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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60947-4-2— 2023

АППАРАТУРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНАЯ

Часть 4-2

Контакторы и пускатели электродвигателей. Полупроводниковые контроллеры и пускатели для электродвигателей переменного тока

(IEC 60947-4-2:2020, Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-2: Contactors and motor-starters — Semiconductor motor controllers, starters and soft-starters, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

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 Акционерным обществом «Диэлектрические кабельные системы» (АО «ДКС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 мая 2023 г. № 162-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
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2023 г. № 505-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60947-4-2—2023 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2024 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60947-4-2:2020 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-2. Контакторы и пускатели электродвигателей. Полупроводниковые контроллеры, пускатели и плавные пускатели» («Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-2: Contactors and motor-starters — Semiconductor motor controllers, starters and soft-starters», IDT).

Международный стандарт IEC 60947-4-2 разработан подкомитетом 121A «Низковольтное коммутационное и распределительное оборудование» Технического комитета 121 «Коммутационная аппаратура и аппаратура управления и их сборки для низкого напряжения» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 (подраздел 3.6).

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

6 ВЗАМЕН ГОСТ IEC 60947-4-2—2017

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, 2020
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023



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 2
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 3
4 Классификация 11
5 Характеристики полупроводниковых контроллеров и пускателей электродвигателей 11
6 Информация об электроаппарате 19
7 Нормальные условия эксплуатации, монтажа и транспортирования 21
8 Требования к конструкции и работоспособности 22
9 Испытания 39
Приложение A (обязательное) Маркировка и идентификация выводов 59
Приложение B (xxx) 60
Приложение C (обязательное) Координация по току пересечения между пускателем и УЗКЗ 61
Приложение D (xxx) 64
Приложение E (xxx) 65
Приложение F (справочное) Работоспособность 66
Приложение G (справочное) Номинальные рабочие токи и номинальные рабочие мощности коммутационных устройств электродвигателей 70
Приложение H (xxx) 75
Приложение I (обязательное) Модифицированная испытательная схема для испытания полупроводниковых контроллеров и пускателей двигателей на короткое замыкание . . 76
Приложение J (xxx) 78
Приложение K (xxx) 79
Приложение L (обязательное) Примеры снижения категории перенапряжения 80
Приложение M (xxx) 85
Приложение N (обязательное) Дополнительные требования и испытания электроаппарата с защитным разъединением 86
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 88
Библиография 90

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

АППАРАТУРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНАЯ

Часть 4-2

Контакторы и пускатели электродвигателей. Полупроводниковые контроллеры и пускатели для электродвигателей переменного тока

Low-voltage switchgear and controlgear.
Part 4-2. Contactors and motor-starters. Semiconductor motor controllers and starters for AC motors

Дата введения — 2024—06—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые контроллеры для пуска двигателей, пускатели и устройства плавного пуска, которые могут содержать последовательное механическое переключающее устройство, элементы шунтирования, дополнительные функции, такие как управляемый пуск и остановка, маневрирование и управляемый ход электродвигателя. Перечисленные выше устройства предназначены для подключения к цепям, номинальное напряжение которых не превышает 1000 В переменного тока.

Настоящий стандарт содержит требования, относящиеся к полупроводниковым контроллерам для пуска двигателей и пускателям со средствами шунтирования и без них.

Настоящий стандарт не распространяется:

- на полупроводниковые контроллеры и пускатели электродвигателей, используемые для непрерывной работы электродвигателей переменного тока при скоростях, отличных от нормальной скорости двигателя[1)];
- электромеханические контакторы и внешние реле перегрузки (см. IEC 60947-4-1 1);
- устройства защиты от короткого замыкания, связанные с полупроводниковыми контроллерами и пускателями электродвигателей (см. IEC 60947-4-1, IEC 60947-2 и IEC 60947-3);
- полупроводниковые электроаппараты, в том числе полупроводниковые контакторы (см. IEC 60947-1:2020, пункт 3.4.13), управляющие не двигательными нагрузками (см. IEC 60947-4-3);
- полупроводниковые контроллеры и пускатели электродвигателей для цепей ротора[1)];
- регулируемые электрические приводные системы (см. IEC 61800);
- применение изделий во взрывоопасных атмосферах (см. IEC 60079);
- требования к программному обеспечению и микропрограммам[1)].

Примечание 1 — Руководство по встроенному программному обеспечению приведено в IEC/TR 63201 [7];

- аспекты кибербезопасности (см. IEC TS 63208).

Контакторы, реле перегрузки и электроаппараты для цепей управления, применяемые в контроллерах и пускателях, должны соответствовать требованиям стандартов на конкретные изделия. Применяемые механические коммутационные устройства должны отвечать требованиям своих стандартов на изделия, а также дополнительным требованиям настоящего стандарта.

[1)] В этом случае изготовитель несет ответственность за обеспечение дополнительных мер безопасности.

Издание официальное

Целью настоящего стандарта является установление:

a) характеристик полупроводниковых контроллеров электродвигателей, пускателей, устройств плавного пуска и согласованного с ними оборудования;

b) условий, которым должны соответствовать полупроводниковые контроллеры двигателей, пускатели и устройства плавного пуска, относительно:

- работы и функционирования в различных рабочих условиях, включая режимы работы с перегрузкой по току;
- электроизоляционных свойств;
- степени защиты, обеспечиваемой оболочками, если применимо;
- конструкции, в том числе мерам защиты от поражения электрическим током, пожароопасности и механической опасности;

c) испытаний, предназначенных для подтверждения соблюдения вышеперечисленных условий, и методов, применимых в этих испытаниях;

d) информации, предоставляемой с электроаппаратами или в технической документации изготовителя.

Примечание 2 — Общий термин «пускатель» используется в настоящем стандарте в части элементов силовых полупроводниковых коммутационных электроаппаратов вместе с устройствами защиты от перегрузки.

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 60034-1:2017[1)], Rotating electrical machines — Part 1: Rating and performance (Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики)

IEC 60445, Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification — Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors (Основные принципы и правила обеспечения безопасности для интерфейса «человек-машина», маркировка и идентификация. Идентификация выводов электрооборудования, оконечных устройств проводников и самих проводников)

IEC 60715, Dimensions of low-voltage switchgear and controlgear — Standardized mounting on rails for mechanical support of switchgear, controlgear and accessories (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на направляющих электрических аппаратов в устройствах распределения и управления)

IEC 60730-1, Automatic electrical controls — Part 1: General requirements (Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 1. Общие требования)

IEC 60947-1:2020, Low-voltage switchgear and controlgear — Part 1: General rules (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие правила)

IEC 61000-3-2, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-2: Limits — Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤16 A per phase) [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонического тока (оборудование с потребляемым током не более 16 А в одной фазе)]

IEC 61000-3-3, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-3: Limits — Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤16 A per phase and not subject to conditional connection [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 16 А (в одной фазе), подключаемого к сети электропитания без особых условий]

IEC 61000-3-11, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-11: Limits — Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems — Equipment with rated current ≤75 A and subject to conditional connection [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-11. Нормы.

[1)] Заменен на IEC 60034-1:2022. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только датированную ссылку на указанный стандарт.

Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 75 А при соблюдении определенных условий подключения]

IEC 61000-3-12, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-12: Limits — Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤75 A per phase [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-12. Нормы. Нормы гармонических составляющих тока, создаваемых оборудованием, подключаемым к общественным низковольтным системам, с входным током более 16 А, но не более 75 А в одной фазе]

IEC 61140:2016, Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment (Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования)

CISPR 11:2015, Industrial, scientific and medical equipment — Radio-frequency disturbance characteristics — Limits and methods of measurement (Оборудование промышленное, научно-исследовательское и медицинское. Характеристики радиопомех. Предельные значения и методы измерения)

ISO 2859-1:1999, Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection [Процедуры выборочного контроля по качественным признакам. Часть 1. Планы выборочного контроля с указанием приемлемого уровня качества (AQL) для последовательного контроля партий]

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по IEC 60947-1, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ISO и IEC ведут терминологические базы данных, используемых при стандартизации и доступных по следующим адресам:

- поисковая платформа ISO доступна по адресу gost.e-ecolog.ru;
- Электропедия IEC доступна по адресу gost.e-ecolog.ru.

3.1.1 Термины и определения, касающиеся типов полупроводниковых контроллеров и пускателей электродвигателей

3.1.1.1 **полупроводниковый коммутационный аппарат** (semiconductor switching device): Коммутационный электроаппарат, предназначенный для включения и/или отключения тока в электрической цепи посредством воздействия на регулируемую проводимость полупроводника.

Примечание — Данное определение отличается от приведенного в IEC 60050-441:1984, 441-14-03, поскольку полупроводниковый коммутационный электроаппарат рассчитан также на отключение тока.

[IEC 60947-1:2020, пункт 3.4.3]

3.1.1.2 **полупроводниковый контроллер** (semiconductor controller): Полупроводниковый коммутационный электроаппарат, предназначенный для выполнения функции пуска и отключения двигателя.

Примечание 1 — Поскольку в отключенном состоянии полупроводникового контроллера могут возникать опасные уровни тока утечки (см. 3.1.2.12), выводы нагрузки считают постоянно находящимися под напряжением.

Примечание 2 — В цепи, в которой ток (переменный или иной) проходит через ноль, эффект «невключения» тока, следующего после нулевого значения, равнозначен току отключения.

Примечание 3 — Определение полупроводникового коммутационного электроаппарата приведено в IEC 60947-1:2020 (пункт 3.4.3).

Примечание 4 — Полупроводниковый контроллер может быть оснащен внутренними электромеханическими коммутационными устройствами, включенными в обход или последовательно с полупроводником по усмотрению изготовителя.

3.1.1.3 **полупроводниковый контроллер электродвигателя** (semiconductor motor controller): Полупроводниковый контроллер, который обеспечивает функцию пуска для электродвигателя переменного тока из отключенного состояния.

Примечание 1 — Данное устройство может предусматривать возможность применения любого метода пуска, указанного изготовителем, функции управления, которые могут иметь любую комбинацию маневрирования,

контролируемого ускорения, работы или управляемого замедления двигателя переменного тока. Также оно способно обеспечить состояние «полного включения» (FULL-ON).

Примечание 2 — См. рисунок 1.

3.1.1.4 **полупроводниковый контроллер электродвигателя прямого действия** [direct-on-line semiconductor motor controller (DOL)]: Полупроводниковый контроллер электродвигателя, в котором функция пуска ограничена методом пуска без линейного ускорения, а дополнительная функция управления ограничивается только состоянием полного включения (FULL-ON).

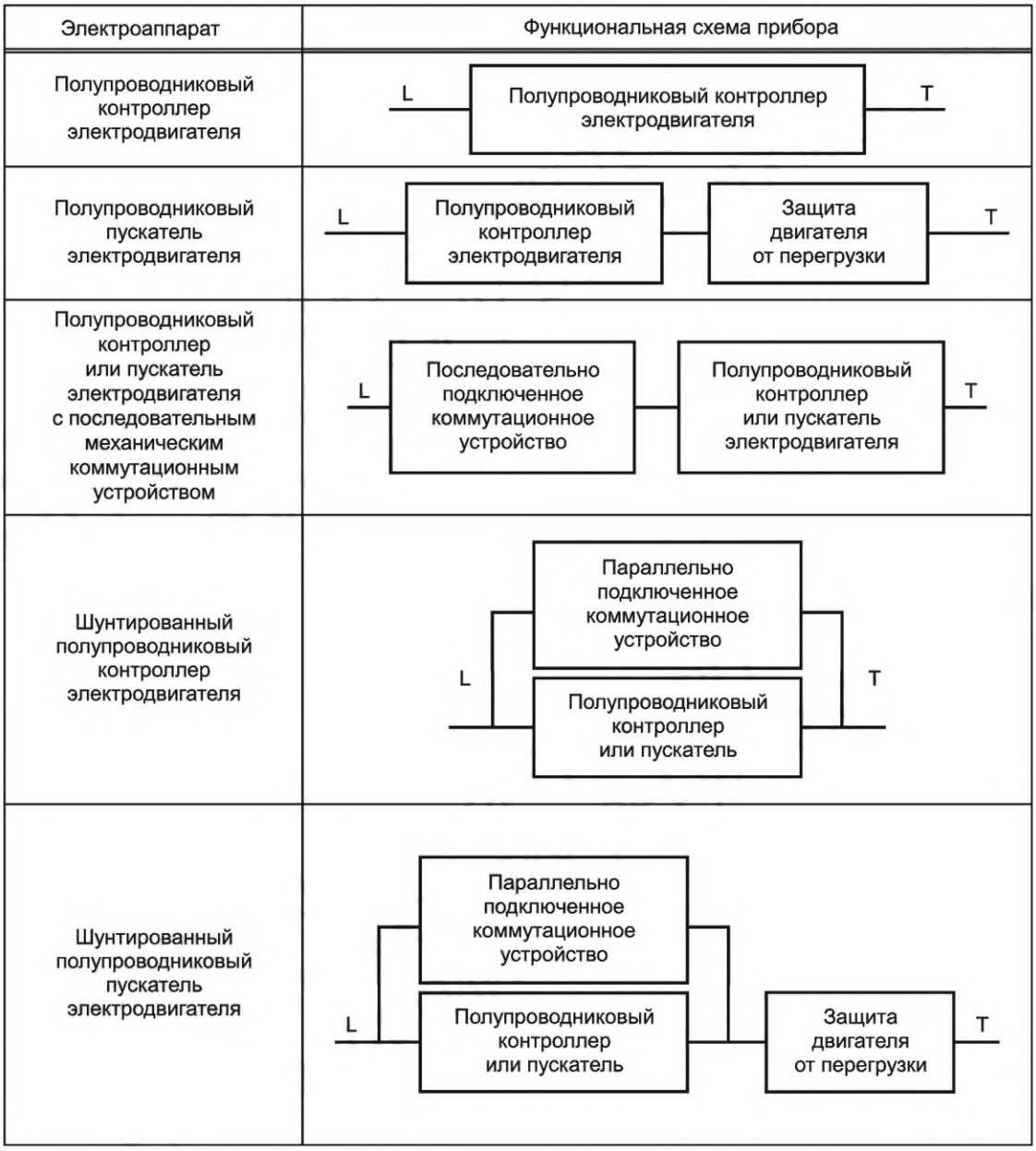
Примечание 1 — Данное устройство имеет короткое контролируемое время разгона в несколько циклов, что ограничивает ток включения двигателя до уровня, указанного в таблице 9.

Примечание 2 — См. рисунок 1.

3.1.1.5 **полупроводниковый пускатель электродвигателя (устройство плавного пуска)** (semiconductor motor-starter, soft-starte): Полупроводниковый контроллер электродвигателя с надлежащей защитой от перегрузки, в виде законченного электроаппарата.

Примечание — Термин «устройство плавного пуска» используют, как правило, для обозначения полупроводникового контроллера электродвигателя с защитой от перегрузки или без нее, но в настоящем стандарте под устройством плавного пуска понимают тип пускателя, который по определению включает защиту от перегрузки.

3.1.1.6 **полупроводниковый пускатель электродвигателя прямого подключения** (direct-on-line semiconductor motor-starter, DOL semiconductor motor-starter): Полупроводниковый контроллер электродвигателя прямого подключения с защитой от перегрузки, в виде законченного электроаппарата.



L — питание от сети силовой цепи; T — тиристорный выход силовой цепи

Рисунок 1 — Полупроводниковые устройства управления электродвигателями

3.1.2 Термины и определения, касающиеся полупроводниковых контроллеров и пускателей электродвигателей

3.1.2.1 **функция ограничения тока** (current-limit function): Способность контроллера ограничивать ток двигателя до заданного значения.

Примечание — Наличие данной функции не означает наличие способности ограничения мгновенного тока в условиях короткого замыкания.

3.1.2.2 **маневрирование** (manoeuvre): Любая преднамеренная операция, вызывающая изменение значения тока, которая может быть охарактеризована и управляема (например, импульсный режим, торможение).

Примечание 1 — Пуск является обязательной операцией маневрирования, которая рассматривается отдельно.

Примечание 2 — Операции торможения, выполняемые полупроводниковым контроллером или пускателем двигателя, считаются маневрированием в рамках настоящего стандарта.

3.1.2.3 **управляемое ускорение** (controlled acceleration): Управление работой двигателя с одновременным увеличением скорости двигателя при воздействии на электропитание двигателя.

3.1.2.4 **управляемое замедление** (controlled deceleration): Управление работой двигателя с одновременным снижением скорости двигателя при воздействии на электропитание двигателя.

3.1.2.5 **управляемый ход** (controlled running): Управление работой двигателя при воздействии на его электропитание с одновременным ходом двигателя при нормальной скорости (например, энергосбережение).

3.1.2.6 **ожидаемый ток в цепи устройства, коммутационного устройства или плавкого предохранителя** [prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)]: Ток который будет протекать в цепи, если каждый полюс коммутационного устройства или плавкого предохранителя заменить проводником с незначительным полным сопротивлением.

Примечание — Метод, используемый для оценки и выражения ожидаемого тока, указывают в соответствующем стандарте на коммутационный электроаппарат.

[IEC 60947-1:2020, пункт 3.7.5]

3.1.2.7 **ожидаемый ток заблокированного ротора I_{LRP}** [prospective locked rotor current (I_{LRP})]: Ожидаемый ток, который будет протекать при подаче номинального напряжения на двигатель с заблокированным ротором.

Примечание — Испытательный ток I_{LRP} для работоспособности при перегрузках приведен в таблице 9.

3.1.2.8 **включенное состояние** (ON-state): Состояние контроллера, при котором ток проводимости может протекать через его основную цепь.

3.1.2.9 **полное включение** (состояние контроллера) [FULL-ON (state of controllers)]: Состояние контроллера, при котором управляющие функции настроены на обеспечение подачи нормального полного напряжения на нагрузку.

3.1.2.10 **минимальный ток нагрузки** (minimum load current): Минимальный рабочий ток в силовой цепи, необходимый для корректной работы контроллера во включенном состоянии.

Примечание — Минимальный ток нагрузки указывают в качестве действующего значения.

3.1.2.11 **отключенное состояние** (OFF-state): Состояние контроллера, при котором не подается управляющий сигнал и в силовой цепи не протекает ток, превышающий ток отключенного состояния.

3.1.2.12 **ток утечки в отключенном состоянии I_L** [OFF-state leakage current (I_L)]: Ток, который протекает через силовую цепь контроллера в отключенном состоянии.

3.1.2.13 **оперирование (контроллера)** [operation (of a controller)]: Переход из включенного в отключенное состояние или наоборот.

3.1.2.14 **цикл оперирования (контроллера)** [operating cycle (of a controller)]: Последовательность операций срабатывания (контроллера) с переходом из одного состояния в другое и обратно в первое состояние.

Примечание — Последовательность операций, не образующих цикл, называется серией операций.

3.1.2.15 **работоспособность** (operational capability): В заданных условиях способность выполнять серию циклов оперирования без отказов.

3.1.2.16 **характеристика тока перегрузки** (overload current profile): Время-токовая координата, определяющая требования к расположению выдерживаемых токов перегрузки в течение определенного периода времени.

Примечание — См. 5.3.5.2.

3.1.2.17 **номинальный параметр** (rating index): Информация о номинале, организованная в предписанном формате, объединяющая номинальный рабочий ток и соответствующую категорию применения, характеристику тока перегрузки и период нагрузки или время отключения.

Примечание — См. 6.1, перечисление e).

3.1.2.18 **операция расцепления контроллера или пускателя двигателя** (tripping operation of a controller or starter): Операция перехода и поддержания отключенного состояния (или разомкнутое состояние в случае последовательно включенного механического коммутационного электроаппарата), инициированная управляющим сигналом.

3.1.2.19 **реле или расцепитель перегрузки, чувствительные к обрыву [выпадению] фазы** (phase loss sensitive overload relay or release): Многополюсное реле или расцепитель перегрузки, срабатывающие в случае перегрузки, а также в случае выпадения фазы в соответствии с заданными требованиями.

3.1.2.20 **реле или расцепитель минимального тока** (under-current relay or release): Измерительное реле или расцепитель, срабатывающие автоматически при падении протекающего через них тока ниже установленного значения.

3.1.2.21 **реле или расцепитель минимального напряжения** (under-voltage relay or release): Измерительное реле или расцепитель, срабатывающие автоматически при падении подаваемого на них напряжения ниже установленного значения.

3.1.2.22 **электронное реле перегрузки, чувствительное к опрокидыванию ротора двигателя** (stall sensitive electronic overload relay): Электронное реле перегрузки, которое срабатывает, если ток не снизился ниже заданного значения в течение заданного периода времени при пуске или если реле получает входной сигнал об отсутствии вращения двигателя после заданного периода времени в соответствии с установленными требованиями.

Примечание — Опрокидывание означает блокировку ротора при пуске.

3.1.2.23 **электронное реле перегрузки, чувствительное к торможению ротора двигателя (реле упора)** (jam sensitive electronic overload relay): Электронное реле перегрузки, которое срабатывает при перегрузке, а также при повышении тока свыше заданного значения в течение заданного периода времени при работе двигателя в соответствии с требованиями.

Примечание — Торможение — это значительная перегрузка, возникшая после завершения пуска, при которой ток достигает значения тока заторможенного ротора управляемого электродвигателя.

3.1.2.24 **время торможения** (inhibit time): Период задержки времени, в течение которого функция размыкания реле происходит с задержкой (может регулироваться).

3.1.2.25 **время включения** (ON-time): Период времени, в течение которого контроллер находится под нагрузкой.

Примечание — См. пример на рисунке F.1.

3.1.2.26 **время отключения** (OFF-time): Период времени, в течение которого контроллер находится не под нагрузкой.

Примечание — См. пример на рисунке F.1.

3.1.2.27 **шунтированный полупроводниковый контроллер [пускатель] электродвигателя** (bypassed semiconductor motor controller, bypassed semiconductor motor-starter): Электроаппарат, в котором контакты силовой цепи механического коммутационного устройства соединены параллельно с контактами силовой цепи полупроводникового коммутационного устройства, и в котором рабочие органы управления двух коммутационных устройств скоординированы, испытаны и оценены как единый электроаппарат.

Примечание — См. строки 4 и 5 рисунка 1.

3.1.2.28 **операция «CO»** (CO operation): Размыкание цепи устройством для защиты от короткого замыкания (УЗКЗ) в результате замыкания цепи испытуемым электроаппаратом.

3.1.2.29 **операция «O»** (O operation): Размыкание цепи при помощи УЗКЗ в результате замыкания цепи на испытуемый электроаппарат, который находится в замкнутом положении.

3.1.2.30 **мощность полупроводникового контроллера электродвигателя** (semiconductor motor controller power losses): Мощность, потребляемая полупроводниковым контроллером или пускателем электродвигателя в состоянии полного включения при максимальной номинальной мощности.

3.1.2.31 **гальваническая развязка** (galvanic separation): Предотвращение электрического соединения между двумя электрическими цепями, предназначенными для обмена мощностью электропитания и/или сигналов.

Примечание — Гальваническая развязка может обеспечиваться, например, разделительным трансформатором или оптической парой.

[IEC 60050-151:2001 [151-12-26]

3.1.3 Термины и определения, относящиеся к аспектам безопасности

3.1.3.1 **ненормальные условия эксплуатации** (abnormal operating condition): Рабочее состояние, не являющееся нормальным рабочим состоянием, а также не являющееся условиями единичной неисправности самого электроаппарата.

Примечание 1 — Аномальное рабочее состояние — временное состояние, которое может быть обусловлено оборудованием или человеком и может приводить к выходу из строя компонента, электроаппарата или устройства безопасности.

Примечание 2 — Данное определение используется в контексте анализа рисков отказа компонентов.

3.1.3.2 **доступная часть** (accessible part): Часть, которой можно коснуться посредством стандартного испытательного пальца.

[IEC 60050-442:1998-11, статья 442-01-15]

3.1.3.3 **опасная токоведущая часть** (hazardous-live-part): Токоведущая часть, которая при определенных условиях может вызвать существенное поражение электрическим током.

[IEC 60050-195:1998-08[1)], статья 195-06-05]

3.1.3.4 **источник с ограниченной мощностью** (limited energy source): Источник, разработанный и защищенный таким образом, чтобы и в нормальных условиях, и в условиях однократного короткого замыкания ток, который может протекать, не представлял опасности в части возникновения пожара.

3.1.3.5 **защитное сопротивление** (protective impedance): Сопротивление, включенное между опасными частями под напряжением и доступными токопроводящими частями, с таким значением, что ток при нормальных условиях эксплуатации и при вероятном коротком замыкании ограничивается безопасным значением, при этом электроаппарат имеет конструкцию, сохраняющую его работоспособность в течение всего срока службы.

[IEC 62477-1:2012, пункт 3.42]

3.1.3.6 **возможное предсказуемое неправильное использование** (reasonably foreseeable misuse): Использование продукта или системы не предназначенным поставщиком образом, возможно, вследствие легко предсказуемого поведения человека.

[Руководство ISO/IEC 51:2014, пункт 3.7]

3.1.3.7 **состояние единичной неисправности** (single fault condition): Состояние, при котором имеет место неисправность одной защиты (но не усиленной защиты) или одного компонента или устройства.

Примечание 1 — Если состояние единичной неисправности приводит к одному или более других состояний неисправности, все они считаются состоянием единичной неисправности.

Примечание 2 — Усиленная защита определена в IEC 60050-903:2013, статья 903-02-08.

[Руководство IEC 104:2019-07, пункт 3.8]

3.1.4 Алфавитный указатель терминов

В		
включенное состояние	ON-state	3.1.2.8
возможное предсказуемое неправильное использование	reasonably foreseeable misuse	3.1.3.6
время включения	ON-time	3.1.2.25
время отключения	OFF-time	3.1.2.26
время торможения	inhibit time	3.1.2.24
Г		
гальваническая развязка	galvanic separation	3.1.2.27
Д		
доступная часть	accessible part	3.1.3.2
З		
защитное сопротивление	protective impedance	3.1.3.5

[1)] Заменен на IEC 60050-195:2021. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

И		
источник с ограниченной мощностью	limited energy source	3.1.3.4
М		
маневрирование	manoeuvre	3.1.2.2
минимальный ток нагрузки	minimum load current	3.1.2.10
мощность полупроводникового контроллера электродвигателя	semiconductor motor controller power losses	3.1.2.30
Н		
ненормальные условия эксплуатации	abnormal operating condition	3.1.3.1
номинальный параметр	rating index	3.1.2.17
О		
ожидаемый ток заблокированного ротора I_{LRP}	prospective locked rotor current (I_{LRP})	3.1.2.7
ожидаемый ток в цепи устройства коммутационного устройства или плавкого предохранителя	prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)	3.1.2.6
опасная токоведущая часть	hazardous-live-part	3.1.3.3
операция расцепления контроллера или пускателя двигателя	tripping operation of a controller or starter	3.1.2.18
операция «CO»	CO operation	3.1.2.28
операция «O»	O operation	3.1.2.29
оперирование (контроллера)	operation (of a controller)	3.1.2.13
отключенное состояние	OFF-state	3.1.2.11
П		
полное включение (состояние контроллера)	FULL-ON (state of controllers)	3.1.2.9
полупроводниковый коммутационный аппарат	semiconductor switching device	3.1.1.1
полупроводниковый контроллер	semiconductor controller	3.1.1.2
полупроводниковый контроллер электродвигателя	semiconductor motor controller	3.1.1.3
полупроводниковый контроллер электродвигателя прямого действия	direct-on-line semiconductor motor controller (DOL)	3.1.1.4
полупроводниковый пускатель электродвигателя (устройство плавного пуска)	semiconductor motor-starter, soft-starte	3.1.1.5
полупроводниковый пускатель электродвигателя прямого подключения	direct-on-line semiconductor motor-starter, DOL semiconductor motor-starter	3.1.1.6
Р		
работоспособность	operational capability	3.1.2.15
реле или расцепитель минимального напряжения	under-voltage relay or release	3.1.2.21
реле или расцепитель минимального тока	under-current relay or release	3.1.2.20
реле или расцепитель перегрузки, чувствительные к обрыву [выпадению] фазы	phase loss sensitive overload relay or release	3.1.2.19
С		
состояние единичной неисправности	single fault condition	3.1.3.7
Т		
ток утечки в отключенном состоянии I_L	OFF-state leakage current (I_L)	3.1.2.12
У		
управляемое замедление	controlled deceleration	3.1.2.4
управляемое ускорение	controlled acceleration	3.1.2.3
управляемый ход	controlled running	3.1.2.5

Ф		
функция ограничения тока	current-limit function	3.1.2.1
Х		
характеристика тока перегрузки	overload current profile	3.1.2.16
Ц		
цикл оперирования (контроллера)	operating cycle (of a controller)	3.1.2.14
Ш		
шунтированный полупроводниковый контроллер [пускатель] электродвигателя	bypassed semiconductor motor controller bypassed semiconductor motor-starter	3.1.2.27
Э		
электронное реле перегрузки, чувствительное к опрокидыванию ротора двигателя	stall sensitive electronic overload relay	3.1.2.22
электронное реле перегрузки, чувствительное к торможению ротора двигателя (реле упора)	jam sensitive electronic overload relay	3.1.2.23

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

Обозначения и сокращения	Определение	Ссылка на
A_f	конечная температура окружающей среды	9.3.3.3.4
C_f	конечная температура корпуса	9.3.3.3.4
I_c	ток включения и отключения	Таблица 11
I_e	номинальный рабочий ток	5.3.2.3
I_F	ток утечки после блокировки и испытания на коммутационную способность	9.3.3.6.4
I_{init}	начальный ток испытания	9.3.3.6.3
I_{LRP}	ожидаемый ток заблокированного ротора	3.1.2.7
I_O	ток утечки перед блокированием и испытанием на коммутационную способность	9.3.3.6.4
I_{Lm}	максимальный ток при отключенном состоянии;	5.3.2.5
I_q	максимальный условный испытательный ток короткого замыкания	9.3.4.3.2
I_{lim}	уставка тока для функции ограничения тока	8.2.4.1
I_{th}	условный тепловой ток в открытом исполнении (на открытом воздухе)	5.3.2
I_{the}	условный тепловой ток в закрытом исполнении (в отделяемом защитном от внешних воздействий корпусе)	5.3.2.2
I_u	номинальный непрерывный ток	5.3.2.4
УЗКЗ	устройство защиты от короткого замыкания	5.8
U_c	номинальное напряжение цепи управления	6.1
U_e	номинальное рабочее напряжение	5.3.1.1
U_i	номинальное напряжение изоляции	5.3.1.2
U_{imp}	номинальное выдерживаемое импульсное напряжение	5.3.1.3
U_r	Напряжение промышленной частоты или восстанавливающееся напряжение постоянного тока	Таблица 10
U_s	номинальное напряжение питания цепи управления	6.1

4 Классификация

Данные, используемые в качестве критериев для классификации, приведены в 5.2.

