS должна быть установлена в изолированном состоянии без какого-либо подключения к земле и должна работать при номинальном напряжении. В этих условиях ток прикосновения измеряется между средствами подключения защитного заземляющего проводника и самим защитным заземляющим проводником с измерительной сетью согласно IEC 60990 (рисунок 4).

- Для подключения PDS к заземленной системе нейтрали нейтраль питающей сети испытательной площадки должна быть подключена напрямую к защитному заземляющему проводнику.
- Для подключения PDS к изолированной системе или системе сопротивления нейтраль должна быть подключена через сопротивление 1 кОм к защитному заземляющему проводнику, который должен быть подключен к каждой входной фазе по очереди. В качестве окончательного результата принимают наивысшее значение.
- Для подключения PDS к сети с фазовым заземлением защитный заземляющий проводник должен быть подключен к каждой входной фазе по очереди. В качестве окончательного результата принимают наивысшее значение.
- Для PDS с конкретной системой заземления эта система должна работать по назначению во время испытания.
- Если PDS предназначена для подключения к нескольким сетям системы, для измерения тока прикосновения должна использоваться каждая из этих разных сетей системы (или наихудший вариант, если это может быть определено).

Выполняется как испытание типа.

5.2.3.6 Испытание на короткое замыкание и испытание компонентов на пробой (испытания типа)

5.2.3.6.1 Общие положения

Защита от риска тепловой опасности, поражения электрическим током и опасных энергетических факторов в случае короткого замыкания или пробоя компонента для CDM/BDM или PDS в сочетании с ее установкой должна оцениваться посредством:

a) испытаний, определенных в 5.2.3.6.3 и 5.2.3.6.4;

или

b) расчета или моделирования на основе испытаний, определенных в 5.2.3.6.3 и 5.2.3.6.4, на представительной модели PDS/CDM/BDM, где не возникало никаких повреждений, кроме размыкания предохранителей или отключения автоматических размыкателей цепи на испытываемом образце;

Примечание — Представительная модель означает PDS/CDM/BDM с аналогичными силовыми элементами (например, силовые полупроводники, предохранители, автоматические выключатели, конденсаторы, датчики обнаружения короткого замыкания и выходные индуктивности) и топологиями схем наподобие рассматриваемого PDS/CDM/BDM.

или

c) для высоковольтной PDS:

расчета или моделирования на основе испытаний элементов, которые адекватно представляют элементы, которые используются в PDS. Элементы, испытания и условия испытаний должны быть выбраны таким образом, чтобы была достаточная уверенность в результатах испытаний для их переноса на рассматриваемую PDS/CDM/BDM (например, путем масштабирования от более низкой до более высокой мощности);

или

d) для пользовательской PDS:

анализа риска и опасности предполагаемого применения, а также анализа конструктивных характеристик. Относительно информационных требований ко вводу в эксплуатацию см. 6.3.9.

Примечание — Относительно обеспечения защиты пользовательская PDS зависит от конструктивных характеристик установки.

5.2.3.6.2 Схема проведения испытания

В случае PDS/CDM/BDM, поставляемой без оболочки, для моделирования предполагаемой оболочки используется клетка из проволочной сетки, которая в 1,5 раза превышает индивидуальные линейные размеры исследуемой части PDS/CDM/BDM.

PDS/CDM/BDM и клетка из проволочной сетки (если она используется) должны быть заземлены в соответствии с требованиями 4.3.5.3.2.

Во все отверстия, ручки, фланцы, сочленения и подобные места снаружи оболочки или вокруг клетки из проволочной сетки (если используется) должна быть помещена хирургическая вата.

Если в руководстве по установке, испытываемой PDS, указано, что необходимы внешние средства защиты от сбоев, эти специальные средства должны быть предоставлены для испытания.

Напряжения доступных цепей SELV и PELV определенного класса напряжения (DVC A) должны контролироваться.

5.2.3.6.2.1 Напряжение питания и ток

PDS, рассчитанные на постоянный ток на входе, должны испытываться с использованием источника постоянного тока. PDS, рассчитанные на переменный ток на входе, должны испытываться с использованием их номинальной входной частоты.

Напряжение разомкнутой цепи питания должно составлять 100 % — 105 % от номинального входного напряжения. Напряжение разомкнутой цепи может превышать 105 % от номинального входного напряжения по требованию изготовителя.

Для испытания на короткое замыкание питание должно обеспечивать указанный ожидаемый ток короткого замыкания (см. 4.3.9) при подключении к PDS, если только анализ цепи не показывает, что может использоваться меньшее значение.

Для испытания компонентов на пробой питание должно обеспечивать ожидаемый ток короткого замыкания от 1 до 5 кА, если анализ по 4.2 не показывает, что требуется другое значение.

5.2.3.6.3 Испытание на короткое замыкание

5.2.3.6.3.1 Условия нагрузки

Испытание на короткое замыкание должно выполняться с CDM/BDM при полной нагрузке или малой нагрузке в зависимости от того, что создает более тяжелое состояние.

5.2.3.6.3.2 Короткое замыкание между фазными клеммами выходов питания

Для выходов мощности должен быть предусмотрен проводник поперечного сечения, соответствующий номинальному току, доступному на выходной мощности. Длина петли (передней и задней) должна составлять приблизительно 2 м, если размер PDS не требует большей длины, и в этом случае длина должна быть такой короткой, насколько это практически возможно для проведения испытания.

Все фазные клеммы каждого испытываемого выхода мощности следует одновременно соединить вместе, используя соответствующее коммутационное устройство.

Примечание — Клеммы, подключенные к сети постоянного тока, для испытаний, приведенных в пунктах 5.2.3.6.3.2 и 5.2.3.6.3.3, рассматриваются как фазные.

5.2.3.6.3.3 Короткое замыкание между фазными клеммами выходной мощности и защитным заземлением

Фаза при условии защитного замыкания на землю должна рассматриваться для каждого состояния поочередно как защита короткого замыкания на землю.

Допускается использовать только одно испытание на выходе, если достигается равенство фаз и если выбранная фаза испытывается в наиболее жестких условиях.

В качестве примеров приведены рисунки 11, 12 и 13.

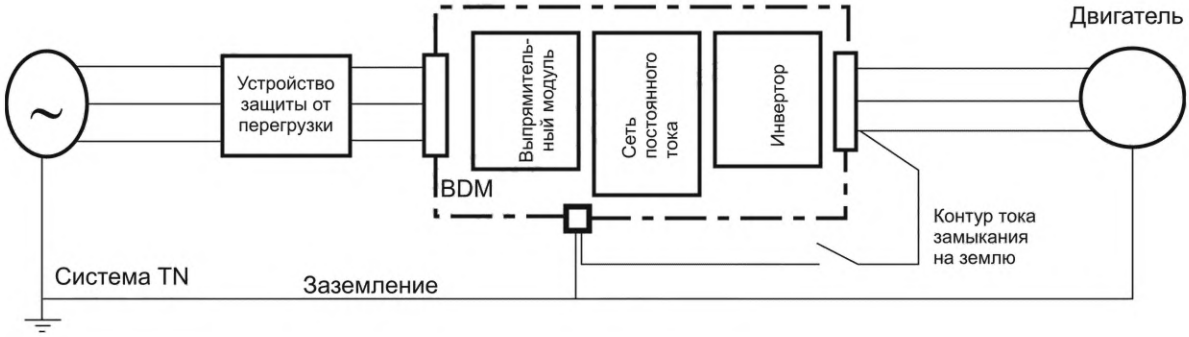


Рисунок 11 — Пример испытания на короткое замыкание между выходной мощностью двигателя CDM/BDM и защитным заземлением (двигатель заземлен отдельно)

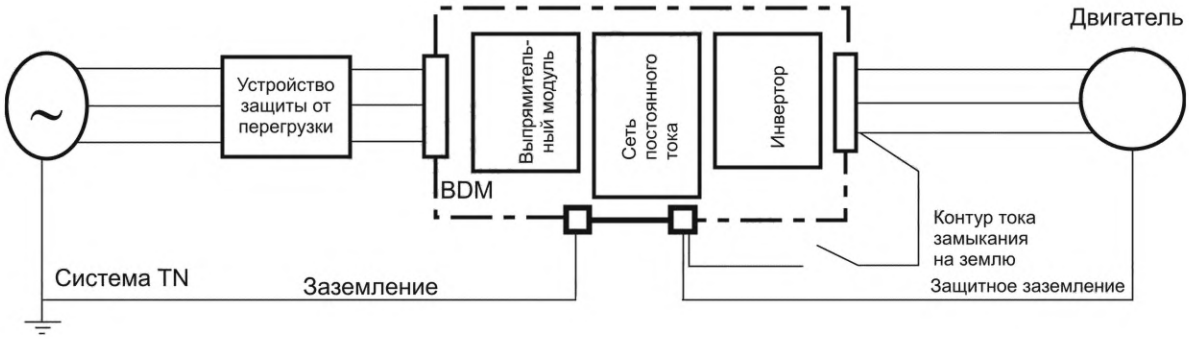


Рисунок 12 — Пример испытания на короткое замыкание между выходной мощностью двигателя CDM/BDM и защитным заземлением (двигатель заземлен через CDM/BDM)

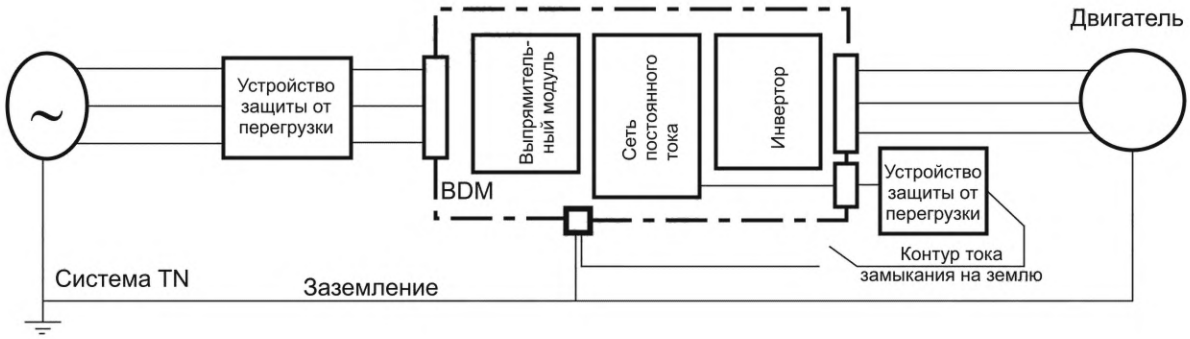


Рисунок 13 — Пример испытания на короткое замыкание между выходным сигналом линии постоянного тока CDM/BDM и защитным заземлением

5.2.3.6.4 Испытание компонентов на пробой

5.2.3.6.4.1 Условия нагрузки

Пробой компонента, определенный в результате анализа цепи по 4.2, должен быть испытан с CDM/BDM при полной нагрузке или при малой нагрузке в зависимости от того, что создает более тяжелое состояние

5.2.3.6.4.2 Применение короткого замыкания или обрыва в цепи

Короткое замыкание или обрыв в цепи должны применяться с кабелем с поперечным сечением не менее 2,5 мм^2 и соответствующим коммутационным устройством. Длина петли должна быть такой короткой, насколько это практически возможно для проведения испытания.

Каждый определенный компонент должен подвергаться только одному испытанию на пробой компонентов.

5.2.3.6.5 Последовательность испытаний

На PDS должно подаваться питание, а его выход(ы) должны функционировать.

- Для испытания на короткое замыкание короткое замыкание должно быть выведено на испытываемый выход.
- Для испытания компонентов на пробой определенные компоненты должны быть по очереди закорочены или разомкнуты, в зависимости от того, что создает худшую опасность.

Для испытания на короткое замыкание, предусмотренного в 5.2.3.6.3.2, и испытания на пробой компонента, предусмотренного в 5.2.3.6.4, PDS должен работать до получения одного или нескольких следующих конечных результатов:

- срабатывание электронной схемы защиты от короткого замыкания выходной мощности, или
- размыкание устройства защиты от короткого замыкания, или
- стабильная температура достигается минимум через 10 мин.

Для испытания на короткое замыкание, предусмотренного в 5.2.3.6.3.3, PDS должен работать до получения одного или нескольких следующих конечных результатов:

i) электронная схема защиты от короткого замыкания выходной мощности, уменьшающая аварийный ток до значения, обеспечивающего падение напряжения до 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока (по отношению к земле на испытуемой выходной фазе). Падение напряжения должно происходить в течение 40 мс или времени, установленного в IEC 60364-4-41:2005/AMD1, 411.3.2.2, 411.3.2.3, или

ii) разъединение производится посредствам устройства защиты от короткого замыкания, установленного производителем в течение времени, которое определено в IEC 60364-4-41:2005/AMD1, 411.3.2.

Критерии проходимости см. также в 5.2.3.6.6.

5.2.3.6.6 Критерии прохождения испытания

В результате испытания на короткое замыкание и испытания компонентов на пробой, PDS/CDM/BDM должны соответствовать следующему:

- не должно быть выброса пламени или расплавленного металла;
- индикатор (хирургическая вата) не должен загореться;
- соединение заземления не должно разомкнуться;
- дверка или крышка не должны распахиваться настежь;
- в процессе и после испытания доступные цепи SELV и PELV не должны показывать напряжения, превышающие зависящие от времени напряжения на рисунке 7;
- в процессе и после испытания токоведущие части при напряжениях, превышающих определенный класс напряжения A, не должны становиться доступными.

Не требуется, чтобы PDS/CDM/BDM после испытания оставались работоспособными, и возможно, что оболочка может деформироваться.

5.2.3.7 Разряд конденсатора (испытание типа)

Проверка времени разряда конденсатора, как это требуется в 4.3.11, может быть проведена путем испытания типа и/или расчета.

5.2.3.8 Испытание на превышение температуры (испытание типа)

Испытание предназначено обеспечить, чтобы части и доступные поверхности PDS не превышали температурные пределы, указанные в 4.4, и чтобы не превышались пределы температуры изготовителя для соответствующих частей в отношении требований безопасности.

Там, где это возможно, PDS должна испытываться в наихудших условиях номинальной мощности и выходного тока CDM/BDM. Для встроенной PDS, где скорость двигателя может повлиять на тепловое

состояние в CDM/BDM, испытание должно проводиться при наихудшей рабочей скорости и нагрузке в соответствии с техническими условиями изготовителя.

Если это невозможно, разрешено моделировать превышение температуры, если корректность моделирования может быть продемонстрирована испытаниями при более низких уровнях мощности.

PDS должна быть испытана, по меньшей мере, с проводом длиной 1,2 м, подсоединенным к каждому пользовательскому терминалу. Провод должен иметь наименьший размер, предназначенный для подключения к PDS, как указано изготовителем для установки. Когда имеется только условие подключения шин к PDS, они должны иметь минимальный размер, предназначенный для подключения к PDS, как указано изготовителем, и они должны иметь длину не менее 1,2 м.

Испытание должно выдерживаться до тех пор, пока не будет достигнута термостабилизация. То есть, когда три последовательных показания, снятые с интервалом в 10 процентов от продолжительности проведенного ранее испытания, и не менее чем с 10-минутными интервалами, не указывают на изменение температуры, определенное как ±1 °C между любыми тремя последовательными показаниями, по отношению к температуре окружающей среды.

Максимальная температура электрической изоляции (кроме обмотки), пробой которой может стать причиной опасности, измеряется на поверхности изоляции в точке, близкой к источнику тепла.

Достигнутая максимальная температура должна быть скорректирована с поправкой на номинальную температуру окружающей среды PDS путем добавления разности между температурой окружающей среды во время испытания и максимальной номинальной температурой окружающей среды.

Никакая температура с поправкой не должна превышать номинальную температуру измеряемого материала или компонента.

Во время испытания термовыключатели, функции и устройства обнаружения и блокировки перегрузки не должны работать.

5.2.3.9 Защитное соединение (испытание типа и стандартное испытание)

Сопротивление каждой цепи защитного соединения между клеммой PE и соответствующими точками, которые являются частью каждой цепи защитного соединения, должно измеряться с током не менее 10 А, полученным от источника питания, выход которого не заземлен, с максимальным напряжением без нагрузки 24 В.

Когда защитное соединение спроектировано с использованием правил поперечного сечения по 4.3.5.4, сопротивление не должно превышать 0,02 Ом.

Когда защитное соединение спроектировано с использованием правил по 4.3.5.3.3, сопротивление не должно превышать значение, необходимое для соответствия зависимым от времени пределам напряжения, отображенным на рисунке 7.

Примечание 1 — Использование питания с заземленным выходом может привести к ошибочным результатам.

Примечание 2 — Использование больших токов повышает точность результата испытания, особенно при низких значениях сопротивления, то есть больших площадях поперечного сечения и/или меньшей длине проводника.

Примечание 3 — Поскольку это очень низкое сопротивление, следует проявлять осторожность при расположении измерительных датчиков.

Это испытание должно проводиться как стандартное испытание, если непрерывность защитного соединения достигается в любой точке с помощью одного зажима.

5.2.4 Испытания на аномальную эксплуатацию

5.2.4.1 Общие положения

Перед всеми эксплуатационными испытаниями испытываемый образец должен быть смонтирован, подключен и должен работать, как описано в испытании на превышение температуры.