5 Характеристики полупроводниковых контроллеров и пускателей электродвигателей

5.1 Перечень характеристик

К полупроводниковым контроллерам и пускателям применяют следующие характеристики, если они применимы:

- тип электроаппарата (5.2);
- номинальные и предельные значения для силовых цепей (5.3);
- категория применения (5.4);
- цепи управления (5.5);
- вспомогательные цепи (5.6);
- характеристики реле и расцепителей (5.7);
- координация устройств защиты от короткого замыкания (5.8).

Формат данных для обмена информацией в электронном виде о важных характеристиках пускателей двигателей, контакторов и их арматуры определен в IEC 62683-1.

5.2 Тип электроаппарата

5.2.1 Вид электроаппарата

Тип полупроводниковых контроллеров и пускателей приводят с указанием:

a) типа полупроводникового контроллера электродвигателя:

- полупроводниковый контроллер электродвигателя или
- полупроводниковый пускатель: с надлежащей защитой от перегрузки, рассматриваемый как единый электроаппарат;

b) шунтированного полупроводникового контроллера или пускателя (при применимости);

c) типа управления (по применимости):

- полное включение,
- управляемое ускорение,
- управляемое замедление,
- функция ограничения тока.

5.2.2 Количество полюсов

Количество полюсов состоит:

- из количества силовых полюсов;
- количества силовых полюсов, работа которых управляется полупроводниковым коммутационным элементом.

5.2.3 Род тока

Род тока — только переменный.

5.2.4 Коммутационная среда (воздух, вакуум и т. д.)

Применимо только к механическим коммутационным устройствам, используемым в контроллерах и пускателях.

5.2.5 Рабочие условия эксплуатации электроаппарата

5.2.5.1 Способ оперирования

Пример —

- контроллер с симметричным управлением (например, полупроводник с полным контролем фаз);

- контроллер с несимметричным управлением (например, тиристоры и диоды).

5.2.5.2 Способ управления

Пример —

- автоматический (посредством автоматического устройства управления или программируемого контроллера);

- неавтоматический (при помощи нажимных кнопок);

- полуавтоматический (частично автоматический, частично неавтоматический).

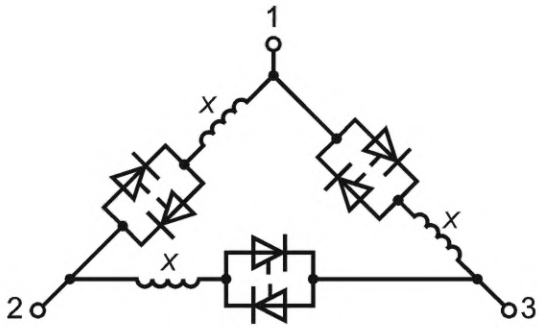
5.2.5.3 Способ подсоединения

Пример (см. рисунок 2) —

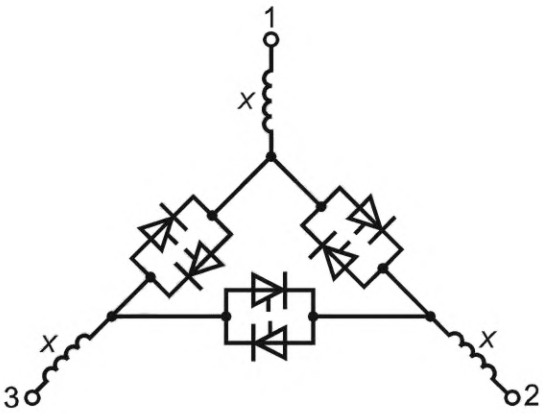
- двигатель с подключением по схеме «треугольник», тиристоры, подключенные последовательно с обмоткой;

- двигатель с подключением по схеме «звезда», тиристоры, подключенные по схеме «Треугольник»;

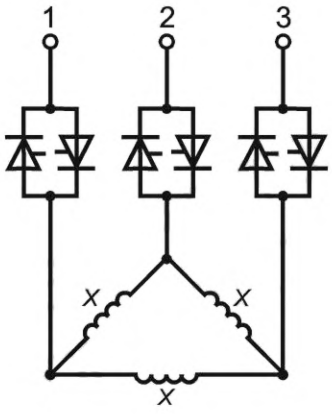
- двигатель с подключением по схеме «треугольник», тиристоры, подключенные между обмоткой и источником питания.



2a) Двигатель с подключением по схеме «треугольник» — тиристоры, подключенные последовательно с обмоткой



2b) Двигатель с подключением по схеме «звезда» — тиристоры, подключенные по схеме «треугольник»



2c) Двигатель с подключением по схеме «треугольник» — тиристоры, подключенные между обмоткой и источником питания

Рисунок 2 — Способы подключения

5.3 Номинальные и предельные значения для силовых цепей

5.3.1 Номинальные напряжения

5.3.1.1 Номинальное рабочее напряжение U_e

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 5.3.1.1) со следующим дополнением:

В номинальных характеристиках электроаппаратов переменного тока должно быть указано количество фаз, за исключением электроаппаратов, предназначенных только для однофазного применения, в номинальных характеристиках которого количество фаз допускается не указывать.

5.3.1.2 Номинальное напряжение изоляции U_i

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 5.3.1.2).

5.3.1.3 Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение U_{imp}

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 5.3.1.3).

5.3.2 Токи

5.3.2.1 Условный тепловой ток в открытом исполнении I_{th}

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 5.3.2.1).

5.3.2.2 Условный тепловой ток в закрытом исполнении I_{the}

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 5.3.2.2).

5.3.2.3 Номинальный рабочий ток I_e

Номинальный рабочий ток I_e контроллеров и пускателей — нормальный рабочий ток, при котором электроаппарат находится в состоянии полного включения с учетом номинального рабочего напряжения (см. 5.3.1.1), номинальной частоты (см. 5.3.3), номинального режима эксплуатации (см. 5.3.4), категории применения (см. 5.4), характеристик нормальной нагрузки и перегрузки (см. 5.3.5) и типа закрытого исполнения (при наличии).

Указание номинального рабочего тока может быть заменено или дополнено указанием максимальной номинальной выходной мощности при указании номинального рабочего напряжения двигателя, для которого предназначен электроаппарат.

Примечание — В приложении G приведены значения, касающиеся соотношения между номинальными рабочими токами и номинальными рабочими мощностями.

5.3.2.4 Номинальный непрерывный ток I_u

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 5.3.2.4).

5.3.2.5 Максимальный ток отключенного состояния I_{Lm}

Максимальный ток отключенного состояния I_{Lm} — максимальный ток, протекающий через основную цепь контроллера, при котором он находится в отключенном состоянии в условиях испытания по 9.3.3.6.3.

5.3.3 Номинальная частота

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 5.3.3).

5.3.4 Номинальные режимы эксплуатации

5.3.4.1 Периодический режим

В настоящем стандарте периодический режим эксплуатации выражают двумя обозначениями: *F* и *S*. Они описывают период работы, а также определяют длительность периода охлаждения.

F — отношение периода нахождения под нагрузкой ко всему времени, выраженное в процентах. Предпочтительными являются следующие значения:

F = 1 %, 5 %, 15 %, 25 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 99 %.

S — количество циклов оперирования в час. Предпочтительными являются следующие значения:

S = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, 40, 50, 60 циклов оперирования в час.

Примечание — Изготовитель вправе указать другие значения *F* и/или *S*.

5.3.4.2 Последовательность рабочих циклов

Две последовательности рабочих циклов определены в соответствии с суффиксом обозначения категории применения следующим образом:

а) последовательность А: полные рабочие циклы, при которых полупроводниковый контроллер или пускатель электродвигателя проводит ток двигателя в течение всех фаз: «пуск», «рабочий ход» и «остановка» двигательной нагрузки. Она включает в себя способность непрерывно проводить номинальный ток до и после теплового равновесия;

b) последовательность B: рабочие циклы «пуск» и «остановка», при которых полупроводниковый контроллер или пускатель электродвигателя пропускает ток двигателя в течение фаз «пуск» и/или «остановка» двигательной нагрузки.

5.3.5 Характеристики нормальной нагрузки и перегрузки

5.3.5.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 5.3.5) со следующими дополнениями.

5.3.5.2 Характеристика тока перегрузки

Характеристика тока перегрузки представлена время-токовыми координатами для управляемого тока перегрузки. Она обозначена двумя символами: X и T_x.

X обозначает ток перегрузки, кратный I_e, выбранному из массива значений в таблице 7, и представляет максимальное значение рабочего тока при пуске, переключении или маневрировании в условиях перегрузки. $X = I_T/I_e$ в соответствии с испытанием по таблице 10 без функции ограничения тока.

Преднамеренные сверхтоки, не превышающие 10 циклов (например, добавочное напряжение, бросок при пуске и т. д.), которые могут превысить указанное значение $X \cdot I_e$, не учитывают для характеристики тока перегрузки.

T_x обозначает сумму продолжительности контролируемых токов перегрузки во время пуска, переключения и маневрирования (см. таблицу 7).

Для пускателя T_x — минимальное рабочее время, ограничиваемое допусками реле перегрузки.

5.3.5.3 Работоспособность

Работоспособность — сочетание следующих характеристик:

- коммутация и пропускание тока во включенном состоянии;
- установление и поддержание отключенного состояния (блокировка) при полном напряжении в условиях нормальной нагрузки и условиях перегрузки в соответствии с категорией применения, характеристикой тока перегрузки и заданных циклов режима эксплуатации.

Работоспособность характеризуется:

- номинальным рабочим напряжением (см. 5.3.1.1);
- номинальным рабочим током (см. 5.3.2.3);
- номинальным режимом эксплуатации (см. 5.3.4);
- характеристикой тока перегрузки (см. 5.3.5.2);
- категорией применения (см. 5.4);
- наличием функции ограничения тока;
- наличием функции ограничения тока включения двигателя.

Требования приведены в 8.2.4.1.

5.3.5.4 Характеристики пуска, остановки и маневрирования

5.3.5.4.1 Пусковые характеристики двигателей с короткозамкнутым ротором и герметичных двигателей с охлаждением:

a) вращение в одном направлении со способностью фазового контроля и обеспечением любой комбинации управляемого ускорения до нормальной скорости, управляемого замедления до остановки или редкого маневрирования без повторной подачи питания на контроллер (AC-3a, AC-8a[1)]);

b) вращение в одном направлении со способностью фазового контроля и обеспечением управляемого ускорения до нормальной скорости. Контроллеры и пускатели рассчитаны только на рабочие циклы пуска и остановки (AC-3b, AC-8b); например, после запуска двигатель может быть подключен к цепи, которая шунтирует полупроводниковый контроллер или пускатель двигателя.

Вращение в двух направлениях может также выполняться изменением соединений контроллера или двигателя способом, который находится вне области применения настоящего стандарта, а соответствует требованиям других конкретных стандартов.

Вращение в двух направлениях может также выполняться реверсированием фаз внутри контроллера или пускателя. Требования к выполнению данной операции могут отличаться в зависимости от способа применения. В связи с этим данная операция должна быть согласована между изготовителем и потребителем.

Согласно управляющей способности контроллеров и пускателей ток при пуске, остановке или маневрировании может отличаться от расчетных значений тока заблокированного ротора, приведенных в таблице 9.

[1)] Здесь и далее приведены категории применения по таблице 1.

5.3.5.4.2 Пусковые характеристики реостатных роторных пускателей с контроллерами, подающими питание на ротор (AC-2a, AC-2b)

Пускатели могут применяться для обеспечения возбуждения пониженного напряжения на обмотках статора электродвигателя с контактными кольцами умеренным напряжением возбуждения, тем самым снижается число требующихся ступеней коммутации в цепи ротора. В большинстве случаев достаточно одной или двух ступеней пуска в зависимости от момента нагрузки и инерции, а также требуемой жесткости пуска.

5.3.6 Номинальный условный ток короткого замыкания

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 5.3.6.4).

5.3.7 Потребляемая мощность полупроводникового контроллера электродвигателя

5.3.7.1 Общие положения

Потребляемая мощность полупроводникового контроллера или пускателя двигателя может быть указана изготовителем и определена в результате расчета потерь мощности в силовых полупроводниковых компонентах.

Контроллер двигателя состоит из двух или трех силовых полупроводниковых элементов, каждый из которых управляет отдельной фазой в полупроводниковом управляющем приборе. Указанные силовые полупроводниковые элементы могут быть шунтированы или не шунтированы после запуска двигателя.

Потери в силовых полупроводниках при запуске, а также в режиме плавного останова или торможения происходят в течение очень короткого периода времени (секунды) и поэтому не учитываются.

5.3.7.2 Потери в силовых полупроводниках (силовая цепь)

При длительной работе потери в силовых полупроводниках рассчитывают следующим образом:

a) формула для схемы без шунтирования:

$$P_{vnb} \cdot n \cdot I_e \cdot 1В, \quad (1)$$

где n — количество управляемых фаз;

I_e — номинальный рабочий ток, А;

P_{vnb} — потери мощности при работе без шунтирования, Вт;

1В — один вольт (типичное падение напряжения силового полупроводника).

Примечание 1 — Типовой коэффициент в 1 В. Изготовитель может его изменить в случае необходимости;

b) формула для схемы с шунтированием:

$$P_{vb} = n \cdot 0{,}1 \cdot I_e \cdot 1В = 0{,}1 \cdot P_{vnb}, \quad (2)$$

где P_{vb} — энергопотери при работе с шунтированием.

Примечание 2 — Значение коэффициента 0,1 основано на среднестатистическом падении напряжения шунтирующего контакта по сравнению с падением напряжения полупроводника.

5.3.7.3 Потери полупроводниковых устройств управления

Потребляемую мощность полупроводникового устройства управления, включая вентиляторы (при наличии), измеряют и определяют в соответствии с 9.3.3.2.

5.4 Категория применения

5.4.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (подраздел 5.4) со следующим дополнением:

Для контроллеров и пускателей считают стандартными категории применения по таблице 1. Любой другой тип применения должен основываться на соглашении между изготовителем и потребителем, но в качестве такого соглашения допускается применять сведения, приведенные в технической документации изготовителя.

Каждая категория применения (см. таблицу 1) характеризуется значениями тока, напряжения, коэффициентами мощности или другими данными из таблиц 2, 7, 8, 9 и 10, а также в соответствии с условиями испытаний, указанными в настоящем стандарте.

Категории применения AC-2a, AC-3a и AC-8a (с суффиксом «a») определены для полных рабочих циклов в соответствии с 5.3.4.2, перечисление a).

Категории применения AC-2b, AC-3b и AC-8b (с суффиксом b) определены для рабочих циклов «пуск» и «остановка» в соответствии с 5.3.4.2, перечисление b).

Таблица 1 — Категории применения

Категория применения	Новые категории применения[a)]	Типичная двигательная нагрузка	Последовательность рабочих циклов[b)]
AC-52a	AC-2a	Двигатель с контактным кольцом	A[c)]
AC-52b	AC-2b		B[d)]
AC-53a	AC-3a	Двигатель с короткозамкнутым ротором	A[c)]
AC-53b	AC-3b		B[d)]
AC-58a	AC-8a	Герметичный двигатель компрессора холодильника	A[c)]
AC-58b	AC-8b		B[d)]

[a)] Новые категории применения в соответствии с IEC 60947-1:2020 (приложение A) оба типа категорий, действующие на время переходного периода.

[b)] Распространяется на пускатель или контроллер в целом.

[c)] Последовательность A полная.

[d)] Последовательность B только для «пуска» и «остановки».

5.4.2 Назначение номинальных параметров на основе результатов испытаний

Контроллеру или пускателю, испытанному с определенными параметрами по одной категории применения, можно назначить другие параметры без испытаний при условии, что:

- номинальный рабочий ток и напряжение, подтвержденные испытаниями, не должны быть ниже номинальных значений, которые должны быть присвоены без испытаний;
- категория применения и требования к рабочему циклу для испытуемых номинальных показателей должны быть равными или более жесткими, чем номинальные параметры, которые присвоены без испытаний; относительные уровни жесткости к проведению испытаний приведены в таблице 2;
- характеристика тока перегрузки для испытуемых номинальных показателей должна быть равной или более жесткой, чем номинальные показатели, которые присвоены без испытаний, в соответствии с относительными уровнями жесткости, указанными в таблице 2. Более низкие значения X, чем испытанное значение, могут быть назначены без испытаний.

Таблица 2 — Относительные уровни жесткости

Уровень жесткости	Категория применения	Характеристика тока перегрузки[a) c)]	Требования по времени[b)]
Наиболее жесткая	AC-2a AC-3a AC-8a	Наибольшее из $(XI_e)^2 \cdot T_x$	Наибольшее значение из $F \cdot S$
	AC-2b AC-3b AC-8b	Наибольшее из $(XI_e)^2 \cdot T_x$	Наименьшее значение времени нахождения в отключенном состоянии

[a)] Если наибольшее значение из $(XI_e)^2 \cdot T_x$ встречается чаще, чем с одним значением XI_e, применяют наибольшее значение XI_e.

[b)] Если наибольшее значение из $F \cdot S$ встречается чаще, чем с одним значением S, применяют наибольшее значение S.

[c)] Если наибольшее значение из $(XI_e)^2 \cdot T_x$ встречается чаще, чем с одним значением времени нахождения в отключенном состоянии, применяют наименьшее значение времени в отключенном состоянии.

5.5 Цепи управления

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 5.5.1) со следующими дополнениями.

Перечень характеристик, приведенных в IEC 60947-1:2020 (пункт 5.5.1), необходимо дополнить:

- ограниченной мощностью (если источник соответствует 8.1.14);
- источником БСНН (ЗСНН) (в соответствии с IEC 60947-1:2020, приложение N).

Примечание — В США и Канаде цепи управления характеризуются источниками класса 2, определенными в NFPA 70, государственном своде электротехнических правил и CSA C22.1, канадском своде электротехнических правил (CE Code).

5.6 Вспомогательные цепи

Применяют IEC 60947-1:2020 (подраздел 5.6) со следующими дополнениями.

Электронные вспомогательные цепи выполняют полезные функции (например, мониторинг, сбор данных и т. д.), которые необязательно являются функциями, связанными с прямым управлением расчетными характеристиками.

В нормальных условиях вспомогательные цепи имеют такие же характеристики, что и цепи управления, и на них распространяются единые требования. Если вспомогательные функции включают нестандартные характеристики работоспособности, следует проконсультироваться с изготовителем для определения критических характеристик.

Цифровые входы и/или цифровые выходы, имеющиеся в контроллерах и пускателях, должны быть совместимы с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) и соответствовать требованиям IEC 60947-1:2020 (приложение S).

5.7 Характеристики реле и расцепителей (реле перегрузки)

Примечание — В настоящем стандарте слова «реле перегрузки» относятся, по ситуации, в равной мере к реле перегрузки и расцепителю перегрузки.

5.7.1 Перечень характеристик

Должны быть указаны следующие характеристики реле и расцепителей, если применимо:

- типы реле или расцепителя (см. 5.7.2);
- характеристические значения (см. 5.7.3);
- обозначение и токовые уставки для реле перегрузки (см. 5.7.4);
- время-токовые характеристики для реле перегрузки (см. 5.7.5);
- влияние температуры окружающего воздуха (см. 5.7.6).

5.7.2 Типы реле или расцепителей

Классификация реле или расцепителей по типам:

a) расцепители тока и напряжения или реле;

b) реле перегрузки, задержка по времени которых:

1) в основном не зависит от предшествующей нагрузки;

2) зависит от предшествующей нагрузки;

3) зависит от предшествующей нагрузки, а также чувствительна к выпадению фаз;

c) реле или расцепитель максимального тока (например, чувствительные к заклиниванию);

d) прочие реле или расцепители (например, реле управления, связанные с устройствами термозащиты пускателя);

e) электронное реле или расцепитель перегрузки, чувствительные к опрокидыванию ротора.

5.7.3 Характеристические параметры

Характеристические параметры:

a) независимый расцепитель, минимальное реле или расцепитель напряжения (тока), максимальное реле или расцепитель напряжения (тока мгновенного действия), реле или расцепитель асимметрии тока или напряжения и реле или расцепитель переключения фаз на размыкание:

- номинальное напряжение (ток);
- номинальная частота;
- рабочее напряжение (ток);
- рабочее время (если применимо);
- время задержки (если применимо);

b) реле перегрузки:

- обозначение и уставки тока (см. 5.7.4);
- номинальная частота, при необходимости (например, в случае реле перегрузки, управляемого трансформатором тока);

- время-токовые характеристики (или диапазон характеристик), при необходимости;
- время расцепления электронных реле перегрузки при замыкании на землю в соответствии с IEC 60947-1:2020 (таблица Т.1), если применимо;
- класс расцепления в соответствии с классификацией по таблице 4 либо максимальное время расцепления (в секундах) в условиях, указанных в 8.2.1.5.1.1.1 (таблица 4, графа *D*), если это время превышает 40 с;
- тип реле: тепловое, электронное или электронное без тепловой памяти;

электронное реле без тепловой памяти должно иметь маркировку ~~Тип~~;

- обозначение типа реле перегрузки с расширенными функциями (см. IEC 60947-1:2020, приложение Т), если применимо;
- характер взвода: ручной или ручной/автоматический; в случае ручного/автоматического должно быть указано рабочее положение;
- время расцепления реле перегрузки с номинальным током 10 А, если значение времени более 2 мин при температуре 0 °С и ниже (см. 8.2.1.5.1.1.1, перечисление с));

с) расцепитель с реле, чувствительным к дифференциальному току:
- номинальный ток;
- рабочий ток;
- время срабатывания или время-токовая характеристика в соответствии с IEC 60947-1:2020 (таблица Т.1);
- время задержки (если применимо);
- обозначение типа (см. IEC 60947-1:2020, приложение Т).

Классификация расцепителей реле перегрузки приведена в таблице 3.

Таблица 3 — Классы расцепителей реле перегрузки

Класс расцепителя	Время расцепления T_p в условиях, указанных в 8.2.1.5.1.1.1 и таблице 4 (графа *D*)[a], с	Время расцепления T_p в условиях, указанных в 8.2.1.5.1.1.1 и таблице 4 (графа *D*) для более жестких допустимых отклонений (диапазон допустимых отклонений E)[a], с
2	—	$T_p \le 2$
3	—	$2 < T_p \le 3$
5	$0{,}5 < T_p \le 5$	$3 < T_p \le 5$
10A	$2 < T_p \le 10$	—
10	$4 < T_p \le 10$	$5 < T_p \le 10$
20	$6 < T_p \le 20$	$10 < T_p \le 20$
30	$9 < T_p \le 30$	$20 < T_p \le 30$
40	—	$30 < T_p \le 40$

[a] Изготовитель дополняет класс расцепления буквой E для указания принадлежности к диапазону допусков E.

Примечание 1 — В зависимости от типа реле условия расцепления приведены в 8.2.1.5.

Примечание 2 — Для компенсации различающихся характеристик нагревателей и технологических допусков выбирают пониженные предельные значения T_p.

5.7.4 Обозначение и уставки тока для реле перегрузки

Реле перегрузки обозначают токовой уставкой (верхним и нижним пределами диапазона токовой уставки, если она регулируемая) и классом расцепления.

Токовую уставку (или диапазон токовых уставок) следует маркировать на реле.

Однако если на токовую уставку влияют условия эксплуатации или другие факторы, которые не всегда возможно разместить в маркировке на реле или его съемных частях (например, нагревательных элементах, катушках управления или трансформаторах тока), в таких случаях следует обозначить номер или опознавательную метку, дающие возможность получения необходимых сведений от изготовителя из его технической документации, поставляемой с пускателем, что наиболее предпочтительно.

У реле перегрузки с питанием от трансформатора тока такие обозначения могут относиться либо к первичному току трансформатора, питающего данное реле, либо к токовой уставке реле перегрузки. В любом случае следует указывать коэффициент трансформации.

5.7.5 Время-токовые характеристики реле перегрузки

Типовые время-токовые характеристики в виде кривых должен предоставлять изготовитель. Данные кривые должны показывать, как время отключения, начиная с холодного состояния (см. 5.7.6), изменяется в зависимости от тока до значения, не превышающего максимальное значение $X \cdot I_e$. Изготовитель должен указать подходящим способом общие допускаемые отклонения по этим кривым и поперечное сечение проводников, использованных для построения кривых (см. 9.3.3.6.5, перечисление c)).

Значение тока откладывают по оси абсцисс, а время строится по оси ординат с использованием логарифмической шкалы. Ток рекомендуется выражать в виде кратности токовой уставки и времени (в секундах) на стандартном графике по IEC 60269-1.

5.7.6 Влияние температуры окружающего воздуха

Время-токовые характеристики (см. 5.7.5) соответствуют определенному значению температуры окружающего воздуха и основываются на предпосылке отсутствия предшествующей нагрузки реле перегрузки (т. е. исходного холодного состояния). Значение температуры окружающего воздуха должно быть указано на время-токовых кривых, наиболее предпочтительными значениями являются +20 °C или +40 °C.

Реле перегрузки должны быть работоспособны при температурах окружающего воздуха от 0 °C до +40 °C, и изготовитель должен указывать влияние изменения температуры окружающего воздуха на характеристики реле перегрузки.

5.8 Координация с устройствами защиты от короткого замыкания (УЗКЗ)

Контроллеры и пускатели характеризуются типом, номинальными характеристиками и характеристиками УЗКЗ, которые применяют для обеспечения селективности перегрузки по току между пускателем и УЗКЗ, а также соответствующей защиты контроллеров и пускателей от токов короткого замыкания.

Соответствующие требования приведены в 8.2.5 и IEC 60947-1:2020 (подраздел 5.8).

6 Информация об электроаппарате

6.1 Характер информации

Изготовитель должен предоставить следующую информацию:

Идентификация:

a) наименование или товарный знак изготовителя;

b) обозначение типа или серийный номер;

c) обозначение настоящего стандарта, если изготовитель претендует на соответствие ему.

Характеристики, базовые номинальные значения и назначение:

d) номинальное рабочее напряжение (см. 5.3.1.1);

e) номинальный рабочий ток в соответствии с категорией применения (см. 5.4), характеристика тока перегрузки (см. 5.3.5.2) и значение рабочего цикла (см. 5.3.4.1) или время отключения, в том числе номинальный параметр:

- предписанный формат для категорий применения AC-2a, AC-3a, AC-8a приведен в нижеприведенных примерах:

Пример 1 — 100 A: AC-3a: 6 x Ie-6 C: 60 %-1/Ч

Пример указывает номинальный ток 100 А для общих областей применения с двигателями с короткозамкнутым ротором. Электроаппарат способен выдерживать 600 А в течение 6 с; коэффициент нагрузки 60 %; один стандартный цикл оперирования в час;

- предписанный формат для категорий применения AC-2b, AC-3b, AC-8b приведен в примере:

Пример 2 — 100 A: AC-3b: 3 x Ie-52C: 1 440 C

Пример указывает номинальный ток 100 А только для пускового режима. Электроаппарат способен выдерживать 300 А в течение 52 с; до начала следующего пуска время нахождения в отключенном состоянии должно быть не менее 1440 с, прежде чем может быть начат последующий пуск.

f) максимальный ток в отключенном состоянии;

g) приводят либо значение номинальной частоты 50/60 Гц, либо другие номинальные частоты, например 16 2/3 Гц, 400 Гц.

Безопасность и условия установки:

h1) номинальное напряжение изоляции (см. 5.3.1.2);

h2) гальваническая развязка между полюсами (если применимо);

i) номинальное импульсное выдерживаемое напряжение (см. 5.3.1.3);

j) IP код в соответствии с IEC 60947-1:2020 (приложение C);

k) степень загрязнения (см. 7.1.3.2);

l1) номинальный условный ток короткого замыкания и тип координации контроллера или пускателя, а также тип, номинальный ток и характеристики связанного с ним УЗКЗ (см. 5.8);

l2) характеристики зажимного устройства для выводов, в том числе:

- длина изоляции, снимаемой перед присоединением проводника к клемме;
- максимальное количество проводников, возможных для присоединения.

Для неуниверсальных безвинтовых клемм:

- «s» или «sol» — для клемм, предназначенных для жестких одножильных проводников;
- «r» — для клемм, предназначенных для жестких (одножильных и многожильных) проводников;
- «f» — для клемм, предназначенных для гибких проводников.

Примечание — В США обозначение «str» применяют для идентификации выводов, предназначенных для многожильных проводников.

Цепи управления:

m) номинальное напряжение цепи управления U_c, род тока и номинальную частоту и, при необходимости, номинальное напряжение питания цепи управления U_s, род тока и номинальную частоту, а также прочие сведения (например, требования по калибровке полного сопротивления), необходимые для обеспечения работы цепи управления (примеры конфигураций цепей управления приведены в IEC 60947-1:2020 (приложение U)).

Вспомогательные цепи:

n) вид и номинальные параметры вспомогательных цепей (см. 5.6);

Реле и расцепители перегрузки:

o) характеристики по 5.7.2, 5.7.5 и 5.7.6;

p) характеристики по 5.7.3 и 5.7.4.

Стойкость к электромагнитным помехам и уровни излучения:

q1) уровни помехоустойчивости и конкретные требования, необходимые для обеспечения соответствия (см. 8.3.2);

q2) класс электроаппарата и конкретные требования, необходимые для обеспечения соответствия (см. 8.3.3);

q3) для обеспечения соответствия по уровню излучения (см. таблицу 17) требуется внешний ЭМС-фильтр, он должен быть указан в каталоге и руководстве по эксплуатации.

Дополнительные сведения:

r) ссылку на специализированную электромонтажную арматуру, которую допускается применять для электромонтажа полупроводникового контроллера или пускателя;

s) тип электроаппарата по 5.2;

t) максимальную допустимую высоту объекта установки над уровнем моря, если она превышает 1000 м;

u1) Полное сопротивление полюса Z параллельного механического коммутационного электроаппарата шунтированного полупроводникового контроллера или пускателя по IEC 60947-4-1;

u2) декларацию на материал в соответствии с IEC 60947-1:2020 (приложение W);

u3) мощность полупроводникового контроллера электродвигателя.

6.2 Маркировка

Для контроллеров и пускателей применяют IEC 60947-1:2020 (подраздел 6.2) со следующими дополнениями.

Данные в соответствии с 6.1, перечисления d)—u), должны быть указаны на шильдике, на электроаппарате или в технической документации изготовителя.

Данные в соответствии с 6.1, перечисления c), k) (если степень защиты отличается от IP00) и q), должны быть нанесены на электроаппарат; время-токовые характеристики (или диапазон характеристик) приводят в технической документации изготовителя.

6.3 Инструкции по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, выводу из эксплуатации и демонтажу

Применяют IEC 60947-1:2020 (подраздел 6.3) со следующим дополнением.

Дополнительно инструкции должны включать специализированную электромонтажную арматуру.

Изготовитель полупроводникового пускателя, имеющего в составе реле перегрузки с автоматическим взводом, готовое к подсоединению к устройству повторного автоматического пуска с функцией деблокировки, должен снабдить пускатель необходимыми сведениями по предупреждению потребителя о возможности повторного автоматического пуска.

Для электроаппаратов, соответствующих настоящему стандарту, необходимо учитывать следующие характеристики:

- короткое замыкание;
- особые требования к режиму работы (при наличии);
- наличие механических коммутационных устройств, используемых в полупроводниковом контроллере двигателя или пускателе (см. 8.2.1.6);
- повышение температуры металлической радиаторной поверхности электроаппарата выше 50 К.

Если в силу конструктивной особенности требуется внешний источник питания, который не является источником с ограниченной мощностью в соответствии с 8.1.14, изготовитель должен предоставить соответствующие сведения о защите портов от короткого замыкания и сверхтоков.

Для каждого потенциального вида опасности изготовитель должен предоставить предупредительные знаки, графические обозначения или уведомления по безопасности, например в соответствии с IEC 60417-5036:2002. Текстовые уведомления приведены в ISO 3864-2.

Примечание — В ISO/IEC 82079-1[1)] приведено руководство по разработке инструкций по безопасности.

В инструкции также должны быть приведены сведения об установке средств отключения при необходимости технического обслуживания после полупроводникового контроллера или пускателя.

6.4 Экологические сведения

Применяют IEC 60947-1:2020 (подраздел 6.4).

Декларации на материалы (при наличии) следует поставлять в соответствии с IEC 60947-1:2020 (приложение W).

Примечание — Метод оценки влияния условий окружающей среды на электроаппараты коммутации и управления приведен в IEC/TS 63058.

7 Нормальные условия эксплуатации, монтажа и транспортирования

7.1 Нормальные условия эксплуатации

7.1.1 Температура окружающего воздуха

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 7.1.1), за исключением того, что все ссылки на минус 5 °С заменены на 0 °С.

7.1.2 Высота над уровнем моря

При номинальной высоте свыше 1000 м изготовитель должен указать максимальную высоту с учетом:

- тепловых ограничений, если они нормируются при работе на высоте свыше 1000 м;
- аспектов координации изоляции, если они нормируются при работе на высоте свыше 2000 м.

[1)] Заменен на IEC/IEEE 82079-1:2019. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

Для электроаппаратов, применяемых на большей высоте над уровнем моря, необходимо учитывать снижение электроизоляционных свойств и эффект охлаждения воздуха. Электроаппарат, предназначенный для работы в подобных условиях, разработан или применяется в соответствии с соглашением между изготовителем и потребителем.

7.1.3 Атмосферные условия

7.1.3.1 Влажность

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 7.1.3.1).

7.1.3.2 Степень загрязнения

Если изготовителем не указано иное, контроллеры и пускатели применяют в условиях среды со степенью загрязнения 3, определенных в IEC 60947-1:2020 (подпункт 7.1.3.2). В зависимости от микроклиматических условий допускается применение прочих степеней загрязнения.

7.1.4 Динамические нагрузки и вибрации

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 7.1.4) со следующим дополнением:

Стандартные условия вибрации определены в IEC 60947-1:2020 (таблица Q.1, сноска b).

7.2 Условия транспортирования и хранения

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 7.2).

7.3 Монтаж

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 7.3).

Монтаж на рейку должен быть указан в соответствии с IEC 60715 (если применимо).

7.4 Электромагнитная совместимость

Аспекты ЭМС приведены в 8.3 и 9.4.

8 Требования к конструкции и работоспособности

8.1 Требования к конструкции

8.1.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.1) со следующим дополнением:

Должны быть приняты меры по снижению вероятности травмирования обслуживающего персонала и ущерба имуществу в условиях монтажа, технического обслуживания и нормальной эксплуатации, ненормальной эксплуатации и обоснованно прогнозируемого неправильного применения. Требованиями настоящего стандарта такие меры предусмотрены.

В соответствии с настоящим стандартом в нормальных условиях эксплуатации и в условиях единичной неисправности необходимо обеспечивать защиту от опасностей, связанных с электронными цепями.

Компоненты, применяемые в конструкции электроаппаратов и соответствующие определенным стандартам на конкретное оборудование, не требуют отдельной оценки. Компоненты или узлы компонентов, определенные стандарты на которые отсутствуют, подлежат испытаниям в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Если применяют механические устройства коммутации, считается, что они соответствуют требованиям конкретного стандарта на аналогичные изделия и дополнительным требованиям настоящего стандарта.

Если электроаппарат предназначен для применения совместно с определенным вспомогательным оборудованием и специализированной электромонтажной арматурой, оценка и испытание безопасности должны распространяться на вспомогательную аппаратуру и арматуру при условии, что они не влияют на безопасность какого-либо оборудования.

Доступная часть электроаппарата, и особенно органы управления, не должна иметь острых краев и углов, которые могут привести к травмированию оператора.

В руководстве по эксплуатации следует подробно указать меры безопасности, предназначенные для потребителя, в том числе четкое предупреждение о возможности возникновения опасной ситуации в ряде корректировок или настроек.

Настройку каждого автоматического сбрасываемого расцепителя перегрузки в руководстве по эксплуатации следует рассматривать как специальное предупреждение о безопасности.

При замене или сокращении применения опасных веществ или в целях обеспечения мер по предотвращению выбросов или контакта с ними следует учитывать требования IEC 60947-1:2020 (приложение О).

8.1.2 Материалы

8.1.2.1 Общие требования к материалам

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.1.2.1) со следующими дополнениями:

Детали из изоляционных материалов, расположенные в электрических цепях с питанием от источника питания с ограниченной мощностью по 8.1.14, могут не соответствовать требованиям настоящего подпункта.

Примечание — Требования по пожароопасности приведены в IEC/TR 63054 [25].

8.1.2.2 Испытание раскаленным проводом

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.1.2.2) со следующим дополнением:

Испытания, проводимые на электроаппарате или частях, взятых из электроаппарата, частях изоляционного материала, необходимых для удержания на месте токоведущих частей, должны отвечать требованиям испытаний раскаленной проволокой по IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.2.2.1) при испытательной температуре 850 °С.

8.1.2.3 Испытание, основанное на категории воспламеняемости

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.1.2.3).

8.1.3 Токоведущие части и их соединения

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.3) со следующим дополнением:

Электропроводка, которая может быть перемещена или изогнута во время монтажа или во время технического обслуживания, например проводка от неподвижной части к части, установленной на откидной крышке или двери, должна быть проложена и закреплена таким образом, чтобы провод не был поврежден во время открывания и закрывания двери или крышки.

8.1.4 Зазоры и расстояния пути утечки

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.4) со следующими дополнениями:

В соответствии с 8.1.14 к воздушным зазорам и путям утечки в цепях с питанием от источников с ограниченной мощностью, в том числе на печатных монтажных платах, не предъявляют обязательных требований по IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.4).

Если доступны цепи БСНН и ЗСНН, они должны быть отделены от опасных частей под напряжением в соответствии с требованиями приложения N к сопротивлению в защитной цепи в дополнение к IEC 60947-1:2020 (приложение N).

Примечание 1 — Если какие-либо цепи доступны только в условиях технического обслуживания или аналогичных условиях, то, в зависимости от уровня риска (степень тяжести вреда и вероятность возникновения), их применение допускается рассматривать как применение в нормальных условиях эксплуатации (см. 6.1) и применять только базовую изоляцию. Доступные части определяют испытательными щупами по IEC 61032.

Примечание 2 — Свойства полупроводника не позволяют его применять в цепях в качестве разъединителя.

8.1.5 Орган управления

Отсутствует.

8.1.6 Указание положения контактов

Отсутствует.

8.1.7 Дополнительные требования к электроаппаратам, пригодным для разъединения

Отсутствуют.

8.1.8 Выводы

8.1.8.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.8) со следующими дополнительными требованиями.

8.1.8.2 Обозначение и маркировка контактных выводов

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.1.8.4) с дополнительными требованиями в соответствии с приложением А.

Электроаппарат может быть снабжен средствами для подключения к заземлению только для функциональных целей (в отличие от защитного заземления). Они должны иметь маркировку или другую идентификацию в соответствии с IEC 60445.

8.1.9 Дополнительные требования для электроаппарата с полюсом нейтрали

Отсутствуют.

8.1.10 Положения о защитном заземлении

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.10).

8.1.11 Корпус для электроаппаратов

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.11).

8.1.12 Степени защиты контроллеров и пускателей в защитном исполнении

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.12).

8.1.13 Вытягивание, кручение, изгиб стальных труб для проводников

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.1.13).

8.1.14 Источник с ограниченной мощностью

8.1.14.1 Общие положения

Реализацию ограничения мощности источника во вторичной цепи допускается организовывать при ее подключении к цепи с опасным напряжением при использовании следующих средств:

a) гальваническое разделение;

b) сопротивление ограничения тока.

Примечание — Источники класса 2 в соответствии с NFPA 70 и CSA C22.1 обладают аналогичными выходными электрическими характеристиками, что и источники питания с ограниченной мощностью и гальваническим разделением.

8.1.14.2 Источник с ограниченной мощностью и гальваническим разделением

Источник питания с ограниченной мощностью и гальваническим разделением содержит такой гальванически развязанный компонент, как трансформатор, между первичной цепью и выходом ограниченной мощности. Он должен соответствовать одному из следующих требований:

a) выход по своим свойствам ограничен в соответствии с таблицей 19;

b) линейное или нелинейное сопротивление ограничивает выход в соответствии с таблицей 19. Если применяют устройство с положительным температурным коэффициентом (ПТК) [например, термистор с ПТК], оно должно выдержать определенные испытания, указанные в IEC 60730-1;

c) регулирующая сеть ограничивает выходную мощность в соответствии с таблицей 19 как с единичной неисправностью в регулирующей сети, так и без нее;

d) применяют защитное устройство от перегрузки по току, при этом выходной сигнал ограничен в соответствии с таблицей 20.

Таблица 19 — Предельные значения источников с ограниченной мощностью без устройства защиты от перегрузки по току

Выходное напряжение[a] U_{oc}, В		Выходной ток I_{sc} [b), d)], *A*	Максимальная мощность[c)] *S*, ВА,
переменного тока	постоянного тока		
Не более 30 (действующее значение)	Не более 30	Не более 8	100
—	$30 < U_{oc} \le 60$[e)]	$\le \frac{150}{U_{oc}}$	100

[a)] U_{oc} — выходное напряжение, измеренное в соответствии со всеми отсоединенными цепями нагрузки. Напряжения приведены для синусоидального переменного тока и постоянного тока без пульсаций. Для несинусоидального переменного тока и постоянного тока с пульсациями более 10 % пика пиковое напряжение не может превышать 42,4 В.

[b)] I_{sc} — максимальный выходной ток с безъемкостной нагрузкой, включая короткое замыкание.

[c)] *S*, ВА — максимальная выходная фиксируемая мощность с безъемкостной нагрузкой в соответствии с 9.2.4.

[d)] Измерение I_{sc} проводят через 5 с после применения нагрузки, если защита обеспечивается электронной цепью или устройством ПТК (например, термистор с ПТК), или через 60 с — в остальных случаях.

[e)] В США предельным является значение 60 В постоянного непрерывного или постоянного тока, коммутируемого вне пределов диапазона частоты от 10 до 200 Гц, и 24,8 В постоянного тока, коммутируемого в пределах диапазона частот от 10 до 200 Гц.

Примечание — Таблица будет приведена в новой редакции IEC 60947-1, соответственно, нумерация таблиц в новой версии стандарта изменится.

Если применяют защитное устройство от перегрузки по току, оно должно быть предохранителем или нерегулируемым электромеханическим устройством.

Соответствие для определения максимальной доступной мощности проверяют испытанием по 9.2.4.

В случае внешнего источника питания с устройством защиты от перегрузки по току показатели не должны превышать значений, приведенных в таблице 19. В случае внешнего источника питания без устройств защиты от перегрузки по току показатели не должны превышать значений, приведенных в таблице 20.

Таблица 20 — Предельные значения источников с ограниченной мощностью с устройством защиты от перегрузки по току

Выходное напряжение[a] U_{oc}, В		Выходной ток[b), d)] I_{sc}, А	Максимальная мощность[c), d)] S, ВА	Номинал тока устройства защиты от сверхтоков[e)], А
переменного тока	постоянного тока			
Не более 20	Не более 20	$\leq \frac{1000}{U_{oc}}$	250	Не более 5,0
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$[f)]			$\leq \frac{150}{U_{oc}}$
—	$30 < U_{oc} \leq 60$[f)]			$\leq \frac{150}{U_{oc}}$

[a] U_{oc} — выходное напряжение, измеренное в соответствии со всеми отсоединенными цепями нагрузки. Напряжения приведены для синусоидального переменного тока и постоянного тока без пульсаций. Для несинусоидального переменного тока и постоянного тока с пульсациями более 10 % пика пиковое напряжение не может превышать 42,4 В.

[b] I_{sc} — максимальный выходной ток с безъемкостной нагрузкой, включая короткое замыкание, измеренный через 60 с после подачи нагрузки.

[c] S, ВА — максимальная выходная фиксируемая мощность с безъемкостной нагрузкой, измеренная через 60 с после подачи нагрузки, в соответствии с 9.2.4.

[d] Ограничивающие ток сопротивления остаются в цепи во время измерений, но при этом в цепи предусмотрен обход устройств защиты от перегрузки по току.

[e] Номиналы тока устройств защиты от перегрузки по току, которые в течение 120 с размыкают цепь с током, равным 210 % номинального тока, указанного в таблице.

[f] В США предельным является значение 60 В постоянного непрерывного или постоянного тока, коммутируемого вне пределов диапазона частоты от 10 до 200 Гц, и 24,8 В постоянного тока, коммутируемого в пределах диапазона частот от 10 до 200 Гц.

Примечание 1 — Причина необходимости измерений на шунтированных устройствах защиты от сверхтоков в соответствии со сноской[d)] заключается в определении объема энергии, который способен вызвать возможный перегрев во время срабатывания устройств защиты от перегрузок по току.

Примечание 2 — Таблица будет приведена в новой редакции IEC 60947-1, соответственно, нумерация таблиц в новой версии стандарта изменится.

8.1.14.3 Источник с ограниченной мощностью и ограничивающим ток сопротивлением

Источник питания с ограниченной мощностью и ограничивающим ток сопротивлением имеет следующие характеристики:

a) выходное напряжение ограничено в соответствии с таблицей 21 и

b) линейное или нелинейное сопротивление ограничивает выходную мощность в соответствии с таблицей 21, как с единичной неисправностью, так и без нее.

Источник питания с ограниченной мощностью и ограничивающим ток сопротивлением может быть установлен либо в силовой сети, либо из цепи с принудительным разделением, например вторичная обмотка трансформатора.

Таблица 21 — Предельные значения источников с ограниченной мощностью и ограничивающим ток сопротивлением

Выходное напряжение[a] U_{oc}, В		Выходной ток[b), d] I_{sc}, А	Максимальная мощность[c] S, ВА
переменного тока	постоянного тока		
Не более 30 (действующее значение)	Не более 30	0,5	15

[a] U_{oc} — выходное напряжение, измеренное в соответствии со всеми отсоединенными цепями нагрузки. Напряжения приведены для синусоидального переменного тока и постоянного тока без пульсаций. Для несинусоидального переменного тока и постоянного тока с пульсациями более 10 % пика пиковое напряжение не может превышать 42,4 В.

[b] I_{sc} — максимальный выходной ток, измеренный на выходе источника питания с ограниченной мощностью.

[c] S, ВА — максимальная выходная фиксируемая мощность в соответствии с 9.2.4.

[d] Измерение I_{sc} проводят через 5 с после короткого замыкания.

Примечание — Таблица будет приведена в новой редакции IEC 60947-1, соответственно, нумерация таблиц в новой версии стандарта изменится.

8.1.15 Цепь с сохранением энергии заряда

Детали, в том числе сохраняющие заряд (конденсаторы), которые доступны (например, зажимы катушки) или снимаются для технического обслуживания (такого, как замена катушек), монтажа или демонтажа, не должны повышать факторы риска, связанного с опасностью воздействия электрической энергии после их отключения.

Конденсаторы, присоединенные к доступным опасным деталям под напряжением, должны разряжаться до уровня энергии менее 0,5 мДж в течение 5 с после отключения электроэнергии. В противном случае на изделии должны быть нанесены отчетливо различимые предупредительные знаки, указывающие время разряда или предпочтительный способ разрядки конденсатора до предельных значений, допускающих касание соединительных компонентов.

8.1.16 Условия неисправности и ненормальные условия

Электроаппарат должен быть спроектирован таким образом, чтобы исключить режимы работы, которые могут привести к неисправному состоянию или отказу компонента, приводящему к возникновению опасности, если иные меры по предотвращению опасности не предусмотрены установкой и отсутствуют в сведениях об установке, прилагаемых к электроаппарату. Требования настоящего пункта также применимы к ненормальным условиям эксплуатации в зависимости от ситуации.

Анализ или испытание цепей проводят для определения того, не приведет ли неисправность определенного компонента, включая систему изоляции, к возникновению опасности.

Данный анализ должен включать обстоятельства, при которых неисправность компонента, в том числе перегрев силового полупроводника, или изоляции (основной и дополнительной) может приводить:

- к риску поражения электрическим током;
- риску деградации, приводящей к образованию пламени, выделению горящих частиц или расплавленного металла;
- перегреву силового полупроводника.

Анализ или испытания должны включать действие условий короткого замыкания и обрыва в цепи компонента. Испытания необходимы, если по результатам анализа невозможно однозначно сказать, что в условиях короткого замыкания и обрыва цепи неисправность компонента не приведет к опасности поражения электрическим током или пожара. Соответствие проверяют испытанием по 9.2.5.

Считается, что компоненты, выдержавшие оценку на надежность по стандарту для соответствующего компонента, соответствуют установленным требованиям и не требуют дополнительной оценки, если испытания проводились в условиях, которые соответствуют целевым условиям эксплуатации электроаппарата.

8.1.17 Защита портов от короткого замыкания и перегрузки

Если источник энергии для внешнего сигнального или силового порта электроаппарата не соответствует требованиям, предъявляемым к источникам с ограничением мощности по 8.1.14, электроаппарат представляет опасность в условиях короткого замыкания или перегрузки. Инструкции по установке внешних средств защиты от перегрузки по току должны быть предоставлены в соответствии с 6.3.

Соответствие проверяют путем осмотра и при необходимости — путем имитации условий единичной неисправности.

8.2 Требования к работоспособности

8.2.1 Рабочие условия

8.2.1.1 Общие положения

Вспомогательные устройства, применяемые в контроллерах и пускателях, должны работать в соответствии с инструкциями изготовителя и соответствующими стандартами на продукцию.

8.2.1.1.1 Конструкция контроллеров и пускателей должна обеспечивать:

a) свободное расцепление;

b) возможность принудительного возврата в разомкнутое или отключенное состояние при воздействии на предусмотренные приспособления в рабочем положении и в любой момент на протяжении пуска или при выполнении маневрирования.

Соответствие проверяют по 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.2 Не должно нарушаться функционирование контроллеров и пускателей вследствие механических ударов и электромагнитных помех, вызванных работой их внутренних устройств.

Соответствие проверяют по 9.3.3.6.3.

8.2.1.1.3 Подвижные контакты последовательно включенных механических коммутационных устройств в гибридных контроллерах и пускателях должны быть механически сблокированы таким образом, чтобы все полюса включали и отключали ток практически одновременно, независимо от использования ручного или автоматического управления.

8.2.1.2 Предельные значения работы контроллеров и пускателей

Контроллеры или пускатели должны надежно работать при любом напряжении от 85 % до 110 % от их номинального рабочего напряжения U_e и номинального напряжения питания цепи управления U_s при испытании в соответствии с 9.3.3.6.3. Если заявлен диапазон, 85 % его должны использоваться как нижнее значение, а 110 % — как большее.

8.2.1.3 Пределы срабатывания реле и расцепителей минимального напряжения

Реле или расцепитель минимального напряжения может быть связан с полупроводниковым контроллером или пускателем. В дополнение к требованиям к испытаниям, изложенным в 9.3.3.6.5, пределы срабатывания реле и расцепителей минимального напряжения должны быть определены изготовителем, если применимо.

8.2.1.4 Пределы срабатывания расцепителей с независимой катушкой (независимый расцепитель)

Отсутствуют.

8.2.1.5 Пределы срабатывания реле и расцепителей тока

8.2.1.5.1 Реле и расцепители в пускателях

8.2.1.5.1.1 Пределы срабатывания реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока на все полюса

8.2.1.5.1.1.1 Общие требования к отключению реле перегрузки

Примечание 1 — Тепловая защита двигателей в присутствии гармоник в напряжении питания находится на стадии рассмотрения.

Реле должны соответствовать требованиям таблицы 4 при следующих испытаниях:

a) у реле перегрузки или пускателя, нормально смонтированного в закрытом исполнении, при токе, равном *A*-кратному уставки тока, расцепление должно произойти не ранее чем через 2 ч, начиная с холодного состояния при контрольной температуре окружающего воздуха согласно таблице 4. Однако, если клеммы реле перегрузки достигли теплового равновесия при испытательном токе менее чем за 2 ч, продолжительность испытания может быть временем, необходимым для достижения такого теплового равновесия;

b) при последующем повышении тока до значения, в *B*-кратного значения уставки тока, срабатывание отключения должно произойти менее чем за 2 ч;

c) для реле перегрузки классов 2, 3, 5 и 10 А, запитанных при *C*-кратном значении уставки тока, срабатывание отключения должно происходить менее чем за 2 мин, начиная с теплового равновесия, при уставке тока в соответствии с IEC 60034-1:2017 (пункт 9.3.3).

Примечание 2 — IEC 60034-1:2017 (пункт 9.3.3) устанавливает следующее требование: «Многофазные двигатели с номинальной мощностью не более 315 кВт и номинальным напряжением не более 1 кВ должны выдерживать ток, в 1,5 раза превышающий номинальный ток, в течение не менее 2 мин»;

d) для реле перегрузки классов 10, 20, 30 и 40, запитанных при *C*-кратном значении уставки тока, срабатывание отключения должно происходить менее чем за 4, 8, 12 или 16 мин соответственно, начиная с теплового равновесия при текущем значении уставки;

e) для полупроводникового пускателя без функции ограничения тока при *D*-кратном значении уставки тока, операция отключения должна происходить в пределах, указанных в таблице 3 для соответствующего класса отключения и диапазона допуска, начиная с холодного состояния. Для полупроводникового пускателя с функцией ограничения тока испытание следует проводить при максимальном значении I_{lim}, а срабатывание отключения должно происходить в пределах времени, заявленных изготовителем, в соответствии с 5.7.5.

Примечание 3 — Для полупроводниковых пускателей с функцией ограничения тока и реле перегрузки, имеющих диапазон уставок тока, испытание с максимальным значением I_{lim} относится только к максимальной настройке реле перегрузки. Испытание при минимальной настройке может быть выполнено аналогично испытанию без функции ограничения тока.

Для реле перегрузки с диапазоном уставок тока, пределы срабатывания должны быть действительны, когда реле проводит токи, соответствующие максимальной и минимальной уставкам.

Для некомпенсированных реле перегрузки зависимость «кратность тока/температура окружающей среды» не должна превышать 1,2 %/С.

Примечание 4 — 1,2 %/С — это характеристика ухудшения качества проводников с поливинилхлоридной изоляцией.

Реле перегрузки считается компенсированным, если оно соответствует требованиям таблицы 4 при 20 °С и не выходит за пределы, указанные в таблице 4, при прочих значениях температуры.

Таблица 4 — Пределы срабатывания реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока на все полюса

Вид реле перегрузки	Кратность тока уставки				Значения температуры окружающего воздуха, °С
	A	B	C	D	
Тепловое, некомпенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха	1,0	1,2[b)]	1,5	7,2	+40
Тепловое, компенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха	[c)]	[c)]	—	—	Менее 0[d)]
	1,05	1,3	1,5	—	0
	1,05	1,2[b)]	1,5	7,2	+20
	1,0	1,2[b)]	1,5	—	+40
	[c)]	[c)]	—	—	Более +40[d)]
Электронные[a)]	1,05	1,2[b)]	1,5	7,2	0 +20 +40

[a)] Испытания A, B и D проводят только при 20 °С.

[b)] Если указанный изготовителем ток расцепления может отличаться от 120 %, но не может превышать 125 %. В этом случае значение испытательного тока равно значению тока расцепления, а значение тока расцепления указывают в маркировке электроаппарата.

[c)] Изготовители указывают точные значения кратности тока уставки.

[d)] Сведения об испытаниях за пределами температур от 0 °С до 40 °С приведены в 9.3.3.6.5.

8.2.1.5.1.1.2 Испытание тепловой памяти

Если изготовителем не установлено, что электроаппарат не содержит тепловой памяти, электронное реле перегрузки должно соответствовать следующим требованиям (см. рисунок 3):

- подача к электроаппарату тока, равного I_e, до достижения им состояния теплового равновесия;

- отключение тока на период 2 T_p (см. таблицу 3) с относительным допуском ±10 % (где T_p — время, измеренное при токе D в соответствии с таблицей 4);
- подача тока, равного 7,2 I_e;
- реле должно срабатывать в пределах 50 % времени T_p.

Для полупроводникового пускателя с функцией ограничения тока испытание следует проводить при максимальном значении I_{lim}, а расцепление должно происходить в пределах времени, заявленных изготовителем.

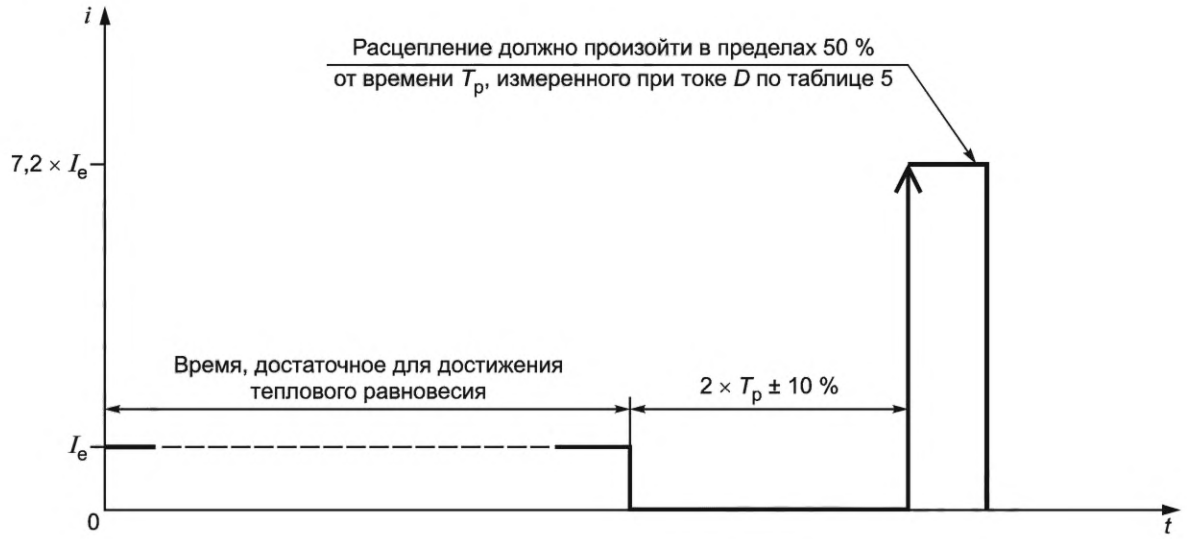


Рисунок 3 — Испытание тепловой памяти

8.2.1.5.1.2 Пределы срабатывания трехполюсных реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока на два полюса

Со ссылкой на таблицу 5:

Реле перегрузки или пускатель испытывают нормально смонтированным в закрытом корпусе. При подаче в три полюса тока, *A*-кратного уставке по току, расцепление должно произойти не ранее, чем через 2 ч, начиная с холодного состояния, при температуре окружающего воздуха согласно таблице 5.

Если значение тока, протекающего по двум полюсам (в реле или расцепителе перегрузки, чувствительном к выпадению фазы в полюс, проводящий больший ток), увеличивают до *B*-кратного току уставки, а третий полюс обесточивают, расцепление должно происходить менее чем за 2 ч.

Значения применимы для всех комбинаций полюсов.

Для реле с регулируемой уставкой по току эти характеристики должны быть действительны, когда реле проводит токи, соответствующие максимальной и минимальной уставкам.

Таблица 5 — Пределы срабатывания трехполюсных реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока на два полюса

Вид реле перегрузки	Кратность тока уставки		Контрольная температура окружающего воздуха, °С
	A	B	
Тепловое, компенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха или электронное. Не чувствительное к выпадению фазы	3 полюса 1,0	2 полюса 1,32 1 полюс 0	+20
Тепловое, не компенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха. Не чувствительное к выпадению фазы	3 полюса 1,0	2 полюса 1,25 1 полюс 0	+40
Тепловое, компенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха или электронное. Чувствительное к выпадению фазы	2 полюса 1,0 1 полюс 0,9	2 полюса 1,15 1 полюс 0	+20

8.2.1.5.2 Реле и расцепители, объединенные с контроллерами

Реле и расцепители, объединенные с контроллером для обеспечения защиты двигателя, должны срабатывать в пределах времени T_x при токе $X \cdot I_e$, где X и T_x — значения заданного номинального параметра. В случае нескольких заданных номинальных параметров X и T_x являются значениями, соответствующими номинальному параметру, определяющему наибольшее значение $(XI_e)^2 \cdot T_x$ электроаппарата.

8.2.1.5.3 Пределы срабатывания реле минимального тока

Реле или расцепитель минимального тока, если он связан с коммутационным устройством, должны срабатывать для размыкания коммутационного устройства в пределах от 90 % до 110 % установленного времени, если ток во время работы ниже 0,9-кратного значения уставки минимального тока во всех полюсах.

8.2.1.5.4 Пределы срабатывания электронных реле, чувствительных к торможению

Электронное реле, чувствительное к блокировке ротора, объединенное с коммутационным устройством, должно срабатывать на размыкание коммутационного устройства в пределах от 80 % до 120 % установленного времени (время задержки при опрокидывании ротора) или в пределах допусков, указанных изготовителем, если:

a) у реле тока ток на 20 % превышает установленное значение тока остановки.

Пример — Установленный ток реле, чувствительного к опрокидыванию ротора: 100 А; установленное время: 6 с; точность уставки времени: ±10 %. Реле должно расцепиться в пределах от 5,4 до 6,6 с, если ток равен или превышает следующее значение: 100 А · 1,2 = 120 А;

b) у реле, чувствительных к вращению, входной сигнал указывает на отсутствие вращения двигателя.

8.2.1.5.5 Пределы срабатывания электронных реле и расцепителей, чувствительных к заклиниванию

Электронное реле или расцепитель заклинивания при применении в сочетании с коммутационным устройством должны срабатывать на размыкание коммутационного устройства в пределах от 80 % до 120 % установленного времени (время задержки при заклинивании) или в пределах точности, заявленной изготовителем, если ток в 1,2 раза превышает заданное значение тока реле заклинивания во время работы после завершения пуска.

8.2.1.6 Механические коммутационные устройства, применяемые в полупроводниковых контроллерах и пускателях электродвигателей

Коммутационные устройства следует проверять как часть полупроводникового контроллера или пускателя двигателя. Испытание коммутационной способности в соответствии с 8.2.4.2 не требуется, если механические коммутационные устройства заблокированы таким образом, что отсутствует необходимость включения или отключения токов перегрузки без прямого вмешательства полупроводникового коммутационного устройства. Следовательно, полупроводниковое коммутационное устройство должно управлять током, протекающим в силовой цепи, в случае необходимости включения или отключения токов до токов перегрузки включительно.