В случае CDM/BDM, поставляемого без оболочки, для моделирования предполагаемой оболочки используется клетка из проволочной сетки, которая в 1,5 раза превышает индивидуальные линейные размеры исследуемой части CDM/BDM.

PDS и клетка из проволочной сетки (если используется) должны быть заземлены в соответствии с требованиями 4.3.5.3.2.

Снаружи оболочки во всех отверстиях, ручках, фланцах, соединениях и подобных местах и в клетке из проволочной сетки (если используется) должна быть помещена хирургическая вата таким образом, чтобы это не оказывало существенного влияния на охлаждение.

5.2.4.2 Продолжительность испытания

Индивидуальные испытания должны выполняться до тех пор, пока они не будут прерваны защитным устройством или механизмом (внутренним или внешним), пока не произойдет сбой компонента или не стабилизируется температура.

5.2.4.3 Критерии прохождения испытания

В результате испытаний на аномальную эксплуатацию PDS/CDM/BDM должны соответствовать следующим требованиям:

- не должно быть выброса пламени или расплавленного металла;
- индикатор (хирургическая вата) не должен загореться;
- соединение заземления не должно разомкнуться;
- дверка или крышка не должны распахиваться настежь;
- в процессе и после испытания доступные цепи SELV и PELV не должны показывать напряжения, превышающие зависимые от времени напряжения, показанные на рисунке 7;
- в процессе и после испытания токоведущие части при напряжениях, превышающих определенный класс напряжения A, не должны становиться доступными.

Не требуется, чтобы PDS/CDM/BDM после испытания оставались работоспособными, и возможно, что оболочка может деформироваться.

5.2.4.4 Потеря фазы (испытание типа)

Многофазная PDS должна работать с каждой линией (включая нейтраль, если используется), отключенной поочередно на входе. Испытание должно проводиться путем отсоединения одной линии с оборудованием преобразования мощности, работающим при максимальной нормальной нагрузке (это особое требование не относится к высоковольтным PDS и может быть смоделировано для низковольтных PDS с номинальным входным током, превышающим 500 A), и должно быть повторено, вначале включив устройство с одним отсоединенным проводом.

5.2.4.5 Испытания на отказ при охлаждении (испытания типа)

5.2.4.5.1 Общие положения

Для PDS, имеющей комбинацию механизмов охлаждения, должны выполняться все соответствующие испытания. Нет необходимости проводить испытания одновременно.

5.2.4.5.2 Нерабочий двигатель вентилятора

PDS с принудительной вентиляцией должна работать при номинальной нагрузке с двигателем вентилятора или двигателями, которые не работают поодиночке или в комбинации из-за одной неисправности, физически мешая их вращению.

5.2.4.5.3 Забитый фильтр

PDS/CDM/BDM в оболочке с вентиляционными отверстиями с фильтрами должна работать, когда отверстия заблокированы из-за засоренных фильтров. Сначала испытание должно выполняться с вентиляционными отверстиями, заблокированными на 50 %. Испытание должно быть повторено при полностью заблокированном состоянии.

5.2.4.5.4 Потеря охлаждающей жидкости

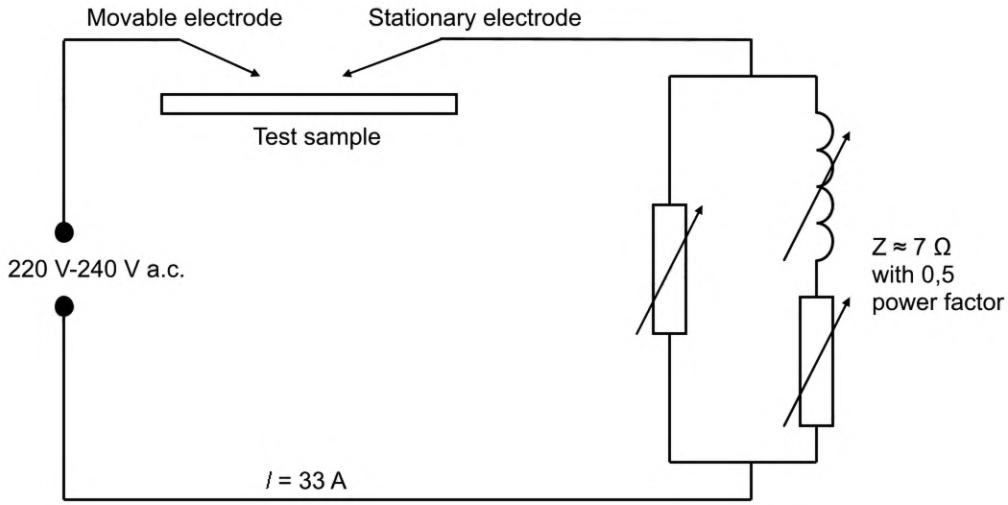
PDS с жидкостным охлаждением должна работать при номинальной нагрузке. Потеря охлаждающей жидкости должна быть смоделирована путем блокировки потока или отключения насоса системы охлаждения. После завершения испытания на потерю охлаждающей жидкости должно быть выполнено испытание напряжением постоянного или переменного тока по 5.2.3.2.

5.2.5 Испытания материалов

5.2.5.1 Испытание на возгорание от высоковольтной дуги (испытание типа)

Используют пять образцов каждого изоляционного материала (см. 4.4.2). Образцы имеют длину 130 мм, минимальную ширину 13 мм и равномерную толщину, представляющую собой самое тонкое сечение части. Края должны быть свободны от задиров, заусенцев и т. д.

Каждое испытание проводится с помощью пары испытательных электродов и переменной индуктивной импедансной нагрузки, подключенной последовательно к источнику 220—240 В переменного тока, 50 или 60 кВ (см. рисунок 9).



Movable electrode	Подвижный электрод
Stationary electrode	Стационарный электрод
Test sample	Испытуемый образец
220 V-240 V a.c.	220—240 В переменного тока
Z ≈ 7 Ω with 0,5 power factor	Z ≈ 7 Ω с коэффициентом мощности 0,5

Рисунок 9 — Цепь для испытания на возгорание от высоковольтной дуги

Разрешается использовать эквивалентную схему.

Один электрод неподвижный, второй — подвижный. Неподвижный электрод представляет собой твердый медный проводник диаметром 3,5 мм, имеющий клиновидное острие 30°. Подвижный электрод представляет собой стержень из нержавеющей стали диаметром 3 мм с симметричной конической точкой, имеющей общий угол 60° и способный перемещаться вдоль собственной оси. Радиус кривизны для наконечников электродов не превышает 0,1 мм в начале данного испытания. Электроды расположены напротив друг друга, в одной и той же плоскости под углом 45° к горизонтали. При коротком замыкании электродов переменная индуктивная импедансная нагрузка регулируется, пока ток не достигнет 33 А при коэффициенте мощности 0,5.

Испытываемый образец поддерживается горизонтально в воздухе или на непроводящей поверхности, так чтобы электроды при касании друг друга находились в контакте с поверхностью образца. Подвижный электрод управляется вручную или иным образом, чтобы его можно было отдернуть от неподвижного электрода, чтобы разрушить контур и опустить его, чтобы восстановить цепь, создавая, таким образом, серию дуг со скоростью приблизительно 40 дуг/мин со скоростью разделения (250 ± 25) мм/с.

Испытание продолжается до тех пор, пока не произойдет воспламенение образца, отверстие загорится через образец или произойдет всего 200 дуг.

Среднее количество дуг для воспламенения испытываемых образцов должно составлять не менее 15 для материалов класса V-0 и не менее 30 для других материалов.

5.2.5.2 Испытание раскаленной проволокой (испытание типа)

Испытание раскаленной проволокой должно проводиться в условиях, указанных в 4.4.2 в соответствии с IEC 60695-2-10 и IEC 60695-2-13.

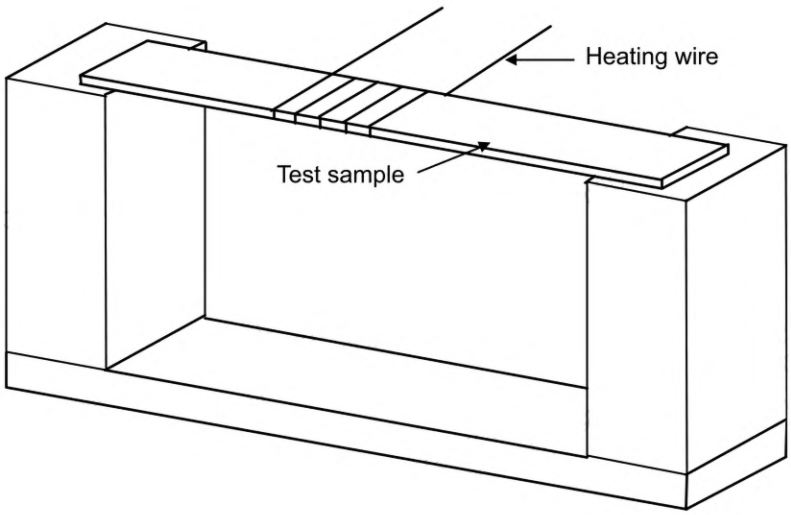
Примечание — Если испытание должно проводиться более чем в одном месте на одном образце, необходимо следить за тем, чтобы любая деформация, вызванная предыдущими испытаниями, не влияла на проводимое испытание.

5.2.5.3 Испытание на воспламенение от горячей проволоки (испытание типа — альтернатива испытанию раскаленной проволокой)

Испытывают пять образцов каждого изоляционного материала (см. 4.4.2). Образцы имеют длину 130 мм, минимальную ширину 13 мм и равномерную толщину, представляющую собой самое тонкое сечение части. Края должны быть свободны от задиров, заусенцев и т. д.

Используют нихромовую проволоку длиной (250 ± 5) мм (номинальный состав 80 % никеля, 20 % хрома, без железа) диаметром около 0,5 мм и с холодостойкостью около 5 Ом/м. Проволоку соединяют по прямой линии с переменным источником питания, который отрегулирован для получения (0,25 ± 0,01) Вт/мм в проводе в течение 8—12 с. После охлаждения проволоку обертывают вокруг образца, образуя пять полных витков, расположенных на расстоянии 6 мм друг от друга.

Обернутый проволокой образец поддерживается в горизонтальном положении (см. рисунок 10), а концы проволоки подключают к источнику переменного тока, который снова настраивается для возбуждения (0,25 ± 0,01) Вт/мм в проводе.



Test sample	Испытуемый образец
Heating wire	Нагревающая проволока

Рисунок 10 — Испытательное приспособление для испытания на воспламенение от горячей проволоки

Испытание продолжается до тех пор, пока испытываемый образец не воспламенится или не пройдет 120 с. Когда воспламенение происходит или проходит 120 с, испытание прекращается и регистрируют время испытания. Для образцов, которые плавятся от проволоки без воспламенения, испытание прекращается, когда образец больше не находится в тесном контакте со всеми пятью витками нагревающей проволоки.

Испытание повторяется на оставшихся образцах.

Среднее время воспламенения испытываемых образцов должно составлять не менее 15 с.

5.2.5.4 Испытание на воспламеняемость (испытание типа)

Этому испытанию подвергаются три образца комплектного оборудования или три образца для испытания оболочки (см. 4.4.3). Следует уделить внимание тому, чтобы компоненты и другие части, которые могут повлиять на эксплуатационные характеристики, оставались на месте. Испытываемые образцы требуется кондиционировать в духовке с циркулирующим воздухом при полной тяге в течение семи дней при температуре, на 10 °С превышающей максимальную температуру использования, но не менее 70 °С в любом случае. Перед испытанием образцы должны быть кондиционированы в течение минимум 4 ч при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности (50 ± 5) %. Пламя должно прилагаться к внутренней поверхности образца в месте, которое, как считается, может воспламениться из-за его близости к источнику воспламенения, включая поверхности с вентиляционными отверстиями. Если более чем одна часть находится вблизи источника воспламенения, то каждый образец должен быть испытан, применяя пламя в другом месте.

Три испытываемых образца должны показать приемлемые эксплуатационные характеристики, описанные ниже. Если один образец не соответствует, то испытание должно быть повторено на наборе из трех новых образцов с пламенем, применяемым в тех же условиях, что и для неудачного образца. Если все новые образцы соответствуют требованиям, описанным ниже, материал признается приемлемым.

Лабораторная горелка, настройка и калибровка должны быть идентичны тем, которые описаны в IEC 60695-11-10 и IEC 60695-11-20.

Когда для проведения испытания на пламя используется комплектная оболочка, то образец должен быть установлен как в эксплуатации, если он не ухудшает испытания пламенем, в испытательной камере, оболочке или вытяжном шкафу без тяги. Слой поглощающей 100 %-ной хирургической ваты должен быть расположен на 305 мм ниже точки применения испытательного пламени. Пламя высотой 127 мм должно применяться к любому месту внутренней части детали, которая, как считается, будет воспламеняться (из-за ее близости к токоведущим или образующим дугу частям, катушкам, проводке и т. п.), под углом приблизительно 20°, насколько это возможно, от вертикали, так чтобы кончик синего конуса пламени касался образца. Испытательное пламя должно применяться в трех разных местах на каждом из трех образцов для испытания. Подача технического газа — метана должна осуществляться с использованием регулятора и измерителя для равномерного потока газа. Было установлено, что аналогичные результаты дает и может быть использован природный газ, имеющий теплосодержание приблизительно 37 МДж/м^3 при 23 °С.

Пламя должно прилагаться в течение 5 с и удаляться в течение 5 с. Операция должна повторяться до тех пор, пока образец не подвергнется пяти воздействиям испытательного пламени.

В результате этого испытания должны быть выполнены следующие условия:

- материал не должен продолжать гореть более 1 мин после 5-го применения испытательного пламени с интервалом в 5 с между применениями пламени,

а также

- горящие капли или пылающие или светящиеся частицы, которые воспламеняют хирургическую вату на 305 мм ниже образца для испытания, не должны испускаться испытываемым образцом в любое время в ходе испытания.

5.2.6 Испытания на воздействие окружающей среды (испытания типа)

5.2.6.1 Общие положения

Испытания на воздействие окружающей среды требуются для установления безопасности PDS в экстремальных условиях экологической классификации, которым она будет подвергаться.

Если из-за размера или мощности эти испытания на комплектной PDS могут быть не эффективны, разрешается испытывать отдельные части, которые считаются значимыми для безопасности PDS.

5.2.6.2 Критерии приемлемости

При этом должны быть выполнены следующие критерии приемлемости:

- отсутствие ухудшения какого-либо компонента, связанного с безопасностью PDS/CDM/BDM;
- отсутствие потенциально опасного поведения PDS/CDM/BDM во время испытания;
- отсутствие признаков перегрева компонентов;
- никакая токоведущая часть не должна стать доступной;
- отсутствие трещин в оболочке и отсутствие поврежденных или незакрепленных изоляторов;
- прохождение испытания напряжением переменного или постоянного тока по 5.2.3.2;
- прохождение испытания защитного соединения по 5.2.3.9;
- отсутствие потенциально опасного поведения, когда PDS/CDM/BDM после испытания работает.

5.2.6.3 Климатические испытания

5.2.6.3.1 Испытание на воздействие сухого тепла (установившееся состояние)

Испытание на воздействие сухого тепла (установившееся состояние) должно проводиться в соответствии с таблицей 25.

Таблица 25 — Испытание на воздействие сухого тепла (установившееся состояние)

Предмет	Условия испытаний
Ссылка на испытания	Испытание Bd по IEC 60068-2-2
Ссылка на требования	4.6
Предварительное кондиционирование	Согласно 5.1.2 и 5.2.1

Окончание таблицы 25

Предмет	Условия испытаний
Условия эксплуатации	Работа при номинальных условиях
Температура	40 °С или максимальная температура, указанная изготовителем, в зависимости от того, что больше
Точность	±2 °С (см. 37.1 в IEC 60068-2-2)
Влажность	Согласно IEC 60068-2-2, испытание Bd
Продолжительность воздействия	(16 ± 1) ч
Процедура восстановления:	
- время	Минимум 1 ч
- климатические условия	
- температура	От 15 °С до 35 °С
- относительная влажность	От 25 % до 75 %
- барометрическое давление	От 86 кПа до 106 кПа
- источник питания	Источник питания не подключен

5.2.6.3.2 Испытание на воздействие влажного тепла (установившееся состояние)

Чтобы доказать устойчивость к влажности, CDM подвергается испытанию на воздействие влажного тепла (установившееся состояние) согласно таблице 26.

Таблица 26 — Испытание на воздействие влажного тепла (установившееся состояние)

Предмет	Условия испытаний
Ссылка на испытания	Испытание Cab по IEC 60068-2-78
Ссылка на требования	4.6
Предварительное кондиционирование	Согласно 5.1.2 и 5.2.1
Условия эксплуатации	Источник питания отключен
Специальные меры предосторожности	Внутренние источники напряжения могут оставаться подключенными, если тепло, создаваемое ими в образце, незначительно
Температура	(40 ± 2) °С (согласно IEC 60068-2-78)
Влажность	(93^{+2}_{-3}) % без конденсации
Продолжительность воздействия	4 дня
Процедура восстановления:	
- время	Минимум 1 ч
- климатические условия	
- температура	От 15 °С до 35 °С
- относительная влажность	От 25 % до 75 %
- барометрическое давление	От 86 кПа до 106 кПа
- источник питания	Источник питания не подключен
- конденсация	Вся внешняя и внутренняя конденсация должна быть удалена воздушным потоком до выполнения испытания напряжением переменного или постоянного тока, или повторного подключения CDM к источнику питания

5.2.6.4 Испытание на воздействие вибраций (испытание типа)

Чтобы проверить механическую прочность, испытание на воздействие вибраций должно проводиться в соответствии с таблицей 27 как испытание типа с использованием плавно изменяющейся частоты.