8.2.2 Превышение температуры

8.2.2.1 Общие положения

Применяют требования IEC 60947-1:2020 (пункт 8.2.2) к новым контроллерам и пускателям.

В случае проведения испытания при напряжении ниже 100 В допускается выполнить очистку контактов механических переключающих устройств либо любым неабразивным методом, либо за счет выполнения рабочих циклов с нагрузкой или без нее несколько раз до начала испытания при любом значении напряжения.

Примечание — По причине окисления контактное сопротивление способно повлиять на испытание на превышение температуры при испытательном напряжении ниже 100 В.

Допускаются отклонения от превышения температуры в 50 °K на металлической поверхности радиатора полупроводниковых приборов в случае, если к ним запрещено прикасаться во время нормальной работы.

Если предел 50 °K превышен, вопрос о предотвращении опасности находится в зоне ответственности монтажника. Изготовитель должен предоставить соответствующее предупреждение (например, символом IEC 60417-5041:2002) в соответствии с 6.3.

8.2.2.2 Вывод

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.2).

8.2.2.3 Доступные части

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.3).

8.2.2.4 Температура окружающего воздуха

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.4).

8.2.2.5 Силовая цепь

8.2.2.5.1 Общие положения

Силовая цепь контроллера или пускателя, проводящая ток в полностью включенном состоянии, включая максимальные расцепители тока, которые могут быть объединены с ним, должна быть способна проводить ток I_e без повышения температуры сверх пределов, указанных в IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.2), при испытании в соответствии с 9.3.3.3.4.

8.2.2.5.2 Механические коммутационные устройства в контроллерах и пускателях

Превышение температуры проверяют способами, определенными в 9.3.3.3.4 и 9.3.3.6.1, в том числе в таблицах 10 и 14. Устройство должно быть испытано как неотъемлемая часть электроаппарата с последовательностью операций, которая должна быть такой же, как и при нормальной эксплуатации.

8.2.2.5.3 Полупроводниковые приборы, включенные в силовую цепь

Повышение температуры полупроводниковых устройств, подключенных к силовой цепи, необходимо проверять в соответствии с процедурами, приведенными в 9.3.3.3.4 и 9.3.3.6.1 (испытание на термостабильность).

8.2.2.6 Цепи управления

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.6).

8.2.2.7 Обмотки катушек и электромагнитов

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.7). Пределы превышения температуры изолированных катушек с воздушной или масляной средой приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Пределы превышения температуры изолированных катушек с воздушной или масляной средой

Класс изоляционного материала (по IEC 60085)	Предел превышения температуры, измеренный по изменению сопротивления, K	
	Катушки в воздухе	Катушки в масле
A	85	60
E	100	60
B	110	60
F	135	—
H	160	—

8.2.2.8 Вспомогательные цепи

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.8).

8.2.2.9 Прочие детали

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.2.1).

8.2.3 Свойства электрической изоляции

8.2.3.1 Общие положения

Требования настоящего подпункта основаны на положениях стандартов серии IEC 60664 и обеспечении средств для достижения координации изоляции электроаппарата с условиями внутри установки.

Электроаппарат должен быть способен выдерживать:

- номинальное выдерживаемое импульсное напряжение (см. 5.3.1.3) в соответствии с категорией перенапряжения, приведенной в IEC 60947-1:2020 (приложение H);
- импульсное выдерживаемое напряжение на растворе контактов, электроаппаратов, пригодных для разъединения, в соответствии с IEC 60947-1:2020 (таблица 14);
- напряжение промышленной частоты.

Примечание 1 — Допускается применять напряжение постоянного тока при условии, что его значение не меньше прогнозируемого пикового значения переменного испытательного напряжения.

Примечание 2 — Соотношение между номинальным напряжением системы питания и номинальным выдерживаемым импульсным напряжением электроаппарата приведено в IEC 60947-1:2020 (приложение H).

Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение для данного номинального рабочего напряжения (см. IEC 60947-1:2020, подпункт 5.3.1.1, примечания 1 и 2) должно быть не ниже соответствующего номинальному напряжению по IEC 60947-1:2020 (приложение H) системы питания цепи в точке, в которой электроаппарат будет эксплуатироваться, и соответствующей категории перенапряжения.

Соответствие требованиям настоящего подпункта проверяют испытаниями по 9.3.3.4.

8.2.3.2 Импульсное выдерживаемое напряжение

1) Силовая цепь

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 8.2.3.2, перечисление 1].

2) Вспомогательная цепь и цепи управления

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 8.2.3.2, перечисление 2 совместно с перечислением 2a], измененный следующим образом:

a) Для вспомогательных цепей и цепей управления, которые запитаны непосредственно от силовой цепи при номинальном рабочем напряжении, зазоры между токоведущими частями и частями, предназначенными для заземления, а также между полюсами должны выдерживать испытательное напряжение, указанное в IEC 60947-1:2020 (таблица 12), соответствующее номинальному импульсному выдерживаемому напряжению.

8.2.3.3 Выдерживаемое напряжение промышленной частоты силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.3.3).

8.2.3.4 Воздушные зазоры

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.3.4).

8.2.3.5 Пути тока утечки

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.3.5).

8.2.3.6 Твердая изоляция

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.3.6).

8.2.3.7 Расстояния между отдельными цепями

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 8.2.3.7).

8.2.4 Требования к работоспособности при нормальной нагрузке и перегрузке

8.2.4.1 Требования к работоспособности

Контроллеры и пускатели должны безотказно либо без повреждения при испытании согласно 9.3.3.6 устанавливать включенное состояние, коммутировать и проводить токи перегрузки установленного уровня, а также устанавливать и поддерживать состояние отключения.

Для контроллеров, предназначенных для категорий применения AC-2a, AC-3a, AC-8a, значения T_x, соответствующие значениям X, должны быть не ниже указанных в таблице 7. Для соответствующих пускателей T_x должно быть максимальным временем расцепления реле перегрузки в разогретом состоянии, указанным изготовителем (см. также сноску[b)] к таблице 8).

Таблица 7 — Минимальное время выдерживаемого тока перегрузки T_x для отношения тока перегрузки X и соответствующего класса расцепителя реле перегрузки (см. таблицу 3)

Обозначение[a)] (только для справки)	Минимальное время выдерживаемого тока перегрузки T_x, с						
	$X = 8$	$X = 7$	$X = 6$	$X = 5$	$X = 4$	$X = 3$	$X = 2$
2	0,7	0,9	1,2	1,8	2,7	5	11
3	1	1,3	1,8	2,6	4	7	16
5	1,2	1,5	2	3	4,6	8,3	19
10A	1,6	2	3	4	6	12	26
10	3	4	6	8	13	23	52
20	5	6	9	12	19	35	78
30	7	9	13	19	29	52	112

Окончание таблицы 7

Обозначение[a] (только для справки)	Минимальное время выдерживаемого тока перегрузки T_x, с						
	$X = 8$	$X = 7$	$X = 6$	$X = 5$	$X = 4$	$X = 3$	$X = 2$
40	11	15	20	29	45	80	180
[a] Обозначения приведены исключительно для справки, без какой-либо прямой связи с таблицей 3.							

Таблица 8 — Минимальные требования к условиям для испытания тепловой стабильности

Категория применения	Функция ограничения тока	Испытательный ток I_T, включенное время в цикле оперирования, с				Отключенное время в цикле оперирования, с
		Уровень испытания 1[a]		Уровень испытания 2[a]		
		I_T	Включенное время[b]	I_T	Включенное время[b]	
AC-2a, AC-3a, AC-8a	Да	I_{lim}[d]	t	I_e	$(36 \cdot F/S) - t$	$36 \cdot (100 - F)/S$
	Нет	$0{,}75 \cdot I_{LRP}$				
	Нет (DOL)	I_{LRP}				
AC-2b, AC-3b, AC-8b	Да	I_{lim}[d]	t	Не применимо	Не применимо	$(3600/S) - t$
	Нет	$0{,}75 \cdot I_{LRP}$				
	Нет (DOL)	I_{LRP}				

Параметры испытательной цепи:
I_{LRP} — ожидаемый ток заблокированного ротора по таблице 9;
I_e — номинальный рабочий ток;
I_{lim} — уставка тока для функции ограничения тока;
I_T — испытательный ток;
U_T — испытательное напряжение (может принимать любое значение);
cos φ — коэффициент мощности испытательной цепи (может принимать любое значение).
Количество циклов оперирования[c].

[a] Время переключения с уровня 1 на уровень 2 не может превышать 3 полных периода промышленной частоты. Ток на уровне 1 передается только по полупроводнику.

[b] Для полупроводникового контроллера или пускателя, предназначенного для применения только вместе с указанным реле перегрузки, t — максимальное время работы, разрешенное допусками его реле перегрузки в разогретом состоянии. Для полупроводникового контроллера двигателя без указанного реле перегрузки $t = T_x$ и выбирается по таблице 7 в соответствии с $X = I_T / I_e$ и заявленным классом отключения при перегрузке.

[c] Количество рабочих циклов зависит от времени, необходимого контроллеру для достижения теплового равновесия.

[d] I_{lim} — предельное значение тока, заявленное изготовителем в соответствии с характеристикой тока перегрузки по 5.3.5.2.

Контроллеры и пускатели, изготавливаемые для категорий применения AC-2b, AC-3b и AC-8b, могут быть предназначены для применения с длительным временем разгона. Следует исходить из того, что максимальная тепловая мощность контроллера может быть полностью исчерпана в период работы под нагрузкой. Поэтому сразу же по окончании времени пуска для контроллера может быть предусмотрен удобный период обесточивания (например, путем отвода). Значения T_x, соответствующие значениям X, не должны быть меньше значений, указанных в таблице 7. Для соответствующих пускателей T_x должно быть максимальным временем расцепления его реле перегрузки (см. также сноску [b] к таблице 8).

При возникновении ситуации с заблокироанным ротором, возникающей в ходе разгона двигателя при нормальной скорости, контроллер или пускатель должен переключиться в состояние полного отключения в более короткое время по сравнению с положенным при условии, что он оснащен защитой от перегрузок.

Номинальные характеристики следует проверять в условиях, указанных в таблицах 8, 9 и 10, а также в IEC 60947-1:2020 (подпункты 9.3.3.5.2 и 9.3.3.5.3).

Таблица 9 — Ожидаемый ток заблокированного ротора для категорий применения

Категория применения	I_{LRP}
AC-2a	$4I_e$
AC-2b	
AC-3a	$8I_e$
AC-3b	
AC-8a	$6I_e$
AC-8b	

Требования к более высоким значениям тока включения для полупроводникового контроллера или пускателя прямого включения находятся в стадии рассмотрения.

Примечание — Пуск более высокого тока заблокированного ротора для достижения высокого класса эффективности двигателя в соответствии с IEC 60034-30-1 [29] может достигать значения тока включения, превышающего $8 \cdot I_e$, приведенного в таблице 9, что регулируют, например, за счет функции ограничения тока включения или более высокой включающей способности полупроводникового контроллера.

Таблица 10 — Минимальные требования к условиям для испытания работоспособности при перегрузке

Категория применения	Параметры испытательной цепи			Включенное время цикла оперирования, с	Отключенное время цикла оперирования, с	Количество циклов оперирования[g)]
	I_T[h), f)]	U_r / U_e[a)]	cos φ[b)]			
AC-2a	I_{LRP}[g), e)]	1,05	0,65	t [c)]	Не более $(3600/S) - t$	3 или 4
AC-3a			d)			
AC-8a			d)			
AC-2b	I_{LRP}[g), e)]	1,05	0,65	t [c)]	Не более $(3600/S) - t$ [i)]	3
AC-3b			d)			
AC-8b			d)			

I_{LRP} — ожидаемый ток заблокированного ротора;
I_e — номинальный рабочий ток;
I_T — испытательный ток;
U_e — номинальное рабочее напряжение;
U_r — восстанавливающееся напряжение промышленной частоты.

Температурные условия: начальная температура корпуса C_i для каждого испытания не может быть ниже 40 °С плюс максимальное повышение температуры корпуса во время испытания на превышение температуры (см. 9.3.3.3). Во время испытания температура окружающего воздуха находится в диапазоне между 10 °С и 40 °С.

a) U_r / U_e = 1,05 В течение последних трех полных периодов времени пропускания тока промышленной частоты плюс первая секунда времени обесточивания (период полного напряжения). U_r / U_e может принимать любое значение в течение времени, вне периода полного напряжения (период пониженного напряжения).

b) Характеристики цепи (cos φ и максимально возможный ток) являются обязательными в течение периода полного напряжения. В период пониженного напряжения эти характеристики не являются обязательными при условии, что цепь нагрузки допускает ток выше I_T.

c) Для полупроводникового контроллера, предназначенного для применения только совместно с указанным реле перегрузки или пускателем, t — максимальное время срабатывания, разрешенное допусками его реле перегрузки в нагретом состоянии, которое является состоянием теплового равновесия, достигнутого во время проведения испытания на превышение температуры (см. 9.3.3.3).

Окончание таблицы 10

Для полупроводникового контроллера двигателя без указанного реле перегрузки $t = T_x$ и выбирается по таблице 7 в соответствии с $X = I_T/I_e$ и заявленным классом отключения при перегрузке.

[d] Для $I_e \leq 100$ А: $\cos \varphi = 0{,}45$; для $I_e > 100$ А: $\cos \varphi = 0{,}35$.

[e] I_{LRP} может быть ограничен испытуемым электроаппаратом.

[f] В случае функции ограничения тока см. 9.3.3.6.3 [перечисление 3 e)].

[g] См. таблицу 9.

[h] В случае 3 рабочих циклов ток протекает только по полупроводнику. В случае 4 рабочих циклов ток протекает только по полупроводнику в первых двух рабочих циклах. В последних двух рабочих циклах ток протекает через электроаппарат, который, как правило, пропускает ток в полностью включенном состоянии.

[i] Для категорий применения AC-2b, AC-3b, AC-8b изготовитель вправе заявить о соответствии возможности выполнять пусковые операции со значениями времени нахождения в отключенном состоянии менее 1440 с. Однако подтверждают это испытаниями с временем нахождения в отключенном состоянии, заявленным изготовителем.

Если $X \cdot I_e$ больше 1000 А, проверка перегрузочной способности должна быть предметом соглашения между изготовителем и потребителем (например, с использованием компьютерного моделирования).

В таблицах 8 и 10 время нахождения во включенном и в отключенном состоянии должно соответствовать данным таблицы 2 для наиболее тяжелой последовательности рабочего цикла. Если контроллер рассчитан и испытан на рабочий цикл, который является более тяжелым, чем стандартная последовательность рабочего цикла, изготовитель может присвоить те же номинальные параметры для стандартной последовательности рабочего цикла без дальнейшего испытания.

8.2.4.2 Включающая и отключающая способности для электроаппаратов в силовой цепи

8.2.4.2.1 Общие положения

Контроллер или пускатель, включая расцепители максимального тока и объединенные с ним механические коммутационные устройства, должны быть способны безотказно срабатывать при наличии тока двигателя с заблокированным ротором, тока включения и тока перегрузки.

Способность безотказного включения и отключения токов должна проверяться при условиях, указанных в таблицах 11 и 12, для требуемых категорий применения и указанного количества операций.

8.2.4.2.2 Механические коммутационные устройства контроллеров и пускателей

Коммутационная способность должна быть проверена при испытании как комбинированного блока в соответствии с процедурами 9.3.3.5.1 и 9.3.3.5.2.

8.2.4.2.3 Полупроводниковые коммутационные приборы

Способность управлять токами перегрузки проверяют методами, определенными в 9.3.3.6.2 и 9.3.3.6.3.

8.2.4.3 Требования к нагрузке для испытания асинхронных двигателей

Испытательная нагрузка асинхронного двигателя должна включать четырехполюсный двигатель с короткозамкнутым ротором со следующими характеристиками:

a) номинальное напряжение двигателя должно быть не менее U_e для испытуемого электроаппарата;

b) испытательным током любого значения больше, чем 1 А, пропускаемым через двигатель и контроллер во время разгона двигателя;

c) коэффициент мощности двигателя может принимать любое значение;

d) внутренние соединения обмоток двигателя могут иметь любую конфигурацию (например, «звезда», «треугольник»);

e) параметры механической нагрузки, подключенной к валу двигателя, должны быть отрегулированы для обеспечения времени замедления от базовой скорости до нулевой скорости в диапазоне от 2 до 4 с.

Таблица 11 — Испытание коммутационной способности; условия включения и отключения в соответствии с категориями применения для механических коммутационных устройств

Категория применения	Условия включения и отключения					
	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ	Включенное время, с	Отключенное время, с	Количество циклов оперирования
AC-2a, b	4,0	1,05	0,65	0,05	b)	50
AC-3a, b	8,0		a)			
AC-8a, b	6,0		a)			

I_c — ток включения и отключения, выраженный как среднеквадратичное значение симметричной составляющей переменного тока;
I_e — номинальный рабочий ток;
U_e — номинальное рабочее напряжение;
U_r — восстанавливающееся напряжение промышленной частоты.
a) Для $I_e \le 100$ А: cos φ = 0,45.
Для $I_e > 100$ А: cos φ = 0,35.
b) Отключенное время не может превышать значения, приведенные в таблице.

Ток I_c, А	Отключенное время, с
$I_c \le 100$	10
$100 < I_c \le 200$	20
$200 < I_c \le 300$	30
$300 < I_c \le 400$	40
$400 < I_c \le 600$	60
$600 < I_c \le 800$	80
$800 < I_c \le 1000$	100
$1000 < I_c \le 1300$	140
$1300 < I_c \le 1600$	180
$1600 < I_c$	240

Таблица 12 — Условные рабочие характеристики включения и отключения в соответствии с категориями применения механического коммутационного устройства

Категория применения	Условия включения и отключения					
	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ	Включенное время, с	Отключенное время, с	Количество циклов оперирования
AC-2a, b	2,0	1,05	0,65	0,05	b)	6000
AC-3a, b	2,0	1,05	a)			
AC-8a, b	6,0	1,05	0,35	1 10	9 90	5900 100

I_c — ток включения и отключения, выраженный как среднеквадратичное значение симметричной составляющей переменного тока;
I_e — номинальный рабочий ток;
U_e — номинальное рабочее напряжение;
U_r — восстанавливающееся напряжение промышленной частоты.

a) Для $I_e \le 100$ А: cos φ = 0,45.
Для $I_e > 100$ А: cos φ = 0,35.
b) Отключенное время не может превышать значения, приведенные в таблице 11.

8.2.4.4 Энергопотери полупроводникового контроллера электродвигателя

При указании потерь мощности полупроводникового контроллера или пускателя двигателя потери в силовых полупроводниках должны быть рассчитаны в соответствии с 5.3.7.1, а потери в полупроводниковых устройствах управления должны быть измерены в соответствии с 9.3.3.2.

8.2.5 Координация с устройствами защиты от короткого замыкания

8.2.5.1 Работоспособность в условиях короткого замыкания

Номинальный условный ток короткого замыкания контроллеров и пускателей, поддерживаемый УЗКЗ, должен быть подтвержден испытаниями на короткое замыкание, как указано в 9.3.4. Данные испытания являются обязательными.

Номинальные характеристики УЗКЗ должны соответствовать любому данному номинальному рабочему току, номинальному рабочему напряжению и соответствующей категории применения.

УЗКЗ может быть встроено в полупроводниковый контроллер или пускатель.

Допустимы два типа координации — тип 1 или тип 2. Условия испытаний для обоих типов приведены в 9.3.4.3.

Координация типа 1 требует, чтобы в условиях короткого замыкания электроаппарат не создавал опасности для людей или оборудования, хотя он может оказаться непригодным для дальнейшей эксплуатации без ремонта и замены частей.

Координация типа 2 требует, чтобы в условиях короткого замыкания электроаппарат не создавал опасности для людей или оборудования и оставался пригодным для дальнейшей эксплуатации. Для механического коммутационного устройства контроллеров и пускателей возможность сваривания контактов допускается, и в этом случае изготовитель должен рекомендовать меры по обслуживанию электроаппаратов.

Примечание — Применение УЗКЗ, не соответствующего рекомендациям изготовителя, может привести к невозможности обеспечения координации.

8.2.5.2 Координация по току пересечения между пускателем и УЗКЗ

Изготовитель должен предоставить информацию о полной координации короткого замыкания между функциями защиты до номинального условного тока короткого замыкания (УЗКЗ, защита от перегрузки, другие виды внутренней защиты, контакторы фазы, шунтовые контакторы и т. д.).

8.3 Требования к электромагнитной совместимости

8.3.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.3.1) со следующим дополнением:

Любые явления, такие как эмиссия или помехоустойчивость, рассматриваются с учетом особенностей среды установки: установленные пределы относят к условиям, которые, как считается, не имеют кумулятивных эффектов.

Для испытания на ЭМС под минимальной рассматриваемой системой понимают контроллер, соединенный с нагрузкой двигателя и кабелями.

8.3.2 Устойчивость к электромагнитным помехам

8.3.2.1 Общие положения

Воздействие электрической системы может быть разрушительным и неразрушительным, в зависимости от интенсивности воздействия. Разрушающие воздействия (напряжение или ток) вызывают необратимые повреждения контроллера или пускателя. Неразрушающие воздействия могут вызвать временную неисправность или потерю работоспособности, при этом контроллер или пускатель возвращаются в нормальный режим работы после того, как влияние будет минимизировано или устранено; в некоторых случаях требуется вмешательство оператора.

Изготовитель должен предоставить информацию по возможности более жестких воздействий, чем те уровни, для которых контроллер или пускатель был испытан, например установка в удаленных местах с большой протяженностью силовых передающих линий; близость к промышленному, научному и медицинскому (ПНМ) высокочастотному оборудованию, как оно определено в CISPR 11.

Примечание — Применение гальванической развязки при монтаже способствует снижению внешних переходных воздействий. Например, схема цепи управления должна быть отделена от схемы силовой цепи. Следует избегать близости соединений проводки, для соединений в цепях управления следует применять скрученные пары или экранированные провода.

Результаты испытаний определяют по критериям работоспособности согласно серии стандартов IEC 61000-4. Критерии работоспособности приведены ниже и подробно описаны в таблице 13. К ним относятся следующие:

1) нормальная работоспособность в заданных пределах;

2) временные нарушения или потеря функции или работоспособности, которые самовосстанавливаются;

3) временные нарушения или потеря функции либо работоспособности, которые требуют вмешательства оператора или сброса системы. Восстановление нормальной работы функций необходимо обеспечивать простым вмешательством, таким как ручной сброс или перезапуск. При этом не должно быть поврежденных компонентов.

Результаты испытаний приведены с критериями работоспособности по таблице 13.

Таблица 13 — Критерии соответствия для испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам

Наименование критерия функционирования		Критерии функционирования (работа во время испытания)		
		1	2	3
A	Общая работоспособность	Отсутствие заметных изменений в рабочих характеристиках. Работает в соответствии с предназначением	Заметные изменения (визуальные или звуковые) в рабочих характеристиках. Самовосстановление	Изменения в рабочих характеристиках. Активация устройств защиты. Отсутствие самовосстановления
B	Функционирование силовых и приводных цепей	Работа без нарушений	Временные нарушения, которые не могут вызвать расцепление, или изменения ритма и звука, характеризующие вращающий момент двигателя	Отключение. Активация устройств защиты. Отсутствие самовосстановления
C	Функционирование дисплеев и панелей управления	Отсутствие изменений в отображаемой на дисплее информации. Только незначительные световые колебания светодиодов или незначительное дрожание изображения	Временные видимые изменения или потеря информации. Непредусмотренное свечение светодиодов	Отключение. Безвозвратная потеря или отображение неправильной информации. Недопустимый режим работы. Отсутствие самовосстановления
D	Функции обработки и считывания информации	Связь и обмен данными с внешними устройствами без помех	Временные помехи связи с внутренними и внешними источниками с сообщениями о возможных ошибках связи	Ошибочная обработка информации. Утрата данных и/или информации. Ошибки связи. Отсутствие самовосстановления

8.3.2.2 Электростатические разряды

Испытательные значения и методы испытаний приведены в 9.4.2.1.

8.3.2.3 Радиочастотные электромагнитные поля

Испытательные значения и методы испытаний приведены в 9.4.2.2.

8.3.2.4 Наносекундные импульсные помехи (общий режим) (5/50 нс)

Испытательные значения и методы испытаний приведены в 9.4.2.3.

8.3.2.5 Импульсы (от 1,2/50 до 8/20 мкс)

Испытательные значения и методы испытаний приведены в 9.4.2.4.

8.3.2.6 Гармоники и коммутационные импульсы

Испытательные значения и методы испытаний приведены в 9.4.2.5.

8.3.2.7 Кратковременные провалы и прерывания напряжения

Испытательные значения и методы испытаний приведены в 9.4.2.6.

8.3.2.8 Магнитные поля промышленной частоты

Испытания не требуются. Устойчивость к электромагнитным помехам подтверждают успешным прохождением испытаний на работоспособность (см. 9.3.3.6).

8.3.3 Помехоэмиссия

8.3.3.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 8.3.3) со следующим дополнением.

8.3.3.2 Низкочастотное излучение относительно сети с промышленной частотой

8.3.3.2.1 Гармоники

Электроаппараты, предназначенные для подключения к низковольтным распределительным сетям общего пользования, которые могут непрерывно работать в состоянии, отличном от полностью включенного состояния, должны соответствовать IEC 61000-3-2 при номинальном токе менее или равном 16 А в каждой фазе и IEC 61000-3-12 при номинальном токе выше 16 А и равном или ниже 75 А.

8.3.3.2.2 Колебания напряжения

Электроаппараты, предназначенные для подключения к низковольтным распределительным сетям общего пользования, которые могут непрерывно работать в состоянии, отличном от полностью включенного состояния, должны соответствовать IEC 61000-3-3 при номинальном токе менее или равном 16 А в каждой фазе и IEC 61000-3-11 при номинальном токе, равном или ниже 75 А.

8.3.3.3 Высокочастотное излучение

8.3.3.3.1 Кондуктивное радиочастотное излучение

Пределы, приведенные в таблице 17, необходимо проверять в соответствии с процедурой, установленной в 9.4.3.2.

8.3.3.3.2 Электромагнитное излучение

Пределы, приведенные в таблице 18, следует проверять в соответствии с процедурой, установленной в 9.4.3.3.

9 Испытания

9.1 Виды испытаний

9.1.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 9.1.1).

9.1.2 Типовые испытания

Типовые испытания предназначены для проверки соответствия конструкции контроллеров и пускателей всех типов и предназначенной для них электромонтажной арматуры требованиям настоящего стандарта. Программа типовых испытаний содержит следующие проверки:

a) пределов повышения температуры (см. 9.3.3.3);

b) электроизоляционных свойств (см. 9.3.3.4);

c) условной работоспособности в процессе эксплуатации (см. 9.3.3.6);

d) срабатывания и его пределов (см. 9.3.3.6.3);

e) номинальной включающей и отключающей способности и условной работоспособности включенных последовательно механических коммутационных устройств электроаппаратов (см. 9.3.3.5);

f) работоспособности в условиях короткого замыкания (см. 9.3.4);

g) механических свойств выводов (применяют IEC 60947-1:2020, пункт 9.2.5);

h) степени защиты контроллеров и пускателей закрытого исполнения (см. IEC 60947-1:2020, приложение C);

i) испытания ЭМС (9.4).

9.1.3 Контрольные испытания (приемо-сдаточные)

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 9.1.3) при условии, что выборочные испытания не проводятся (см. 9.1.4).

Программа контрольных испытаний контроллеров и пускателей содержит следующие испытания:

- срабатывания и его пределов (см. 9.5.2);
- электроизоляционных свойств (см. 9.5.3).

Для специализированной электромонтажной арматуры, поставляемой отдельно, применимы только испытания стойкости электроизоляции к пробою.

9.1.4 Выборочные испытания

Программа выборочных испытаний контроллеров и пускателей содержит следующие испытания:

- срабатывания и его пределов (см. 9.5.2);
- электроизоляционных свойств (см. 9.5.3).

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.1.4) со следующим дополнением:

Изготовитель вправе провести выборочные испытания вместо контрольных по своему усмотрению. Отбор образцов должен соответствовать или превышать требования по ISO 2859-1:1999 (таблица 2-A).

Отбор образцов проводится на основе приемлемого уровня качества (AQL), не превышающем 1:

- приемочное число Ac = 0 (дефектов не обнаружено);
- число отбраковки Re = 1 (при одном дефекте испытывают всю партию).

Отбор образцов необходимо проводить через регулярные промежутки времени для каждой конкретной партии.

Допускается применение альтернативных статистических методов, обеспечивающих соответствие вышеуказанным требованиям ISO 2859-1, например статистических методов контроля непрерывного производства или контроля процесса с индексом возможностей.

Выборочные испытания для проверки воздушных зазоров в соответствии с IEC 60947-1:2020 (пункт 9.3.3.4.3) находятся на стадии рассмотрения.

9.1.5 Специальные испытания

9.1.5.1 Общие положения

Необходимость проведения специальных испытаний определяется изготовителем.

Программа специальных испытаний содержит следующие испытания:

- окружающей среды — в соответствии с 9.1.5.2;
- проверки координации по току между пускателем и УЗКЗ в соответствии с 9.1.5.3.

9.1.5.2 Испытания окружающей среды

Для этих специальных испытаний применяют IEC 60947-1:2020 (приложение Q).

Если по IEC 60947-1:2020 (таблица Q.1) требуется проверка работоспособности, ее проводят в соответствии с 9.5.2.

Вибрационные испытания следует проводить на электроаппарате с механическим коммутационным устройством в разомкнутом и замкнутом положениях (при наличии). Реле перегрузки не должно срабатывать во время испытания. Для проверки поведения главных и вспомогательных контактов испытания допускается проводить при любом значении тока/напряжения.

Испытание электроаппарата с воздействием удара необходимо проводить в разомкнутом положении механических коммутационных устройств.

Для испытаний сухим теплом механическое коммутационное устройство должно быть в замкнутом положении в период подготовки (см. IEC 60068-2-2:2007, пункт 5.3.3). Для категорий A, B и C испытание допускается проводить без тока в цепи, а для категорий D, E и F испытание следует проводить при максимальном номинальном токе категории применения AC-3, но из практических соображений ток допускается ограничить до 100 A. В течение последнего часа контроллер должен сработать 5 раз. В ходе всего испытания допускается срабатывание реле перегрузки.

Для испытаний при низких температурах вместо испытания *Ab* следует выбрать испытание *Ad*, а механическое коммутационное устройство должно быть в разомкнутом положении в течение периода охлаждения. Затем в течение последнего часа на него подают напряжение. Для категорий A, B и C испытание допускается проводить без тока в цепи, а для категорий D, E и F испытание проводят при максимальном номинальном токе категории применения AC-3, который допускается ограничить до 100 A. В течение последнего часа контроллер должен сработать 5 раз. В ходе всего испытания реле перегрузки не должно сработать.

Испытание на влажное тепло для категорий A, B и C допускается проводить без тока в полюсах. Для категорий D, E и F к электроаппарату должен быть подключен номинальный максимальный ток категории AC-3 в течение первого цикла и отключен в течение второго цикла. Из практических соображений ток может быть ограничен до 100 A. После уравновешивания температуры в течение первых 2 ч первого цикла и в течение последних 2 ч второго цикла контроллер должен сработать 5 раз. Реле перегрузки может расцепиться только в том случае, если это допускается температурной характеристикой.

По согласованию с изготовителем продолжительность периода восстановления может быть сокращена.

После испытания в условиях солевого тумана электроаппарат допускается промыть по согласованию с изготовителем.

9.1.5.3 Координация между пускателем и УЗКЗ

Координация короткого замыкания между различными средствами защиты от сверхтока до номинального условного тока короткого замыкания должна быть подтверждена технической документацией, моделированием или испытаниями (см. приложение C).

9.2 Соответствие требованиям к конструкции

9.2.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (подраздел 9.2) со следующими дополнениями.

9.2.2 Электрические показатели безвинтовых зажимных элементов

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.2.5.7) со следующими дополнениями

Установку и отсоединения проводников следует выполнять в соответствии с указаниями изготовителя.

Методы и результаты измерений должны быть задокументированы в протоколе испытаний. Испытательный ток I_{th}.

Примечание — В корпусе образца электроаппарата допускаются отверстия или аналогичные приспособления, которые обеспечивают доступ для измерения падения напряжения на клеммах.

9.2.3 Испытание износостойкости безвинтовых зажимов

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.2.5.8) со следующим изменением:

Испытание проводят на электроаппарате, оборудованном зажимными элементами. Испытательный ток I_{th}.

Примечание — В корпусе образца электроаппарата допускаются отверстия или аналогичные приспособления, которые обеспечивают доступ для измерения падения напряжения на клеммах.

9.2.4 Испытание с источником с ограниченной мощностью

Цепь источника с ограниченной мощностью испытывают в нормальных условиях эксплуатации по следующей схеме.

В случае источника с ограниченной мощностью требования зависят от устройств защиты от перегрузки по току; устройства должны быть замкнуты накоротко.

Если электроаппарат работает в нормальных рабочих условиях, переменную резистивную нагрузку подключают к испытуемым частям и регулируют для получения уровня требуемой фиксируемой мощности в вольт-амперах (ВА). При необходимости выполняют дополнительную регулировку для поддержания ограниченной фиксируемой мощности в вольт-амперах (ВА) в течение периода, указанного в 8.1.14.

Переменную резистивную нагрузку подключают к испытуемой цепи и регулируют для получения предела фиксируемой мощности, как указано в таблицах 19—21, в зависимости от ситуации. При необходимости выполняют дальнейшую регулировку для поддержания предела фиксируемой мощности в течение периода времени, указанного в таблицах 19, 20, 21, если применимо.

Испытание считается выполненным успешно, если после испытания доступная фиксируемая мощность не превышает предельных показателей, определенных в таблицах 19, 20 или таблице 21, если применимо.

В случае источника с ограниченной мощностью требование зависит от устройств защиты от перегрузки по току; номинальный ток как минимум одного защитного устройства в проводнике не должен превышать значений, указанных в таблице 20.

Данные испытания проводят при наиболее неблагоприятном сочетании нормированных изготовителем рабочих параметров в соответствии с 5.5.

9.2.5 Надежность компонентов

9.2.5.1 Общие положения

Проверку возможного выхода из строя компонента, наиболее критических компонентов цепи по 8.1.16, проводят испытанием при установленных компонентах в электроаппарате, работающем под нагрузкой, с воздействием наиболее жестких условий эксплуатации.

Примечание — По 8.1.16 данное испытание проводят для обеспечения безопасности эксплуатации, при этом допускаются сбои в функционировании электроаппарата.

Выполнение испытания не требуется в следующих случаях:

- если анализ цепи указывает, что в результате короткого замыкания или обрыва другого компонента не возникнет перегрузки любого другого компонента или части цепи;
- для компонентов включенных в цепи питания от источника с ограниченной мощностью по 8.1.14;
- на силовых полупроводниковых устройствах, если аналогичное испытание проводилось во время испытаний при коротком замыкании;

- для компонентов, которые успешно прошли оценку в аварийных режимах, находящихся в цепи и внутри электроаппарата.

9.2.5.2 Испытание на надежность компонентов

Каждый идентифицированный компонент подлежит испытанию на надежность компонентов при коротком замыкании и обрыве цепи в зависимости от того, что является наиболее жестким.

Испытание на надежность компонентов допускается проводить только в цепях электроапарата, которые могут повлиять на результаты испытания при полной подаче питания и рабочих условиях.

Во время данного испытания не должно быть выбросов пламени или плавления металла, а также возгорания ткани. Плавкие элементы не должны перегорать.

Компоненты, такие как конденсаторы или диоды, должны быть замкнуты накоротко или должны быть разомкнуты. Для электроаппарата открытого исполнения должен быть предусмотрен внешний металлический кожух или сетка из проволоки (с хлопчатобумажной сеткой на каркасе), которая в 1,5 раза больше размера электроаппарата (или иная в соответствии с требованиями изготовителя), для имитации потенциально заземленных частей вокруг электроаппарата. В случае закрытого исполнения над всеми отверстиями необходимо разместить хлопчатобумажный материал. Внешний металлический кожух или сетка из проволоки (при наличии), а также заземленные или открытые металлические части не под напряжением должны быть подключены к цепи питания через плавкий элемент F в соответствии с IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.4.1.2, перечисление d)].

Примечание — Определение электроаппарата закрытого типа приведено в IEC 60947-1:2020 (приложение C).

9.2.6 Испытание провода на изгиб

В соответствии с требованиями 8.1.3 проводку между компонентами, установленными на двери или крышке, необходимо проверять открыванием дверцы или крышки, насколько это возможно (при этом фиксирующие устройства должны оставаться на месте), и последующим ее закрыванием при 500 циклах работы. После данного испытания электроаппарат следует подвергать испытанию на устойчивость электроизоляции к напряжению по 9.3.3.4.1, применяемому между проводниками и между проводниками и землей.

9.3 Соответствие требованиям к работоспособности

9.3.1 Циклы испытаний

Испытания каждого цикла проводят на новых образцах.

Для удобства испытаний или по договоренности с изготовителем испытания допускается проводить на отдельных новых образцах без включения в соответствующий цикл. Применимо только к следующим испытаниям по требованию:

- IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1, перечисление 7)]: проверка пути утечки;
- IEC 60947-1:2020 (пункт 9.2.5): механические свойства выводов;
- IEC 60947-1:2020 (приложение C): степени защиты электроаппарата закрытого исполнения.

Последовательность испытаний должна быть следующей:

a) цикл испытаний I:

1) проверка повышения температуры (см. 9.3.3.3);

2) проверка электроизоляционных свойств (см. 9.3.3.4);

b) цикл испытаний II: проверка работоспособности (см. 9.3.3.6):

1) испытание тепловой стабильности (см. 9.3.3.6.2);

2) испытание работоспособности при перегрузке (см. 9.3.3.6.3);

3) испытание работоспособности блокировки и коммутационной способности (см. 9.3.3.6.4), в том числе проверка срабатывания и его пределов;

c) цикл испытаний III.

Работоспособность в условиях короткого замыкания (см. 9.3.4);

d) цикл испытаний IV:

1) проверка механических свойств клеммных выводов (см. IEC 60947-1:2020, пункты 9.2.5, 9.2.2 и 9.2.3);

2) проверка степени защиты электроаппарата закрытого исполнения (см. IEC 60947-1:2020, приложение C);

e) цикл испытаний V.

Испытания ЭМС (см. 9.4);

f) цикл испытаний VI.

Испытание операции срабатывания (см. 9.3.3.6.6)

9.3.2 Общие условия испытаний

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт 9.3.2) со следующим дополнением:

За исключением электроаппаратов, специально рассчитанных только на одну частоту тока, испытания проводят при частоте 50 Гц, которая охватывает применение на 60 Гц, и наоборот.

Отбор образцов для испытаний серии электроаппаратов аналогичной основной конструкции и без значительных конструктивных отличий должен быть основан на инженерном расчете.

Если не установлено иное в соответствующем пункте испытаний, крутящий момент при затягивании соединений должен указываться изготовителем, а если не указан — соответствовать данным IEC 60947-1:2020 (таблица 4).

Если указано несколько отводов тепла, следует применять тот, который имеет наибольшее тепловое сопротивление.

Необходимо применять средства измерений с действующими значениями токов и напряжений.

9.3.3 Работоспособность в условиях отсутствия нагрузки, нормальной нагрузки и перегрузки

9.3.3.1 Отсутствует.

9.3.3.2 Энергопотребление

Потребляемую мощность полупроводникового устройства управления измеряют с использованием ваттметра на клеммах питания цепи управления в режиме полного включения в течение стандартного рабочего цикла.

9.3.3.3 Превышение температуры

9.3.3.3.1 Температура окружающего воздуха

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3.1).

9.3.3.3.2 Измерение температуры частей

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3.2).

9.3.3.3.3 Повышение температуры частей

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3.3).

9.3.3.3.4 Повышение температуры силовой цепи

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3.4), кроме однофазного испытания, при котором все полюса силовой цепи нагружают их индивидуальными максимальными номинальными токами и как указано в 8.2.2.4, и со следующими дополнениями.

Для полупроводниковых коммутационных устройств, включенных в силовую цепь (см. 8.2.2.4), средства измерения температуры должны быть прикреплены к внешней поверхности корпуса полупроводникового коммутационного устройства, в точке, имеющей наибольшую вероятность повышения температуры во время данного испытания. Конечную температуру корпуса C_f и конечную окружающую температуру A_f регистрируют для применения в испытании по 9.3.3.6.2.

К механическим коммутационным устройствам (см. 8.2.2.6.2) средства измерения температуры должны быть прикреплены в соответствии с требованиями IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3).

На все вспомогательные цепи, нормально проводящие ток, подают нагрузку равную максимальному рабочему току (см. 5.6), в цепи управления подают их номинальное напряжение.

Пускатель должен быть оснащен реле перегрузки, соответствующим требованиям 5.7.4, и его необходимо выбирать следующим образом:

- нерегулируемое реле: уставка тока должна быть равна максимальному рабочему току пускателя, а испытание проводят при таком токе;
- регулируемое реле: уставка максимального тока должна быть максимально близкой к максимальному рабочему току пускателя, но не должна превышать его.

Для пускателей испытание проводят с реле перегрузки, для которого уставка тока максимальна близка к его максимальному значению.

Примечание — Вышеуказанный метод выбора позволяет гарантировать то, что повышение температуры клемм подключения реле перегрузки и рассеиваемая пускателем мощность окажутся меньше значений, возникающих при любой комбинации реле и контроллера. Если влияние реле перегрузки на эти значения незначительно (как в случае полупроводниковых реле перегрузки), испытательный ток должен всегда равняться максимальному рабочему току пускателя.

9.3.3.3.5 Повышение температуры цепей управления

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3.5) со следующим дополнением.

Повышение температуры следует измерять во время испытания по 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.6 Превышение температуры катушек и электромагнитов

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3.6) со следующим дополнением:

Электромагниты контакторов или пускателей, предназначенных для работы с полупроводниковыми контроллерами или для механических шунтирующих коммутационных устройств, должны соответствовать 8.2.2.7 с номинальным током, протекающим через силовую цепь во время испытания. Повышение температуры следует измерять во время испытания по 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.7 Повышение температуры вспомогательных цепей

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.3.7) со следующим дополнением:

Повышение температуры следует измерять во время испытания по 9.3.3.3.4.

9.3.3.4 Электроизоляционные свойства

9.3.3.4.1 Типовые испытания

1) Общие условия испытания выдерживаемого напряжения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 1)].

2) Проверка импульсного выдерживаемого напряжения

a) Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 2) a)].

b) Испытательное напряжение

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 2) b)] со следующим дополнением.

К частям, электроизоляционные свойства которых не зависят от высоты (например, соединители оптических кабелей, герметизированные части и т. д.), поправочный коэффициент на высоту не применяется.

c) Подача испытательного напряжения

К электроаппарату, установленному и подготовленному, как указано в перечислении 1), испытательное напряжение прикладывают в следующем порядке:

i) между всеми клеммами силовой цепи, соединенными вместе (включая цепи управления и вспомогательные цепи, подключенные к силовой цепи), и корпусом или монтажной панелью с контактами (при наличии) во всех нормальных рабочих положениях;

ii) для полюсов силовой цепи, гальванически разделенных (см. подпункт 3.1.2.31) с другими полюсами: между каждым полюсом и остальными полюсами, соединенными вместе, а также корпусом или монтажной панелью с контактами (при наличии) во всех нормальных рабочих положениях;

iii) между каждой управляющей и вспомогательной цепями, как правило, не подключенными к силовой цепи, и

- силовой цепью;
- другими цепями;
- открытыми токопроводящими частями;
- корпусом или монтажной панелью, которые при необходимости могут быть соединены вместе;

iv) для электроаппарата, применяемого для разъединения, через полюса силовой цепи, при этом выводы со стороны подачи питания соединены вместе и выводы со стороны нагрузки также соединены вместе. Испытательное напряжение должно быть приложено между выводами со стороны подачи питания и выводами со стороны нагрузки, при этом контакты должны находиться в изолированном разомкнутом положении и значение напряжения должно быть таким, как указано в IEC 60947-1:2020 [подпункт 8.2.3.2 1) b)].

d) Критерии соответствия

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 2) d)].

3) Проверка выдерживаемого напряжения промышленной частоты для твердой изоляции

a) Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 3) a)].

b) Испытательное напряжение

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 3) b)] со следующим дополнением после первого абзаца:

Если переменное испытательное напряжение не может быть приложено из-за компонентов ЭМС фильтра, которые невозможно легко отсоединить, допускается приложение постоянного испытательного напряжения, имеющее то же значение, что и пиковое значение предполагаемого переменного испытательного напряжения.

c) Подача испытательного напряжения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 3) c)] с изменением последних двух предложений в следующей редакции.

Испытательное напряжение следует прикладывать в течение 5 с при следующих условиях:

- в соответствии с i), ii) и iii) перечисления 2) c);
- для полупроводникового контроллера или пускателей с механическими коммутационными устройствами через полюса силовой цепи, при этом выводы со стороны питания соединены вместе и выводы со стороны нагрузки соединены вместе.

d) Критерии соответствия

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 3) d)].

4) Проверка выдерживаемого напряжения промышленной частоты после коммутационных испытаний и испытаний на короткое замыкание

a) Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 4) a)].

b) Испытательное напряжение

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 4) b)].

c) Подача испытательного напряжения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 4) c)] со следующим дополнением в конце первого абзаца:

Применение металлической фольги в соответствии с IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 1)] не требуется.

d) Критерии соответствия

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 4) d)].

5) Отсутствует

6) Проверка выдерживаемого постоянного напряжения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 4)].

7) Проверка пути утечки

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.1 7)].

8) Проверка тока утечки электроаппарата, применяемого для разъединения

Максимальный ток утечки не должен превышать значений, приведенных в IEC 60947-1:2020 (пункт 8.2.7).

9.3.3.4.2 Отсутствует.

9.3.3.4.3 Выборочные испытания для проверки воздушных зазоров

1) Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.3 1)].

2) Испытательное напряжение

Испытательное напряжение должно соответствовать номинальному импульсному выдерживаемому напряжению.

3) Подача испытательного напряжения

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.3 3)].

4) Критерии соответствия

Применяют IEC 60947-1:2020 [подпункт 9.3.3.4.3 4].

9.3.3.5 Коммутационная способность механических коммутационных устройств

9.3.3.5.1 Общие положения

Коммутационную способность проверяют в соответствии с IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.5).

Данное испытание должно охватывать условия максимальных отключаемых значений напряжения, мощности и тока.

9.3.3.5.2 Механические коммутационные устройства полупроводниковых контроллеров и пускателей двигателей

Узел в сборе с установленным шунтом подвергают испытаниям в нормальных условиях работы. Последовательность оперирования для имитации пуска и остановки должна быть такой же, как в нормальных условиях эксплуатации.

Если механические коммутационные устройства уже соответствуют требованиям таблицы 11 и таблицы 12, повторение испытания не требуется.

9.3.3.6 Работоспособность

9.3.3.6.1 Общие положения

Соответствие требованиям к работоспособности по 8.2.4.1 проверяют следующими тремя испытаниями:

- испытание тепловой стабильности;
- испытание работоспособности при перегрузке;
- испытание способности блокировки и коммутации.

Испытания имитируют 8 ч работы.

Подключения к силовой цепи должны быть как для нормальной эксплуатации электроаппарата. Управляющее напряжение должно быть зафиксировано на уровне 110 % номинального напряжения питания цепи управления U_s.

Если контроллер в пускателе удовлетворяет требованиям предыдущего испытания на работоспособность и соответствует требованиям для присвоения номинальных значений на основе результатов испытания по 5.4.2, проведение испытания пускателя не требуется.

Таблица 14 — Технические условия испытаний на тепловую стабильность

Заголовок	Уровень	Инструкции
Цель испытания	Проверить, что изменение температуры между последовательными идентичными рабочими циклами в последовательности снижено до менее чем 5 % в течение 8-часового периода. Проверить, что превышение температуры доступных клемм механического коммутационного устройства в силовой цепи не превышает предела, установленного таблицей 2 IEC 60947-1:2020	
Продолжительность испытания	Проводить испытание до тех пор, пока $\Delta_n < 0{,}05$ или до истечения 8 ч $\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1})/(C_{n-1})$	
Условия испытания	Таблица 8	
Температура ИА	C_n, температура корпуса	Средство измерения температуры, прикрепленное к внешней поверхности одного полупроводникового переключающего устройства (см. 9.3.3.3.4). Контроль полупроводникового коммутационного устройства, которое вероятнее всего будет нагреваться больше остальных
Окружающая температура	A_n, требуемый уровень	Средство измерения температуры для контроля изменений окружающей температуры (по IEC 60947-1:2020, подпункт 9.3.3.3.1)
Получаемые результаты	a) $A_n \le 0{,}05$ в течение 8 ч. b) Без визуальных признаков повреждения (например, дым, обесцвечивание). c) Превышение температуры доступных клемм механического коммутационного устройства в силовой цепи не должно превышать предела, установленного таблицей 2 стандарта IEC 60947-1:2020. d) Если выводы недоступны, значения таблицы 2 IEC 60947-1:2020 могут быть превышены при условии, что соседние части не повреждены	

Таблица 15 — Требования к начальной температуре корпуса

Количество циклов оперирования	Начальная температура корпуса C, °C
1	Не менее 40 °C
2	Самая высокая температура, позволяющая выполнить сброс после первого рабочего цикла реле перегрузки пускателя или реле перегрузки, рекомендованного изготовителем для применения вместе с контроллером
3 и 4	Не менее 40 °C плюс максимальное повышение температуры корпуса во время испытания на превышение температуры (см. 9.3.3.3)

9.3.3.6.2 Процедура испытания тепловой стабильности

Технические условия и критерии соответствия приведены в таблице 14. Профили испытания приведены на рисунке F.1.

1) Присвоить номер последовательности n каждому периоду под нагрузкой в серии испытаний (например, n = 0, 1, 2, ..., N-1, N).

2) Записать начальную температуру корпуса C_0. Записать начальную окружающую температуру A_0.

3) Задать испытательный ток $I_т$, уровень 1 (см. таблицу 8). Заменить n новым значением, где $n = n + 1$.

4) Началом периода времени t считают момент, когда испытательный ток достигает значения $I_т$. В связи с этим время ускорения, управляемого испытательным током, который должен достичь $I_т$, увеличивает общее время испытания.

Переключить испытуемый электроаппарат во включенный режим (напряжение управления испытуемого электроаппарата U_c включено).

Примечание — Началом периода времени T_x считают момент, когда испытательный ток достигает значения $X \cdot I$. По этой причине время ускорения, управляемого испытательным током, который должен достичь $X \cdot I$, увеличивает общее время испытания.

5) Данный этап проводят в соответствии с категорией применения.

a) Только для AC-2a, AC-3a, AC-8a.

После периода времени t (см. таблицу 8) изменить испытательный ток I_t на уровень 2.

После периода времени для уровня 2 переключить испытуемый электроаппарат в отключенном состоянии.

b) Только для AC-2b, AC-3b, AC-8b.

После периода времени t (см. таблицу 8) переключить испытуемый электроаппарат в отключенном состоянии.

6) Записать температуру корпуса C_n, записать окружающую температуру A_n.

7) Решение о прекращении (или продолжении) испытания:

a) Рассчитать коэффициент изменения повышения температуры корпуса:

$$\Delta_n = (C_n - C_{n-1} - A_n + A_{n-1})/(C_{n-l}).$$

b) Проверить соответствие полученных результатов (см. таблицу 14).

Если $\Delta_n > 0{,}05$, общее время испытания менее 8 ч, а полученные результаты в соответствии с таблицей 14, a) и b) недействительные, повторить шаги 3—7.

Если $\Delta_n > 0{,}05$, а общее время испытания более 8 ч или полученные результаты неудовлетворительные, завершить испытание. Испытание не выдержано.

Если $\Delta_n > 0{,}05$, общее время испытания менее 8 ч, а полученные результаты в соответствии с таблицей 14, a), b), c) и d) удовлетворительные, завершить испытание. Испытание успешно выдержано.

9.3.3.6.3 Процедура испытания работоспособности при перегрузке

1) Условия испытания

a) См. таблицу 10. Профиль испытания приведен на рисунке F.2.

b) Контроллеры и пускатели, использующие токоуправляемый разъединитель, помимо реле перегрузки для защиты от перегрузок при разгоне в состоянии полного включения, должны испытываться с установленным разъединителем. В этом испытании предпочтительно для разъединителя переключать испытуемый электроаппарат в состояние отключения за более короткое время, чем заданное время включения.

2) Регулировки испытуемого электроаппарата

a) Испытуемый электроаппарат должен быть настроен таким образом, чтобы минимизировать время, необходимое для установления испытательного тока $I_т$.

b) Испытуемый электроаппарат с функцией ограничения тока должен быть настроен на максимальное значение X, определенное для I_e.

c) Если испытуемый электроаппарат является пускателем, его реле перегрузки должно быть отключено. Время включения рабочего цикла t должно быть установлено в соответствии с таблицей 10, c).

Примечание — Началом периода времени t считают момент, когда испытательный ток достигает значения $I_т$. В связи с этим время испытательного ускорения с управлением испытательным током, который должен достичь $I_т$, увеличивает общее время испытания.

3) Испытание

a) Установить начальные условия.

b) Подать испытательное напряжение на входные клеммы силовой цепи испытуемого электроаппарата.

При последовательном соединении полупроводникового контроллера или пускателя двигателя с механическим коммутационным устройством контакт последовательного механического коммутационного устройства замыкают.

Испытательное напряжение подают в течение всего испытания.

c) Переключить испытуемый электроаппарат во включенное состояние.

d) По истечении времени включения (см. таблицу 10) переключить испытуемый электроаппарат в отключенном состоянии.

e) Повторяют шаги c) и d) для количества циклов из таблицы 10. Завершают испытание.

Если испытуемый электроаппарат имеет функцию ограничения тока во время запуска двигателя (и, возможно, остановки), но не в полностью включенном состоянии, процедура испытания работоспособности при перегрузке для проверки соответствия испытуемого электроаппарата требованиям 8.2.4.1 следующая:

i) После двух циклов оперирования, как указано выше, испытуемый электроаппарат переводят во включенное состояние и подают нагрузку начальным испытательным током I_{init}, не превышающим I_e.

ii) Если испытуемый электроаппарат находится в полностью включенном состоянии, испытательная цепь, указанная в таблице 10, подключается к нагрузке с использованием внешнего переключателя. Не должно быть прерывания тока во время перехода от тока I_{init} к $I_т$.

iii) В соответствии с таблицей 7, испытательный ток $I_т$ сохраняется в течение t до установления отключенного состояния испытуемого электроаппарата. Однако испытуемый электроаппарат может переходить в отключенное состояние в течение меньшего времени, чем t.

iv) Цикл оперирования осуществляется дважды.

Начальные температурные условия для этих требуемых циклов оперирования должны быть такими, как указано в таблице 15.

4) Проверить критерии (см. 9.3.3.6.4)

a) Нет потери коммутационной способности.

b) Нет потери блокирующей способности.

c) Нет потери функциональности.

d) Нет визуальных признаков повреждений.

9.3.3.6.4 Испытание способности блокировки и коммутации

Профили испытания приведены на рисунке F.3. Параметры асинхронного двигателя и механической нагрузки приведены в таблице 16.

Таблица 16 — Минимальные требования и условия проведения испытания с нагрузкой асинхронного двигателя

Категория применения	Параметры испытуемого двигателя				Параметры внешней механической нагрузки
	K	U / U_e	Мощность	cos φ	
AC-2a AC-2b AC-3a AC-3b AC-8a AC-8b	Не менее 4	a)	a)	a)	a)
K — отношение тока заблокированного ротора к номинальному полному току нагрузки испытуемого двигателя. Во время испытания двигатель и окружающий воздух могут иметь любую температуру в пределах от 10 °C до 40 °C.					
[a] Характеристики испытания при нагрузке асинхронного двигателя определены в 8.2.4.3.					

Проводят следующие испытания:

- испытание 1: 100 циклов оперирования при 85 % U_e и 85 % U_s;
- испытание 2: 1000 циклов оперирования при 110 % U_e и 110 % U_s.

С испытательным циклом, в котором время включения превышает время достижения полного напряжения и полной скорости плюс 1 с, а время отключения равно 1/3 времени выбега до состояния покоя.

Во время испытаний:

- нагрузка и окружающий воздух могут иметь любую температуру в пределах от 0 °С до 40 °С;
- средство измерения истинного среднеквадратичного значения тока должно быть подключено между выводами двигателя и выводами на стороне нагрузки на каждом полюсе испытуемого электроаппарата. Средства должны быть способны измерять токи в диапазоне миллиампер;
- настройки испытуемого электроаппарата ограничиваются только теми внешними средствами регулировки, которые предоставляет изготовитель в базовой версии электроаппарата:

a) контроллеры с функцией ограничения тока устанавливают на минимальное значение *X*, которое позволяет запустить двигатель (в соответствии с таблицей 16);

b) контроллеры с функцией управляемого ускорения будут настроены на максимальное время разгона или 10 с, в зависимости от того, какое значение меньше;

- начальные значения тока включения и/или пускового напряжения будут установлены на минимальное значение, которое обеспечит двигателю немедленный запуск.

Получаемые результаты:

a) a1) или a2) должны удовлетворять:

a1) I_O < 1 мА и I_F < 1 мА;

a2) если I_O > 1 мА или I_F > 1 мА, то:

- A_I < 1 для каждого полюса, где $A_I = (I_F - I_O) / I_O$ и
- I_O и I_F должны быть в пределах I_{Lm}, приведенного в технической документации на контроллер;

b) без визуальных признаков повреждения (например, дым, обесцвечивание);

c) без потери функциональности, указанной изготовителем.

Для полупроводникового контроллера или пускателя двигателя, соединенного последовательно с механическим коммутационным устройством, контакты последовательного механического коммутационного устройства должны оставаться в замкнутом положении в течение всего испытания.

1) Испытуемый электроаппарат должен быть смонтирован и подключен как при нормальной эксплуатации с длиной кабеля между испытуемым электроаппаратом и испытательной нагрузкой не более 10 м.

2) Средства измерения тока должны быть установлены с учетом удобства регистрации значений тока утечки через контроллер, находящийся в отключенном состоянии на этапах 3) и 7).

Если другие вспомогательные цепи или устройства подключаются параллельно полупроводниковым элементам, необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать измерения параллельных токов; следует измерять только ток утечки полупроводниковых элементов, и средства для получения этих измерений должны быть установлены соответствующим образом.

3) При приложении напряжений U_e и U_s, к испытуемому электроаппарату с отключенным управляющим напряжением U_c измерение тока проводят в каждом полюсе испытуемого электроаппарата и записывают эти измерения в качестве множества точек для начальных данных I_O.

Испытательная цепь должна оставаться замкнутой с начала этапа 4) до завершения этапа 7). Средства измерения тока могут быть замкнуты накоротко средствами дистанционного управления во время этапов 5) и 6), но они не могут быть сняты, иначе цепь разомкнется.

4) В начале испытания напряжения U_e и U_s (как указано выше) прикладывают к испытуемому электроаппарату в течение всего испытания до завершения этапа 7).

5) Посредством управляющего напряжения U_c выполняется цикл от состояния включения до состояния отключения испытуемого электроаппарата, как указано выше. Если контроллер не выполнил указанных операций или если появляются признаки его повреждения, испытание прекращают и считают неудовлетворительным.

6) После требуемого количества циклов оперирования U_c отключают, при этом U_e и U_s остаются включенными; допускается испытуемому электроаппарату вернуться к начальной температуре окружающей среды.

7) Повторить текущую процедуру на этапе 3) и записать как множество точек конечных данных I_F, соответствующих множеству точек начальных данных I_O.

8) Определить значения тока утечки в каждом полюсе, как указано в перечислении a).

Для успешного прохождения испытания на блокирующую и коммутационную способность критерии в перечислениях a), b) и c) должны быть удовлетворены.

9.3.3.6.5 Поведение контроллера или пускателя во время и его состояние после испытаний на работоспособность в условиях эксплуатации

a) Коммутационная способность

Если полупроводниковые электроаппараты не обеспечивают полную коммутацию, то это свидетельствует о снижении работоспособности. Продолжение работы в этом режиме приведет к тепловому разгону. Конечным результатом будет перегрев и потеря блокирующей способности.

b) Тепловая стабильность

Полупроводниковые электроаппараты, подвергаемые ускоренному циклу оперирования, могут недостаточно охлаждаться. Это может привести к неуправляемым тепловым процессам, ведущим к потере блокирующей способности.

c) Блокирующая способность

Блокирующая способность — способность к отключению и пребыванию в этом состоянии длительное время. Чрезмерная тепловая нагрузка ухудшает блокирующую способность. Об отказе свидетельствует частичная или полная потеря управления.

d) Функциональность

Некоторые виды отказов могут не быть критичными на ранних стадиях. Такие неисправности обнаруживают по постепенной потере функциональности. Обнаружение и исправление на ранней стадии может предотвратить необратимое повреждение.

e) Визуальный контроль

Чрезмерная тепловая нагрузка вследствие повышенных температур может привести к необратимому повреждению. Визуальные подтверждения (дым или обесцвечивание) обеспечивают раннее предупреждение о полном отказе.