Для PDS/CDM/BDM с массой более 100 кг это испытание может выполняться на подузлах.

Примечание — Для крупного оборудования рассматривается возможность использования испытания на толчки в качестве альтернативы испытанию на воздействие вибраций.

Таблица 27 — Испытание на воздействие вибраций

Предмет	Условия испытаний
Ссылка на испытания	Испытание Fc по IEC 60068-2-6
Ссылка на требования	4.6
Предварительное кондиционирование	Согласно 5.1.2 и 5.2.1
Условия	Источник питания не подключен
Движение	Синусоидальное
Амплитуда/ускорение вибрации	
10 Гц ≤ f ≤ 57 Гц	0,075 мм
57 Гц < f ≤ 150 Гц	1 г
Продолжительность вибрации	10 циклов развертки на ось на каждой из трех взаимно перпендикулярных осей
Подробности монтажа	Согласно техническим условиям изготовителя
Если изготовитель указывает уровни вибрации, которые больше, чем указанные выше, для испытания должны использоваться более высокие уровни. Критерии приемлемости не изменяются.	

5.2.7 Гидростатическое давление (испытание типа и стандартное испытание)

Для испытаний типа давление внутри системы охлаждения PDS с жидкостным охлаждением (см. 4.4.5.2.2) должно увеличиваться постепенно до тех пор, пока не сработает механизм сброса давления (если он предусмотрен) — или до тех пор, пока давление не превысит в два раза рабочее значение или в 1,5 раза максимальный класс давления системы, в зависимости от того, что больше.

Для стандартных испытаний давление должно быть увеличено до его рабочего значения.

Давление должно поддерживаться как минимум 1 мин.

В результате испытания не должно быть тепловой, ударной или другой опасности. Во время испытания не должно быть значительной утечки охлаждающей жидкости или потери давления, кроме как из механизма сброса давления во время испытания типа.

5.2.8 Испытание электродвигателя на перегрузку (испытание типа)

5.2.8.1 Общие положения

Данное испытание должно продемонстрировать на одном опытном образце, что электродвигатель имеет защиту от перегрузки и работает в заданных пределах.

Серии PDS/CDM/BDM, включающие защиту от перегрузки электродвигателя, должны соответствовать испытаниям в соответствии с 5.2.8.4.

Серии PDS/CDM/BDM, включающие защиту от перегрузки электродвигателя, хранение данных которых производится под термическим воздействием, должны иметь один опытный образец, используемый для подтверждения соответствия испытаниям в 5.2.8.4, 5.2.8.5 и 5.2.8.6.

Серии PDS/CDM/BDM, включающие защиту от перегрузки электродвигателя, которые чувствительны к скорости, должны иметь один опытный образец, используемый для подтверждения соответствия испытаниям в 5.2.8.4 и 5.2.8.7.

5.2.8.2 Испытательная установка

Перед проведением всех эксплуатационных испытаний опытный образец монтируется, подключается и функционирует, как это установлено для испытания на повышение температуры, а затем подвергается воздействию перегрузки.

Двигатель может быть имитирован электрической нагрузкой или реактивной катушкой.

5.2.8.3 Критерии прохождения

PDS/CDM/BDM должны функционировать после испытаний и соответствовать требованиям в отношении испытаний, указанных в 5.2.8.4, 5.2.8.5, 5.2.8.6 и 5.2.8.7.

5.2.8.4 Испытание CDM/BDM на защиту двигателя от перегрузки (испытание типа)

Для проверки функциональности защиты от перегрузки электродвигателя проводится проверка при любом значении тока, способном подтвердить состояние отключения в соответствии с таблицей 29.

CDM/BDM с фиксированными уровнями защиты от перегрузки должны соответствовать таблице 29. CDM/BDM с регулируемыми уровнями защиты от перегрузки должны соответствовать таблице 29 в самых высоких и самых низких установках.

Защита электродвигателя от перегрузки в опытном образце должна отключаться в любой точке ниже пределов, приведенных в таблице 28.

Таблица 28 — Максимальное время отключения электродвигателя при испытании на перегрузку

Несколько текущих установок	Максимальное время срабатывания
7,2	20 с
1,5	8 мин
1,2	2 ч
Примечание 1 — Установка значения силы тока определяется как номинальный ток для двигателя в соответствии с его маркировкой, предназначенной для защиты. Примечание 2 — Таблица 29 охватывает минимальные требования к электрической перегрузке реле класса 20 в соответствии с IEC 60947-4-1:2009, 8.2.1.5.1.1.	

5.2.8.5 Испытание электродвигателя CDM/BDM на останов термической памяти (испытание типа)

Целью данного испытания является проверка функции защиты от перегрузки электродвигателя.

В 5.2.8.4 устанавливают тепловую память при перезапуске CDM/BDM после отключения и потере напряжения питания. Испытание проводят в условиях, указанных в 5.2.8.5.

Испытание проводят следующим образом:

a) сбрасывают тепловую память CDM/BDM;

b) CDM/BDM используется в любом текущем режиме в соответствии с таблицей 29, до тех пор пока защита от перегрузки не отключит CDM/BDM;

c) время между началом состояния перегрузки и отключением является первым истекшим временем;

d) без отключения источника питания испытание должно быть возобновлено при том же состоянии перегрузки в течение более короткого времени, чем первое истекшее;

e) CDM/BDM используется до тех пор, пока защита от перегрузки не приведет к повторному отключению CDM/BDM;

f) длительность между началом второго состояния перегрузки и отключением — дважды истекшее время.

Соответствие наблюдается, когда дважды прошедшее время до отключения меньше первого истекшего времени.

Требования к информации — согласно 6.3.8.

5.2.8.6 Потери в тепловой памяти электродвигателя CDM/BDM при тестировании мощности (испытание типа)

Целью данного испытания является проверка того, что была проведена оценка защиты электродвигателя от перегрузки.

В 5.2.8.4 устанавливают тепловую память при перезапуске CDM/BDM после отключения и потере напряжения питания. Испытание проводят в условиях, указанных в 5.2.8.6.

Испытание проводят следующим образом:

a) сбрасывают тепловую память CDM/BDM;

b) CDM/BDM используется в любом текущем режиме в соответствии с таблицей 29, до тех пор пока защита от перегрузки не отключит CDM/BDM;

c) время между началом состояния перегрузки и отключением является первым истекшим временем;

d) все источники питания должны быть удалены из CDM/BDM;

e) дождаться прекращения работы всех цепей управления, за исключением питания от внутреннего источника, такого как батарея;

f) все источники питания восстанавливаются в CDM/BDM;

g) испытание должно быть возобновлено при том же состоянии перегрузки в течение более короткого времени, чем первое истекшее;

h) CDM/BDM используется до тех пор, пока защита от перегрузки не приведет к повторному отключению CDM/BDM;

i) длительность между началом второго состояния перегрузки и отключением — дважды истекшее время.

Соответствие наблюдается, когда дважды прошедшее время до отключения меньше первого истекшего времени.

Этап, изложенный в перечислении e), может быть исключен, если изготовитель декларирует, что сохраненные данные тепловой памяти удерживаются в течение достаточно длительного периода времени для обеспечения защиты двигателя.

Требования к информации — согласно 6.3.8.

5.2.8.7 Испытание на чувствительность к термической скорости электродвигателя CDM/BDM (испытание типа)

Целью данного испытания является проверка функции защиты от перегрузки электродвигателя.

В 5.2.8.4 устанавливают тепловую память при перезапуске CDM/BDM после отключения и потере напряжения питания. Испытание проводят в условиях, указанных в 5.2.8.7.

Примечание — Двигатели с рабочим колесом вентилятора, смонтированным на валу, имеют пониженное охлаждение на низкой скорости.

Испытание проводят следующим образом:

a) сбрасывают тепловую память CDM/BDM;

b) CDM/BDM работает при 40 % номинальной выходной частоты или напряжения, до достижения текущего режима в соответствии с таблицей 29 и пока защита от перегрузки не отключит CDM/BDM;

c) время между началом состояния перегрузки и отключением является первым истекшим временем;

d) сбрасывают тепловую память CDM/BDM;

e) CDM/BDM работает при 20 % номинальной выходной частоты или напряжения при тех же условиях перегрузки;

f) CDM/BDM используется до тех пор, пока защита от перегрузки не приведет к повторному отключению CDM/BDM;

g) длительность между началом второго состояния перегрузки и отключением — дважды истекшее время.

Соответствие наблюдается, когда дважды прошедшее время до отключения меньше первого истекшего времени.

Если испытание CDM/BDM с приведенными выше значениями невозможно из-за принципиальных параметров двигателя, могут быть выбраны более подходящие значения частоты или напряжения.

Для PDS, где известны двигатель и CDM/BDM, пределы указанных выше настроек испытаний могут выбираться в зависимости от принципиальных параметров двигателя.

Требования к информации — согласно 6.3.8.

5.2.9 Оценка функциональных возможностей цепи (типовые и/или выборочные испытания)

Оценка функциональных возможностей цепи необходима для проверки аппаратного и программного обеспечения и соответствия типовым испытаниям, как этого требует:

a) защита от короткого замыкания в соответствии с 4.3.9 и

b) защита электродвигателя от перегрузки в соответствии с 4.4.6.

Перед отправкой с завода-изготовителя все электрические цепи короткого замыкания и система защиты двигателя от перегрузки должны подвергаться процедуре, включающей

c) выявление ранних производственных неисправностей путем выборочных или типовых испытаний; и

d) проверку функциональных возможностей путем типовых испытаний.

Данная процедура идентификации и проверки может включать в себя одно из следующих действий:

e) входной контроль качества и отсев компонентов;

f) метод выжигания дефектов, который может варьироваться в зависимости от условий (таких, как длительность, температура и т. д.);

g) диагностический тест, который может быть выполнен путем подачи сигналов для программного обеспечения и/или оборудования.

6 Требования к информации и маркировке

6.1 Общие положения

Целью настоящего раздела 6 является определение информации, необходимой для безопасного выбора, установки и ввода в эксплуатацию, эксплуатации и обслуживания PDS/CDM/BDM. Она представлена в таблице 29, где указывается место предоставления информации с последующими пояснениями.

Требования настоящего раздела 6 применяются ко всем PDS/CDM/BDM, если не указано иное.

Поскольку любое электрооборудование может быть установлено или эксплуатироваться таким образом, что могут возникнуть опасные условия, соблюдение требований этой части IEC 61800 к конструкции само по себе не обеспечивает безопасность установки. Однако, когда оборудование, соответствующее этим требованиям, правильно выбрано, правильно установлено и эксплуатируется, опасность будет сведена к минимуму.

Вся информация должна быть на соответствующем языке, а документы должны иметь идентификационные ссылки. Символы на чертежах должны соответствовать IEC 60417 или IEC 60617, если необходимо. Символы, не показанные в IEC 60417 или IEC 60617, должны быть указаны там, где они используются.

Примечание — Дополнительные указания по подготовке документации приведены в IEC 61082, а также в IEC 62079 по подготовке инструкций и руководств.

Таблица 29 — Требования к информации

Информация	Ссылочный подраздел	Местоположение[a,b,c]					Ссылочный подпункт
		1	2	3	4	5	
Для выбора	**6.2**						
Наименование изготовителя и номер каталога	6.2	x	x	x	x	x	
Класс напряжения	6.2	x		x	x	x	
Класс тока	6.2	x		x		x	
Класс мощности	6.2	x		x		x	
Расчетная мощность короткого замыкания	6.2			x		x	4.3.9
Класс IP защиты	6.2	x		x		x	4.3.3.3, 4.3.7.1
Ссылка на стандарты	6.2			x			
Код даты или серийный номер	6.2						
Ссылка на инструкции	6.2			x	x	x	
Для установки и ввода в эксплуатацию	**6.3**						
Размеры (единицы СИ)	6.3.2			x		x	
Масса (единицы СИ)	6.3.2		x	x		x	
Детали монтажа (единицы СИ)	6.3.2			x		x	
Условия эксплуатации и хранения	6.3.3			x		x	

Окончание таблицы 29

Информация	Ссылочный подраздел	Местоположение[a,b,c]					Ссылочный подпункт
		1	2	3	4	5	
Подробности об оболочке	6.3.3			x		x	4.3.3.3, 4.3.7.1, 4.4.3
Требования к обращению	6.3.4		x	x		x	
Требования к двигателю	6.3.5			x	x	x	
Схемы подключения и проводки	6.3.6.2			x		x	
Требования к кабелю	6.3.6.3			x		x	4.3.8
Подробности о выводах	6.3.6.4	x		x		x	4.3.8.8.2
Требования к защите	6.3.6.5			x		x	4.3
Заземление	6.3.6.6	x		x		x	4.3.5.3, 4.3.5.3.2, 4.3.12
Ток защитного заземляющего проводника	6.3.6.7	x		x		x	4.3.5.5.2, 4.3.10
Специальные требования	6.3.6.8			x		x	
Защита от перегрузки питания	6.3.7	x		x		x	
Защита от перегрузки двигателя	6.3.8			x		x	
Информация о вводе в эксплуатацию	6.3.9			x			
Для использования	**6.4**						
Общие положения	6.4.1			x		x	
Регулировка	6.4.2			x	x	x	
Ярлыки, знаки и сигналы	6.4.3	x		x	x	x	
Для обслуживания	**6.5**						
Процедуры технического обслуживания	6.5.1					x	4.3.3.3
Графики технического обслуживания	6.5.1				x	x	
Местоположение подузлов и компонентов	6.5.1					x	
Процедуры ремонта и замены	6.5.1					x	
Процедуры регулировки	6.5.1			x	x	x	
Список специальных инструментов	6.5.1				x	x	
Разряд конденсатора	6.5.2	x		x		x	4.3.11
Автоматический перезапуск/байпас	6.5.3			x	x	x	
Соединение PT/CT	6.5.4	x		x		x	
Другие опасности	6.5.5	x				x	

[a] Местоположение: 1. На изделии (см. 6.4.3); 2. На упаковке; 3. В руководстве по установке; 4. В руководстве для пользователя; 5. В руководстве по техническому обслуживанию.

[b] Руководства по установке, эксплуатации и обслуживанию могут быть объединены при необходимости и, если это приемлемо для заказчика, могут поставляться в электронном формате. Если для одного заказчика поставляется более одного изделия, нет необходимости поставлять руководство с каждым устройством, если это приемлемо для заказчика.

[c] Для встроенной PDS информация, необходимая для местоположения 1, может быть объединена с информацией на заводской табличке двигателя, требуемой IEC 60034-1.

6.2 Информация для выбора

Каждая часть PDS, которая поставляется в виде отдельного изделия, должна быть снабжена информацией, относящейся к ее функции, электрическим характеристикам и предполагаемой среде, чтобы можно было определить ее пригодность для цели и совместимость с другими частями PDS. Для CDM/BDM эта информация включает следующее, но не ограничивается этим:

- наименование или товарный знак изготовителя, поставщика или импортера;
- номер каталога или эквивалентного документа;
- диапазон входного и выходного напряжения, ток и мощность, включая:
- количество фаз;
- диапазон частот;
- класс защиты;
- тип системы электропитания (например, TN, IT и т. д.), к которой может быть подключена PDS/CDM/BDM;
- ожидаемый номинальный ток (и) короткого замыкания и характеристики защитного устройства;
- требования к питанию в полевых условиях (если таковые имеются);
- тип охлаждающей жидкости и расчетное давление для изделия с жидкостным охлаждением;
- класс IP-защиты;
- рабочая и складская окружающая среда;
- ссылка(и) на соответствующий(е) международный(е) стандарт(ы) для производства, испытания или использования;
- код даты или серийный номер, по которому может быть определена дата изготовления;
- ссылка на инструкции по установке, использованию и обслуживанию.

Информация ограничивается той, которая необходима для правильного выбора, и должна относиться к конкретному оборудованию. Если информация охватывает ряд вариантов изделия, они должны быть легко различимы.

6.3 Информация для установки и ввода в эксплуатацию

6.3.1 Общие положения

Ответственность за безопасную и надежную установку несет установщик, машиностроитель и/или пользователь. Изготовитель любой части PDS должен предоставить информацию для поддержки этой задачи. Эта информация должна быть недвусмысленной и может быть в виде диаграммы.

6.3.2 Механические аспекты

Изготовителем должны быть подготовлены следующие чертежи:

- трехмерный чертеж, включая информацию о массе;
- монтажный чертеж.

Размеры, масса и т. д. должны быть в единицах СИ.

6.3.3 Окружающая среда

Для эксплуатации, транспортирования и хранения должны быть указаны следующие условия окружающей среды:

- климатические (температура, влажность, высота, загрязнение, ультрафиолетовый свет и т. д.);
- механические;
- электрические.