9.3.3.6.6 Реле и расцепители

a) Срабатывание реле и расцепителей минимального напряжения

Реле или расцепители минимального напряжения следует проверять на соответствие испытанием на отключение от номинального управляющего напряжения питания реле или расцепителя со скоростью достижения 0 В примерно за 30 с. Реле или расцепитель должны срабатывать в соответствии с 8.2.1.3.

b) Расцепители с шунтовой катушкой

Отсутствует.

c) Электронные и тепловые реле перегрузки

Реле перегрузки и пускатели подключают с использованием проводников по IEC 60947-1:2020 (таблицы 9—11) в качестве испытательных цепей, соответствующих:

- 100 % уставки тока для всех типов реле перегрузки классов расцепления 2, 3, 5 и 10 А и классов срабатывания (см. таблицу 4) и 10, 20, 30 и 40 для реле перегрузки электронного типа;
- 125 % уставки тока для тепловых реле перегрузки классов расцепления 10, 20, 30 и 40 (см. таблицу 4) и для реле перегрузки, с максимальным временем расцепления, превышающим 40 с (см. 5.7.3).

Необходимо убедиться, что реле и расцепители срабатывают в соответствии с требованиями 8.2.1.5.1.1.1 при подаче питания на все полюса.

Кроме того, характеристики, определенные в 8.2.1.5.1, должны быть проверены испытаниями при 0, 20, 40 °С (см. рисунок 4), а также при минимальных и максимальных температурах, указанных изготовителем, вне диапазона от 0 до 40°С. Однако для реле и расцепителей с заданной температурной компенсацией, если диапазон температур, указанный изготовителем, находится вне диапазона по таблице 4, характеристики при 0 °С и/или 40 °С проверять не следует, если установлено, что при заданных минимальной и максимальной температурах соответствующие значения тока расцепления не выходят за пределы, указанные для температур 0 °С и/или 40 °С в таблице 4.

Для электронных реле перегрузки испытание на проверку тепловой памяти в соответствии с 8.2.1.5.1.1.2 проводят при температуре 20 °С.

Трехполюсные тепловые или электронные реле перегрузки при питании только двух полюсов подлежат испытанию в соответствии с 8.2.1.5.2 при всех комбинациях полюсов и при максимальной и минимальной токовых уставках для реле с регулируемой уставкой.

d) Реле минимального тока

Пределы срабатывания следует проверять в соответствии с 8.2.1.5.3.

e) Электронные реле перегрузки, чувствительные к опрокидыванию ротора

Пределы срабатывания следует проверять в соответствии с 8.2.1.5.4.

Для электронных реле перегрузки, чувствительных к опрокидыванию ротора, проверку следует проводить для минимальной и максимальной уставок тока и для минимального и максимального времени задержки при опрокидывании ротора (всего четыре уставки).

Для электронных реле перегрузки, чувствительных к опрокидыванию ротора в сочетании с датчиками вращения, проверку следует проводить для минимального и максимального времени задержки при опрокидывании ротора. Датчик допускается имитировать подачей соответствующего сигнала на вход электронных реле перегрузки, чувствительных к опрокидыванию ротора.

f) Электронные реле упора

Пределы срабатывания следует проверять в соответствии с 8.2.1.5.5.

Проверку следует проводить для минимальной и максимальной уставок по току и для минимального и максимального времени торможения при упоре (всего четыре уставки).

Для каждой из четырех уставок испытание проводят в следующих условиях:

- подают испытательный ток 95 % значения уставки тока. Электронные реле упора не должны срабатывать;
- повышают испытательный ток до 120 % значения уставки тока. Электронные реле упора должны срабатывать в соответствии с 8.2.1.5.5.

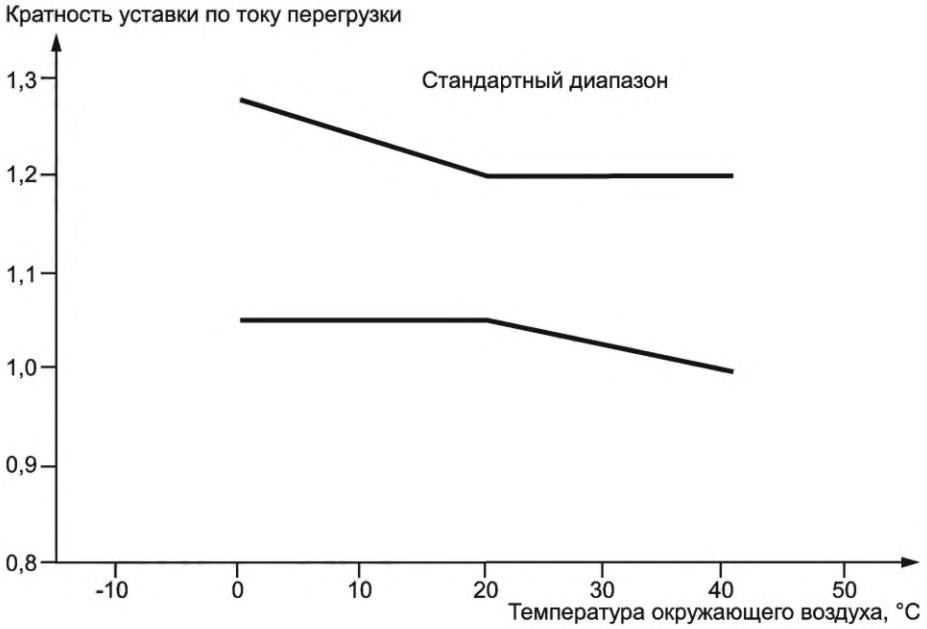


Рисунок 4 — Кратное предельных значений уставки тока для реле перегрузки с выдержкой времени, компенсированных по температуре окружающего воздуха

9.3.4 Работоспособность в условиях короткого замыкания

9.3.4.1 Общие условия испытаний при коротком замыкании

9.3.4.1.1 Общие требования к испытаниям при коротком замыкании

Общие условия испытаний при коротком замыкании следующие:

- операция «О»: в качестве условия, необходимого перед испытанием, контроллер/пускатель необходимо выдержать во включенном состоянии с балластной нагрузкой двигателя. Ток перед испытанием может поддерживаться на любом произвольном низком уровне, превышающем минимальный ток нагрузки контроллера/пускателя. Ток короткого замыкания подается на контроллер/пускатель путем замыкания короткозамыкающего переключателя. УЗКЗ должно отключить ток короткого замыкания, а контроллер/пускатель должен выдерживать сквозной ток;
- операция «СО» для полупроводникового контроллера пускателя электродвигателя прямого подключения.

Начальная температура корпуса должна быть не менее 40 °С. В отдельных случаях может оказаться невозможным предварительный нагрев испытуемого электроаппарата и поддержание начальной температуры корпуса на испытательном стенде, предназначенном исключительно для испытаний на короткое замыкание. В таких случаях изготовитель и потребитель могут договориться об испытании электроаппарата при температуре окружающей среды. При этом в протоколе испытаний должна быть записана нижняя температура.

Применяют общие требования IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.4.1.1) со следующим изменением:

Корпус должен соответствовать техническим условиям изготовителя. Если предусмотрено несколько вариантов типов корпусов, следует брать корпус с наименьшим объемом.

Если электроаппараты, испытанные на открытом воздухе, также допускается применять в корпусах, их дополнительно испытывают в наименьшем корпусе, указанном изготовителем. Для электроаппаратов, испытанных только на открытом воздухе, должна быть предоставлена информация, указывающая на то, что электроаппарат не оценивался для применения в индивидуальном корпусе.

9.3.4.1.2 Испытательная цепь для проверки номинальных значений при коротком замыкании

Применяют испытательную цепь по IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.4.1.2), за исключением того, что для координации 1-го типа, плавкий элемент F и сопротивление R_L заменяют одножильным 6 мм^2 проводом длиной от 1,2 до 1,8 м, подсоединенным к нейтрали или, по согласованию с изготовителем, к одному из полюсов.

Примечание 1 — Вышеуказанный провод большего диаметра применяют не в качестве детектора, а для установления состояния заземления, позволяющего оценить повреждение.

Примечание 2 — Существующий электроаппарат, испытанный в соответствии с редакцией 3 настоящего стандарта, с использованием плавкого элемента F, не требует повторной оценки в соответствии с настоящим подпунктом.

Кроме того, метод достижения полностью включенного состояния испытуемого электроаппарата должен быть выбран среди следующих возможностей:

a) схема дистанционного управления, применяемая к каждому контроллеру так, что выходные устройства приводят в полностью включенное состояние независимо от любой нагрузки;

b) двигатель с короткозамкнутым ротором с характеристиками, указанными в 8.2.4.3, в качестве балластной нагрузки;

c) резистивная или резистивно-индуктивная нагрузка, подключенная к выходным клеммам испытуемого электроаппарата так, что обеспечивается достаточная нагрузка для приведения в действие выходных устройств. Данная нагрузка должна иметь характеристики, указанные в 8.2.4.3.

Для b) и c) испытательная схема IEC 60947-1:2020 (пункт 9.3.4.1.2) должна быть изменена и подключена, как показано на рисунке I.1. Короткозамыкатель (не является частью испытуемого электроаппарата) должен быть способен включать и проводить ток короткого замыкания, не влияя на процесс подачи тока короткого замыкания (например, дребезг или другие прерывистые размыкания контактов).

9.3.4.1.3 Коэффициент мощности испытательной цепи

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.4.1.3).

9.3.4.1.4 Отсутствует.

9.3.4.1.5 Калибровка испытательной цепи

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.4.1.5).

9.3.4.1.6 Методика испытания

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.4.1.6) со следующими дополнениями:

Контроллер или пускатель и связанное с ним УЗКЗ должны быть установлены и подключены как при нормальных условиях эксплуатации. Они должны быть подключены к испытательной цепи с использованием кабеля длиной не более 2,4 м (в соответствии с рабочим током контроллера или пускателя) для каждой силовой цепи. Длина кабелей может превышать 2,4 м, если они размещены в цепи во время калибровки.

Если УЗКЗ отделено от контроллера или пускателя, его следует подключить к пускателю с использованием кабеля, указанного выше (общая длина кабеля не должна превышать 2,4 м).

Считается, что испытания на трехфазном токе распространяются и на применение однофазных токов.

Если испытание проводят в соответствии с методом b) или c) по 9.3.4.1.2, график последовательности испытаний приведен на рисунке I.2.

a) испытание начинается при разомкнутом короткозамыкающем переключателе (время T0);

b) затем прикладывают испытательное напряжение, и фиктивная нагрузка двигателя должна ограничивать ток до уровня, который по крайней мере достаточен для поддержания контроллера во включенном состоянии (время T1);

c) в любое время после того, как ток через контроллер стабилизируется, короткозамыкающий переключатель может быть замкнут произвольно и может обеспечить путь тока короткого замыкания через испытуемый электроаппарат (время T2), который должен быть отключен УЗКЗ (время T3).

9.3.4.1.7 Отсутствует.

9.3.4.1.8 Интерпретация записей

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.4.1.8).

9.3.4.2 Отсутствует.

9.3.4.3 Условный ток короткого замыкания контроллеров и пускателей

9.3.4.3.1 Общие положения

Полупроводниковый контроллер или пускатель с шунтирующим компонентом, прошедшим типовые испытания или без него, и соответствующее УЗКЗ должны быть подвергнуты испытаниям, указанным в 9.3.4.3.2.

Шунтированные полупроводниковые контроллеры или пускатели должны быть подвергнуты двум отдельным испытаниям на короткое замыкание в соответствии с 9.3.4. Испытание 2 не требуется для шунтированных полупроводниковых контроллеров двигателей, использующих внешние механические коммутационные устройства, которые уже были испытаны в соответствии с 9.3.4.3.2.

a) Испытание 1: Испытание проводят с полупроводниками в проводящем режиме и с разомкнутыми шунтирующими контактами в целях моделирования условий короткого замыкания, возникающих при запуске в режиме, управляемом полупроводниками.

b) Испытание 2: Испытание проводят с отключенными полупроводниками и замкнутыми шунтирующими контактами в целях имитации условий короткого замыкания, возникающих при шунтировании полупроводниковых испытуемых электроаппаратов.

Испытания следует проводить в условиях, соответствующих максимальному I_e и максимальному U_e.

Если один и тот же полупроводниковый компонент применяют для нескольких номинальных параметров, испытание следует проводить в условиях, соответствующих наивысшему номинальному току I_e.

Цепи управления должны получать питание от отдельного источника питания с заданным управляющим напряжением. Применяемое УЗКЗ должно соответствовать указанному в 8.2.5.1.

Если УЗКЗ представляет собой автоматический выключатель с регулируемой уставкой тока, испытание необходимо проводить с автоматическим выключателем, отрегулированным на максимальное значение для координации типа 1 и на максимальную заданную уставку для координации типа 2.

Во время испытания все отверстия электроаппарата закрытого исполнения должны быть закрыты, как при нормальной эксплуатации, а дверца или крышка должны быть закреплены с использованием специально предназначенных средств.

Если УЗКЗ имеет регулируемую уставку тока короткого замыкания, испытание следует проводить с максимальным значением уставки тока короткого замыкания для координации типа 1 и для координации типа 2.

Операцию «О» проводят на образце при I_q.

9.3.4.3.2 Испытание при номинальном условном токе короткого замыкания I_q

Испытательную цепь необходимо отрегулировать до ожидаемого тока короткого замыкания I_q, равного номинальному условному току короткого замыкания.

Если УЗКЗ представляет собой предохранитель и испытательный ток находится в пределах диапазона ограничения тока предохранителя, то плавкий предохранитель следует по возможности выбирать с расчетом на получение максимального значения тока отсечки I_c (в соответствии с IEC 60269-1:2006, рисунок 4, IEC 60269-1:2006/AMD 2:2014) и максимальные сквозные значения I^2t.

За исключением контроллеров или пускателей прямого действия, одну операцию отключения УЗКЗ необходимо выполнить при замкнутом контроллере или пускателе и УЗКЗ; ток короткого замыкания должен подаваться через отдельное коммутационное устройство.

Для контроллеров или пускателей прямого подключения одну операцию размыкания УЗКЗ выполняют путем короткого замыкания контроллера или пускателя.

9.3.4.3.3 Получаемые результаты

Считается, что контроллер или пускатель выдержали испытания при ожидаемом токе I_q, если выполняются следующие условия для заявленного типа координации.

Координация обоих типов:

a) ток короткого замыкания был успешно отключен УЗКЗ или пускателем. Кроме того, предохранитель, плавкий элемент или соединение между корпусом и источником питания не должны расплавиться;

b) дверь или крышка корпуса не были открыты, и возможно открытие двери или крышки по окончании проведения испытания. Деформация корпуса считается допустимой, если степень защиты корпуса не ниже IP2X;

c) нет повреждений проводников или клемм, и проводники не были отделены от клемм;

d) изоляционное основание не растрескалось или не сломалось настолько, что нарушилась целостность какой-либо части, находящейся под напряжением;

Координация типа 1

e) не было выброса частей за пределы корпуса. Повреждение контроллера и реле перегрузки допустимо. Пускатель или контроллер могут не работать после испытания;

Координация типа 2

f) повреждений каких-либо частей не произошло, и замена частей не допускается во время испытания, за исключением плавкого элемента УЗКЗ (при наличии). Для полупроводниковых контроллеров двигателей и пускателей с последовательным механическим коммутационным устройством допускается сваривание контактов, если они легко разъединяются (например, путем многократного включения катушки механического коммутационного устройства или перемещения рабочих органов, или применения инструмента, такого как отвертка, для разделения сваренных контактов) без заметной деформации (без нарушения изоляции механического коммутационного устройства). В случае сваривания контактов, как указано выше, функциональность устройства необходимо проверить в условиях по таблице 10 для заявленной категории применения путем проведения 10 рабочих циклов (вместо 3);

g) расцепление реле перегрузки следует проверять при токе, кратном уставке, на соответствие приведенной характеристике расцепления по 5.7 до и после испытания на короткое замыкание;

h) электрическую прочность изоляции проверяют проведением испытаний на контроллере или пускателе. Испытательное напряжение должно быть приложено, как указано в 9.3.3.4.1 (4).

9.4 Испытания на электромагнитную совместимость

9.4.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (подраздел 9.4).

Все испытания на излучение электромагнитных помех и устойчивость к электромагнитным помехам являются типовыми испытаниями и должны выполняться в рабочих типовых условиях и типовых условиях окружающей среды при выполнении рекомендаций изготовителя, касающихся используемых схем соединений и применяемых оболочек.

Электромагнитную совместимость следует проверять на репрезентативной выборке из производственной серии. Если ряд устройств плавного пуска содержит аналогичную управляющую электронику и датчики с аналогичными размерами корпуса, необходимо испытать только один репрезентативный образец устройства плавного пуска.

Для испытаний необходимо применение электродвигателя. За исключением испытаний на излучение гармоник, необходимость нагрузки двигателя отсутствует. Если иное не указано изготовителем, длина кабеля подключения электродвигателя должна составлять 3 м.

В протоколах испытаний и руководстве по эксплуатации должны быть приведены любые специальные меры, которые были предприняты для достижения соответствия, например применение экранированных или специальных кабелей. Если с пускателем или контроллером применяют вспомогательное устройство, чтобы соответствовать требованиям по помехозащищенности или излучению, сведения о нем должны быть приведены в протоколе испытаний и инструкции по эксплуатации.

Испытания должны быть воспроизводимыми.

Полупроводниковые контроллеры двигателей и пускатели с защитой двигателя от перегрузки, в которых силовые переключающие элементы, например тиристоры, не полностью проводят ток во время определенных или всех установившихся режимов работы, должны быть испытаны в условиях минимальной проводимости, выбранной изготовителем для представления работы контроллера или пускателя в точках длительного максимального излучения или восприимчивости (см. 9.4.2).

Если определенный ряд контроллеров или пускателей содержит аналогичную электронику управления в пределах одного типоразмера, испытания проводят только на репрезентативной выборке контроллеров или пускателей.

9.4.2 Испытания электромагнитной помехоустойчивости

9.4.2.1 Электростатические разряды

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.4.2.2) со следующими дополнениями:

Испытания силовых выводов не требуются. Разряды следует подавать только в точки, доступные при нормальном применении.

Контроллер или пускатель должен соответствовать критерию работоспособности 2 по таблице 13.

Испытания невозможно выполнить, если контроллер или пускатель представляет собой блок с открытой рамой либо шасси, или со степенью защиты IP00. В данном случае изготовитель должен прикрепить к блоку этикетку, информирующую о возможности повреждения вследствие статического разряда.

9.4.2.2 Радиочастотные электромагнитные поля

Для испытаний на кондуктивную помехоустойчивость применяют положения IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.4.2.4) с критерием функционирования 1 по таблице 13.

Для испытаний на невосприимчивость к излучаемым радиочастотным электромагнитным полям применяют требования IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.4.2.3) с критерием функционирования 1 по таблице 13.

9.4.2.3 Наносекундные импульсные помехи (5/50 **н**с)

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.4.2.5) со следующими дополнениями:

Клеммы цепей управления и вспомогательных цепей, предназначенные для присоединения проводников длиной более 3 м, подлежат испытаниям.

Контроллер или пускатель должен соответствовать критерию функционирования 2 по таблице 13.

9.4.2.4 Импульсы напряжения/тока (1,2/50 — 8/20 мкс)

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.4.2.6).

Контроллер или пускатель должен соответствовать критерию функционирования 2 по таблице 13.

9.4.2.5 Гармоники и коммутационные помехи

Требования не определены; уровни испытания на стадии изучения.

9.4.2.6 Провалы напряжения и кратковременные отключения питания

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.4.2.8) для критерия функционирования 3 по таблице 13, за исключением 0,5 цикла и 1 цикла, к которым применим критерий функционирования 2 по таблице 13.

9.4.3 Испытания на помехоэмиссию

9.4.3.1 Условие испытания на помехоэмиссию

Описание испытания, методика испытания и параметры испытания приведены в CISPR 11:2015 (раздел 7).

Испытания на излучение следует проводить в условиях установившегося режима работы.

Если для обеспечения соответствия уровням излучений, приведенным в таблице 17, требуется фильтр ЭМС, он должен быть указан.

Таблица 17 — Пределы возмущающего напряжения на выводах для испытаний на кондуктивные радиочастотные излучения (для портов силовых цепей переменного тока)

Среда[e)]	A		A		A		B	
Частотный диапазон, МГц	Номинальная мощность, не более 20 кВА[c)]		Номинальная мощность, свыше 20 кВА[a), c)]		Номинальная мощность свыше 75 кВА[b), c)]		Полная номинальная мощность	
	Квазипик, дБ (мкВ)	Среднее, дБ (мкВ)	Квазипик, дБ (мкВ)	Среднее, дБ (мкВ)	Квазипик, дБ (мкВ)	Среднее, дБ (мкВ)	Квазипик, дБ (мкВ)	Среднее, дБ (мкВ)
0,15—0,50	79	66	100	90	130	120	66—56[d)]	56—46[d)]
0,50—5	73	60	86	76	125	115	56	46
5—30	73	60	90—73[d)]	80—60[d)]	115	105	60	50

Примечание 1 — Для частоты перехода применяются более строгие пределы.

Примечание 2 — Для контроллера и пускателя в среде класса А, предназначенных для подключения только к изолированной нейтрали или к промышленным распределительным сетям с заземлением через высокое сопротивление IT (см. IEC 60364-1), могут применяться пределы, установленные для электроаппарата группы 2 с номинальной мощностью свыше 75 кВА в CISPR 11:2015 (таблица 8).

Окончание таблицы 17

[a] Эти ограничения применяют к контроллеру и пускателю с номинальной мощностью свыше 20 кВА, которые предназначены для подключения к выделенному силовому трансформатору или генератору и не подключены к низковольтным (НВ) воздушным линиям электропередачи. Для контроллера и пускателя, не предназначенных для подключения к выделенному силовому трансформатору потребителя, применяют ограничения не более 20 кВА. Изготовитель и/или поставщик должны предоставить рекомендации по установке, которые могут быть применены для снижения излучений от установленного контроллера и пускателя. В частности, должно быть указано, что этот контроллер или пускатель предназначен для подключения к выделенному силовому трансформатору или генератору, а не к низковольтным воздушным линиям электропередачи.

[b] Эти ограничения применимы только к электронному контроллеру и пускателю большой мощности с номинальной мощностью свыше 75 кВА, если они предназначены для установки следующим образом:

- питание установки реализовано от выделенного силового трансформатора или генератора, а не посредством подключения к низковольтным воздушным линиям электропередачи;
- установка физически отделена от жилых помещений расстоянием более 30 м или конструкцией, которая действует как барьер для излучений;
- изготовитель и/или поставщик должен указать, что этот контроллер или пускатель соответствует пределам напряжения помех для электронного контроллера и пускателя высокой мощности с номинальной входной мощностью свыше 75 кВА, и предоставить информацию о мерах по установке, которые должен предпринять монтажник. В частности, он должен указать, что этот контроллер или пускатель предназначен для применения в установке, которая питается от выделенного силового трансформатора или генератора, а не от низковольтных воздушных линий электропередач.

[c] Выбор соответствующего количества пределов должен основываться на номинальной мощности переменного тока, указанной изготовителем.

[d] Линейно убывает с логарифмом частоты.

[e] Условия окружающей среды A и B определены в IEC 60947-1:2020.

Примечание — Измерение излучения во время запуска с использованием существующего измерительного оборудования невозможно, потому что время сканирования для частотного анализа часто намного больше, чем время запуска. В соответствии с действующей серией стандартов IEC 61000-4 соответствующий результат измерения может быть получен только в установившемся режиме.

9.4.3.2 Испытания кондуктивной радиочастотной эмиссии

Описание испытания, методики испытания и требований к испытанию приведены в CISPR 11.

Достаточно проверить два образца из ряда контроллеров с разными номинальными мощностями, которые представляют максимальные и минимальные номинальные мощности в диапазоне.

Эмиссия не должна превышать значений, указанных в таблице 17.

Добавление высокочастотной синфазной фильтрации в силовые цепи может привести к недопустимому снижению пускового момента двигателя или сделать недействительной концепцию незаземленных или заземленных через высокое сопротивление распределительных систем, которые применяют в обрабатывающих отраслях промышленности, с нежелательными последствиями для безопасности системы.

Если для соответствия уровням излучения, приведенным в таблице 17, необходимы фильтры, но их не применяют по указанным выше причинам, следует принять другие меры предосторожности, чтобы не превысить уровни излучения, указанные в таблице 17.

Примечание A — Номинальная входная или выходная мощность 20 кВА соответствует, например, току примерно 29 А на фазу в трехфазных сетях питания 400 В и току примерно 58 А на фазу в трехфазных сетях питания 200 В (см. приложение G).

9.4.3.3 Испытания излучаемой радиочастотной эмиссии

Описание испытания, методики испытания и требований к испытанию приведено в CISPR 11.

Примечание — В США цифровые устройства с потребляемой мощностью менее 6 нВт не подлежат испытаниям на радиочастотное излучение.

Достаточно испытать одну репрезентативную выборку из ряда контроллеров или пускателей с различными номинальными мощностями.

Эмиссия не должна превышать значений, указанных в таблице 18.

Таблица 18 — Предельные показатели испытания излучаемой эмиссии

Диапазон частот, МГц	Среда А[a)] Квази-пик дБ (мкВ)			Среда В[a)] Квази-пик дБ (мкВ)	
	в 30 м	в 10 м	в 3 м	в 10 м	в 3 м
30—230	30	40	50	30	40
230—1 000	37	47	57	37	47
[a)] Испытания допускается проводить на расстоянии 3 м только для миниатюрных электроаппаратов (электроаппараты настольного типа или стоящие на полу, которые, включая кабели, устанавливаются в испытательный цилиндрический объем диаметром 1,2 м и высотой 1,5 м от пола).					

9.5 Приемо-сдаточные и выборочные испытания

9.5.1 Общие положения

Приемо-сдаточные испытания — испытания, которым подвергают каждый отдельный контроллер или пускатель во время или после производства, проводимые с целью подтверждения соответствия заявленным требованиям.

Приемо-сдаточные или выборочные испытания проводят в тех условиях, которые определены для типовых испытаний в соответствующих частях 9.1.2 или аналогичных условиях. Однако пределы срабатывания по 9.5.2 допускается проверять при преобладающей температуре окружающего воздуха и на отдельном реле перегрузки, при этом могут потребоваться поправки для приведения к нормальным условиям окружающей среды.

Если испытания устройств проводят по отдельности, их сочетание необходимо испытывать в рамках испытания электроизоляционных свойств и соответствующих им испытаний срабатывания. Между тем если комбинация представляет собой уже испытанные системы подключения или вспомогательные компоненты, дополнительные испытания электроизоляционных свойств не требуются.

9.5.2 Срабатывание и его пределы

Проводят два следующих испытания:

1) функциональность необходимо проверять испытанием на блокирующую и коммутационную способности в соответствии с 9.3.3.6.4.

Требуются два цикла оперирования: один при 85 % U_e с 85 % U_s и один при 110 % U_e с 110 % U_s. Недопустимы любые потери функциональности, заявленные изготовителем;

2) Проверяют срабатывание электроаппарата по требованиям 8.2.1.5.

Для проверки калибровки реле перегрузки необходимо проводить испытания. В случае проверки реле перегрузки с выдержкой времени это может быть единичное испытание со всеми полюсами, находящимися под напряжением, кратными уставке тока, чтобы проверить соответствие времени расцепления (в пределах допусков) с кривыми, предоставленными изготовителем. Для реле минимального тока, электронных реле перегрузки, чувствительных к опрокидыванию ротора и реле упора, следует проводить испытания для проверки правильности их срабатывания (см. 8.2.1.5.3, 8.2.1.5.4 и 8.2.1.5.5).

9.5.3 Испытания электроизоляционных свойств

Применяют IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.4.2) со следующим дополнением:

Проверка электроизоляционных свойств может быть выполнена перед окончательной сборкой электроаппарата (то есть перед подключением чувствительных устройств, таких как конденсаторные фильтры).

Испытание выдерживаемого напряжения импульсной и промышленной частоты может быть заменено единичным испытанием выдерживаемого напряжения промышленной частоты, где пиковое значение синусоидальной волны соответствует значению выдерживаемого напряжения импульсной или промышленной частоты, в зависимости от того, какое из значений больше.

По усмотрению изготовителя электроаппараты, оснащенные ограничивающими напряжение компонентами, подлежат испытаниям циклов с a) по b):

a) подача испытательного напряжения.

Испытание проводят в соответствии с IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.4.2 2)). Значение испытательного напряжения должно быть U_V, среднеквадратичное значение (максимальное рабочее напряжение компонентов, ограничивающих напряжение) или максимальное значение U_V постоянного тока компонентов, ограничивающих напряжение с допустимым отклонением минус 10 %.

Критерии соответствия: реле защиты от сверхтока испытательной аппаратуры не должно расцепляться (нижний порог расцепления);

b) проверка надлежащей работоспособности компонентов, ограничивающих напряжение.

Испытание проводят в соответствии с IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.4.2 2)). Значение испытательного напряжения выбирают так, чтобы значение приложенного тока находилось между верхним порогом расцепления и нижним порогом расцепления испытательной аппаратуры.

Критерии соответствия: ток должен быть в пределах между a) и b), а ограничивающий напряжение компонент не должен получить повреждений.

Примечание — Силовой целью данного испытания является определение надлежащей работы ограничивающего напряжение элемента.

Приложение А
(обязательное)

Маркировка и идентификация выводов

А.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020 (раздел L.1) со следующими дополнениями.

А.2 Маркировка и идентификация выводов полупроводниковых контроллеров и пускателей

А.2.1 Маркировка и идентификация выводов силовых цепей

Выводы силовых цепей маркируют однозначными числами буквенно-числовой системой (см. таблицу А.1).

Таблица А.1 — Маркировка выводов силовой цепи

Выводы	Маркировка
Силовая цепь	1/L1-2/T1
	3/L2-4/T2
	5/L3-6/T3
	7/L4-8/T4

Для определенных типов контроллеров или пускателей (см. 5.2.5.3) изготовитель должен предоставить электрическую принципиальную схему.

А.2.2 Маркировка и идентификация выводов цепей управления

А.2.2.1 Выводы питания цепей управления

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт L.2.1) со следующими дополнениями.

А.2.2.2 Выводы вспомогательных цепей и входных/выходных сигналов

Применяют IEC 60947-1:2020 (пункт L.3.2).

А.3 Маркировка и идентификация выводов реле перегрузки

Применяют IEC 60947-1:2020 (раздел L.4).

Приложение B
(xxx)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

Приложение С
(обязательное)

Координация по току пересечения между пускателем и УЗКЗ

С.1 Общие положения и определения

С.1.1 Общие положения

В настоящем приложении приведены различные методы проверки работоспособности пускателей и связанных УЗКЗ при токах ниже и выше пересечения I_{co} их соответствующих время-токовых характеристик, предоставляемые изготовителями пускателя и УЗКЗ, а также соответствующие типы координации, приведенные в 8.2.5.1.

Координацию по току пересечения между пускателем и УЗКЗ проверяют либо прямым методом с использованием специального испытания по С.2, либо для координации типа 2 косвенным методом по С.5.

С.1.2 Термины и определения

С.1.2.1 **ток пересечения I_{co}:** Ток, соответствующий точке пересечения средних или опубликованных кривых, представляющих время-токовые характеристики реле перегрузки и УЗКЗ соответственно.

Примечание — Средние кривые — кривые, соответствующие средним арифметическим значениям, рассчитанным из допусков на время-токовые характеристики, предоставленные изготовителем.

С.1.2.2 **испытательный ток I_{cd}:** Испытательный ток более I_{co}, включая допуски, установленные изготовителем и проверенные на соответствие требованиям по таблице С.1.

С.1.2.3 **выдерживаемая время-токовая характеристика контроллеров/пускателей:** График токов, выдерживаемых контроллером/пускателем, как функция времени.

С.2 Условие испытания для проверки координации при токе пересечения прямым методом

Контроллер или пускатель и связанное с ним УЗКЗ должны быть установлены и подключены как при нормальной эксплуатации. Все испытания проводят, начиная из холодного состояния.

С.3 Испытательные токи и схемы

Испытательная цепь должна соответствовать IEC 60947-1:2020 (подпункт 9.3.3.5.2), за исключением того, что колебательное импульсное переходное напряжение не требует регулировки. Токи для испытаний должны быть следующими:

(i) 0,75 I_{co} (с допуском минус 5 %) и

(ii) 1,25 I_{co} (с допуском плюс 5 %).

Коэффициент мощности испытательной цепи должен соответствовать таблице 10. В случае небольших реле с высоким сопротивлением следует в основном применять катушки индуктивности для наибольшего снижения коэффициента мощности. Восстанавливающееся напряжение должно быть в 1,05 раза больше номинального рабочего напряжения.

УЗКЗ должно соответствовать требованиям 8.2.5.1 и иметь такие же номинальные параметры и характеристики, которые были применены при испытаниях по 9.3.4.3.

Пускатель должен быть подключен так, чтобы он размыкался при срабатывании реле перегрузки. Катушки реле перегрузки, если таковые имеются, должны питаться от отдельного источника при номинальном напряжении питания цепи управления.

С.4 Методика испытания и получаемые результаты

С.4.1 Методика испытания

При замкнутых пускателе и УЗКЗ испытательные токи, указанные в С.3, следует подавать с использованием отдельного замыкающего устройства. В каждом случае испытуемое устройство должно иметь комнатную температуру.

После каждого испытания необходимо проверить срабатывание УЗКЗ, сбросить реле перегрузки и расцепитель автоматического выключателя (при необходимости) или заменить все предохранители, если хотя бы один из них расплавился.

С.4.2 Требуемые результаты

После испытания при токе, указанном в (i) С.3, УЗКЗ не должно срабатывать, а реле или расцепитель перегрузки должны срабатывать для размыкания пускателя. Пускатель не должен иметь повреждений.

После испытания током, указанным в (ii) С.3, УЗКЗ должно сработать раньше пускателя. Пускатель должен соответствовать условиям 9.3.4.3.2 для типа координации, указанного изготовителем.

С.5 Проверка координации при токе пересечения косвенным методом

С.5.1 Общие положения

Примечание — Для координации типа 1 косвенный метод может отличаться от метода, приведенного в этом приложении, и находится в стадии рассмотрения. По этой причине косвенный метод проверки координации в точке пересечения применим только для координации типа 2.

Косвенный метод заключается в проверке на графике (см. рисунок С.1) того, что выполняются условия координации по току пересечения:

- время-токовая характеристика реле перегрузки/расцепителя при расцеплении из холодного состояния, предоставленная изготовителем, должна указывать то, как время отключения изменяется в зависимости от тока до значения не менее I_{co}; данная кривая должна быть расположена ниже время-токовой характеристики УЗКЗ до I_{co};
- I_{cd} пускателя, испытанного по С.5.2, должен быть выше I_{co};
- выдерживаемая время-токовая характеристика контроллера, испытанного в соответствии с С.5.3, должна быть выше время-токовой характеристики (начиная с холодного состояния) реле перегрузки до I_{co}.

С.5.2 Испытание I_{cd}

Применяют 9.3.4.1 со следующим дополнением:

Процедура испытания: контроллер или пускатель должен отключать испытательный ток I_{cd} для количества циклов оперирования в соответствии с таблицей С.1. Испытание проводят без УЗКЗ в цепи.

Таблица С.1 — Условия испытания

	U_r/U_e	cos φ	Включенное время (см. примечание 2), с	Отключенное время, с	Количество операций
I_{cd}	1,05	См. примечание 1	0,05	См. примечание 3	3
Примечание 1 — Коэффициент мощности выбирают по IEC 60947-1:2020 (таблица 16). Примечание 2 — Время может быть менее 0,05 с, если до повторного размыкания контакты успевают занять первоначальное положение. Примечание 3 — См. таблицу 10.					

- Поведение контроллеров или пускателей во время и после испытания при I_{cd}:

a) во время испытания не должно быть устойчивого горения дуги, перекрытий между полюсами, перегорания плавких элементов в цепи заземления (см. 9.3.4.1.2) и сваривания контактов;

b) после испытания:

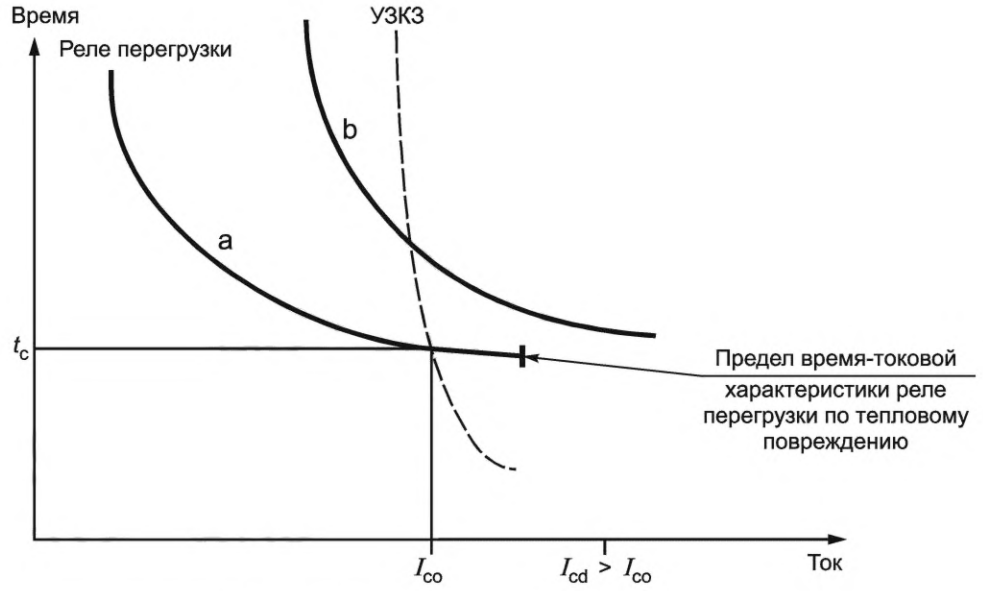
1) контроллер или пускатель должны быть работоспособными и осуществлять переключения соответствующим методом управления;

2) электроизоляционные свойства контроллера или пускателя проверяют испытанием электрических электроизоляционных свойств контроллера и пускателя, используя, по сути, синусоидальное испытательное напряжение, вдвое превышающее номинальное рабочее напряжение U_e, применяемое для испытания I_{cd}, с минимальным значением 1000 В. Испытательное напряжение подают в течение 5 с в соответствии с требованиями 9.3.3.4.1, пункты (2) c) i) и (2) c) ii).

С.5.3 Время-токовая характеристика стойкости к перегрузке контроллеров/пускателей

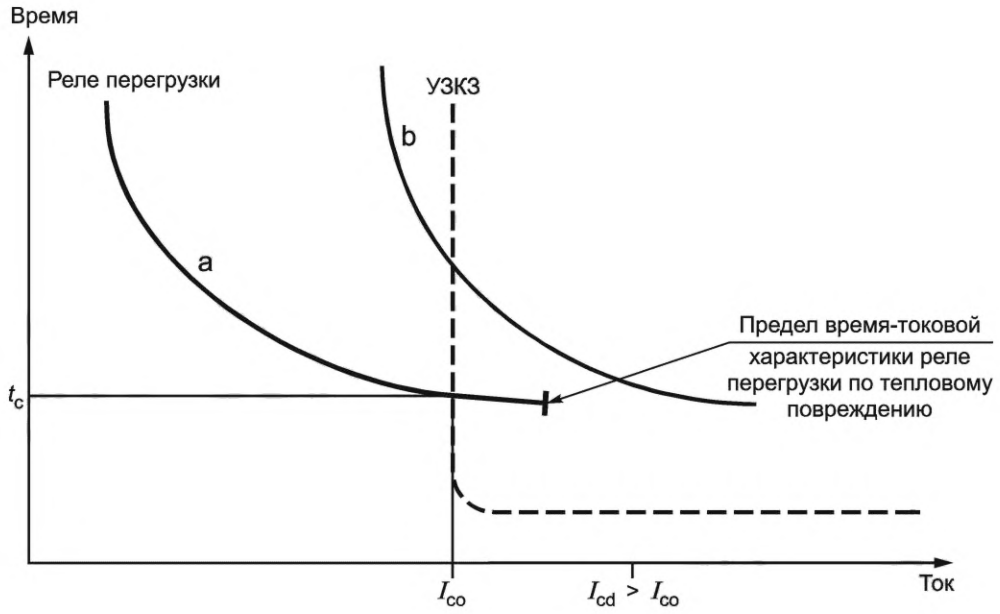
Данная характеристика выдается изготовителем как минимум до I_{co}.

Данная характеристика действительна для токов перегрузки контроллера/пускателя при комнатной температуре. Изготовитель должен указать минимальную продолжительность охлаждения, требуемую для контроллера/пускателя между двумя такими испытаниями на перегрузку.



a — средняя время-токовая характеристика реле перегрузки из холодного состояния;
b — время-токовая характеристика перегрузочной способности контроллера

a) Координация с плавким предохранителем



a — средняя время-токовая характеристика реле перегрузки из холодного состояния;
b — время-токовая характеристика перегрузочной способности контроллера

b) Координация с автоматическим выключателем

Рисунок С.1 — Примеры координации время-токовых характеристик

Приложение D
(xxx)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

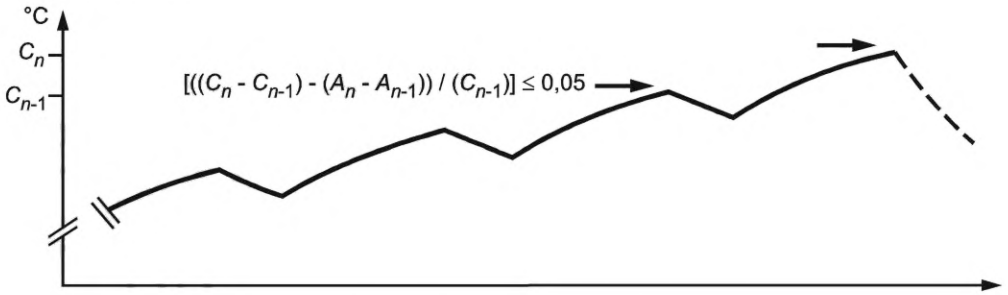
Приложение E
(xxx)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

Приложение F
(справочное)

Работоспособность

Три профиля испытаний на работоспособность, требуемые в 9.3.3.6, приведены ниже: на рисунке F.1 — для тепловой стабильности, рисунок F.2 — для работоспособности при перегрузке и рисунок F.3 — для блокирующей и коммутационной способности.



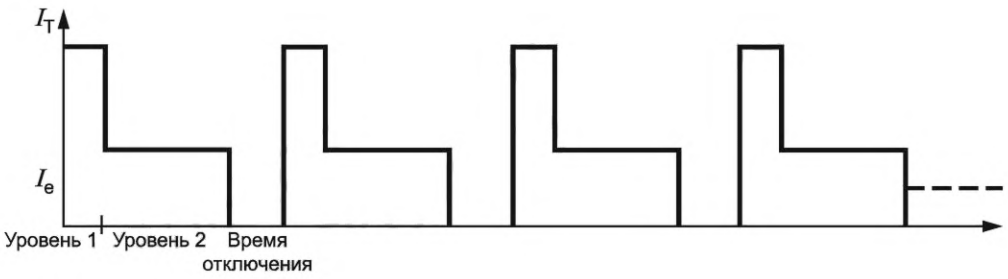
Характерный профиль превышения температуры



Характерный профиль под нагрузкой/без нагрузки



Характерный профиль напряжения управления *U*c

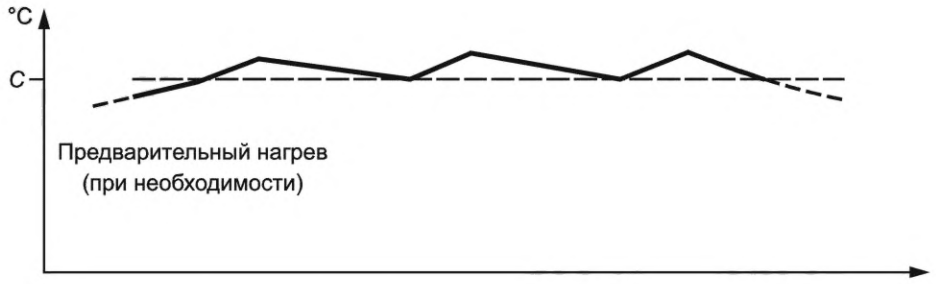


Характерный профиль испытательного тока AC-2a, AC-3a, AC-8a

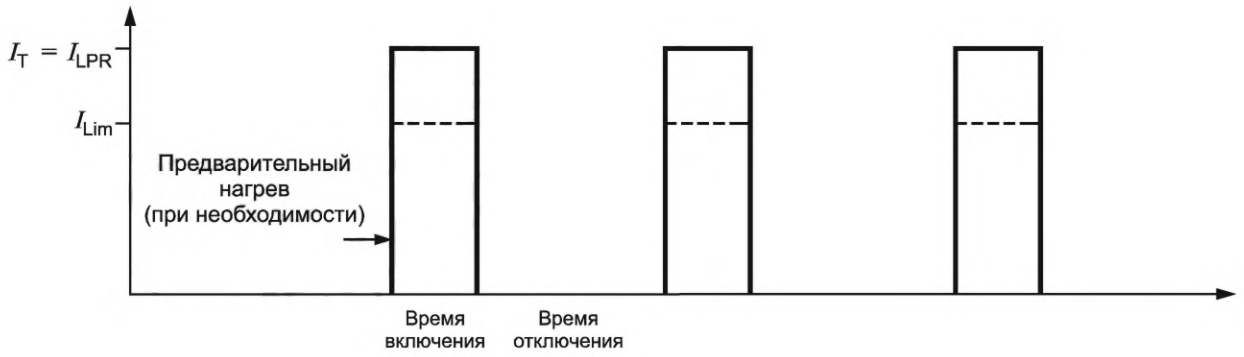


Характерный профиль испытательного тока AC-2a, AC-3a, AC-8a

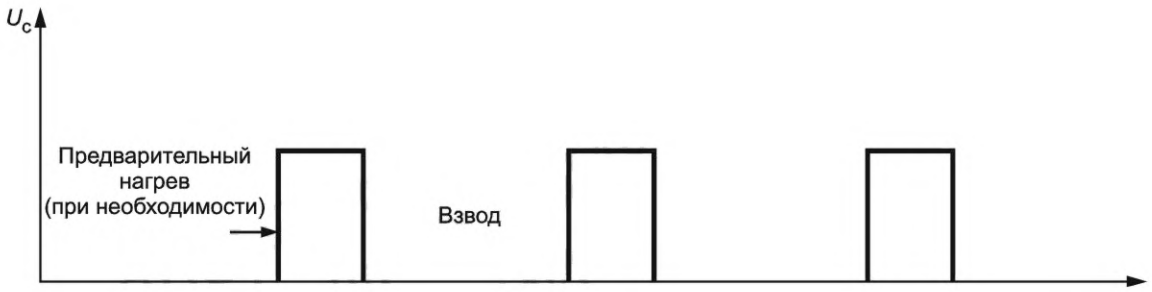
Рисунок F.1 — Профиль испытания тепловой стабильности



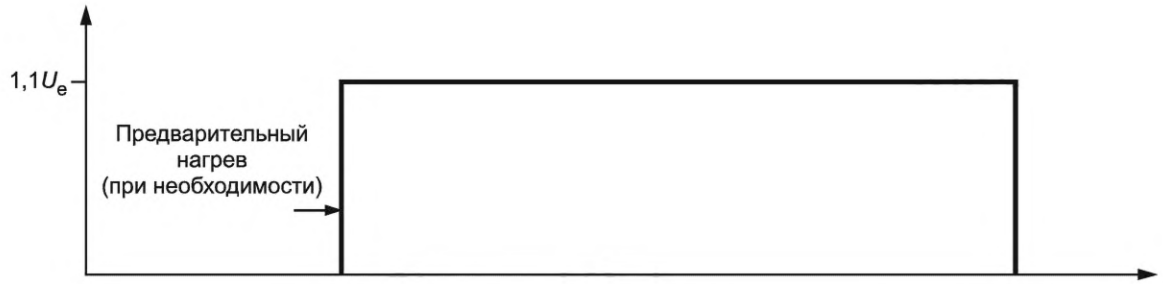
Характерный профиль превышения температуры



Характерный профиль испытательного тока

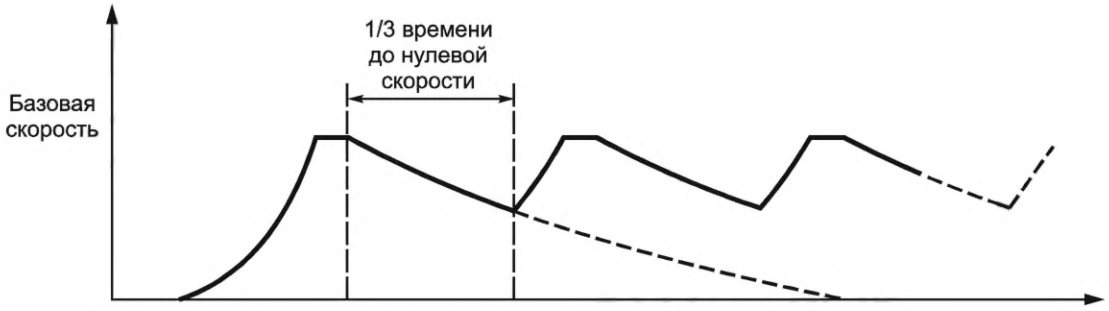


Характерный профиль напряжения управления U_c

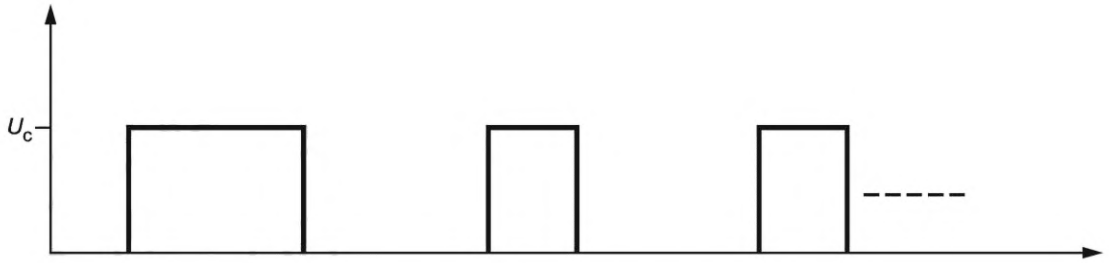


Характерный профиль испытательного напряжения U_T силовой цепи

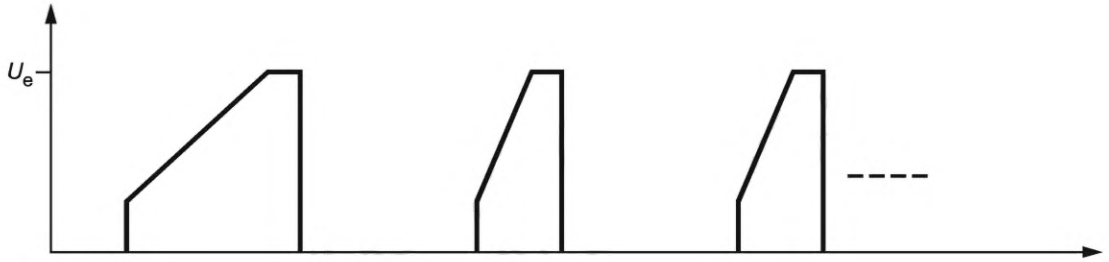
Рисунок F.2 — Профиль испытания работоспособности при перегрузке



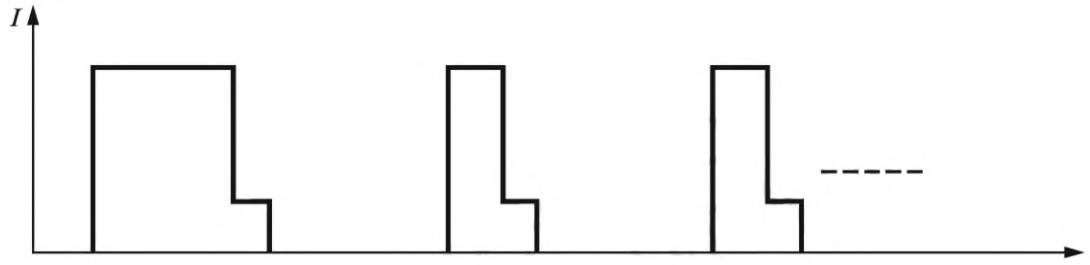
Характерный профиль скорости двигателя



Характерный профиль напряжения управления U_c



Характерный профиль напряжения двигателя



Характерный профиль тока двигателя

Рисунок F.3 — Профиль испытания способности блокировки и коммутации

Приложение G
(справочное)

Номинальные рабочие токи и номинальные рабочие мощности коммутационных устройств электродвигателей

G.1 Общие положения

Приведенные в таблице G.1 значения являются ориентировочными значениями для соотношения между номинальными рабочими токами и номинальными рабочими мощностями. Их следует рассматривать для применения, если сведения об изделиях должны быть предоставлены потребителю.

Положения настоящего приложения применимы ко всем типам коммутационных устройств для электродвигателей.

Цифры согласованы в рамках стандартов, следовательно, являются основой для всей информации о продукте, предоставленной изготовителем.

Значения, приведенные в таблице G.1, являются типичными номинальными рабочими токами (±5 %) двигателей для соответствующих номинальных рабочих мощностей. Для двигателей конструкции NE и HE действует отклонение ±5 %.

Если устройства соответствуют указанным значениям, они могут включать и отключать большинство существующих электродвигателей.

Указанные значения представляют собой согласованное руководство по проектированию коммутационных устройств.

G.2 Номинальные рабочие мощности и номинальные рабочие токи

Номинальная рабочая мощность связана с индивидуальными номинальными рабочими токами при различных напряжениях в соответствии с таблицей G.1.

Ориентировочные значения номинальных рабочих токов определены для четырехполюсного двигателя с короткозамкнутым ротором при 400 В, 1500 мин$^{-1}$ и 50 Гц. Расчетные рабочие токи для других напряжений рассчитаны на основе значений при 400 В.

Таблица G.1 — Номинальные рабочие мощности и номинальные рабочие токи двигателей

Номинальная рабочая мощность		Ориентировочные значения номинальных рабочих токов при										
кВт[a]	л.с.[b]	110—120 В А	200 В А	208 В А	230 В А	220—240 В А	380—415 В А	400 В А	440—480 В А	500 В А	550—600 В А	690 В А
0,06	—	—	—	—	0,35	—	—	0,20	—	0,16	—	0,12
0,09	—	—	—	—	0,52	—	—	0,30	—	0,24	—	0,17
0,12	—	—	—	—	0,70	—	—	0,44	—	0,32	—	0,23
0,18	—	—	—	—	1,0	—	—	0,60	—	0,48	—	0,35
0,25	—	—	—	—	1,5	—	—	0,85	—	0,68	—	0,49
0,37	—	—	—	—	1,9	—	—	1,10	—	0,88	—	0,64
—	1/2	4,4	2,5	2,4	—	2,2	1,3	—	1,1	—	0,9	—
0,55	—	—	—	—	2,6	—	—	1,5	—	1,2	—	0,87
—	3/4	6,4	3,7	3,5	—	3,2	1,8	—	1,6	—	1,3	—
—	1	8,4	4,8	4,6	—	4,2	2,3	—	2,1	—	1,7	—
0,75	—	—	—	—	3,3	—	—	1,9	—	1,5	—	1,1
1,1	—	—	—	—	4,7	—	—	2,7	—	2,2	—	1,6
—	1—1/2	12,0	6,9	6,6	—	6,0	3,3	—	3,0	—	2,4	—
—	2	13,6	7,8	7,5	—	6,8	4,3	—	3,4	—	2,7	—
1,5	—	—	—	—	6,3	—	—	3,6	—	2,9	—	2,1
2,2	—	—	—	—	8,5	—	—	4,9	—	3,9	—	2,8
—	3	19,2	11,0	10,6	—	9,6	6,1	—	4,8	—	3.9	—
3,0	—	—	—	—	11,3	—	—	6,5	—	5,2	—	3,8
4	—	—	—	—	15	—	—	8,5	—	6,8	—	4,9
—	5	30,4	17,5	16,7	—	15,2	9,7	—	7,6	—	6,1	—
5,5	—	—	—	—	20	—	—	11,5	—	9,2	—	6,7
—	7—1/2	44,0	25,3	24,2	—	22,0	14,0	—	11,0	—	9,0	—
—	10	56,0	32,2	30,8	—	28,0	18,0	—	14,0	—	11,0	—
7,5	—	—	—	—	27	—	—	15,5	—	12,4	—	8,9

Продолжение таблицы G.1

Номинальная рабочая мощность		Ориентировочные значения номинальных рабочих токов при										
кВт[a)]	л.с.[b)]	110—120 В А	200 В А	208 В А	230 В А	220—240 В А	380—415 В А	400 В А	440—480 В А	500 В А	550—600 В А	690 В А
11	—	—	—	—	38,0	—	—	22,0	—	17,6	—	12,8
—	15	84	48,3	46,2	—	42,0	27,0	—	21,0	—	17,0	—
—	20	108	62,1	59,4	—	54,0	34,0	—	27,0	—	22,0	—
15	—	—	—	—	51	—	—	29	—	23	—	17
18,5	—	—	—	—	61	—	—	35	—	28	—	21
—	25	136	78,2	74,8	—	68	44	—	34	—	27	
22	—	—	—	—	72	—	—	41	—	33	—	24
—	30	160	92	88	—	80	51	—	40	—	32	—
—	40	208	120	114	—	104	66	—	52	—	41	—
30	—	—	—	—	96	—	—	55	—	44	—	32
37	—	—	—	—	115	—	—	66	—	53	—	39
—	50	260	150	143	—	130	83	—	65	—	52	—
—	60	—	177	169	—	154	103	—	77	—	62	—
45	—	—	—	—	140	—	—	80	—	64	—	47
55	—	—	—	—	169	—	—	97	—	78	—	57
—	75	—	221	211	—	192	128	—	96	—	77	—
—	100	—	285	273	—	248	165	—	124	—	99	—
75	—	—	—	—	230	—	—	132	—	106	—	77
90	—	—	—	—	278	—	—	160	—	128	—	93
—	125	—	359	343	—	312	208	—	156	—	125	—
110	—	—	—	—	340	—	—	195	—	156	—	113
—	150	—	414	396	—	360	240	—	180	—	144	—
132	—	—	—	—	400	—	—	230	—	184	—	134
—	200	—	552	528	—	480	320	—	240	—	192	—

Продолжение таблицы G.1

Номинальная рабочая мощность		Ориентировочные значения номинальных рабочих токов при										
кВт[a)]	л.с.[b)]	110—120 В А	200 В А	208 В А	230 В А	220—240 В А	380—415 В А	400 В А	440—480 В А	500 В А	550—600 В А	690 В А
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160	—	—	—	—	487	—	—	280	—	224	—	162
185	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	250	—	—	—	—	604	403	—	302	—	242	—
200	—	—	—	—	609	—	—	350	—	280	—	203
220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	300	—	—	—	—	722	482	—	361	—	289	—
250	—	—	—	—	748	—	—	430	—	344	—	250
280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	350	—	—	—	—	828	560	—	414	—	336	—
—	400	—	—	—	—	954	636	—	477	—	382	—
300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
315	—	—	—	—	940	—	—	540	—	432	—	313
—	450	—	—	—	—	1030	—	—	515	—	412	—
335	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
355	—	—	—	—	1061	—	—	610	—	488	—	354
—	500	—	—	—	—	1180	786	—	590	—	472	—
375	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	1200	—	—	690	—	552	—	400
425	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
475	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	—	—	—	—	1478	—	—	850	—	680	—	493
530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы G.1

Номинальная рабочая мощность		Ориентировочные значения номинальных рабочих токов при										
кВт[a]	л.с.[b]	110—120 В А	200 В А	208 В А	230 В А	220—240 В А	380—415 В А	400 В А	440—480 В А	500 В А	550—600 В А	690 В А
560	—	—	—	—	1652	—	—	950	—	760	—	551
600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
630	—	—	—	—	1844	—	—	1060	—	848	—	615
670	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
710	—	—	—	—	2070	—	—	1190	—	952	—	690
750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	—	—	—	—	2340	—	—	1346	—	1076	—	780
850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
900	—	—	—	—	2640	—	—	1518	—	1214	—	880
950	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	—	—	—	—	2910	—	—	1673	—	1339	—	970

[a] Предпочтительные номинальные значения по IEC 60072-1:1991 (первичная серия).

[b] Значения мощности в лошадиных силах и токов в соответствии с NFPA 70, Национальными электротехническими нормами и Канадскими электротехническими нормами CSA C22.1.

Приложение H
(xxx)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

Приложение I
(обязательное)

Модифицированная испытательная схема для испытания полупроводниковых контроллеров и пускателей двигателей на короткое замыкание

Стандартные схемы для испытаний на короткое замыкание приведены в IEC 60947-1:2020 (рисунки 9—12).

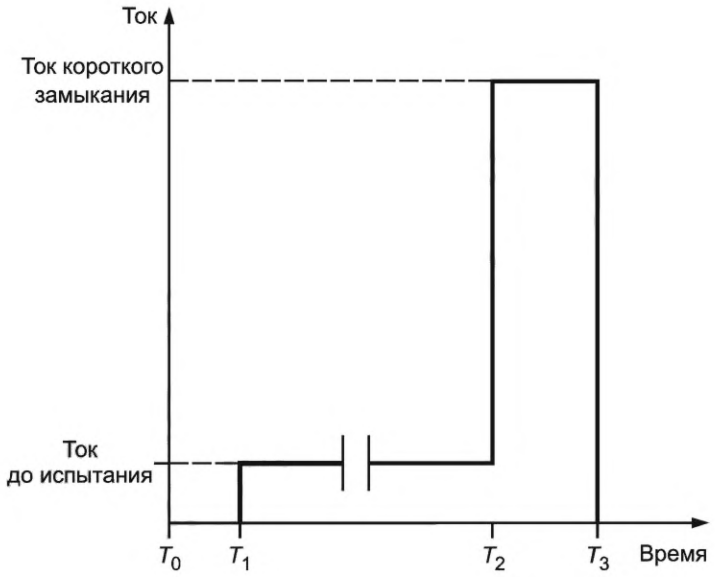
Схема на рисунке I.1 отображает изменения только одной фазы стандартной испытательной схемы для проведения испытаний на короткое замыкание полупроводниковых контроллеров. Модификации каждой фазы испытательной схемы идентичны для испытания многофазных электроаппаратов. Единственные изменения, которые необходимо внести, приведены на рисунке I.1.