Примечание — При необходимости могут использоваться категории окружающей среды, как указано в IEC 60721.

6.3.4 Обращение и монтаж

Во избежание травм или повреждений в установочных документах должны быть приведены предупреждения о любых опасностях, которые могут возникнуть во время установки. При необходимости должны быть предусмотрены инструкции, касающиеся:

- упаковки и распаковки;
- перемещения;
- подъема;
- прочности и жесткости монтажной поверхности;
- крепления;
- обеспечения адекватного доступа для работы, наладки и технического обслуживания.

Когда поверхности PDS при температурах, превышающих 90 °С, близки к монтажным поверхностям, руководство по установке должно содержать предупреждение о горючести монтажной поверхности.

6.3.5 Двигатель и приводное оборудование

6.3.5.1 Выбор двигателя

В случае необходимости для CDM/BDM должна быть предоставлена информация о подходящих спецификациях двигателя (например, на основании IEC 60034-1). Следует учитывать возможное влияние на теплоизоляцию отражений выходного сигнала PWM (широтно-импульсной модуляции).

6.3.5.2 Встроенные датчики двигателя

Требования изоляции должны быть определены (см. 4.3.5 и 4.3.6).

6.3.5.3 Критические скорости при крутильных колебаниях

При необходимости поставщик PDS должен предоставить всю соответствующую информацию о двигателе, чтобы можно было определить критические скорости при крутильных колебаниях (см. 4.5.2.2).

6.3.5.4 Анализ переходного крутящего момента

При необходимости поставщик PDS должен предоставить всю соответствующую электрическую и механическую информацию, чтобы обеспечить анализ переходного крутящего момента (см. 4.5.2.3).

6.3.6 Соединения

6.3.6.1 Общие положения

Должна быть предоставлена информация, позволяющая установщику сделать безопасное электрическое соединение с PDS. Это должна быть информация для защиты от опасностей (например, поражения электрическим током или наличия энергии), которые могут возникать во время установки, эксплуатации или технического обслуживания.

6.3.6.2 Схемы подключения и проводки

В руководствах по монтажу и техническому обслуживанию должны быть указаны все необходимые соединения вместе с предлагаемой схемой межсоединений.

6.3.6.3 Выбор проводника (кабеля)

В руководстве по установке должны быть указаны уровни напряжения и тока для всех соединений с PDS/CDM/BDM вместе с требованиями к изоляции кабелей. Это должны быть наихудшие значения с учетом сверхтоков и условий перегрузки, и возможных эффектов несинусоидальных токов.

6.3.6.4 Емкость и идентификация выводов

В инструкциях по установке и техническому обслуживанию должны быть указаны диапазоны допустимых размеров и типов проводников (сплошные или многожильные) для всех выводов, а также максимальное количество проводников, которые могут быть одновременно подключены. Для пользовательских терминалов в руководствах должны быть указаны требования к значениям крутящего момента затяжки, а также требования к номинальной температуре изоляции проводника или кабеля.

Идентификация всех пользовательских терминалов должна быть маркирована на PDS/CDM/BDM либо напрямую, либо с помощью этикетки, прикрепленной около терминалов.

6.3.6.5 Требования к защите

В руководствах по установке, для пользователей и обслуживания должны быть идентифицированы любые доступные части при напряжениях, превышающих ELV, и должны описываться условия изоляции и разделения, необходимые для защиты. Доступные части PDS/CDM/BDM сверхнизкого напряжения (ELV), которые имеют класс защиты 0, должны быть четко указаны в инструкциях, приведенных в руководстве по установке, для повышения защиты от непрямого контакта.

В руководствах также должны быть указаны меры предосторожности, которые необходимо соблюдать для обеспечения безопасности соединений ELV во время установки.

В руководствах должны быть указаны инструкции по использованию цепей PELV в зоне уравнивания потенциалов.

В руководствах по установке, для пользователей и обслуживания должны быть идентифицированы все внешние выводы, относящиеся к цепям, защищенным одним из методов по 4.3.4.2—4.3.4.4.

6.3.6.6 Заземление

В руководстве по установке должны быть указаны требования к безопасному заземлению PDS/CDM/BDM.

Инструкции по установке и техническому обслуживанию высоковольтных PDS должны содержать инструкции по использованию заземляющего переключателя для обеспечения безопасного доступа во время технического обслуживания.

Клеммы для подключения защитного заземляющего проводника должны иметь четкую и нестираемую маркировку с символом согласно IEC 60417-5019 (2006-08) (см. приложение H) или с буквами PE, или с цветовым кодированием зеленого или зелено-желтого цвета. Указания не должны размещаться на винтах, шайбах или других деталях, которые могут быть удалены при подключении проводников, или должны фиксироваться.

Оборудование класса защиты II должно быть обозначено символом по IEC 60417-5172 (2003-02) (см. приложение H). Если такое оборудование предусматривает подключение заземляющего проводника по функциональным причинам (см. 4.3.5.6), оно должно быть обозначено знаком IEC 60417-5018 (2006-10) (см. приложение H).

6.3.6.7 Ток защитного заземляющего проводника

Если ток прикосновения в защитном заземляющем проводнике (см. 4.3.5.5.2) превышает 3,5 мА переменного тока или 10 мА, это должно быть указано в руководствах по установке и обслуживанию. Кроме того, на изделие должен быть нанесен предупреждающий символ по ISO 7000-0434 (2004-01) (см. приложение H), и в руководстве по установке должно быть указание для пользователя о том, что минимальный размер защитного заземляющего проводника должен соответствовать местным правилам безопасности для высоковольтного оборудования с защитным заземляющим проводником.

Руководства по установке и обслуживанию должны указывать совместимость с RCDs (см. 4.3.10).

Когда применяется 4.3.10, перечисление b), в руководстве для пользователя должно быть указание и символ по ISO 7000-0434 (2004-01) (см. приложение H), и символ должен быть на изделии. Должно быть предупреждение: «Это изделие может стать причиной постоянного тока в защитном заземляющем проводнике. Если для защиты в случае прямого или непрямого контакта используется защитное устройство (RCD) или устройство контроля (RCM), управляемое дифференциальным током, то допускается только RCD или RCM типа B со стороны питания этого изделия» (см. 6.4.3 для общих требований к этикеткам, знакам и сигналам).

6.3.6.8 Специальные требования

Любые конкретные требования к кабелю и соединению должны быть указаны в руководствах по установке и обслуживанию.

6.3.7 Защита от перегрузки по току или короткого замыкания

Если для защиты от перегрузки по току или короткого замыкания необходимы внешние устройства, то в руководстве по установке должны быть указаны требуемые характеристики (см. также 5.2.2.2, 5.2.3.6.2, 5.2.4.2).

Когда CDM/BDM соответствует требованию 4.3.9, изготовитель указывает, что электронная схема защиты от короткого замыкания выходной мощности соответствует требованиям IEC 60364-4-41:2005/AMD1: —, 411.

Кроме того, изготовитель указывает, при каких условиях может применяться электронная схема защиты от короткого замыкания выходной мощности (например, предельная длина кабеля, размер провода, наличие/отсутствие экранирования, сопротивление защитного заземления, система заземления питания).

6.3.8 Защита двигателя от перегрузки и перегрева

В руководствах по установке и техническому обслуживанию CDM/BDM, включающих внутреннюю защиту от перегрузки для двигателя, должна быть указана защита от перегрузки в процентах от тока и продолжительности полной нагрузки. Если защита регулируется, то в руководствах должны содержаться инструкции по настройке.

В руководствах для CDM/BDM, не включающих внутреннюю защиту от перегрузки для двигателя и предназначенных для использования с внешней или дистанционной защитой от перегрузки, должно указываться, что такая защита должна быть обеспечена.

Если CDM/BDM имеют входы, которые могут использоваться с двигателями с термодатчиками, в руководствах должны содержаться инструкции по правильному подключению к этим входам.

6.3.8.1 CDM/BDM без учета перегрузки электродвигателя и внутренней защиты от перегрева

Если CDM/BDM не учитывает защиту электродвигателя от перегрузки или перегрева, в руководстве по монтажу должно быть указано, что эти средства защиты не поддерживаются.

6.3.8.2 CDM/BDM с учетом перегрузки электродвигателя и внутренней защиты от перегрева

Если достигается соответствие 4.4.6, руководство по монтажу и техническому обслуживанию CDM/BDM, учитывающее перегрузку электродвигателя и внутреннюю защиту от перегрева, должно включать следующую информацию:

a) многократную защиту в зависимости от текущих настроек;

b) время отключения;

c) инструкции по регулировке.

Если внутренняя защита электродвигателя от перегрузки предполагает хранение температурных данных в памяти, руководство по монтажу и техническому обслуживанию CDM/BDM должно содержать информацию о режимах работы. При регулируемом хранении температурных данных в памяти, должны быть предоставлены руководства по настройке.

Если внутренняя защита электродвигателя от перегрузки не предполагает хранение температурных данных в памяти, руководство по монтажу и техническому обслуживанию CDM/BDM должно содержать информацию о режимах работы.

Если внутренняя защита электродвигателя от перегрузки предполагает чувствительность к скорости, руководство по монтажу и техническому обслуживанию CDM/BDM должно содержать информацию о режимах работы.

Если внутренняя защита электродвигателя от перегрузки не предполагает чувствительность к скорости, должна быть приведена соответствующая информация в руководстве по монтажу и техническому обслуживанию.

6.3.9 Ввод в эксплуатацию

Если для обеспечения электрической и тепловой безопасности PDS необходимы приемо-сдаточные испытания, для каждой части PDS должна быть предоставлена информация для поддержки этих испытаний. Эта информация может зависеть от конкретной установки и может потребовать тесного сотрудничества между производителем, установщиком и пользователем.

Информация для ввода в эксплуатацию должна включать ссылки на опасности, которые могут возникнуть при вводе в эксплуатацию, например, упомянутые в 6.4 и 6.5.

6.4 Информация для использования

6.4.1 Общие положения

Руководство для пользователя должно содержать всю информацию о безопасной работе PDS/CDM/BDM. В частности, в нем должны быть определены любые опасные материалы и риски поражения электрическим током, перегрева, взрыва, чрезмерного акустического шума и т. д.

В руководстве также должны указываться любые опасности, которые могут возникнуть в результате разумно предсказуемого неправильного использования PDS.

6.4.2 Регулировка

В руководстве для пользователя должны быть даны подробные сведения обо всех связанных с безопасностью настройках, предназначенных для пользователя. Идентификация или функция каждого органа управления или индикатора и предохранителя должны быть отмечены рядом. В тех случаях, когда это невозможно сделать на изделии, информация должна предоставляться наглядно в руководстве.

Регулировки при техническом обслуживании также могут быть описаны в этом руководстве, но должно быть четко указано, что они должны выполняться только квалифицированным персоналом.

Должны быть предусмотрены четкие предупреждения, если чрезмерная регулировка может привести к опасному состоянию PDS/CDM/BDM.

Любое специальное оборудование, необходимое для выполнения регулировок, должно быть указано и описано.

6.4.3 Ярлыки, знаки и сигналы

6.4.3.1 Общие положения

Маркировка должна осуществляться в соответствии с установившимися эргономическими принципами, так чтобы указания, органы управления, индикации, испытательное оборудование, предохранители и т. д. были разумно размещены и логически сгруппированы для обеспечения правильной и однозначной идентификации.

Все ярлыки на оборудовании, касающиеся безопасности, должны быть расположены так, чтобы быть видимыми после установки или легко видимыми, когда открывают дверку или снимают крышку.

В случае возникновения опасности после снятия крышки на оборудование должен быть нанесен предупреждающий ярлык. Надпись должна быть видна до снятия крышки.

Ярлыки должны:

- везде, где это возможно, включать международные символы, приведенные в ISO 3864, ISO 7000 или IEC 60417;

- быть составлены на соответствующем языке или на языке, связанном с определенной технической областью, если международный символ отсутствует;
- быть заметными, разборчивыми и долговечными;
- быть краткими и недвусмысленными;
- указывать соответствующие опасности и давать способы снижения рисков.

При указании заинтересованному лицу (лицам) следующего:

- **чего следует избегать** — формулировка должна включать «нет», «не делать» или «запрещено»;
- **что делать** — формулировка должна включать «следует» или «нужно»;
- **характера опасности** — формулировка должна включать «предостережение», «предупреждение» или «опасность» в соответствующих случаях;
- **характера безопасных условий** — формулировка должна включать существительное, соответствующее устройству безопасности.

Знаки безопасности должны соответствовать ISO 3864.

Должны использоваться указанные ниже сигнальные слова и должна соблюдаться следующая иерархия:

- **ОПАСНОСТЬ,** чтобы привлечь внимание к высокому риску, например: «Высокое напряжение»,
- **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**, чтобы обратить внимание на средний риск, например: «Эта поверхность может быть горячей»,
- **ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ**, чтобы обратить внимание на низкий риск, например; «Некоторые из испытаний, приведенных в настоящем стандарте, связаны с использованием процессов, представляющих риски для соответствующих лиц».

Маркировке на PDS, касающейся опасности, предупреждения и предостережения, должна предшествовать надпись «ОПАСНОСТЬ», «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ» или «ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ», если это необходимо, буквами высотой не менее 3,2 мм. Остальные буквы такой маркировки должны быть высотой не менее 1,6 мм.

6.4.3.2 Изоляторы

Если изолирующее устройство не предназначено для прерывания тока нагрузки, в предупреждении должно указываться: «НЕ ОТКРЫВАТЬ ПОД НАГРУЗКОЙ».

Следующие требования применяются к любому изолирующему устройству в сети, которое не отключает все источники питания от PDS.

- Если изолирующее устройство смонтировано в оболочке оборудования с рабочей ручкой, находящейся снаружи, рядом с рабочей рукояткой должна быть предусмотрена предупреждающая табличка, в которой говорится, что она не отключает всю мощность от PDS.
- Если разъединитель цепи управления можно спутать с разъединителями силовых цепей из-за размера или местоположения, рядом с рабочей ручкой разъединителя цепи управления должна быть предусмотрена предупреждающая табличка, указывающая, что она не отключает всю мощность от PDS.

6.4.3.3 Визуальные и звуковые сигналы

Для предупреждения о предстоящем опасном событии, таком как запуск приводного оборудования, могут использоваться визуальные сигналы, такие как мигающие огни и звуковые сигналы, такие как сирены, которые должны быть идентифицированы.

Очень важно, чтобы эти сигналы:

- были недвусмысленными;
- могли быть четко восприняты и дифференцированы от всех других используемых сигналов;
- могли быть четко распознаны пользователем;
- активировались до возникновения опасного события.

Для информации с более высоким приоритетом рекомендуется использовать вспышки света с более высокой частотой.

Примечание — В IEC 60073 излагается руководство по рекомендуемым скоростям мигания и коэффициентам включения/выключения.

6.4.3.4 Горячие поверхности

Поверхности, которые могут превышать пределы температуры в таблице 16, должны быть отмечены предупреждающим символом согласно IEC 60417-5041 (2002-10) (см. приложение Н). Инструкция для пользователя также должна содержать такую информацию.

6.4.3.5 Маркировка оборудования

Идентификация каждого управляющего или индикаторного устройства и предохранителя должна быть нанесена рядом. Заменяемые предохранители должны быть отмечены их номинальными и временными характеристиками. В тех случаях, когда это невозможно сделать на изделии, информация должна предоставляться наглядно в руководстве.

Соответствующая идентификация должна быть отмечена на каждом съемном соединителе или рядом с ним.

Испытательные точки должны быть отдельно отмечены со ссылкой на схему цепи.

Полярность любых поляризованных устройств должна быть отмечена рядом с устройством.

Ссылка на схему и, если возможно, функция должны быть отмечены рядом с каждым предварительно установленным органом управления в том месте, где это хорошо видно во время регулировки.

6.5 Информация для обслуживания

6.5.1 Общие положения

Информация по безопасности должна быть указана в руководстве по техническому обслуживанию, включая при необходимости следующее:

- процедуры и графики профилактического обслуживания;
- меры предосторожности при техническом обслуживании (например, переключатели заземления для высоковольтной PDS);
- расположение токоведущих частей, которые могут быть доступны во время обслуживания (например, при снятии крышек);
- процедуры регулировки;
- процедуры ремонта и замены узлов и компонентов;
- любая другая соответствующая информация.

Примечание 1 — Информацию лучше всего представлять в виде схем.

Примечание 2 — При необходимости следует предоставить список специальных инструментов.

6.5.2 Разряд конденсатора

Когда требования первого предложения 4.3.11 не выполняются, предупреждающий знак по IEC 6041-5036 (2002-10) 7 (см. приложение H) и указание времени разряда (например, 45 с, 5 мин) должны быть расположены в четко видимом положении на оболочке, защитном барьере конденсатора или в точке, близкой к соответствующему конденсатору (конденсаторам) (в зависимости от конструкции). Символ должен быть объяснен, и время, необходимое для разрядки конденсаторов после снятия мощности с PDS, должно быть указано в руководствах по установке и обслуживанию.

6.5.3 Автоматический перезапуск/байпасное соединение

Если конфигурация CDM/BDM может быть использована для обеспечения автоматического перезапуска или байпаса, в руководствах по установке, для пользователя и по техническому обслуживанию должны быть указаны соответствующие предупреждающие сообщения.