D — испытуемый электроаппарат (в том числе соединительные кабели)

Примечание — Выделение означает металлический экран или кожух.

Рисунок I.1 — Измененная схема для испытаний полупроводниковых электроаппаратов на короткое замыкание



T_0 — размыкание короткозамыкающего переключателя (см. 9.3.4.1.6 a)); T_1 — испытательная цепь под напряжением (см. 9.3.4.1.6 b)); T_2 — замыкание короткозамыкающего переключателя (9.3.4.1.6 c)); T_3 — УЗКЗ отключает короткое замыкание

Рисунок I.2 — Ось времени для испытания на короткое замыкание по 9.3.4.1.6

Приложение J
(xxx)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

Приложение K
(xxx)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

Приложение L
(обязательное)

Примеры снижения категории перенапряжения

L.1 Общие положения

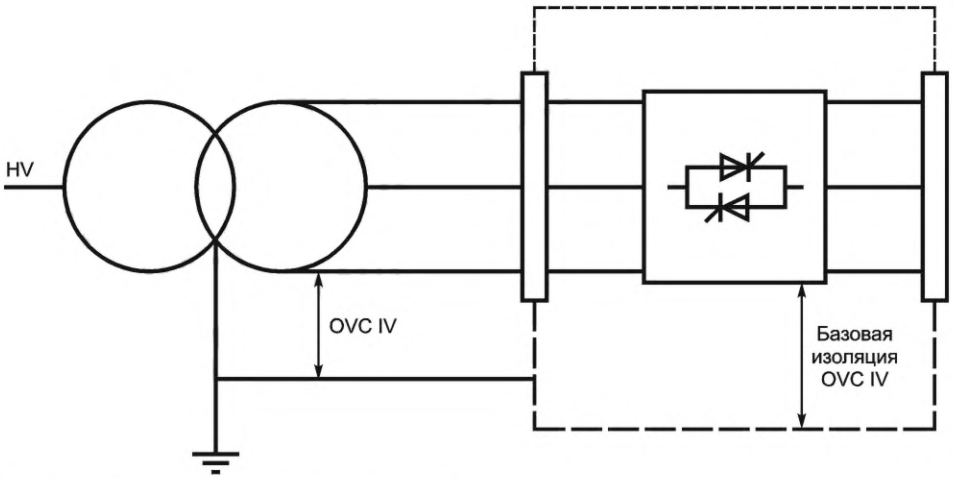
Рисунки L.1 — L.9 предназначены для наглядного отображения требований 8.1.4, 8.2.3 и 8.1.14 настоящего стандарта и IEC 60947-1:2020 (приложение N). Они не являются показателями надлежащей практики проектирования. В таблице L.1 приведена расшифровка обозначений, принятых на рисунках.

Таблица L.1 — Расшифровка обозначений схем

----------	Базовая защита
– – – – – –	Доступные токоведущие части
—·—·—·—	Защитное разделение
УЗИП	Устройство защиты от импульсных перенапряжений (пример меры по снижению импульсных перенапряжений)
OVC	Категория перенапряжения. Связь между категорией перенапряжения и импульсным напряжением приведена в IEC 60947-1:2020 (приложение H).

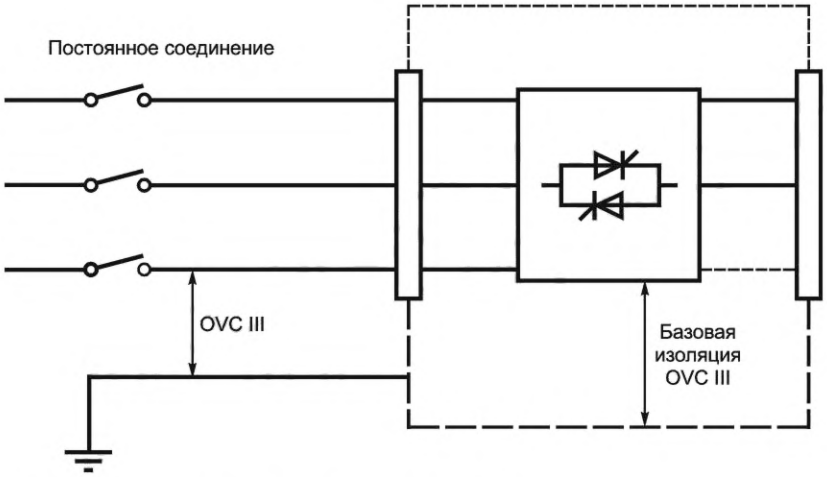
L.2 Изоляция окружения

L.2.1 Цепи, подключенные непосредственно к сети питания



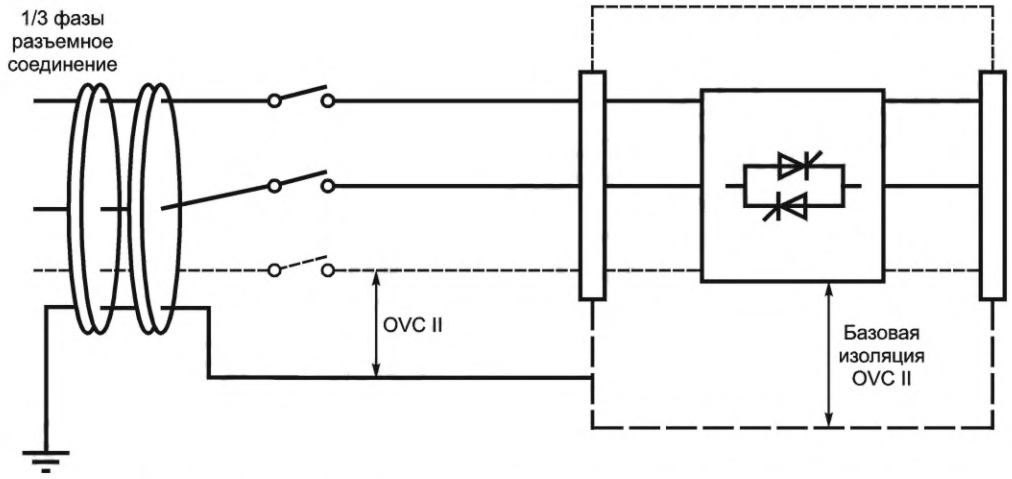
Примечание – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Рисунок L.1 — Оценка основной изоляции для цепей, подключенных непосредственно ко входу сети питания установки



Примечание – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Рисунок L.2 — Оценка основной изоляции для цепей, подключенных непосредственно к сети питания

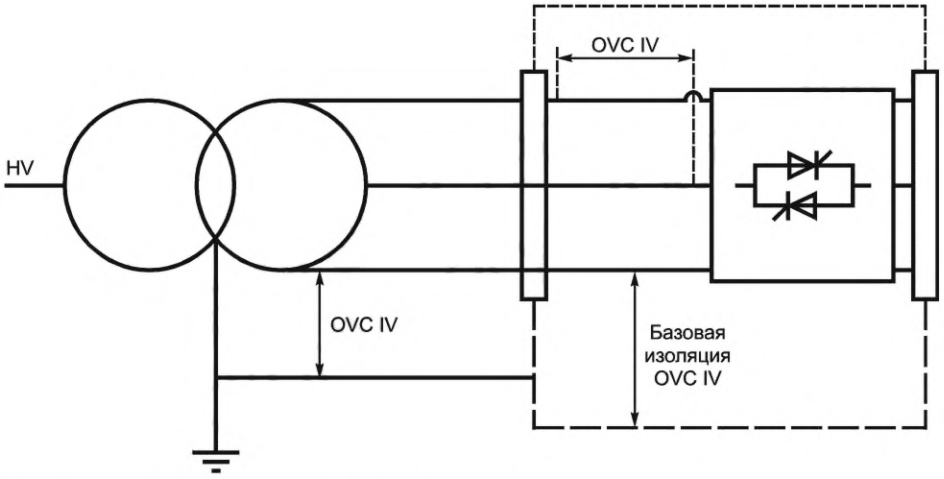


Примечание – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Рисунок L.3 — Оценка основной изоляции для электроаппарата, не постоянно подключенного к сети питания

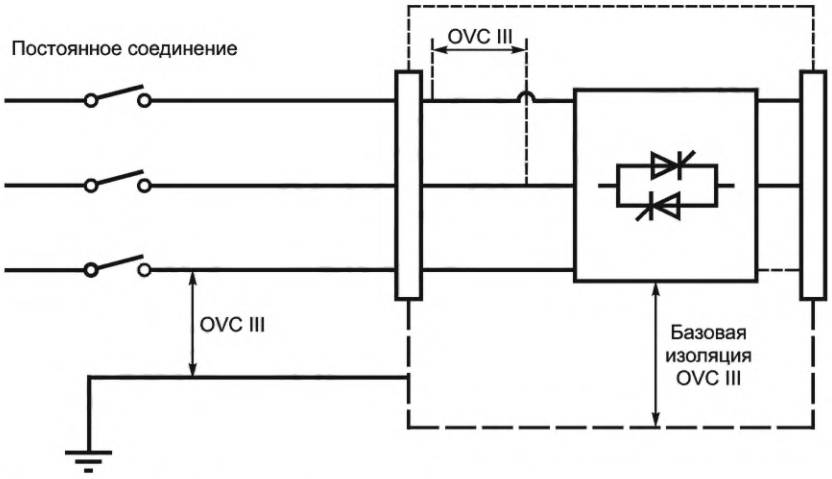
L.2.2 Изоляция между цепями

Изоляция между двумя цепями, которые указаны с принудительным разделением, должна быть спроектирована в соответствии с цепью, к которой предъявляются более строгие требования.



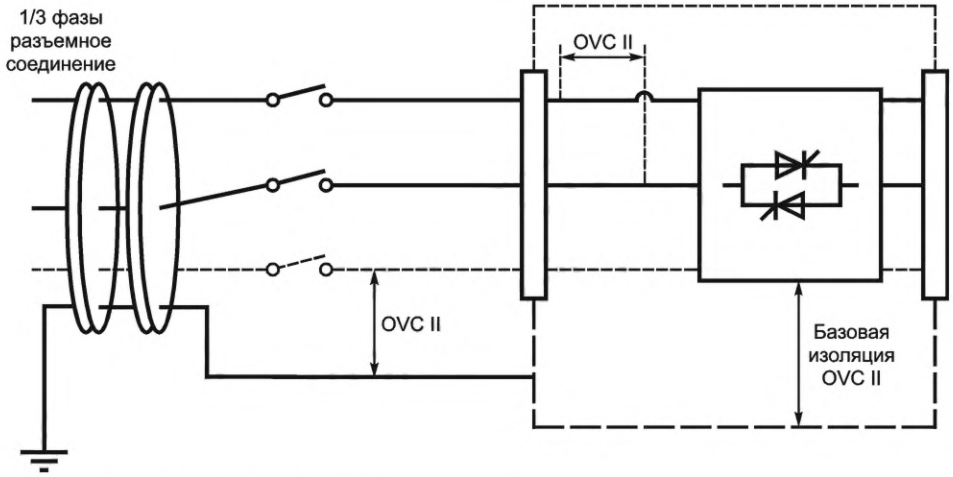
Примечание – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Рисунок L.4 — Оценка основной изоляции для изоляции между цепями, которые подключены непосредственно ко входу сети питания установки и указаны как принудительно разделенные



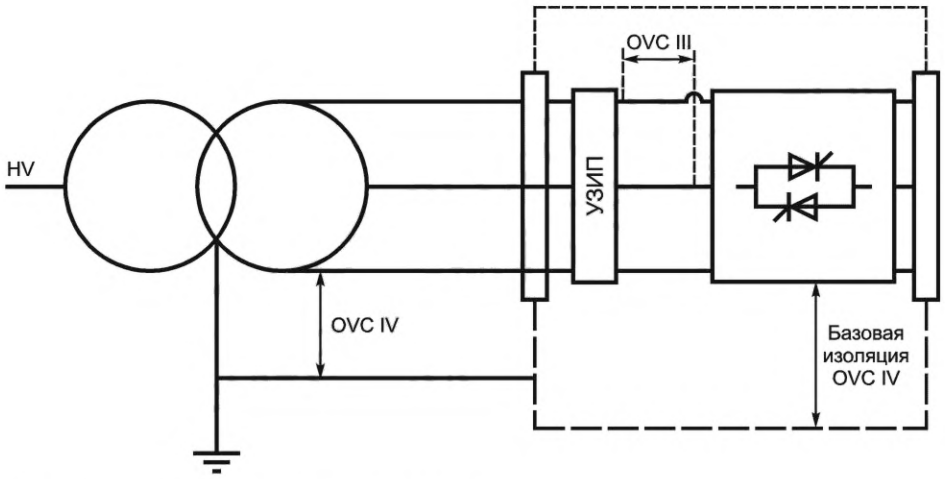
Примечание – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Рисунок L.5 — Оценка основной изоляции для изоляции между цепями, которые подключены непосредственно к сети питания и указаны как принудительно разделенные



Примечание – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Рисунок L.6 — Оценка основной изоляции для изоляции между цепями, которые не постоянно подключены непосредственно к сети питания и заявлены с принудительным разделением

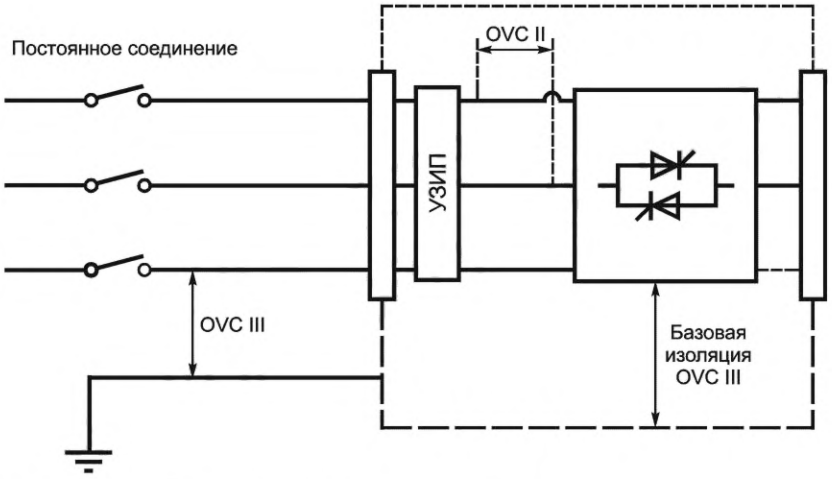


Примечание 1 – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Примечание 2 – См. 8.1.14.

Необходимо обеспечить слежение за УЗИП. Для контроля УЗИП также допускается применять установленное УЗКЗ.

Рисунок L.7 — Оценка основной изоляции для изоляции между цепями, которые подключены непосредственно к источнику питания установки и указаны как принудительно разделенные при применении внутренних УЗИП

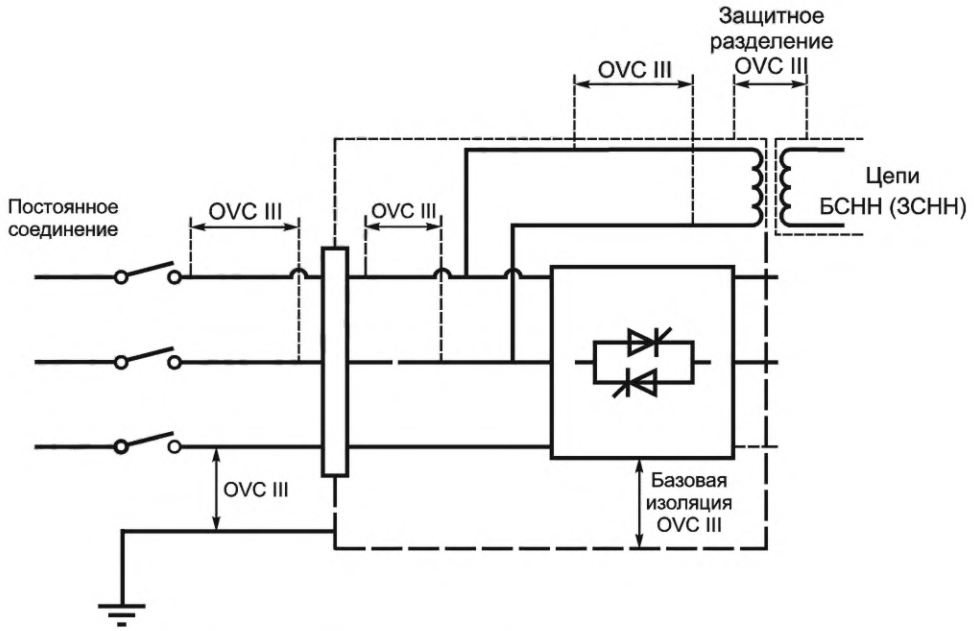


Примечание 1 – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Примечание 2 – См. 8.1.14.

Необходимо обеспечить слежение за УЗИП. Для контроля УЗИП также допускается применять установленное УЗКЗ.

Рисунок L.8 — Оценка основной изоляции для изоляции между цепями, которые подключены непосредственно к сети питания и указаны как принудительно разделенные при применении внутренних УЗИП



Примечание 1 – Расшифровка приведена в таблице L.1.

Примечание 2 – См. 8.1.14.

Рисунок L.9 — Оценка основной изоляции для изоляции между цепями, которые подключены непосредственно к сети питания и указаны как принудительно разделенные

Приложение М
(xxx)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

Приложение N
(обязательное)

Дополнительные требования и испытания электроаппарата с защитным разъединением

N.1 Общие положения

Целью настоящего приложения является определение дополнительных требований к IEC 60947-1:2020 (приложение N).

N.2 Определения

В настоящем стандарте применяют термины и определения по IEC 60947-1:2020 (подраздел N.2), а также следующие термины и определения:

N.2.1 **ток прикосновения:** Электрический ток, проходящий через тело человека или через тело животного, когда оно касается одной или нескольких доступных частей электрической установки или электроаппарата.

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-826:2004-08, 826-11-12]

N.3 Требования

N.3.1 Метод испытания для реализации защитного сопротивления

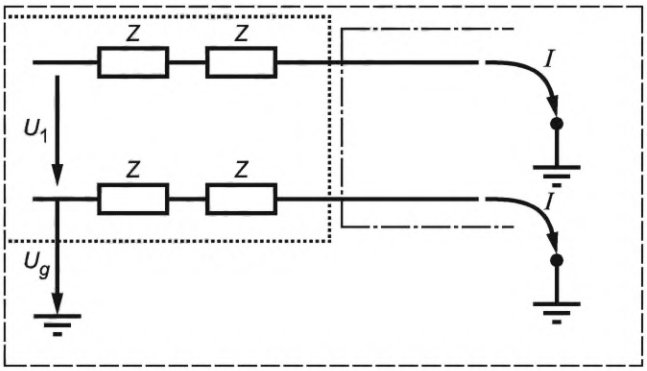
Защитное сопротивление должно быть организовано так, чтобы в нормальных условиях и условиях единичного отказа в соответствии с IEC 61140:2016 (4.2 и 4.3) соответственно ток прикосновения и имеющаяся энергия разряда были ограничены.

Защитное сопротивление должно быть запроектировано и испытано на устойчивость к импульсным напряжениям и временным перегрузкам по напряжению в цепях, к которым оно подключено.

Соответствие требованиям по ограничению тока прикосновения проверяют испытанием по N.3.2.

Соответствие предельному значению 0,5 мДж энергии разряда проверяют путем расчетов и/или измерений для определения напряжения и емкости.

На рисунке N.1 приведен пример метода применения защитного сопротивления.



Z — импеданс; U_1 — опасное напряжение, заземленное или незаземленное;
U_g — опасное напряжение в условиях короткого замыкания на землю; I — ток прикосновения

Примечание 1 — Для обеспечения защиты в условиях единичного отказа используют следующее уравнение: $I = \frac{U_g}{Z}$.

Примечание 2 — Данный рисунок воспроизведен на основе IEC 62477-1:2012 (рисунок A.2).

Рисунок N.1 — Защита с использованием защитного сопротивления

N.3.2 Измерение тока прикосновения

Испытуемый электроаппарат должен быть установлен в изолированном состоянии без каких-либо подключений к земле и на него должно быть подано номинальное напряжение. В этих условиях ток прикосновения измеряют между доступными прикосновению частями и землей в испытательной цепи по рисунку N.2.

Для электроаппарата, подключаемого к сети с заземленной нейтралью, нейтраль силовой цепи объекта испытаний должна быть напрямую подключена к земле.

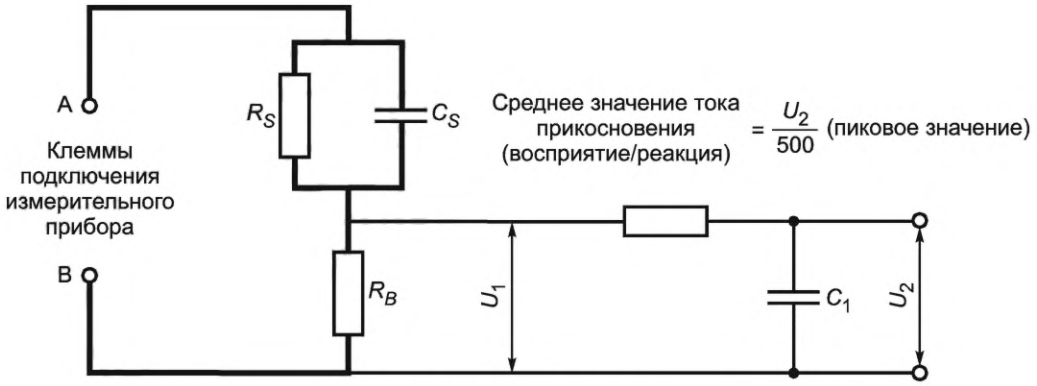
Для электроаппарата, подключаемого к сети с заземленной нейтралью или защитным сопротивлением, нейтраль силовой испытательной цепи должна быть напрямую подключена к земле.

Допускаются следующие максимальные значения тока прикосновения (значения переменного тока частотой до 100 Гц):

a) стабильный ток, протекающий через одновременно доступные проводящие части, не превышающий 0,5 мА для переменного или постоянного тока в нормальных рабочих условиях;

b) значения, не превышающие 3,5 мА переменного тока или 10 мА постоянного тока в условиях единичного отказа.

Как показано на рисунке N.2, измеряют напряжение U_2 и ток рассчитывают путем деления измеренного напряжения U_2 на 500 Ом.



R_S = 1500 Ом; R_B = 500 Ом; R_1 = 10 кОм; C_S = 0,22 мкФ; C_1 = 0,022 мкФ

Примечание — Испытательная измерительная цепь приведена по IEC 60990:2016 (рисунок 4).

Рисунок N.2 — Измерительный прибор

Электрические измерительные приборы должны иметь достаточный диапазон для обеспечения точных показаний с учетом всех составляющих (переменного тока, частоты питающей сети постоянного тока, высокой частоты и содержания гармоник) измеряемого параметра. Если измеряют среднеквадратичное значение, необходимо обеспечить получение от измерительных приборов истинных среднеквадратичных показаний несинусоидальных и синусоидальных сигналов.

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 60034-1:2017	IDT	ГОСТ IEC 60034-1—2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики»
IEC 60445	MOD	ГОСТ 33542—2015 (IEC 60445:2010) «Основополагающие принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек-машина», выполнение и идентификация. Идентификация выводов электрооборудования, концов проводников и проводников»
IEC 60715	IDT	ГОСТ IEC 60715—2021 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на направляющих электрических аппаратов в устройствах распределения и управления»
IEC 60730-1	IDT	ГОСТ IEC 60730-1—2016 «Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 1. Общие требования»
IEC 60947-1:2020	IDT	ГОСТ IEC 60947-1—2017 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие правила»
IEC 61000-3-2	IDT	ГОСТ IEC 61000-3-2—2021 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока (оборудование с выходным током не более 16 А на фазу)»
IEC 61000-3-3	IDT	ГОСТ IEC 61000-3-3—2015 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 16 А (в одной фазе), подключаемого к сети электропитания без особых условий»
IEC 61000-3-11	IDT	ГОСТ IEC 61000-3-11—2022 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-11. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 75 А при соблюдении особых условий подключения»
IEC 61000-3-12	IDT	ГОСТ IEC 61000-3-12—2016 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-12. Нормы. Нормы гармонических составляющих тока, создаваемых оборудованием, подключаемым к общественным низковольтным системам, с входным током более 16 А, но не более 75 А в одной фазе»
IEC 61140:2016	MOD	ГОСТ Р 58698—2019 (МЭК 61140:2016) «Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования»

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
CISPR 11:2015	IDT	ГОСТ CISPR 11—2017 «Электромагнитная совместимость. Оборудование промышленное, научное и медицинское. Характеристики радиочастотных помех. Нормы и методы испытаний»
ISO 2859-1:1999	—	*, 1)

* 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)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 2859-1—2007 «Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества».

Библиография

IEC 60034-30-1	Rotating electrical machines — Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code) [Машины электрические вращающиеся. Часть 30-1. Классы эффективности двигателей переменного тока, работающих от сети (код IE)]
IEC 60050-151:2001	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 151: Electrical and magnetic devices [Международный электротехнический словарь. Часть 151. Электрические и магнитные устройства]
IEC 60050-195:1998	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 195: Earthing and protection against electric shock [Международный электротехнический словарь. Часть 195. Заземление и защита от электрического удара]
IEC 60050-441:1984	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 441: Switchgear, controlgear and fuses [Международный электротехнический словарь. Часть 441. Коммутационная аппаратура, аппаратура управления и предохранители]
IEC 60050-442:1998	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 442: Electrical accessories [Международный электротехнический словарь. Часть 442. Электрические аксессуары]
IEC 60050-826:2004	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 826: Electrical installations [Международный электротехнический словарь. Часть 826. Электрические установки]
IEC 60068-2-2:2007	Environmental testing — Part 2-2: Tests — Test B: Dry heat [Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-2. Испытания. Испытание В. Сухое тепло]
IEC 60072-1:1991	Dimensions and output series for rotating electrical machines — Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1080 [Машины электрические вращающиеся. Размеры и ряды выходных мощностей. Часть 1.Габаритные номера от 56 до 400 и номера фланцев от 55 до 1080]
IEC 60079 (all parts) [все части]	Explosive atmospheres [Взрывоопасные среды]
IEC 60085:2007	Electrical insulation — Thermal evaluation and designation [Электрическая изоляция. Классификация по термическим свойствам]
IEC 60269-1:2006	Low-voltage fuses — Part 1: General requirements [Предохранители низковольтные плавкие. Часть 1. Общие требования]
IEC 60364-1	Low-voltage electrical installations — Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions [Электрические установки зданий. Часть 1. Основные принципы, оценка общих характеристик, определения]
IEC 60417	Graphical symbols for use on equipment [Обозначения графические на оборудовании] (available at http://gost.e-ecolog.ru [на сайте gost.e-ecolog.ru])
IEC 60664 (all parts) [все части]	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems [Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах]
IEC 60947-2	Low-voltage switchgear and controlgear — Part 2: Circuit-breakers [Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 2. Автоматические выключатели]
IEC 60947-3	Low-voltage switchgear and controlgear — Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units [Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 3. Выключатели, разъединители, выключатели-разъединители и блоки предохранителей]

IEC 60947-4-1	Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-1: Contactors and motor starters — Electromechanical contactors and motor-starters [Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 4-1. Контакторы и пускатели электродвигателей. Электромеханические контакторы и пускатели электродвигателей]
IEC 60947-4-3	Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-3: Contactors and motor starters — AC semiconductor controllers and contactors for non-motor loads [Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 4-3. Контакторы и пускатели электродвигателей. Полупроводниковые плавные регуляторы и контакторы переменного тока для нагрузок, отличных от нагрузок двигателей]
IEC 60990:2016	Methods of measurement of touch current and protective conductor current [Методы измерения тока от прикосновения и тока защитного проводника]
IEC 61000-4 (all parts) [все части]	Electromagnetic compatibility (EMC) — Testing and measurement techniques [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Методы испытаний и измерений]
IEC 61032	Protection of persons and equipment by enclosures — Probes for verification [Защита людей и оборудования, обеспечиваемая оболочками. Щупы испытательные]
IEC 61800 (all parts) [все части]	Adjustable speed electrical power drive systems [Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью]
IEC 62443 (all parts) [все части]	Security for industrial automation and control systems [Защищенность (кибербезопасность) систем управления и промышленной автоматики]
IEC 62477-1:2012	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment — Part 1: General [Требования безопасности к силовым электронным преобразовательным системам и оборудованию. Часть 1. Общие положения]
IEC 62683-1	Low-voltage switchgear and controlgear — Product data and properties for information exchange — Part 1: Catalogue data [Устройства комплектные распределительные низкого напряжения. Данные по изделиям и их свойства для обмена информацией. Часть 1. Данные каталога]
IEC TR 63054	Low-voltage switchgear and controlgear — Fire risk analysis and risk reduction measures [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Анализ рисков возникновения пожара и меры по снижению риска]
IEC TS 63058	Environmental aspects for low-voltage switchgear and controlgear and their assemblies [Аппаратура распределения и управления и их комплектные устройства низковольтные]
IEC TR 63201	Low-voltage switchgear and controlgear — Guidance for the development of embedded software [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Руководство по разработке встроенного программного обеспечения]
IEC TS 63208	Low-voltage switchgear and controlgear — Security aspects [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Аспекты безопасности]
IEC Guide 104:2019	The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications [Подготовка публикаций по безопасности и использование основополагающих и групповых публикаций по безопасности]
ISO/IEC 82079-1	Preparation of instructions for use — Structuring, content and presentation — Part 1: General principles and detailed requirements [Подготовка инструкций по применению. Построение, содержание и представление материала. Часть 1. Общие принципы и подробные требования]
ISO/IEC Guide 51:2014	Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards [Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты]

ISO 3864-2	Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 2: Design principles for product safety labels [Символы графические. Цвета и знаки безопасности. Часть 2. Принципы проектирования для этикеток безопасности на изделиях]
NFPA 70	National Electrical Code [Национальный электротехнический кодекс]
CSA C22.1	Canadian Electrical Code (CE Code) [Канадский электротехнический кодекс]
UL 508:2013	Industrial Control Equipment [Оборудование промышленного контроля]

УДК 621.316.053:006.354 МКС 29.130.20 IDT

Ключевые слова: контакторы электродвигателей переменного тока, пускатели электродвигателей переменного тока, полупроводниковые контроллеры, устройства плавного пуска, испытания

Редактор *А.В. Локтионова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 13.07.2023. Подписано в печать 26.07.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 10,04.

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

gost.e-ecolog.ru