PDS, которая настроена на автоматический перезапуск или байпасное соединение после снятия мощности, должна быть четко идентифицирована на установке.

6.5.4 Подключение PT/CT

PDS, которая имеет функции контроля или управления с использованием потенциального трансформатора (PT), подаваемого от высокого напряжения, или трансформатора тока (CT), питаемого от высоковольтного соединения, должна быть четко обозначена, чтобы показать возможные опасности переходных процессов напряжения при отключении вторичного контура. Опасности также должны быть описаны в руководствах по установке и техническому обслуживанию.

6.5.5 Другие опасности

Изготовитель должен идентифицировать любые компоненты и материалы PDS, которые требуют специальных процедур для предотвращения опасностей.

Приложение А
(справочное)

Примеры защиты в случае прямого контакта

А.1 Общие положения

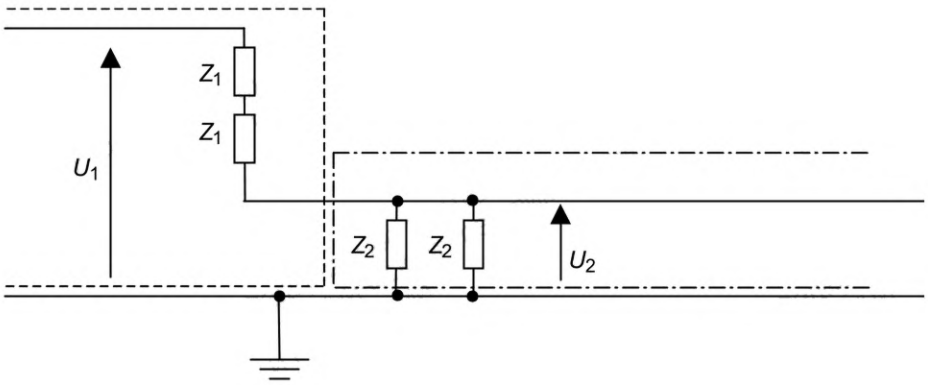
На рисунках А.1—А.3 приведены примеры методов, используемых для защиты в случае прямого контакта (см. 4.3.4).

---------- — защита от прямого контакта;

– – – –

А.4 Защита с использованием ограниченных напряжений

(См. 4.3.4.4)



U_1 — опасное напряжение, заземленное;

U_2 — ≤30 В переменного тока, 60 В постоянного тока

Примечание — Для обеспечения защиты в условиях одиночного отказа $U_2 = U_1Z_2/(2Z_1 + Z_2)$ или $U_2 = U_1Z_2/2(Z_1 + Z_2/2)$.

Рисунок А.3 — Защита с использованием ограниченных напряжений

Приложение В
(справочное)

Примеры снижения категории перенапряжений

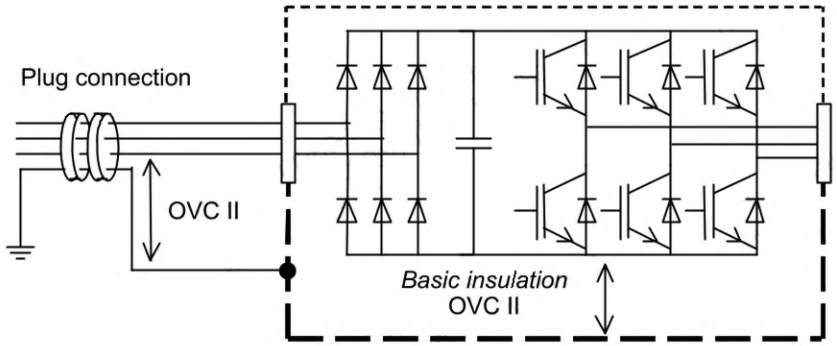
В.1 Общие положения

Рисунки В.1—В.13 предназначены для иллюстрации требований в таблице 4, 4.3.6.2 и 4.3.6.3. Они не предназначены для показа установившейся практики проектирования.

---------- — защита от прямого контакта;

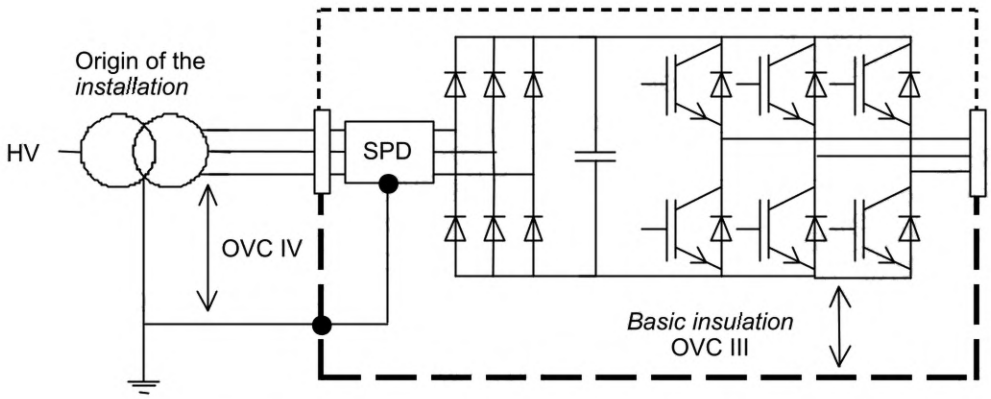
– – – – – – – – – – – – – – — проводящие доступные части;

– – – – – – – – – – – – – –



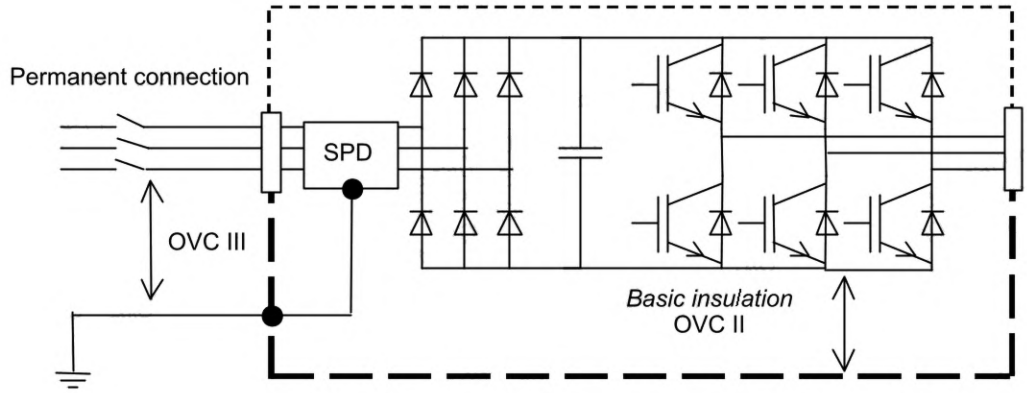
Plug connection	Штекерное соединение
Basic insulation OVC II	Основная изоляция OVC II

Рисунок B.3 — Оценка основной изоляции оборудования, которое не постоянно подключено к питающей сети



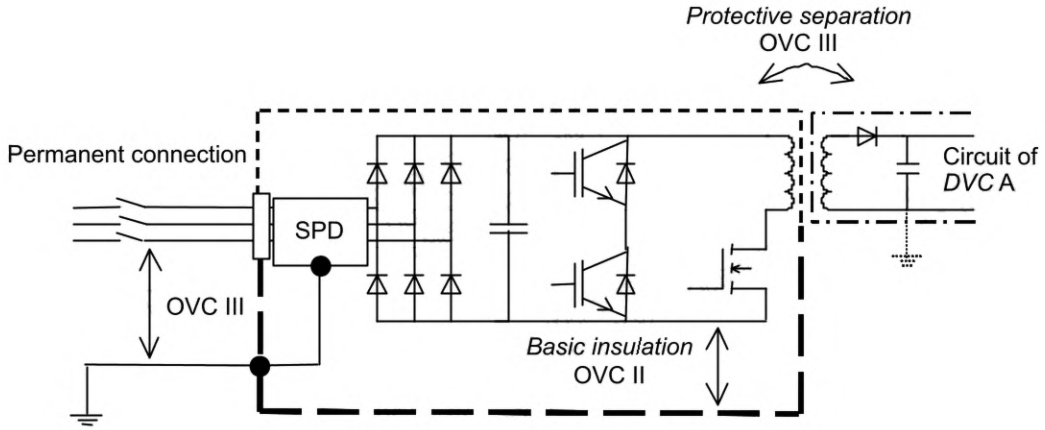
Origin of the installation	Ввод установки
Basic insulation OVC IV	Основная изоляция OVC IV

Рисунок B.4 — Оценка основной изоляции для цепей, подключенных напрямую к вводу в установку от питающей сети, где используются внутренние SPD



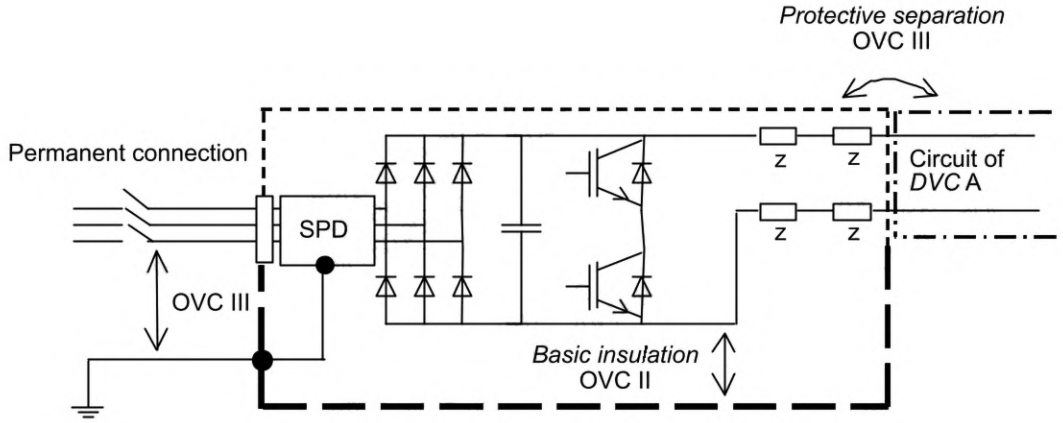
Permanent connection	Постоянное подключение
Basic insulation OVC II	Основная изоляция OVC II

Рисунок B.5 — Оценка основной изоляции для цепей, подключенных напрямую к питающей сети, где используются внутренние SPD



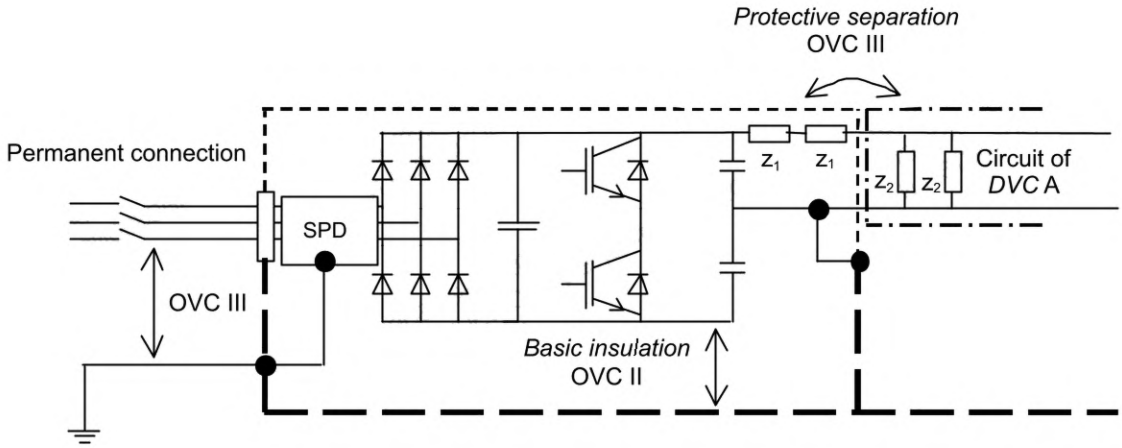
Permanent connection	Постоянное подключение
Protective separation OVC III	Защитное разделение OVC III
Circuit of DVC A	Цепь DVC A
Basic insulation OVC II	Основная изоляция OVC II

Рисунок B.6 — Пример оценки защитного разделения для цепей, подключенных напрямую к питающей сети, где используются внутренние SPD



Permanent connection	Постоянное подключение
Protective separation OVC III	Защитное разделение OVC III
Circuit of DVC A	Цепь DVC A
Basic insulation OVC II	Основная изоляция OVC II

Рисунок B.7 — Пример оценки защитного разделения для цепей, подключенных напрямую к питающей сети, где используются внутренние SPD

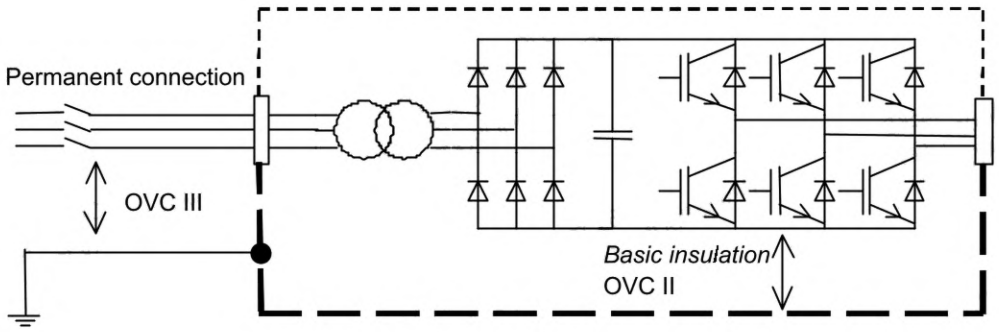


Permanent connection	Постоянное подключение
Protective separation OVC III	Защитное разделение OVC III
Circuit of DVC A	Цепь DVC A
Basic insulation OVC II	Основная изоляция OVC II

Рисунок B.8 — Пример оценки защитного разделения для цепей, подключенных напрямую к питающей сети, где используются внутренние SPD

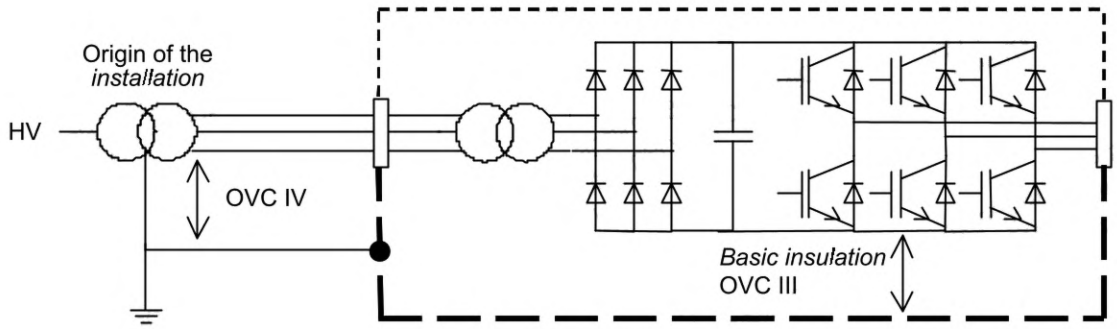
Примечание — Требования к защитному разделению в 5.2.3.1—5.2.3.3 не уменьшаются за счет использования СПД (см. 4.3.6.2.2 и 4.3.6.2.3).

B.2.2 Цепи, не подключенные напрямую к питающей сети (см. 4.3.6.2.3)



Permanent connection	Постоянное подключение
Basic insulation OVC III	Основная изоляция OVC II

Рисунок B.9 — Оценка основной изоляции для цепей, не подключенных напрямую к питающей сети



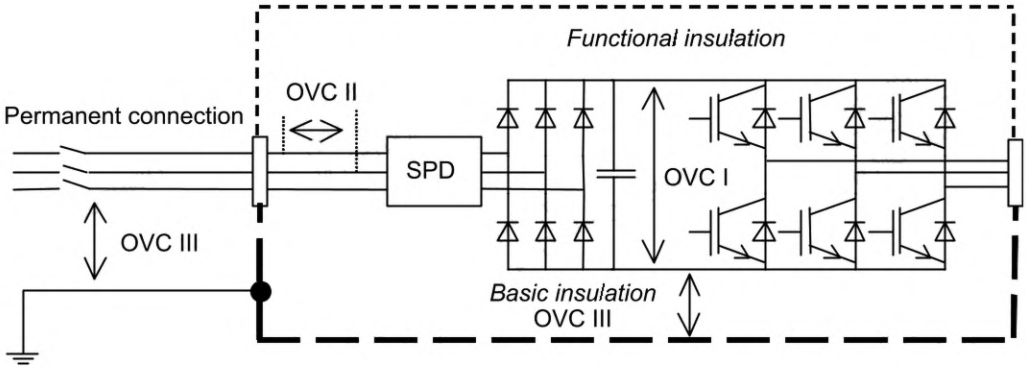
Origin of the installation	Ввод установки
Basic insulation OVC III	Основная изоляция OVC III

Рисунок B.10 — Оценка основной изоляции для цепей, не подключенных напрямую к питающей сети

B.2.3 Изоляция между цепями (см. 4.3.6.2.4)

Изоляция между двумя цепями должна быть спроектирована в соответствии с цепью, имеющей более жесткое требование (см. также рисунок B.12).

B.3 Функциональная изоляция (см. 4.3.6.3)



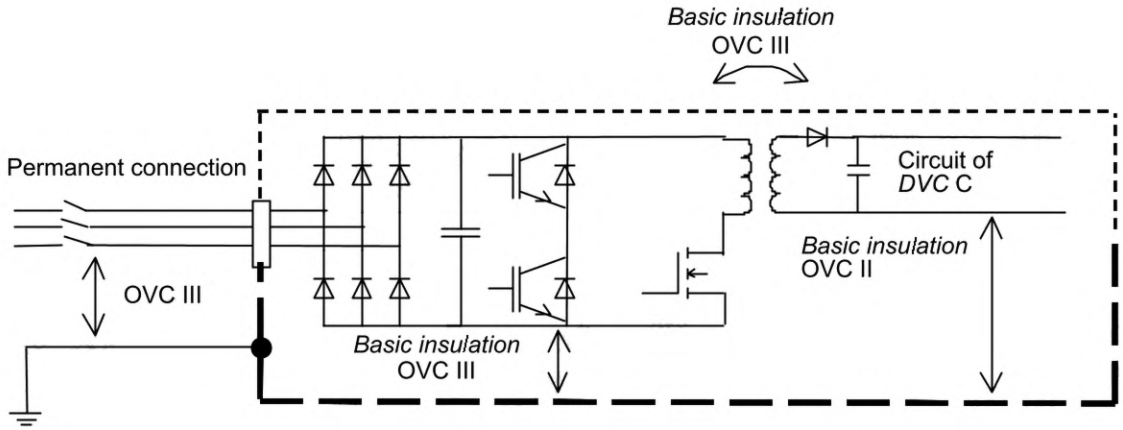
Permanent connection	Постоянное подключение
Functional insulation	Функциональная изоляция
Basic insulation OVC III	Основная изоляция OVC II

Примечание 1 — SPD (сглаживатель перепадов напряжения) не подключен к земле и поэтому не влияет на категорию перенапряжения на землю.

Примечание 2 — Требования к функциональной изоляции могут быть дополнительно уменьшены вследствие характеристик цепи (см. 4.3.6.3).

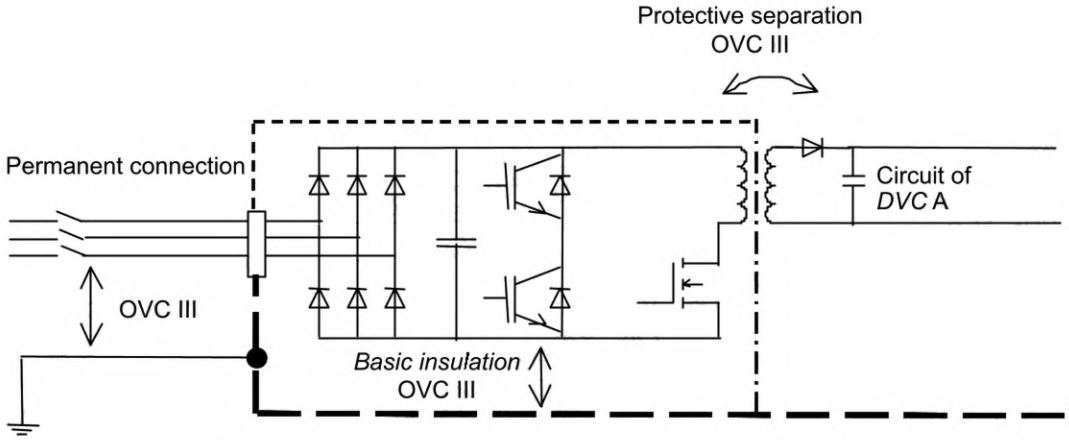
Рисунок B.11 — Оценка функциональной изоляции в цепях, подверженных внешним переходным процессам

B.4 Дополнительные примеры



Permanent connection	Постоянное подключение
Basic insulation	Основная изоляция

Рисунок B.12 — Оценка основной изоляции для цепей, как подключенных, так и не подключенных напрямую к питающей сети



Permanent connection	Постоянное подключение
Protective separation OVC III	Защитное разделение OVC III
Circuit of DVC A	Цепь DVC A
Basic insulation OVC III	Основная изоляция OVC III

Рисунок B.13 — Оценка изоляции для доступной цепи DVC A

Приложение С
(обязательное)

Измерение расстояний зазора и утечки

С.1 Измерение

Расстояния зазора и утечки должны измеряться, как показано в примерах, приведенных в С.1—С.14.

С.2 Связь измерения с уровнем загрязнения

Значения «*X*» являются функцией степени загрязнения и должны быть такими, как указано в таблице С.1. Если соответствующий разрешенный зазор менее 3 мм, значение X составляет одну треть от зазора.

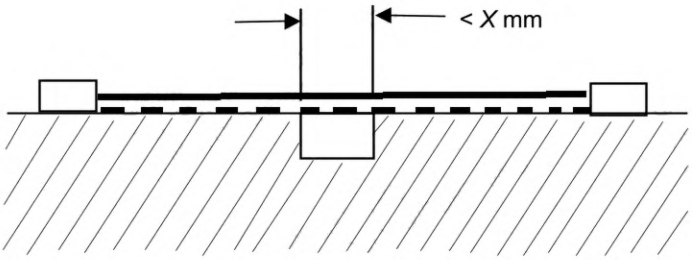
Таблица С.1 — Ширина канавок вследствие степени загрязнения

Степень загрязнения	Значение *X*, мм
1	0,25
2	1,0
3	1,5

С.3 Примеры

В приведенных ниже примерах С.1—С.14 расстояния зазора и утечки обозначаются следующим образом:

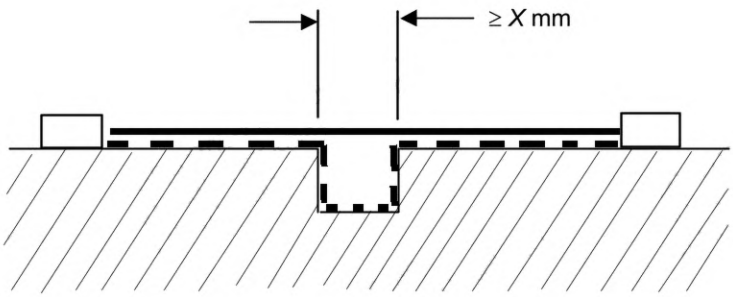




Пример С.1

Условие: рассматриваемый путь включает параллельную, расходящуюся или сходящуюся канавку любой глубины шириной менее *X* мм.

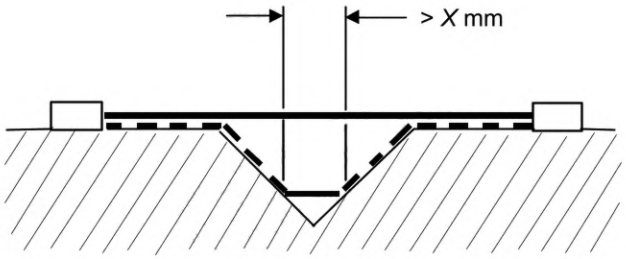
Правило: расстояние утечки и зазор измеряются непосредственно поперек канавки, как показано.



Пример С.2

Условие: рассматриваемый путь включает параллельную или расходящуюся канавку любой глубины с шириной, равной или превышающей *X* мм.

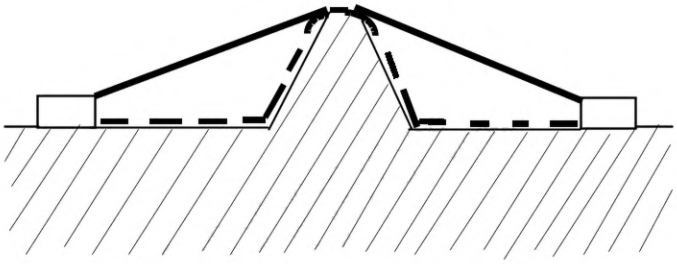
Правило: зазор — это расстояние «прямой видимости». Путь утечки следует за контуром канавки.



Пример С.3

Условие: рассматриваемый путь включает V-образную канавку шириной более *X* мм.

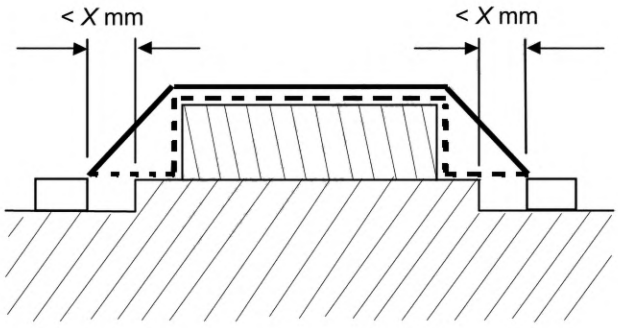
Правило: зазор — это расстояние «прямой видимости». Путь утечки следует за контуром канавки, но «накоротко замыкает» нижнюю часть канавки перемычкой *X* мм.



Пример С.4

Состояние: рассматриваемый путь включает гребень.

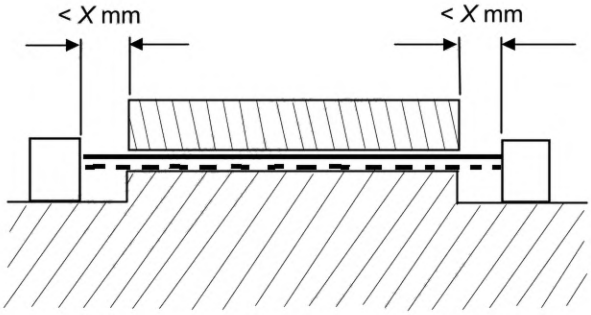
Правило: зазор — это самый короткий воздушный путь над верхом гребня. Путь утечки следует за контуром гребня.



Пример С.5

Условие: рассматриваемый путь включает цементированное соединение с канавками шириной менее *X* мм с каждой стороны.

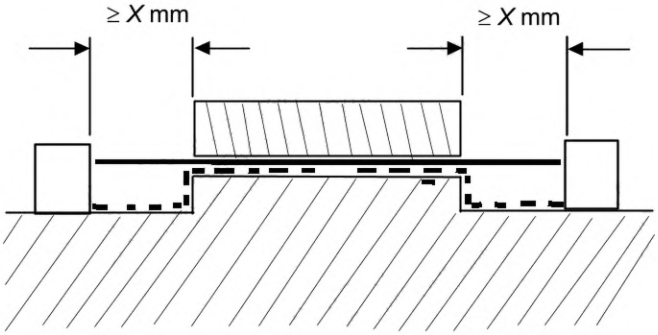
Правило: зазор — это самый короткий воздушный путь над верхом соединения. Расстояние утечки измеряется непосредственно через канавки и следует контуру соединения.



Пример С.6

Условие: рассматриваемый путь включает нецементированное соединение с канавками шириной менее *X* мм с каждой стороны.

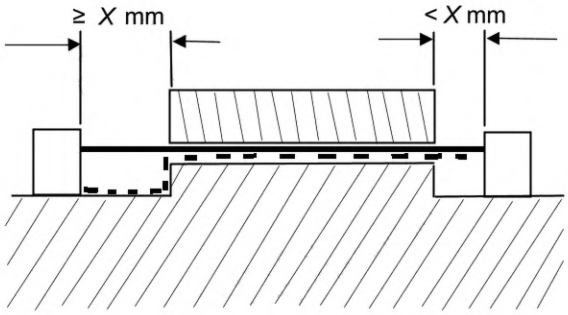
Правило: путь утечки и зазор — это указанное расстояние «прямой видимости».



Пример С.7

Состояние: рассматриваемый путь включает в себя нецементированное соединение с канавками, равными или превышающими ширину *X* мм с каждой стороны.

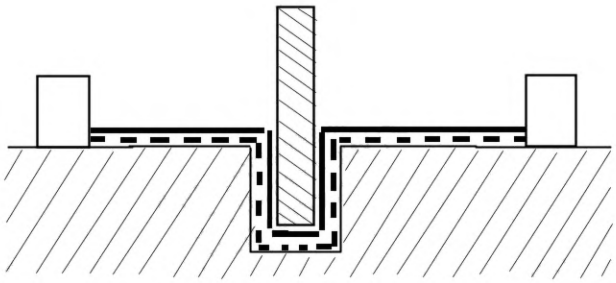
Правило: зазор — это расстояние «прямой видимости». Путь утечки следует за контуром канавок.



Пример С.8

Условие: рассматриваемый путь включает в себя нецементированное соединение с канавкой с одной стороны шириной менее *X* мм, а канавка с другой стороны равна или превышает ширину *X* мм.

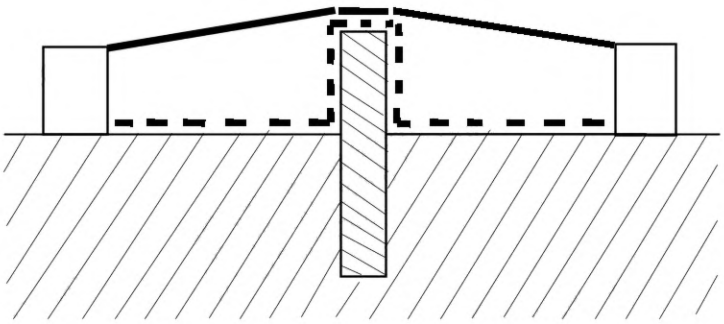
Правило: зазор и пути утечки указаны.



Пример С.9

Условие: рассматриваемый путь включает нецементированный барьер, когда путь под барьером меньше пути по барьеру.

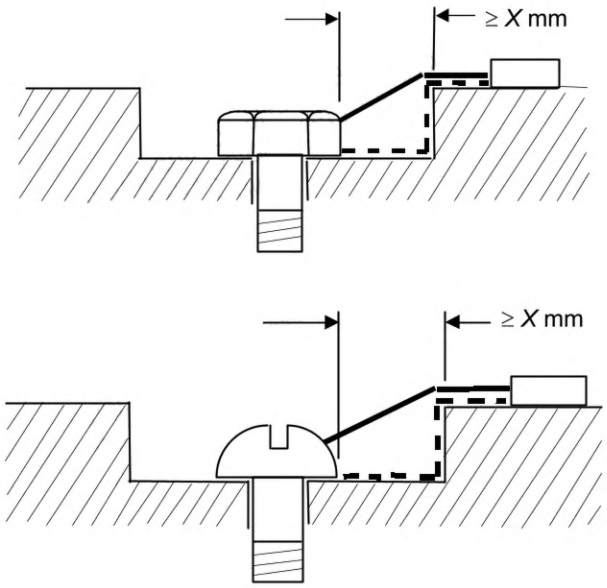
Правило: зазор и пути утечки следуют контуру под барьером.



Пример С.10

Условие: рассматриваемый путь включает нецементированный барьер, когда путь по барьеру меньше пути под барьером.

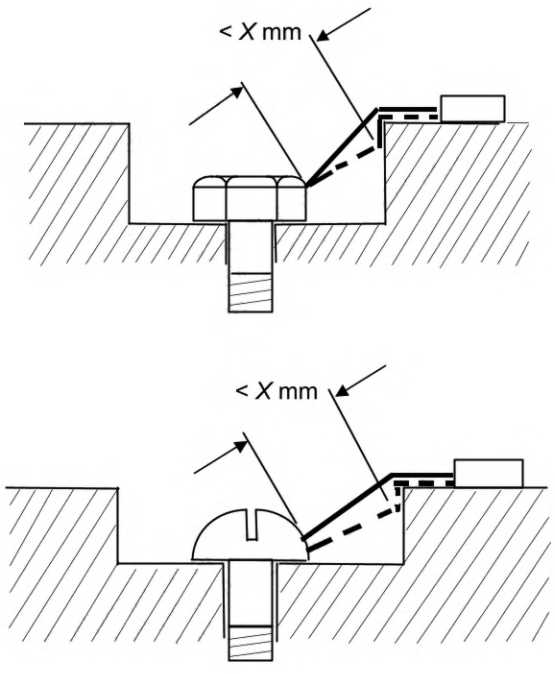
Правило: зазор — это самый короткий воздушный путь над верхом барьера. Путь утечки следует контуру барьера.



Пример С.11

Условие: рассматриваемый путь включает зазор между головкой винта и стенкой углубления, который равен или превышает ширину *X* мм.

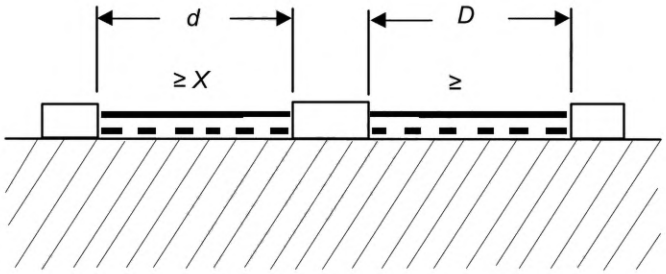
Правило: зазор — это самый короткий воздушный путь через зазор и над верхней поверхностью. Путь утечки следует контуру поверхностей.



Пример С.12

Условие: рассматриваемый путь включает зазор между головкой винта и стенкой углубления шириной менее *X* мм.

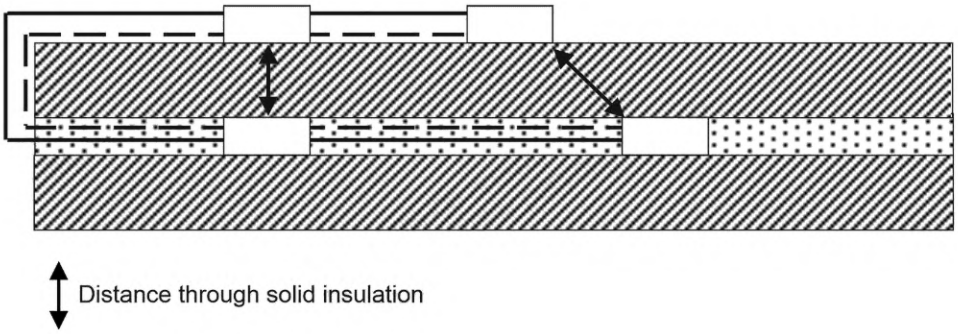
Правило: зазор — это самый короткий воздушный путь через зазор и над верхней поверхностью. Путь утечки следует контуру поверхностей, но «накоротко замыкает» дно углубления перемычкой *X* мм.



Пример С.13

Условие: рассматриваемый путь включает изолированную часть проводящего материала.

Правило: зазор и пути утечки представляют собой сумму *d* плюс *D*.



Distance through solid insulation	Расстояние через твердую изоляцию

Пример С.14

Условие: рассматриваемый путь включает внутренний слой PWB.

Правило: для внутреннего слоя (слоев) расстояние между смежными дорожками на одном и том же слое трактуется как расстояние утечки для степени загрязнения 1 и зазора, как в воздухе (см. 4.3.6.8.4.1).

Приложение D
(справочное)

Поправка на высоту для зазоров

Зазоры в воздухе являются функцией атмосферного давления в соответствии с Законом Пашена. Расстояния зазоров, указанные в таблице 9, действительны до 2 000 м над уровнем моря. Зазоры на высоте свыше 2000 м должны быть умножены на коэффициент, указанный в таблице D.1.

Таблица D.1 — Поправочный коэффициент для зазоров на высотах от 2000 до 20 000 м (см. 4.3.6.4.1)

Высота, м	Нормальное барометрическое давление, кПа	Коэффициент умножения для зазоров
2000	80,0	1,00
3000	70,0	1,14
4000	62,0	1,29
5000	54,0	1,48
6000	47,0	1,70
7000	41,0	1,95
8000	35,5	2,25
9000	30,5	2,62
10 000	26,5	3,02
15 000	12,0	6,67
20 000	5,5	14,50

В импульсных испытаниях, проводимых ниже 2 000 м над уровнем моря с целью проверки воздушных зазоров, должны использоваться испытательные напряжения, которые были скорректированы для давления воздуха (высоты). Испытательные напряжения, которые были скорректированы для трех высот, приведены в таблице D.2. Поправка на высоту испытательного напряжения не требуется для импульсных испытаний твердой изоляции. Значения напряжения в таблице D.2 применяются только для проверки зазоров.

Таблица D.2 — Испытательные напряжения для проверки зазоров на разных высотах

Импульсное напряжение (см. таблицу 7), кВ	Импульсное испытательное напряжение на уровне моря, кВ	Импульсное испытательное напряжение на высоте 200 м, кВ	Импульсное испытательное напряжение на высоте 500 м, кВ
0,33	0,36	0,36	0,35
0,50	0,54	0,54	0,53
0,80	0,93	0,92	0,90
1,50	1,8	1,7	1,7
2,50	2,9	2,9	2,8
4,00	4,9	4,8	4,7
6,00	7,4	7,2	7,0
8,00	9,8	9,6	9,4
12,00	15	14	14

Окончание таблицы D.2

Примечание 1 — Объяснения относительно влияющих факторов (давления воздуха, высоты, температуры, влажности) в отношении электрической прочности зазоров приведены в IEC 60664-1 (пункт 4.1.1.2.1.2).

Примечание 2 — При проверке зазоров соответствующая твердая изоляция будет подвергаться испытательному напряжению. По мере увеличения импульсного испытательного напряжения по отношению к номинальному импульсному напряжению будет обеспечена надлежащая изоляция при проектировании. Это приводит к увеличению импульсной стойкости изоляции.

Примечание 3 — Значения, приведенные выше, были округлены по сравнению с расчетом в IEC 60664-1 (пункт 4.1.1.2.1.2).

Приложение Е
(справочное)

Определение зазора и расстояния утечки для частот более 30 кГц

Е.1 Зазор

Примечание — Для частот, превышающих 30 кГц, считается, что приблизительно однородное поле существует, когда радиус кривизны *r* проводящих частей равен или превышает 20 % зазора. Необходимый радиус кривизны может быть указан только в конце процедуры определения размеров.

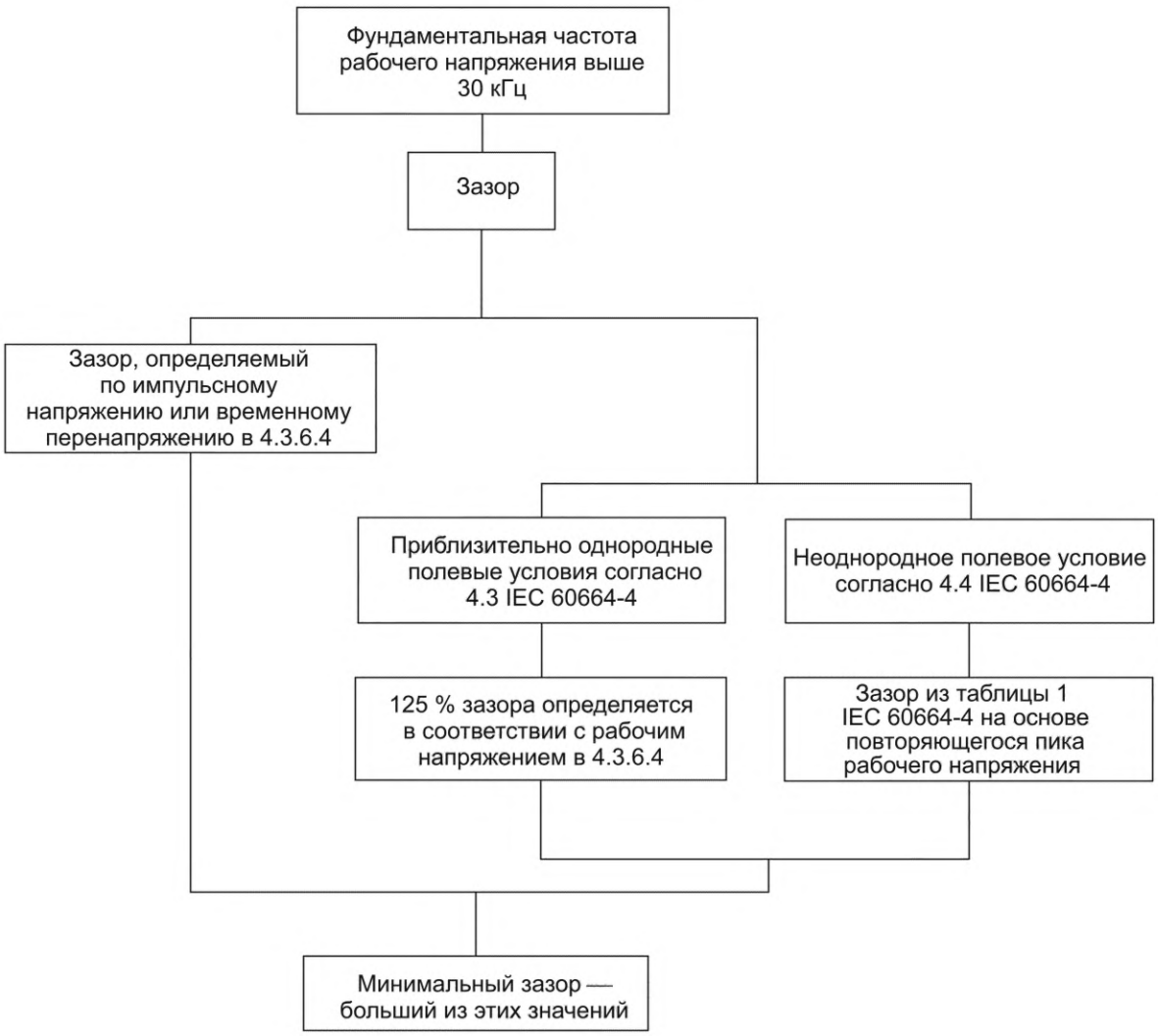


Рисунок Е.1 — Определение зазора для частот более 30 кГц

E.2 Расстояние утечки



Рисунок E.2 — Определение утечки для частот более 30 кГц

Таблица E.1 — Минимальные значения зазоров в воздухе при атмосферном давлении для неоднородных полевых условий (см. IEC 60664-4, таблица 1)

Пиковое напряжение, кВ[a]	Зазор, мм
≤0,6[b]	0,065
0,8	0,18
1,0	0,5
1,2	1,4
1,4	2,35
1,6	4,0
1,8	6,7
2,0	11,0

[a] Для напряжений между значениями, указанными в данной таблице, интерполяция разрешена.

[b] Данные для пиковых напряжений менее 0,6 кВ отсутствуют.

Таблица Е.2 — Минимальные значения расстояний утечки для разных частотных диапазонов (см. IEC 60664-4, таблица 2)

Пиковое напряжение, кВ	Расстояние утечки, мм[a, b]						
	30 кГц < f ≤ 100 кГц	f ≤ 0,2 мГц	f ≤ 0,4 мГц	f ≤ 0,7 мГц	f ≤ 1 мГц	f ≤ 2 мГц	f ≤ 3 мГц
0,1	0,0167						0,3
0,2	0,042					0,15	2,8
0,3	0,083	0,09	0,09	0,09	0,09	0,8	20
0,4	0,125	0,13	0,15	0,19	0,35	4,5	
0,5	0,183	0,19	0,25	0,4	1,5	20	
0,6	0,267	0,27	0,4	0,85	5		
0,7	0,358	0,38	0,68	1,9	20		
0,8	0,45	0,55	1,1	3,8			
0,9	0,525	0,82	1,9	8,7			
1	0,6	1,15	3	18			
1,1	0,683	1,7	5				
1,2	0,85	2,4	8,2				
1,3	1,2	3,5					
1,4	1,65	5					
1,5	2,3	7,3					
1,6	3,15						
1,7	4,4						
1,8	6,1						

[a] Значения расстояний утечки в таблице применяются для степени загрязнения 1. Для степени загрязнения 2 используется коэффициент умножения 1,2 и для степени загрязнения 3 — коэффициент умножения 1,4.

[b] Интерполяция между столбцами разрешена.

Приложение F
(справочное)

Сечения круглых проводников

Стандартные значения поперечного сечения круглых медных проводников показаны в таблице F.1, что также дает приблизительное соответствие между метрическими размерами ISO и размерами AWG/MCM (американский калибр проводов/круговой мил).

Таблица F.1 — Стандартные сечения круглых проводников

Сечение ISO, мм^2	AWG/MCM	
	Размер	Эквивалентное поперечное сечение, мм^2
0,2	24	0,205
—	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1,0	—	—
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85,0
—	0000	107,2
120	250 MCM	127
150	300 MCM	152
185	350 MCM	177
240	500 MCM	253
300	600 MCM	304
Примечание — Тире, когда оно появляется, считается размером при рассмотрении соединительной емкости, см. 4.3.8.8.2.		

Приложение G
(справочное)

Рекомендации по совместимости с RCD

G.1 Выбор типа RCD

В зависимости от схемы питания и типа RCD (тип A, AC или B — см. IEC 60755), PDS и RCD/RCM могут быть совместимы или несовместимы (см. 4.3.10). Если цепи, которые могут стать причиной тока с компонентой постоянного тока, протекающего в защитном заземляющем проводнике во время нормальной работы или во время отказа, не отделены от окружающей среды двойной или усиленной изоляцией, то считается, что сама PDS может вызвать плавный постоянный ток и поэтому несовместима с RCD типа A и AC.

Блок-схема на рисунке G.1 поможет с выбором типа RCD при использовании PDS в сторону потребителя от RCD.

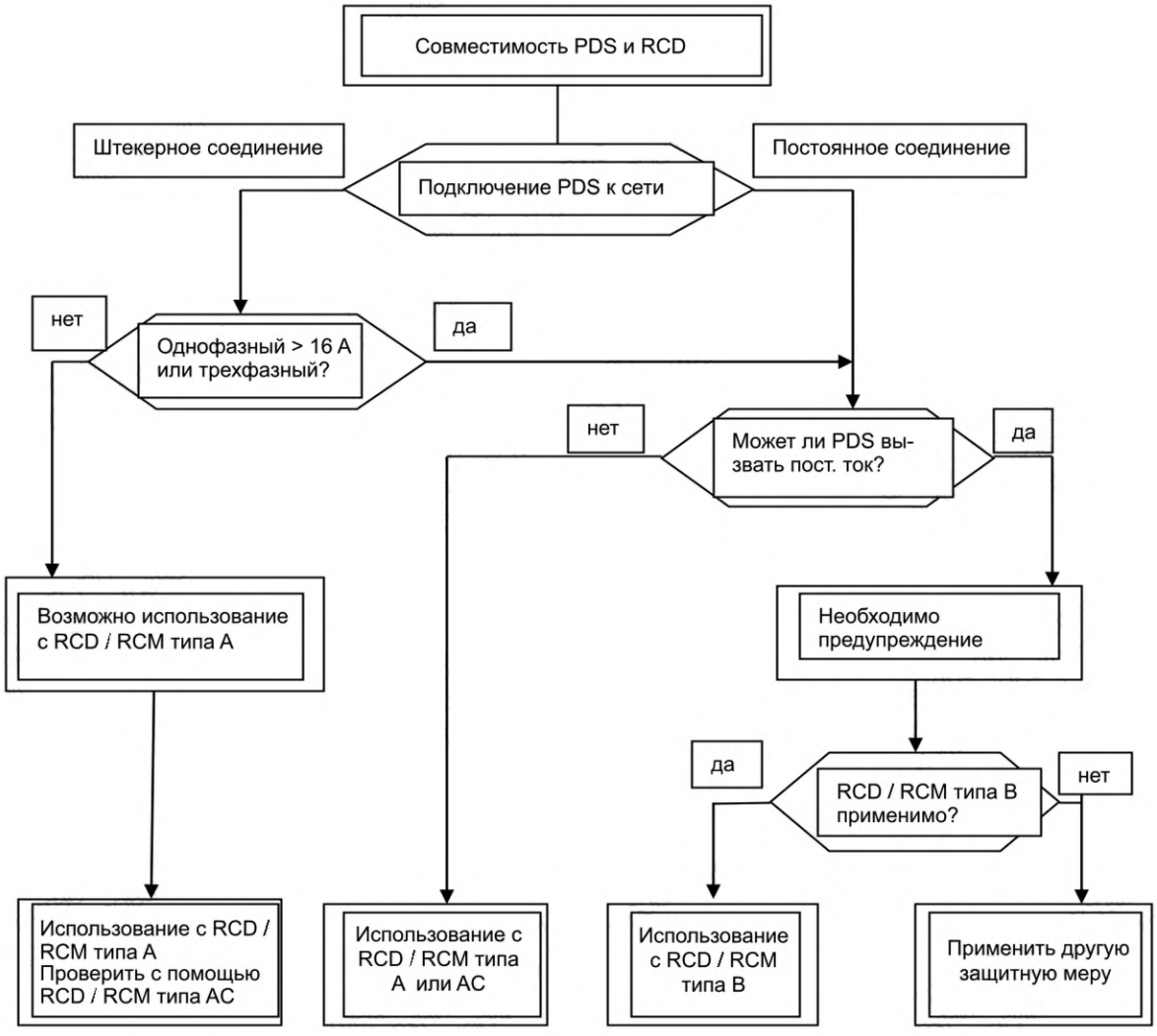


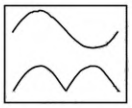
Рисунок G.1 — Блок-схема для выбора типа RCD/RCM со стороны питания PDS

RCDs, которые могут запускаться с помощью различных сигналов дифференциального тока, обозначаются следующими символами, как определено в IEC 60755:

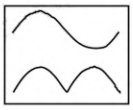
Тип AC: чувствительный к переменному току (подходит для схем 8 и 9 на рисунке G.2)

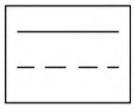


Тип AC: чувствительный к переменному току (подходит для схем 8 и 9 на рисунке G.2)



Тип A: чувствительный к переменному току и импульсному току (подходит для цепей 1, 4, 5, 8, 9 на рисунке G.2)





Тип B: универсальный, чувствительный к току (подходит для всех цепей на рисунке G.2)

G.2 Формы импульса тока короткого замыкания

На рисунке G.2 показаны типичные формы импульса тока короткого замыкания для различных конфигураций цепей PDS, используемых для определения совместимости с RCD.

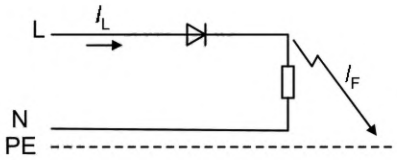
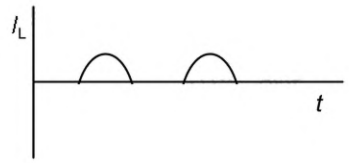
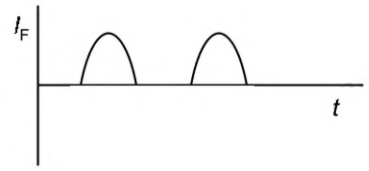
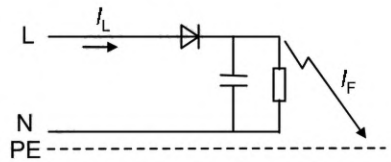
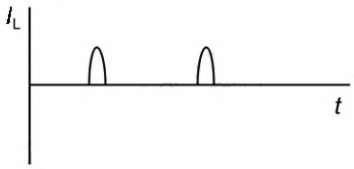
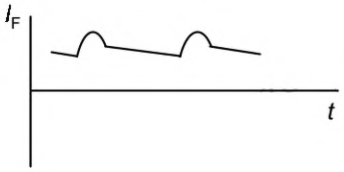
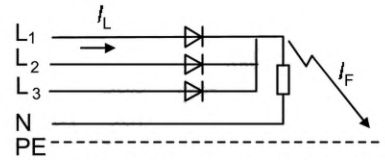
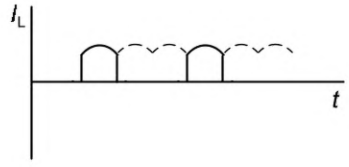
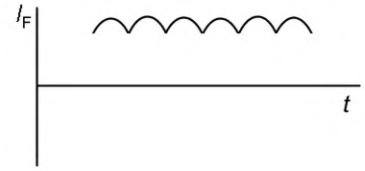
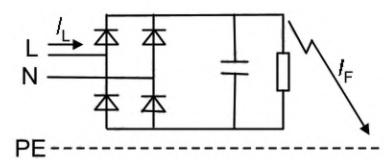
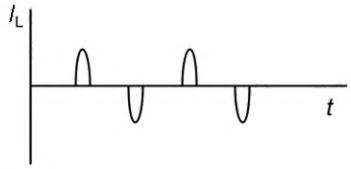
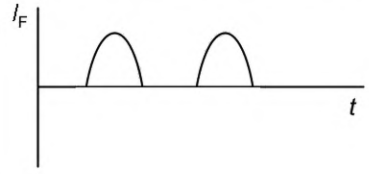
	Соединение	Нормальный ток питания	Ток замыкания на землю
1	Однофазный 		
2	Однофазный со сглаживанием 		
3	Трехфазная звезда 		
4	Двухимпульсный мост 		

Рисунок G.2, лист 1 — Формы импульса тока короткого замыкания в соединениях с полупроводниковыми устройствами

Окончание

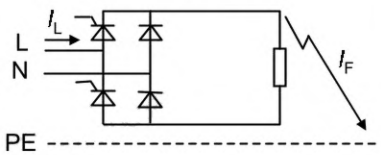
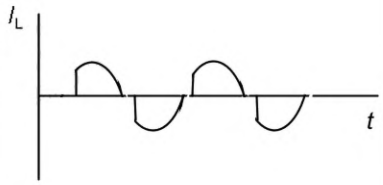
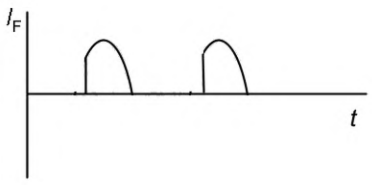
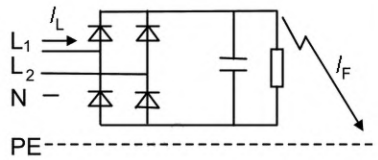
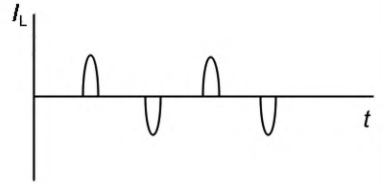
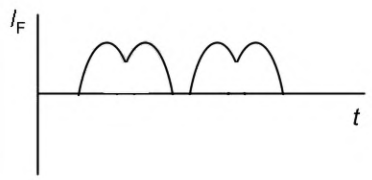
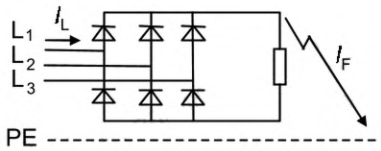
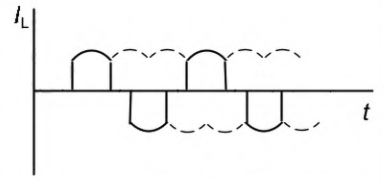
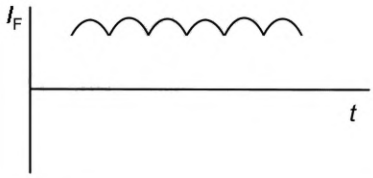
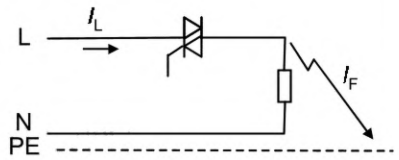
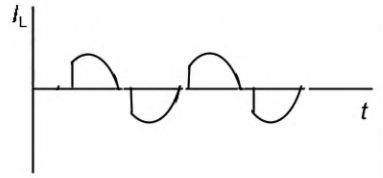
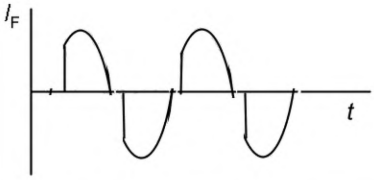
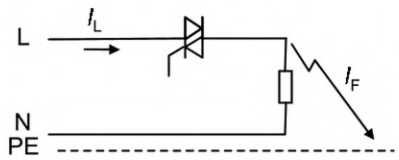
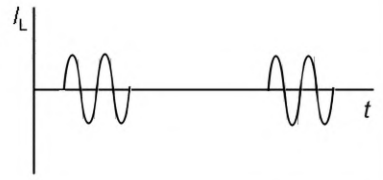
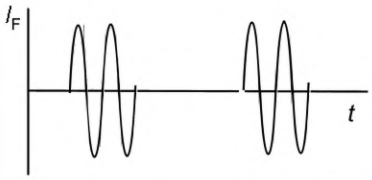
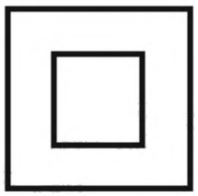
	Соединение	Нормальный ток питания	Ток замыкания на землю
5	Двухимпульсный мост, полурегулируемый 		
6	Двухимпульсный мост между фазами 		
7	Шестиимпульсный мост 		
8	Регулирование сдвига фаз 		
9	Управление серией импульсов 		

Рисунок G.2, лист 2

Приложение H
(справочное)

Символы, упоминаемые в этой части IEC 61800

Таблица H.1 — Используемые символы

Символ	Ссылка на стандарт	Описание	Пункт
	IEC 60417-5019 (2006-08)	Защитное заземление; Защитное устройство	6.3.6.6
	IEC 60417-5172 (2003-02)	Оборудование класса II (с двойной изоляцией)	6.3.6.6
	IEC 60417-5018 (2006-10)	Функциональное заземление	6.3.6.6
	ISO 7000-0434 (2004-01)	Предостережение	6.3.6.7
	IEC 60417-5041 (2000-10)	Предостережение, горячая поверхность	6.4.3.4
	IEC 60417-5036 (2002-10)	Опасное напряжение	6.5.2

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60034-1	IDT	ГОСТ IEC 60034-1—2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики»
IEC 60034-5	IDT	ГОСТ IEC 60034-5—2011 «Машины электрические вращающиеся. Часть 5. Классификация степеней защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин (Код IP)»
IEC 60050-111	—	*
IEC 60050-151	IDT	ГОСТ IEC 60050-151—2014 «Международный электротехнический словарь. Часть 151. Электрические и магнитные устройства»
IEC 60050-161	MOD	ГОСТ 30372—2017 (IEC 60050-161:1990) «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения»
IEC 60050-191	—	*
IEC 60050-441	IDT	ГОСТ IEC 60050-441—2015 «Международный электротехнический словарь. Часть 441. Аппаратура коммутационная, аппаратура управления и плавкие предохранители»
IEC 60050-442	IDT	ГОСТ IEC 60050-442—2015 «Международный электротехнический словарь. Часть 442. Электрические аксессуары»
IEC 60050-551	IDT	ГОСТ IEC 60050-551—2022 «Международный электротехнический словарь. Часть 551. Силовая электроника»
IEC 60050-601	—	*
IEC 60060-1:1989	—	*
IEC 60068-2-2:1974	MOD	ГОСТ 28200—89 (МЭК 68-2-2—74) «Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2-2. Испытания. Испытание B: Сухое тепло»
IEC 60050-601	—	*
IEC 60068-2-6	—	*
IEC 60068-2-78	—	*
IEC 60112—2003	—	*, [1)]
IEC 60204-11	—	*
IEC 60309	—	*, [2)]

[1)] Действует ГОСТ 27473—87 (МЭК 112—79) «Материалы электроизоляционные твердые. Метод определения сравнительного и контрольного индексов трекингостойкости во влажной среде», модифицированный по отношению к IEC 60112:1979.

[2)] Действует ГОСТ IEC 60309-1—2016 «Вилки, штепсельные розетки и соединительные устройства промышленного назначения. Часть 1. Общие требования», идентичный IEC 60309:2012.

Продолжение таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60364-1	MOD	ГОСТ 30331.1—2013 (IEC 60364-1:2005) «Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения»
IEC 60364-4-41:2005	—	*
IEC 60364-5-54:2002	—	*
IEC 60417	MOD	ГОСТ 28312—89 (МЭК 417—73) «Аппаратура радиоэлектронная профессиональная. Условные графические обозначения»
IEC 60529:1989	—	*, [1)]
IEC 60617	—	*
IEC 60664-1:1992	—	*, [2)]
IEC 60664-3:2003	—	*, [3)]
IEC 60664-4:2005	IDT	ГОСТ IEC 60664-4—2017 «Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 4. Анализ высокочастотного напряжения»
IEC 60695-2-10	IDT	ГОСТ IEC 60695-2-10—2016 «Испытания на пожароопасность. Часть 2-10. Методы испытаний раскаленной проволокой. Оборудование для испытания раскаленной проволокой и общий порядок проведения испытаний»
IEC 60695-2-13	IDT	ГОСТ IEC 60695-2-13—2012 «Испытания на пожарную опасность. Часть 2-13. Методы испытания накаленной/нагретой проволокой. Метод определения температуры зажигания материалов накаленной проволокой (ТЗНК)»
IEC 60695-11-10	IDT	ГОСТ IEC 60695-11-10—2016 «Испытания на пожароопасность. Часть 11-10. Испытательное пламя. Методы испытаний на горение горизонтально или вертикально ориентированных образцов с использованием пламени мощностью 50 Вт»
IEC 60695-11-20	IDT	ГОСТ IEC 60695-11-20—2017 «Испытание на пожароопасность. Часть 11-20. Испытательное пламя. Метод испытания пламенем мощностью 500 Вт»
IEC 60755	IDT	Действует ГОСТ IEC/TR 60755—2017 «Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током. Общие требования»
IEC 60947-4-1:2009	—	*, [4)]

[1)] Действует ГОСТ 14254—2015 (IEC 60529:2013) «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)» модифицированный по отношению к IEC 60529:2013.

[2)] Действует ГОСТ IEC 60664-1—2023 «Координация изоляции для оборудования низковольтных систем питания. Часть 1. Принципы, требования и испытания», идентичный IEC 60664-1:2020.

[3)] Действует ГОСТ IEC 60664-3—2015 «Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 3. Использование покрытий, герметизации и формовки для защиты от загрязнения», идентичный IEC 60664-3:2010.

[4)] Действует ГОСТ IEC 60947-4-1—2021 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-1. Контакторы и пускатели. Электромеханические контакторы и пускатели», идентичный IEC 60947-4-1:2018.

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60947-7-1:2002	—	*, [1)]
IEC 60947-7-2:2002	—	*, [2)]
IEC 60990:1999	IDT	ГОСТ Р МЭК 60990—2010 «Методы измерения тока прикосновения и тока защитного проводника»
IEC 61230	IDT	ГОСТ IEC 61230—2012 «Работы, выполняемые под напряжением. Переносное оборудование для заземления или для заземления и закорачивания»
IEC 61800-1	IDT	ГОСТ IEC 61800-1—2023 «Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 1. Общие требования. Номинальные технические характеристики низковольтных систем электроприводов постоянного тока с регулируемой скоростью»
IEC 61800-2	IDT	ГОСТ IEC 61800-2—2018 «Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 2. Общие требования. Номинальные технические характеристики низковольтных систем силовых электроприводов переменного тока с регулируемой скоростью»
IEC 61800-4	IDT	ГОСТ Р МЭК 61800-4—2012 «Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 4. Общие требования. Номинальные технические характеристики систем силовых приводов переменного тока свыше 1000 В и не более 35 кВ»
IEC 62020	IDT	ГОСТ IEC 62020—2017 «Электрооборудование вспомогательное. Устройства контроля дифференциального тока (RCMs) бытового и аналогичного назначения»
IEC 62271-102	—	*
ISO 3864-1 (все части)	IDT	ГОСТ ISO 3864-1—2013 «Графические символы. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Часть 1. Принципы проектирования знаков и сигнальной разметки»
ISO 7000:2004	—	*, [3)]

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

[1)] Действует ГОСТ IEC 60947-7-1—2016 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7-1. Электрооборудование вспомогательное. Колодки клеммные для медных проводников», идентичный IEC 60947-7-1:2009.

[2)] Действует ГОСТ IEC 60947-7-2—2016 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 7-2. Электрооборудование вспомогательное. Колодки клеммные защитных проводников для присоединения медных про-водников», идентичный IEC 60947-7-2:2009.

[3)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 51362—99 (ИСО 7000—89) «Машины для химической чистки одежды. Символы графические органов управления и других устройств».

Библиография

IEC 60034-9	Машины электрические вращающиеся. Часть 9. Нормы шумов
IEC 60050-195:1998	Международный электротехнический словарь. Часть 195. Заземление и защита от поражения электрическим током
IEC 60050-826:2004	Международный электротехнический словарь. Часть 826. Электрические установки
IEC 60071 (все части)	Координация изоляции
IEC 60071-1:2006	Координация изоляции. Часть 1. Определения, принципы и правила
IEC 60071-2:1996	Координация изоляции. Часть 2. Руководство по внедрению
IEC 60146-1-1	Преобразователи полупроводниковые. Общие требования к преобразователям с линейной коммутацией. Часть 1-1. Технические условия на основные требования
IEC 60309-1	Вилки, штепсельные розетки и соединительные устройства промышленного назначения. Часть 1. Общие требования
IEC 60364-4-44	Электроустановки низковольтные. Часть 4-44. Защита в целях безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных помех
IEC 60664 (все части)	Координация изоляции для оборудования низковольтных систем
IEC 60664-1:2007	Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 1. Принципы, требования и испытания
IEC 60695-2-11:2000	Испытание на пожароопасность. Часть 2-11. Методы испытаний раскаленной/горячей проволокой. Испытания конечной продукции на воспламеняемость раскаленной проволокой
IEC 60695-2-12:2000	Испытание на пожароопасность. Часть 2-12. Методы испытаний раскаленной/горячей проволокой. Методы испытаний материалов на воспламеняемость раскаленной проволокой
IEC 60721 (все части)	Классификация внешних воздействующих факторов
IEC 61082 (все части)	Подготовка документов, используемых в электротехнике
IEC 61140:2001	Защита от поражения электрическим током. Общие положения для установок и оборудования
IEC 61180-1:1992	Методы испытаний высоким напряжением оборудования низковольтного. Часть 1. Определения, требования к испытаниям и методике
IEC 61189-2	Методы испытаний электрических материалов, печатных плат и прочих структур межсоединений и сборочных узлов. Часть 2. Методы испытаний материалов для структур межсоединений
IEC 61643-12:2002	Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным энергораспределительным системам. Принципы выбора и применения
IEC 61800-3:2004	Системы силовых электрических приводов с регулируемой скоростью. Часть 3. Требования к электромагнитной совместимости и специальные методы испытаний
IEC 62079:2001	Подготовка инструкций. Структурирование, содержание и представление
IEC 62103:2003	Оборудование электронное для использования в энергоустановках
IEC 62477-1:2012	Требования безопасности к системам и оборудованию силовых электронных преобразователей. Часть 1. Общие положения
NFPA 70:2014	Национальная система стандартов по электротехнике

УДК 621.31-83-78(083.74)(476):006.354 МКС 29.130 IDT

Ключевые слова: системы силовых электрических приводов, преобразователи мощности, регуляторы привода и электромоторы, системы приводов постоянного тока, преобразователи входного напряжения

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректоры *И.А. Королева, Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 13.01.2026. Подписано в печать 11.02.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 11,78.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru