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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60947-6-2— 2024

АППАРАТУРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНАЯ

Часть 6-2

Аппаратура многофункциональная. Коммутационные устройства (или оборудование) управления и защиты

(IEC 60947-6-2:2020, Low-voltage switchgear and controlgear — Part 6-2: Multiple function equipment — Control and protective switching devices (or equipment) (CPS), IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

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 июля 2024 г. № 175-П)

За принятие проголосовали:

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

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 сентября 2024 г. № 1251-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60947-6-2—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2025 г. с правом досрочного применения

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60947-6-2:2020 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 6-2. Оборудование многофункциональное. Коммутационные устройства (или оборудование) управления и защиты» (Low-voltage switchgear and controlgear — Part 6-2: Multiple function equipment — Control and protective switching devices (or equipment) (CPS), IDT).

Международный стандарт IEC 60947-6-2 разработан подкомитетом 121A «Низковольтные распределительные устройства и устройства управления» Технического комитета 121 «Распределительные устройства и устройства 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 1.5 (подраздел 3.6) и для увязки с наименованиями, принятыми в существующем комплексе межгосударственных стандартов.

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

6 ВЗАМЕН ГОСТ IEC 60947-6-2—2013

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», 2024



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 и определения 3
3.1 Общие положения 3
3.2 Термины и определения, относящиеся к оборудованию 3
3.3 Термины и определения, касающиеся характерных величин 4
3.4 Термины и определения, касающиеся аспектов безопасности 4
4 Классификация 5
5 Характеристики 5
5.1 Перечень характеристик 5
5.2 Тип оборудования 6
5.3 Номинальные и предельные значения параметров силовой цепи 6
5.4 Категории применения 7
5.5 Цепи управления 9
5.6 Вспомогательные цепи 9
5.7 Реле и расцепители 9
6 Информация об устройстве 11
6.1 Характер информации 11
6.2 Маркировка 13
6.3 Инструкции по монтажу, эксплуатации и обслуживанию 13
6.4 Воздействие на окружающую среду 13
7 Нормальные условия эксплуатации, монтажа и транспортирования 14
8 Требования к конструкции и работоспособности 14
8.1 Требования к конструкции 14
8.2 Требования к работоспособности 19
8.3 Электромагнитная совместимость (ЭМС) 31
9 Испытания 33
9.1 Виды испытаний 33
9.2 Соответствие требованиям конструкции 34
9.3 Соответствие требованиям к работоспособности 36
9.4 Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) 45
9.5 Циклы испытаний 50
9.6 Контрольные испытания 58
Приложение A (обязательное) Специальные испытания 60
Приложение B (XXX) Свободно 62
Приложение C (обязательное) Маркировка и идентификация контактных зажимов КУУЗ 63
Приложение D (справочное) Вопросы, подлежащие согласованию между изготовителем и потребителем 64
Приложение E (XXX) Свободно 65
Приложение F (обязательное) Требования к вспомогательному контакту, соединенному с силовым контактом (зеркальным контактом) 66
Приложение G (обязательное) Последовательность испытаний КУУЗ для систем IT 68
Приложение H (XXX) Свободно 70

Приложение I (справочное) Классификатор символов и графическое представление характеристик 71
Приложение J (XXX) Свободно 72
Приложение K (обязательное) Процедура получения данных по применению электромеханических КУУЗ в назначениях функциональной безопасности 73
Приложение L (XXX) Свободно 74
Приложение M (обязательное) Показатели мониторинга нагрузки 75
Приложение N (обязательное) Дополнительные требования и испытания для оборудования с защитным разделением 79
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 81
Библиография 82

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

АППАРАТУРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНАЯ

Часть 6-2

Аппаратура многофункциональная. Коммутационные устройства (или оборудование) управления и защиты

Low-voltage switchgear and controlgear. Part 6-2. Multiple function equipment.
Control and protective switching devices (or equipment)

Дата введения — 2025—06—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт применяется к коммутационным устройствам управления и защиты (КУУЗ) (или к оборудованию), силовые контакты которых предназначены для подключения к цепям с номинальным напряжением, не превышающим 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока.

Настоящий стандарт распространяет свое действие на КУУЗ, которые:

- обеспечивают функции защиты и управления цепями и двигателями;
- имеют функцию дистанционного управления;
- обеспечивают непрерывность обслуживания после перегрузки по току;
- могут иметь дополнительные функции, такие как обеспечение функции разъединителя или передача сигналов.

Настоящий стандарт не применяется:

- к вспомогательным контактам, попадающим под действие IEC 60947-5-1;
- КУУЗ, включенные в цепь после частотного преобразователя[1)].

Примечание — Дополнительные требования к КУУЗ, включенному в цепь после частотного преобразователя, рассматривают для следующего цикла технического обслуживания;

- использованию устройства с дополнительными мерами предосторожности во взрывоопасных средах, попадающих под действие IEC 60079 (все части);
- технологическим требованиям для разработки встроенного программного обеспечения, на который распространяется IEC TR 63201;
- аспектам информационной безопасности, охватываемым IEC TS 63208.

Настоящий стандарт содержит:

- характеристики КУУЗ;
- условия соответствия, предъявляемые к КУУЗ применительно к срабатыванию и работоспособности, диэлектрическим свойствам, к степени защиты, обеспечиваемой их оболочкой, где это применимо, к его конструкции, включая меры безопасности от поражения электрическим током, пожарной и механической опасности;
- методы испытаний, предназначенные для проверки соблюдения условий, и методы оценки проведенных испытаний;
- информацию, которую наносят на КУУЗ или предоставляют вместе с ней.

[1)] В связи с этим изготовитель несет ответственность за принятие дополнительных мер безопасности.

Издание официальное

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 60085:2007, Electrical insulation — Thermal evaluation and designation (Электрическая изоляция. Классификация по термическим свойствам)

IEC 60417, Graphical symbol for user on equipment (available at gost.e-ecolog.ru equipment) [Графические символы для применения на оборудовании (доступно на сайте: gost.e-ecolog.ru graphical-symbols.info/equipment)]

IEC 60617, Graphical symbols for diagrams (available at gost.e-ecolog.ru) [Обозначения условные графические для схем (доступно по ссылке: gost.e-ecolog.ru)]

IEC 60715:2017, 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 (Устройство распределительное комплектное. Часть 1. Общие правила)

IEC 60947-2:2016, Low-voltage switchgear and controlgear — Part 2: Circuit-breakers (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 2. Автоматические выключатели)

IEC 60947-2:2016/AMD1:2019

IEC 60947-5-1:2016, Low-voltage switchgear and controlgear — Part 5-1: Control circuit devices and switching elements — Electromechanical control circuit devices (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-1. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические устройства цепей управления)

IEC 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity standard for industrial environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-2. Общие стандарты. Стандарт помехоустойчивости для промышленных обстановок]

IEC 61051-2, Varistors for use in electronic equipment — Part 2: Sectional specification for surge suppression varistors (Варисторы для электронного оборудования. Часть 2. Групповые технические условия на варисторы для подавления импульсного перенапряжения)

CISPR 11:2015, Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment — Electromagnetic disturbance characteristics. Limits and methods of measurement [Промышленные, научные, медицинские и бытовые (ПНМБ) высокочастотные устройства. Нормы и методы измерений]

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 11:2015/AMD2:2019

CISPR 32, Electromagnetic compatibility of multimedia equipment — Emission requirements (Электромагнитная совместимость оборудования мультимедиа. Требования к электромагнитной эмиссии)

ISO 3864-2, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 2: Design principles for product safety labels (Символы графические. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Часть 2. Принципы проектирования этикеток безопасности на изделиях)

[1)] Заменен на IEC 60034-1:2022. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

3 Термины и определения

3.1 Общие положения

В настоящем стандарте применены термины и определения согласно IEC 609471:2020, раздел 3, а также стандарт дополнен следующими терминами, определениями, условными обозначениями и сокращениями.

Терминологические базы данных ISO и IEC доступны по следующим интернет-адресам:

- Электропедия IEC по адресу: gost.e-ecolog.ru ;
- платформа онлайн-просмотра ISO по адресу: gost.e-ecolog.ru .

3.2 Термины и определения, относящиеся к оборудованию

3.2.1 **коммутационное устройство управления и защиты;** КУУЗ (control and protective switching device, CPS): Механическое коммутационное устройство с функцией управления, приводимое в действие иначе, чем вручную, с возможностью местного устройства ручного управления, способное:

- включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях;
- включать, проводить токи в течение установленного времени в состоянии перегрузки;
- отключать токи при заданных условиях неисправности, при эксплуатации в таких случаях, как при возникновении коротких замыканий;
- обеспечивать непрерывность обслуживания с местными средствами ручного управления или без них.

Примечание 1 — Фраза «с функцией управления, приводимое в действие иначе, чем вручную» означает, что устройство предназначено для управления и удержания в рабочем положении с помощью одного или нескольких внешних элементов управления.

Примечание 2 — КУУЗ может состоять из одного устройства, но оценивается исключительно в сборе. Координация может быть либо встроенной, либо может быть получена путем правильного выбора расцепителей в соответствии с указаниями изготовителя.

3.2.2 **КУУЗ прямого действия** (direct-on-line CPS): КУУЗ, одноступенчато подающее сетевое напряжение на выводы двигателя.

3.2.3 **реверсивное КУУЗ** (reversing CPS): КУУЗ для пуска двигателя, предназначенное для изменения направления вращения двигателя путем переключения его питающих соединений без остановки двигателя.

Примечание — Применение, в котором реверсирование первичных соединений двигателя во время работы называется торможением противотоком.

3.2.4 **электромагнит с электронным управлением** (electronically controlled electromagnet): Электромагнит, катушка которого управляется цепью, содержащей активные электронные элементы.

[IEC 60947-4-1:2018, 3.3.8]

3.2.5 **специализированная электромонтажная арматура** (dedicated wiring accessory): Предварительно изготовленная система соединения проводов, специально предназначенная для указанной аппаратуры коммутации или управления.

Примечание 1 — Специализированная электромонтажная арматура может быть встроена в аппаратуру коммутации или управления или может поставляться отдельно.

Примечание 2 — Примером типичной специализированной электромонтажной арматуры может служить соединительная колодка.

3.2.6 **реле или расцепитель, чувствительные к пропаданию фазы** (phase-loss sensitive relay or release): Многополюсные реле или расцепитель для защиты двигателей, срабатывающие в случае пропадания фазы в соответствии с установленными требованиями.

3.2.7 **реле или расцепитель минимального тока** (under-current relay or release): Измерительное реле или расцепитель, автоматически срабатывающие, когда протекающий через них ток ниже заданного уровня.

3.2.8 **реле или расцепитель минимального напряжения** (under-voltage relay or release): Измерительное реле или расцепитель, автоматически срабатывающие, когда подаваемое на них напряжение опускается ниже заданного уровня.

3.2.9 **реле или расцепитель, чувствительные к опрокидыванию ротора электродвигателя** (stall relay or release): Электронное реле или расцепитель перегрузки, которые срабатывают, если ток не снизился ниже предписанного значения в течение заданного периода времени при пуске или если реле или расцепитель получает входной сигнал об отсутствии вращения двигателя после заданного периода времени в соответствии с установленными требованиями.

Примечание 1 — Опрокидывание означает блокировку ротора при пуске.

Примечание 2 — При соответствующей регулировке тока и уставок по времени пуска допускается применение такого реле или расцепителя для обнаружения пусков за пределами установленного времени.

3.2.10 **реле или расцепитель перегрузки** (jam relay or release): Электронное реле или расцепитель перегрузки, которые срабатывают при возникновении перегрузки, а также при повышении тока выше заданного значения в течение заданного периода времени при работе двигателя и электрических низковольтных цепей в соответствии с предписанными требованиями.

3.2.11 **время размыкания контактов реле** (inhibit time): Время, на которое задерживается размыкание контактов реле (может регулироваться).

3.3 Термины и определения, касающиеся характерных величин

3.3.1 **необходимость обслуживания (коммутационного устройства управления и защиты)** (continuity of service): Способность возврата в эксплуатацию после возникновения перегрузки по току в контролируемой цепи при любом токе до номинальной рабочей отключающей способности короткого замыкания I_{cs} коммутационного устройства управления и защиты.

3.3.2 **мощность удержания** (holding power): Мощность, необходимая для поддержания работы электромагнита.

[IEC 60947-4-1:2018, 3.3.9, модифицировано — без «(контактора)»]

3.3.3 **мощность включения** (pick-up power): Мощность, требуемая для быстрого перехода из обесточенного состояния.

[IEC 60947-4-1:2018, 3.3.10, модифицировано — исключены слово «(контактора)» в термине и словосочетание «в состояние под напряжением» в определении]

3.3.4 операция «O» <срабатывание> (O): Размыкание цепи устройством для защиты от короткого замыкания в результате замыкания цепи на испытуемый аппарат, находящийся в замкнутом положении.

3.3.5 операция «CO» <срабатывание> (CO): Размыкание цепи устройством для защиты от короткого замыкания в результате замыкания цепи, выполненного испытуемым аппаратом.

3.3.6 операция «rCO» <срабатывание> (rCO): Срабатывание CO с дистанционным управлением.

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

Примечание — Гальваническая развязка может быть обеспечена, например, с помощью разделительного трансформатора или оптосоединителя.

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

3.3.8 **ожидаемый условный ток «r»** (conventional prospective current «r»): Установленное значение ожидаемого тока короткого замыкания, при котором коммутационное устройство испытывают при заданных условиях.

3.3.9 **ожидаемый условный ток I_{cr}** (conventional prospective current I_{cr}): Установленное значение ожидаемого тока короткого замыкания, при котором коммутационное устройство испытывают при заданных условиях, после чего следуют эксплуатационные испытания.

3.4 Термины и определения, касающиеся аспектов безопасности

3.4.1 **ненормальные условия эксплуатации** (abnormal operating condition): Временные условия эксплуатации, которые не являются ни нормальными условиями эксплуатации, ни условиями единичной неисправности самого оборудования.

Примечание 1 — Ненормальные условия эксплуатации — это временные условия, которые могут быть вызваны оборудованием или человеком и могут привести к отказу компонента, устройства или средства защиты.

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

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

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

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

[IEC 60050-195:1998, 195-06-05]

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

3.4.5 **защитное сопротивление** (protective impedance): Полное сопротивление, включенное между опасными токоведущими частями и доступными токопроводящими частями, значение которого ограничивает электрический ток до безопасного уровня при условиях нормального использования, и имеющее конструкцию, сохраняющую его работоспособность в течение всего срока службы оборудования.

[IEC 62477-1:2012, 3.42]

3.4.6 **очевидно предсказуемое неправильное использование** (reasonably foreseeable misuse): Использование изделия или системы не предусмотренным поставщиком способом, что может быть следствием легко предсказуемого поведения человека.

[Руководство ISO/IEC 51:2014, 3.7, модифицировано — удалены примечания]

3.4.7 **единичная неисправность** (single fault condition): Состояние, в котором имеется неисправность единичного элемента защиты (но неусиленной защиты), или отдельного компонента, или аппарата.

Примечание 1 — Если единичная неисправность является результатом одной или нескольких других неисправностей, все они считаются единичной неисправностью.

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

[Руководство IEC 104:2019, 3.8]

4 Классификация

Перечень характеристик, по которым могут быть классифицированы КУУЗ, приведен в 5.2.

5 Характеристики

5.1 Перечень характеристик

Характеристики КУУЗ должны быть установлены в следующих терминах, если применимо:

- тип КУУЗ (5.2);
- номинальные и предельные значения параметров силовой цепи (5.3);
- категория применения (5.4);
- цепи управления (5.5);
- вспомогательные цепи (5.6);
- реле и расцепители (5.7);
- вопросы, подлежащие согласованию между изготовителем и потребителем (см. приложение D).

Примечание — В контексте настоящего стандарта под термином «изготовитель» понимают любое лицо, компанию или организацию, несущие полную ответственность:

- за проверку соответствия настоящему стандарту;
- предоставление информации о продукте согласно данным раздела 6 (маркировка, идентификация, характеристики).

Для обмена информацией в электронном формате, например в электронном каталоге, IEC 62683-1 предоставляет формат данных основных характеристик сочетаний двигатель — стартер и их аксессуаров.

5.2 Тип оборудования

5.2.1 Число полюсов

5.2.2 Род тока (переменный или постоянный ток)

5.2.3 Способ срабатывания

Например, электромагнитный, ручной, двигательный.

5.2.4 Способ управления

Например:

- автоматический (посредством автоматического выключателя управления или последовательности управления);
- неавтоматический (при помощи рукоятки или нажимных кнопок).

5.2.5 Способ возврата в исходное положение после срабатывания от перегрузки

Различают следующие типы:

- с самовозвратом;
- местным ручным возвратом;
- дистанционным возвратом.

5.2.6 Способ возврата в исходное положение после срабатывания от короткого замыкания

Различают следующие типы:

- КУУЗ, способные к дистанционному возврату после срабатывания;
- КУУЗ, не способные к дистанционному возврату после срабатывания:
  - не требующие замены сменного элемента защиты от короткого замыкания, например нормально оперируемый автоматический выключатель,
  - требующие замены сменного элемента защиты от короткого замыкания, например плавкая вставка.

5.3 Номинальные и предельные значения параметров силовой цепи

5.3.1 Номинальные напряжения

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.3.1, с нижеприведенным дополнением.

В случае применения КУУЗ для незаземленных систем от земли или заземленных через сопротивление систем (IT) требуются дополнительные испытания согласно приложению G.

5.3.2 Токи и мощности

КУУЗ характеризуют следующие токи и мощности:

- условный тепловой ток на открытом воздухе I_{th}: IEC 60947-1:2020, 5.3.2.1;
- условный тепловой ток в оболочке I_{the}: IEC 60947-1:2020, 5.3.2.2;
- номинальные рабочие токи I_e или, если применимо, номинальные рабочие мощности: IEC 60947-1:2020, 5.3.2.3.

5.3.3 Номинальная частота

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.3.3.

5.3.4 Номинальные режимы эксплуатации

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.3.4, с дополнением IEC 60947-1:2020, 5.3.4.3 (повторно-кратковременный периодический или повторно-кратковременный режим).

В случае категорий применения АС-2, АС-3 и АС-3е цикл срабатывания состоит из пуска, разгона до полной скорости и отключения питания двигателя.

Примечание — Если КУУЗ управляют двигателем в повторно-кратковременном режиме эксплуатации, разница между тепловой постоянной времени реле перегрузки и тепловой постоянной времени двигателя может привести к непригодности теплового реле для защиты от перегрузки. В таком случае рекомендуется вопрос защиты от перегрузки вынести на согласование между изготовителем и потребителем.

5.3.5 Характеристики при нормальной нагрузке и перегрузке. Номинальная включающая и отключающая способности

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.3.5.2 и 5.3.5.3, с нижеприведенными дополнениями.

Требования к разным категориям применения (5.4) приведены в 8.2.4.1.

Номинальная включающая и отключающая способности действительны, только когда КУУЗ работает в соответствии с требованиями 8.2.1.1 и 8.2.1.2.

5.3.6 Характеристики при коротких замыканиях. Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs}

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.3.6.3, с нижеприведенными дополнениями.

Номинальная отключающая способность при коротком замыкании требует, чтобы КУУЗ были способны отключить любое значение тока короткого замыкания, включая значение, соответствующее номинальной отключающей способности при возвращающем напряжении промышленной частоты, удовлетворяющем заданным значениям испытательного напряжения, а также:

- для переменного тока — при любом коэффициенте мощности не менее указанного в IEC 60947-1:2020, таблица 16;
- постоянного тока — с постоянной времени, не более указанной в IEC 60947-1:2020, таблица 16.

Номинальной рабочей наибольшей отключающей способностью КУУЗ является значение рабочей наибольшей отключающей способности, указанное для КУУЗ изготовителем при соответствующем номинальном рабочем напряжении, в условиях, приведенных в 9.5.3.3, и выражается значением ожидаемого тока отключения. I_{cs} должен быть равен или превышать I_{cr} [см. 8.2.5, перечисление а)].

Для переменного тока наибольшая включающая способность КУУЗ должна быть не менее его номинальной рабочей наибольшей отключающей способности, умноженной на коэффициент n, приведенный в IEC 60947-1:2020, таблица 16.

Для постоянного тока наибольшая включающая способность КУУЗ должна быть не менее его номинальной рабочей наибольшей отключающей способности.

5.3.7 Полное сопротивление полюса КУУЗ *Z*

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.3.7.

5.4 Категории применения

5.4.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.4, с нижеприведенными дополнениями.

Категории применения, указанные в таблице 1, считают стандартными. Иная категория подлежит согласованию между изготовителем и потребителем, однако таким соглашением может служить информация, предоставляемая изготовителем в информационных материалах или в тендерной заявке.

Каждая категория применения характеризуется значениями токов [включая ожидаемый условный испытательный ток, см. 8.2.5, перечисление а)], напряжений, коэффициентов мощности или постоянных времени и других параметров, содержащихся в таблицах 9—13, и условиями испытаний, указанными в настоящем стандарте.

Для КУУЗ с установленными категориями применения отдельно не указывают номинальную включающую и отключающую способности, так как эти значения непосредственно зависят от категорий применения, приведенных в таблице 9.

Напряжение для всех категорий применения — это номинальное рабочее напряжение КУУЗ.

Таблица 1 — Категории применения

Специальная категория применения	Гармонизированная категория применения[d]	Типичная область применения
AC-40		Распределительные цепи со смешанными активными и индуктивными нагрузками, имеющие индуктивную результирующую
AC-41	AC-1	Неиндуктивные или слабо индуктивные нагрузки
AC-42	AC-2	Асинхронные двигатели с контактными кольцами или смешанные и индуктивные нагрузки, включая умеренные перегрузки
AC-43	AC-3	Двигатели с короткозамкнутым ротором[a, b]
	AC-3e	Двигатели с короткозамкнутым ротором с высоким током при заторможенном роторе[a, c]
AC-44	AC-4	Двигатели с короткозамкнутым ротором[b]: торможение противотоком, толчковый режим
AC-45a	AC-5a	Газоразрядные лампы
AC-45b	AC-5b	Лампы накаливания
DC-40		Распределительные цепи со смешанными активными и индуктивными нагрузками, имеющие индуктивную результирующую

Окончание таблицы 1

Специальная категория применения	Гармонизированная категория применения[d]	Типичная область применения
DC-41	DC-1	Неиндуктивные или слабо индуктивные нагрузки
DC-43	DC-3	Двигатели параллельного возбуждения
DC-45	DC-5	Двигатели с последовательным возбуждением
DC-46	DC-6	Лампы накаливания постоянного тока

[a] Категория AC-3 может предусматривать случайный толчковый режим (повторно-кратковременные включения) или торможение противотоком ограниченной длительности, например при наладке оборудования; в эти ограниченные периоды времени число срабатываний не должно превышать пяти в течение 1 мин или более десяти в течение 10 мин.

[b] Асинхронный двигатель конструкции N и H согласно IEC 60034-12:2016.

[c] Асинхронный двигатель конструкции NE и HE согласно IEC 60034-12:2016, имеющий более увеличенную/высокую мощность и ток, чем конструкции N и H соответственно, для достижения более высокого класса эффективности в соответствии с IEC 60034-30-1.

[d] Новые категории применения в соответствии с IEC 60947-1:2020, приложение A, предлагаются для замены специальных категорий, но эти категории применения остаются в силе.

5.4.2 Присвоение категорий применения по результатам испытаний

a) КУУЗ, которые прошли испытание на одну категорию применения или при любой комбинации параметров (таких, как максимальное рабочее напряжение и ток и т. п.), могут быть присвоены другие категории без дополнительных испытаний при условии, что испытательные токи, напряжения, коэффициенты мощности или постоянные времени, число циклов срабатывания, время протекания тока и обесточивания, данные, приведенные в таблицах 9 и 10, и испытательные цепи для устанавливаемых категорий не являются более жесткими, чем те, которым подвергались КУУЗ, а превышение температуры проверялось при токе не менее высокого установившегося номинального рабочего тока в продолжительном режиме.

Например, после испытания на категорию применения AC-4 КУУЗ может быть присвоена категория AC-3 при условии, что I_e в AC-3 не более $1{,}2I_e$ в AC-4 — при одинаковом номинальном рабочем напряжении.

b) Считают, что КУУЗ категории DC-3 или DC-5 способны замыкать и размыкать цепи нагрузки, отличающиеся от испытательных, при условии, что:

- напряжение и ток не превышают указанных значений U_e и I_e;
- энергия J, накопленная в фактической нагрузке, равна или меньше энергии J_c, накопленной в нагрузке, использовавшейся при испытаниях КУУЗ. Значения накопленной энергии в испытательной цепи следующие:
  - для DC-3: $J_c = 0{,}00525 \cdot U_e \cdot I_e$;
  - для DC-5: $J_c = 0{,}0315 \cdot U_e \cdot I_e$.

Значения констант 0,00525 и 0,0315 вычислены по формуле $I_c = 0{,}5 \cdot LI^2$, где постоянная времени принята равной $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ с — для DC-3 и $15 \cdot 10^{-3}$ с — для DC-5; $U = 1{,}05 \cdot U_e$; $I = 4 \cdot I_e$ (см. таблицу 9).

5.4.3 Использование категорий применения только в режиме управления двигателями

Типовыми рабочими условиями являются:

- одно направление вращения с отключением двигателя, работавшего в нормальных условиях эксплуатации (категории применения AC-2, AC-3 и AC-3e);
- два направления вращения с включением другого направления вращения только после отключения КУУЗ и полной остановки двигателя (категории применения AC-2, AC-3 и AC-3e);
- одно направление вращения или два, указанных в предыдущем перечислении, но с возможностью нечастых повторно-кратковременных включений. В данных рабочих условиях обычно применяют КУУЗ прямого действия (категория применения AC-3 и AC-3e);
- одно направление вращения с частыми повторно-кратковременными включениями (толчковый режим); обычно применяют КУУЗ прямого действия (категория применения AC-4);

- одно или два направления вращения, но с возможностью нечастых торможений противотоком для остановки двигателя, сочетающихся, если это предусматривается, с торможением с применением сопротивления в цепи ротора. В данном случае КУУЗ допускается применять в цепи статора (категория применения АС2);

- два направления вращения, но с возможностью переключения питающих соединений двигателя, вращающегося в первом направлении (торможение противотоком), для включения вращения его во второе направление с отключением двигателя, работающего в нормальных условиях эксплуатации. Реверсивные КУУЗ прямого действия со способностью торможения противотоком обычно используют в этих условиях эксплуатации (категория применения АС-4).

В отсутствие других указаний КУУЗ, используемые в качестве пускателей, проектируют на основе пусковых характеристик двигателей, совместимых с включающей способностью по таблице 9. Если пусковой ток двигателя превышает эти значения, следует применять КУУЗ, имеющее соответственно более высокий номинальный рабочий ток.

5.5 Цепи управления

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.5, с нижеприведенными дополнениями.

Перечень характеристик, который приведен в IEC 60947-1:2020, 5.5.1, должен быть дополнен следующим:

- ограниченной энергией (если источник в соответствии с 8.1.14);
- источником безопасного сверхнизкого напряжения БСНН, защитного сверхнизкого напряжения (ЗСНН) (в соответствии с IEC 60947-1:2020, приложение N).

Примечание — В США и Канаде цепи управления могут быть отнесены к источникам класса 2, как определено в NFPA 70, Национальном электротехническом кодексе и CSA C22.1, Канадском электротехническом кодексе вместо или в дополнение к источникам (БСНН) (ЗСНН);

- потребляемую мощность электромагнита КУУЗ, необходимую для определения характеристик источника питания цепи управления, задают:
  - по мощности удержания,
  - мощности включения.

5.6 Вспомогательные цепи

Применяют IEC 60947-1:2020, 5.6.

Цифровые входы и/или выходы, содержащиеся в КУУЗ и предназначенные для совместимости с программируемым контроллером (ПЛК), должны соответствовать требованиям IEC 60947-1:2020, приложение S.

Положения приложения F применяют к КУУЗ, оснащенному зеркальным контактом.

5.7 Реле и расцепители

5.7.1 Перечень характеристик

Характеристики реле и расцепителей должны быть установлены в следующих понятиях, если это применимо:

- типы реле и расцепителей (см. 5.7.2);
- значения параметров (см. 5.7.3)
- обозначение и токовая уставка реле перегрузки (см. 5.7.4);
- времятоковые характеристики реле перегрузки (см. 5.7.5);
- влияние температуры окружающего воздуха (см. 5.7.6);
- расширенные функции, как указано в IEC 60947-1:2020, приложение T;
- показатели мониторинга нагрузки, приведенные в приложении M.

5.7.2 Типы реле и расцепителей

5.7.2.1 Независимый расцепитель (IEC 60947-1:2020, 3.6.34).

5.7.2.2 Реле или расцепители минимального напряжения (размыкающие) (IEC 60947-1:2020, 3.6.35).

5.7.2.3 Реле или расцепитель максимального тока

5.7.2.3.1 Реле или расцепитель перегрузки

а) Реле или расцепитель перегрузки мгновенного действия (например, при заклинивании, см. 3.2.10).

b) Реле или расцепитель максимального тока с независимой выдержкой времени (IEC 60947-1:2020, 3.6.27).

c) Реле или расцепитель максимального тока с обратнозависимой выдержкой времени (IEC 60947-1:2020, 3.6.28), которая:

i) практически не зависит от предшествующей нагрузки;

ii) зависит от предшествующей нагрузки;

iii) зависит от предшествующей нагрузки, а также контроля пропадания фазы (см. 3.2.6).

d) Реле или расцепитель, чувствительные к опрокидыванию ротора электродвигателя (см. 3.2.9).

5.7.2.3.2 Реле и расцепители короткого замыкания

a) Реле и расцепитель короткого замыкания мгновенного действия.

b) Реле или расцепитель максимального тока с независимой выдержкой времени (IEC 60947-1:2020, 3.6.27).

Примечание — КУУЗ могут иметь комбинацию реле и расцепителей по 5.7.2.3.1 и 5.7.2.3.2.

5.7.2.4 Прочие реле и расцепители (например, реле контроля пропадания фазы, реле управления, связанное с устройствами тепловой защиты пускателя, реле дифференциального тока).

Типы, указанные в 5.7.2.4, требуют соглашения между изготовителем и потребителем относительно конкретного применения.

5.7.3 Значения параметров

Независимый расцепитель, реле или расцепитель минимального напряжения (тока), реле или расцепитель максимального напряжения (максимального тока непрерывного действия), реле или расцепитель асимметрии тока или напряжения и реле или расцепитель, чувствительные к опрокидыванию ротора электродвигателя:

- номинальное напряжение (ток);
- номинальная частота;
- рабочее напряжение (ток);
- время размыкания (если применимо);
- время блокировки (если применимо).

Реле или расцепитель максимального тока:

- обозначение и токовая уставка (см. 5.7.4);
- номинальная частота, при необходимости (например, для реле перегрузки с питанием от трансформатора тока);
- времятоковые характеристики (или диапазон характеристик), при необходимости;
- класс расцепления в соответствии с классификацией по таблице 3 или значение максимального времени расцепления, выраженное в секундах, в соответствии с условиями, установленными в таблице 2, графа D, если это время превышает 40 с;
- тип реле или расцепителя: тепловое, магнитное, электронное или электронное без тепловой памяти;
- способ возврата: в случае ручного и/или автоматического возврата должно быть указано положение;
- время расцепления реле перегрузки класса 10 А, если оно превышает 2 мин при температуре минус 5 °С или ниже (см. 8.2.1.5.1.1).

Реле или расцепитель дифференциального тока:

- номинальный ток;
- рабочий ток;
- время размыкания или времятоковая характеристика в соответствии с IEC 60947-1:2020, таблица Т.1;
- время блокировки (если применимо);
- обозначение типа (см. IEC 60947-1:2020, приложение Т).

5.7.4 Обозначение и токовые уставки реле или расцепителей перегрузки

Реле или расцепители перегрузки обозначают токовой уставкой (или верхним и нижним пределами диапазона токовой уставки, если регулируется) и классом расцепления, если применимо. Токовую уставку (или диапазон токовых уставок) следует маркировать на реле или расцепителе.

5.7.5 Времятоковые характеристики реле или расцепителей максимального тока

Реле или расцепитель с выдержкой времени:

- независимая выдержка времени: выдержка времени реле или расцепителей, которая не зависит от величины максимального тока. Время уставки расцепления должно обозначаться как значение в секундах времени размыкания КУУЗ, если выдержка времени нерегулируемая, или как минимальное и максимальное значения времени размыкания, если выдержка времени регулируемая;

- обратнозависимая выдержка времени: времятоковые характеристики должны указываться изготовителем в виде кривых. По ним должно быть видно, как время размыкания начиная с холодного состояния изменяется в зависимости от тока в диапазоне срабатывания реле или расцепителя. Изготовитель должен указать общие допускаемые отклонения по таким кривым. Эти кривые должны быть указаны для минимального и максимального значений токовой уставки, и, если уставка времени для данной токовой уставки регулируется, рекомендуется, чтобы кривые указывались для каждого минимального и максимального значений уставки времени;

- время размыкания: применяют IEC 60947-1:2020, 3.7.39, с нижеприведенными дополнениями:

- в случае расцепления КУУЗ реле или расцепителя максимального тока начальным моментом времени размыкания является момент, когда ток достигает значения достаточно большого, чтобы заставить КУУЗ сработать,

- в случае срабатывания КУУЗ любым видом вспомогательного питания начальным моментом времени размыкания является момент подачи или снятия вспомогательного питания на(с) расцепитель(ля) размыкания.

Примечание 1 — Для КУУЗ «время размыкания» обычно упоминается как «время расцепления», хотя время расцепления относится ко времени между начальным моментом времени размыкания и тем моментом, когда команда размыкания становится необратимой.

Примечание 2 — Ток отображается в виде абсцисс, а время — в виде ординат с использованием логарифмических шкал. Ток отображается как кратное заданному току I_r и времени, выраженному в секундах, на стандартном графическом листе, подробно описанном в 5.6.1 и представленном на рисунке 1 IEC 60269-1:2006 и в IEC 60269-2:2013, рисунки 104, 504 и 505.

5.7.6 Влияние температуры окружающего воздуха

Если не указано иное, значение тока срабатывания реле или расцепителя максимального тока, кроме теплового типа, не должно зависеть от температуры окружающего воздуха от минус 5 °С до плюс 40 °С.

Для реле и расцепителей теплового типа времятоковые характеристики должны соответствовать определенному значению температуры окружающего воздуха и должны быть основаны на отсутствии предыдущей нагрузки реле перегрузки (т. е. с исходного холодного состояния).

Это значение температуры окружающего воздуха должно быть четко указано на времятоковых кривых; его предпочтительные значения — 20 °С или 40 °С.

Реле или расцепители перегрузки должны быть работоспособными при температуре окружающего воздуха от минус 5 °С до плюс 40 °С, и изготовитель должен указать влияние изменения температуры окружающего воздуха на характеристики реле или расцепителей перегрузки.

6 Информация об устройстве

6.1 Характер информации

6.1.1 Идентификация

a) Наименование или товарный знак изготовителя;

b) обозначение типа или серийный номер;

c) обозначение настоящего стандарта, если изготовитель заявляет о соответствии устройства требованиям настоящего стандарта.

6.1.2 Характеристики

d) Номинальные рабочие напряжения U_e (см. 5.3.1 и, если применимо, приложение G);

e) категория применения и номинальные рабочие токи (или, где применимо, номинальные мощности) при номинальных рабочих напряжениях;

f) значение номинальной частоты (например, 50, 50/60 Гц) и/или указание рода тока: «постоянный ток» [или символ ⎓ (IEC 60417-5031:2002-10)];

g) номинальный режим с указанием класса повторно-кратковременного режима (при необходимости);

h) полное сопротивление полюса коммутационного устройства Z;

i1) номинальная наибольшая отключающая способность I_{cs} (см. 5.3.6);

i2) номинальное напряжение изоляции согласно IEC 60947-1:2020, 5.3.1.2;

j) номинальное импульсное выдерживаемое напряжение U_{imp};

k) указание разомкнутого и замкнутого положений контактов (согласно 8.1.6);

l) степень загрязнения (см. раздел 7);

m) номинальное напряжение цепи управления U_c, род тока и номинальная частота (если ток переменный).

Примечание 1 — Другая информация, такая как мощность удержания или мощность включения, должна быть приведена, например, в документации на продукцию;

n) код IP согласно IEC 60947-1:2020, приложение C.

Примечание 2 — В США и Канаде эта защита определена NFPA 70, Национальным электротехническим кодексом и CSA C22.1, Канадским электротехническим кодексом в качестве стандартных требований к оболочке для защиты от воздействий окружающей среды;

o) если необходимо, род тока, номинальная частота и номинальное входное напряжение источника питания цепи управления U_s.

В случае электромагнитов с электронным управлением другая информация может быть также необходима, например конфигурация цепи управления (см. 5.5 и IEC 60947-1:2020, приложение U);

p) номинальные параметры вспомогательных цепей;

q1) максимально допустимая высота места установки, если она превышает 2000 м;

q2) минимальный размер оболочки и данные о вентиляции (при наличии), к которым применимы указанные номинальные значения;

q3) сведения о минимальном расстоянии между КУУЗ и заземленными металлическими деталями для КУУЗ, предназначенных для использования без оболочек;

r) токовая уставка и идентификация времятоковой характеристики реле или расцепителей максимального тока, определенная в соответствии с 5.7, если электронное реле перегрузки не содержит тепловой памяти;

s) другие характеристики реле или расцепителя максимального тока согласно 5.7;

t) номинальный ток для КУУЗ со сменным элементом защиты от короткого замыкания (см. 5.2), тип и характеристики согласно соответствующему стандарту;

u1) пригодность в качестве разъединителя, при необходимости (IEC 60947-1:2020, 6.2);

u2) пригодность для систем IT в соответствии с приложением G;

v) условия окружающей среды A или B (см. IEC 60947-1:2020, 8.3.1);

w1) длина изоляции, которая должна быть удалена перед введением проводника в контактный зажим;

w2) максимальное число проводников, которые могут быть подключены;

w3) для неуниверсальных безвинтовых выводов:

- «s» или «sol» для выводов жестких одножильных проводников,
- «r» для выводов жестких (одножильных и многожильных) проводников,
- «f» для выводов гибких проводников;

w4) особые требования, если имеются, например к экранированным или скрученным проводникам.

Примечание 3 — Неэкранированные или нескрученные проводники относят к области нормальных условий установки;

x) минимальное поперечное сечение кабеля, если оно отличается от приведенного в IEC 60947-1:2020, таблица 9, для номинальных значений ≤ 20 A в соответствии с номинальной максимальной отключающей способностью при коротком замыкании I_{cu};

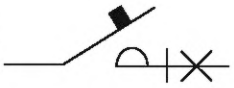
y) значения момента затяжки для контактных зажимов КУУЗ;

z1) перечень специализированных электромонтажных арматур, которые могут быть использованы для установки КУУЗ;

z2) декларация о материале в соответствии с IEC 60947-1:2020, приложение W.

6.2 Маркировка

Применяют IEC 60947-1:2020, 6.2, с нижеприведенными дополнениями, относящимися к 6.1.1 и 6.1.2:

- сведения по перечислениям c) и n) (если степень защиты отличается от IP00) должны маркировать на КУУЗ;
- сведения по перечислениям d) — g), i) — m), o) — q), s) и v) — z2) должны быть нанесены на фирменной табличке или на устройство либо опубликованы в документации изготовителя;
- сведения по перечислениям h), t) и соответствующие рабочие характеристики по перечислениям d), e) и f) должны маркировать на КУУЗ;
- сведения по перечислению r) должны маркировать на реле или расцепителе;
- сведения по перечислению u) должны маркировать на КУУЗ, общий символ: 

(IEC 60417-6410:2018-11);

- контактные зажимы должны иметь четкую маркировку и обеспечивать идентификацию подключения питания и нагрузки (см. 8.1.8.2).

Примечание — Сведения по перечислениям a) и b) 6.1.1 уже отображены в IEC 60947-1:2020, 6.2.

Если изготовитель заявляет электронное реле перегрузки без тепловой памяти, то это должно быть маркировано на устройстве.

Для специализированных арматур, использованных для установки КУУЗ, сведения в 6.1.1, перечисление c), 6.1.2, перечисление i2), и ток I_{th}, если применимо, должны быть указаны в опубликованной документации изготовителя.

6.3 Инструкции по монтажу, эксплуатации и обслуживанию

Применяют IEC 60947-1:2020, 6.3, с нижеприведенным дополнением.

Инструкции также должны содержать перечень специализированной электромонтажной арматуры.

Дополнительная информация для вывода из эксплуатации и демонтажа устройства должна быть доступна потребителю в случае прогнозируемых опасных условий устройства, например: из-за накопленной энергии, нестабильности или сокращения объектов и т. д.

Изготовитель КУУЗ, содержащего реле перегрузки с автоматическим возвратом, которое допускается подключить для обеспечения автоматического повторного пуска, должен предоставить вместе с КУУЗ необходимую информацию с предупреждением потребителя о возможности автоматического повторного пуска.

Если конструкция требует подачи питания от внешнего источника, который является источником ограниченной энергии, как определено в 8.1.14, изготовитель должен предоставить соответствующую информацию для защиты портов от короткого замыкания и сверхтока.

Для каждой потенциальной опасности изготовитель должен предоставить знаки безопасности, графические условные обозначения или указания по технике безопасности, касающиеся опасности, например приведенные в IEC 60417-5036:2002-10. Сигнальные слова должны быть определены в соответствии с ISO 3864-2.

Примечание — ISO/IEC 82079-1 содержит руководство по разработке инструкций по технике безопасности.

6.4 Воздействие на окружающую среду

Применяют IEC 60947-1:2020, 6.4, с нижеприведенным дополнением.

Примечание — В готовящемся к публикации IEC TS 63058[1)] будет представлен метод оценки воздействия распределительных устройств и устройств управления на окружающую среду.

[1)] В стадии подготовки. Стадия на момент публикации — IEC TS APUB 63058:2020.

7 Нормальные условия эксплуатации, монтажа и транспортирования

Применяют IEC 60947-1:2020, раздел 7, с нижеприведенными дополнениями.

Если изготовителем не указано иное, КУУЗ предназначены для эксплуатации в условиях окружающей среды со степенью загрязнения 3 согласно IEC 60947-1:2020, 7.1.3.2. Однако в зависимости от микросреды КУУЗ допускается эксплуатировать при других степенях загрязнения.

Крепление на рейке должно быть указано в соответствии с IEC 60715:2017, если применимо.

Стандартные условия вибрации и удара определены в IEC 60947-1:2020, таблица Q.1, сноска[b].

8 Требования к конструкции и работоспособности

8.1 Требования к конструкции

8.1.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.1, с нижеприведенным дополнением.

Должны быть предусмотрены меры для снижения вероятности получения травмы или, в случае пожара, повреждения имущества при монтаже, техническом обслуживании, в нормальных условиях эксплуатации, ненормальных условиях эксплуатации и при очевидно предсказуемом неправильном использовании. Требования настоящего стандарта предусматривают эти меры в целом.

Защита от опасностей, вызванных электронными цепями, должна поддерживаться при нормальных условиях и при единичной неисправности, как указано в настоящем стандарте.

Элементы, используемые в конструкции устройства, соответствующие стандартам на соответствующее устройства, не требуют проведения отдельной оценки. Элементы или сборки элементов, у которых отсутствует стандарт на конкретное устройство, испытывают согласно требованиям настоящего стандарта.

Если устройство предназначено для использования вместе со вспомогательной аппаратурой или специализированной электромонтажной арматурой, то при оценке безопасности и проведении испытания необходимо включать эту вспомогательную аппаратуру и арматуру, если невозможно доказать отсутствие их влияния на безопасность какого-либо оборудования.

Доступная часть устройства и особенно средства управления не должны иметь острых краев и углов, которые могут травмировать оператора.

В руководстве пользователя должны содержаться подробные сведения обо всех мерах безопасности, которые относятся к пользователю. Необходимо указать в руководстве пользователя четкое предупреждение о том, что внесение несанкционированных изменений в настройки могут привести к опасной ситуации.

Настройку автоматического сброса реле защиты от перегрузки указывают в руководстве пользователя как конкретное предупреждение, относящееся к технике безопасности.

Следует тщательно рассмотреть положения IEC 60947-1:2020, приложение O, особенно для замены или сокращения использования опасных веществ или, если это невозможно, для обеспечения мер по предотвращению выбросов и контакта с ними.

8.1.2 Материалы

8.1.2.1 Общие требования к материалам

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.2.1, с нижеприведенным дополнением.

Примечание — Аспекты, связанные с пожароопасностью, подробно описаны в IEC TR 63054.

Части изоляционных материалов, расположенные в электрических цепях, питаемые от источников ограниченной энергии в соответствии с 8.1.14, не должны соответствовать требованиям этого подпункта.

8.1.2.2 Испытание раскаленной проволокой

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.2.2, с нижеприведенным дополнением.

Если проводят испытания аппаратуры или части аппаратуры, то части изоляционных материалов, необходимые для удержания токоведущих частей в определенном положении, должны соответствовать требованиям испытаний раскаленной проволокой, приведенным в IEC 60947-1:2020, 9.2.2.1, при температуре испытания 960 °C.

8.1.2.3 Испытания на категорию воспламеняемости

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.2.3.

8.1.3 Токоведущие части и их соединения

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.3.

8.1.4 Воздушные зазоры и расстояния утечки

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.4, с нижеприведенным дополнением.

Воздушные зазоры и расстояния утечки в цепях получают питание от источников ограниченной энергии, как определено в 8.1.14, не должны соответствовать требованиям этого подпункта.

Воздушные зазоры и расстояния пути утечки на платах с печатным монтажом, включая установленные на них элементы, для функциональной, основной, дополнительной и усиленной изоляции, разработанные в соответствии с 8.1.14, считаются соответствующими этим требованиям и не нуждаются в дальнейшем рассмотрении.

Доступные прикосновению цепи БСНН и ЗСНН отделяют от других опасных токоведущих частей в соответствии с требованиями приложения N к защитному сопротивлению в дополнении к IEC 60947-1:2020, приложение N.

Примечание — Цепи, доступные только при техническом обслуживании или аналогичных условиях, допускается в зависимости от уровня риска (существенном повреждении и вероятности возникновения) рассматривать в нормальных условиях эксплуатации (см. 6.1) с применением базовой изоляции. Для определения доступности частей и проведения последующих испытаний руководствуются IEC 61032.

8.1.5 Орган управления

8.1.5.1 Изоляция

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.5.1.

8.1.5.2 Направление движения

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.5.2.

8.1.5.3 Монтаж

Органы управления, установленные на сменных панелях или открывающихся дверях, должны быть спроектированы таким образом, чтобы при замене панелей или закрытии дверей орган управления соединялся (подключался) с соответствующим механизмом.

8.1.5.4 Защита

Не допускается наличия зазоров или отверстий, через которые раскаленные частицы могут попадать в зону действия средств ручного управления.

8.1.6 Указание положения контактов

8.1.6.1 Средства индикации

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.6.1.

8.1.6.2 Индикация с помощью органа управления

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.6.2.

8.1.7 Дополнительные требования к аппаратам, пригодным для применения в качестве разъединителя

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.7, с нижеприведенным дополнением.

Если в положении расцепления КУУЗ не указано разомкнутое положение, то должно быть отчетливо видно, что это не разомкнутое положение. Проверку положения силового контакта, пригодного для разъединения, подтверждают проведением испытания в соответствии с 9.5.2.6.

КУУЗ, пригодные для применения в качестве разъединителя, снабжают средствами для фиксации в разомкнутом положении.

8.1.8 Контактные зажимы

8.1.8.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.8, с нижеприведенными дополнительными требованиями.

8.1.8.2 Идентификация и маркировка контактных зажимов

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.8.4, с дополнительными требованиями, приведенными в приложении C.

Контактные зажимы для подключения питания и нагрузки КУУЗ для категорий применения AC-40 и DC-40 с расцепителями несъемного типа или с защитой от снятия при помощи опломбирования могут не иметь возможности для идентификации, в таком случае цепи управления не соединяют с силовой цепью внутри устройства.

8.1.9 Дополнительные требования к аппаратам с нейтральным полюсом

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.9.

8.1.10 Меры по защитному заземлению

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.10.

8.1.11 Оболочки аппаратов

8.1.11.1 Конструкция

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.11.1, с нижеприведенным дополнением.

Для КУУЗ в закрытом исполнении, оснащенных внешним ручным органом управления, дверца или крышка должна быть заблокирована так, чтобы не представлялось возможным ее открыть при нахождении КУУЗ в замкнутом положении. Допускается организация возможности открытия дверцы или крышки в замкнутом положении КУУЗ с помощью инструмента.

8.1.11.2 Изоляция

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.11.2.

8.1.12 Степени защиты аппаратов в оболочках

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.12.

8.1.13 Вытягивание, кручение, изгиб стальных труб для проводников

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.1.13.

8.1.14 Источник ограниченной энергии

8.1.14.1 Общие положения

Источник ограниченной энергии может быть выполнен в качестве второй цепи, полученной из цепей, подключенных к опасной токоведущей части, с разделением с помощью:

a) гальванической развязки;

b) токоограничивающего сопротивления.

Примечание — Источники класса 2, как определено в NFPA 70, Национальном электротехническом кодексе и CSA C22.1, Канадском электротехническом кодексе (Кодекс КЭ), имеют такие же электрические входные характеристики, как и источник ограниченной энергии с гальванической развязкой.

8.1.14.2 Источник ограниченной энергии с гальванической развязкой

Источник ограниченной энергии с гальванической развязкой включает в себя элементы изоляции, такие как трансформатор, между первичной цепью и источником ограниченной энергии. При этом руководствуются одним из следующих требований:

a) выход изначально ограничен в соответствии с таблицей 20, или

b) линейное или нелинейное полное сопротивление ограничивает выход в соответствии с данными таблицы 20. Если используют устройство с положительным температурным коэффициентом (например, позистор), то оно должно пройти соответствующие испытания, указанные в IEC 60730-1, или

c) регулирующая сеть ограничивает выход в соответствии с данными таблицы 20 как с единичной неисправностью в регулирующей сети, так и без нее, или

d) используют устройство защиты от сверхтоков, и выходы ограничены в соответствии с данными таблицы 21.

В качестве устройства защиты от сверхтоков необходимо применять плавкий предохранитель или нерегулируемое электромеханическое устройство.

Соответствие требованиям для определения максимальной доступной мощности проверяют проведением испытания, описанного в 9.2.4.

В случае внешнего источника питания без устройств защиты от сверхтоков значения не должны превышать значений, приведенных в таблице 20. В случае внешнего источника питания с защитой от сверхтоков значения не должны превышать значений, приведенных в таблице 21.

Таблица 20 — Пределы для источников ограниченной энергии без устройства защиты от сверхтоков

Выходное напряжение[a] U_{oc}		Выходной ток[b, d] I_{sc}, А	Максимальная мощность[c] S, В·А
В (переменный ток)	В (постоянный ток)		
≤ 30 (действующего значения тока)	≤ 30	≤ 8	100
—	$30 < U_{oc} \leq 60$ [e]	$\leq \frac{150}{U_{oc}}$	100
Примечание — Эта таблица будет перенесена в готовящуюся к публикации редакцию IEC 60947-1 и поэтому пронумерована иначе, чем другие таблицы в настоящем стандарте.			

Окончание таблицы 20

[a] U_{oc}: выходное напряжение, измеренное после отключения всех цепей нагрузки. Значения напряжения рассчитано для синусоидального переменного тока и постоянного тока без пульсаций. Для несинусоидального переменного и постоянного тока с пульсациями, превышающими 10 % от пикового значения, его пиковое значение не должно превышать 42,4 В.

[b] I_{sc}: максимальный выходной ток при любой неемкостной нагрузке, включая короткое замыкание.

[c] S, В·А: максимальная выходная полная мощность при любой неемкостной нагрузке, как определено в 9.2.4.

[d] Измерение I_{sc} проводят через 5 с после приложения нагрузки, если защита осуществлена электронной цепью или устройством с положительным температурным коэффициентом (например, позитор) и через 60 с в других случаях.

[e] В США пределом является непрерывное напряжение 60 В постоянного тока или переключение постоянного тока в диапазоне от 10 до 200 Гц, переключение 24,8 В постоянного тока при частоте от 10 до 200 Гц.

Таблица 21 — Пределы для источников ограниченной энергии с устройством защиты от сверхтоков

Выходное напряжение[a] U_{oc}		Выходной ток[b, d] I_{sc}, А	Максимальная мощность[c, d] S, В·А	Номинальный ток устройства защиты от сверхтоков[e], А
В (переменный ток)	В (постоянный ток)			
≤ 20	≤ 20	$\leq \frac{100}{U_{oc}}$	250	≤ 5,0
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$ [f]			$\leq \frac{100}{U_{oc}}$
—	$30 < U_{oc} \leq 60$ [f]			$\leq \frac{100}{U_{oc}}$

Примечание 1 — Причиной проведения измерений с отключенными устройствами защиты от сверхтоков является определение количества энергии, которое доступно для возможного перегрева во время работы устройств защиты от сверхтока.

Примечание 2 — Эта таблица будет перенесена в готовящуюся к публикации редакцию IEC 60947-1 и поэтому пронумерована иначе, чем другие таблицы в настоящем стандарте.

[a] U_{oc}: выходное напряжение, измеренное после отключения всех цепей нагрузки. Значение напряжения рассчитано для синусоидального переменного тока и постоянного тока без пульсаций. Для несинусоидального переменного и постоянного тока с пульсациями, превышающими 10 % от пикового значения, его пиковое значение не должно превышать 42,4 В.

[b] I_{sc}: максимальный выходной ток при любой неемкостной нагрузке, включая короткое замыкание, измеренный через 60 с после приложения нагрузки.

[c] S, В·А: максимальная полная выходная мощность при любой неемкостной нагрузке, измеренная через 60 с после приложения нагрузки, как определено в 9.2.4.

[d] Во время измерения в цепи сохраняются токоограничивающие полные сопротивления, но устройства защиты от сверхтоков обходят.

[e] Номинальные значения тока устройства защиты от сверхтока, которые размыкают цепь в течение 120 с при токе, равном 210 % от номинального тока, указанного в данной таблице.

[f] В США пределом является непрерывное напряжение 60 В постоянного тока или переключение постоянного тока в диапазоне от 10 до 200 Гц, переключение 24,8 В постоянного тока при частоте от 10 до 200 Гц.

8.1.14.3 Источник ограниченной энергии с токоограничивающим полным сопротивлением

Источник ограниченной энергии с токоограничивающим полным сопротивлением имеет следующие характеристики:

a) выходное напряжение ограничено в соответствии с данными таблицы 22, и

b) линейное или нелинейное полное сопротивление с ограничением на выходе в соответствии с данными таблицы 22 как при единичном отказе, так и без него.

Источник ограниченной энергии с токоограничивающим полным сопротивлением подключают к сети или цепи с гальванической развязкой, например вторичной обмотки трансформатора.

Таблица 22 — Пределы для источников с ограниченной энергией и токоограничивающим полным сопротивлением

Выходное напряжение[a] U_{oc}		Выходной ток[b, d] I_{sc}, А	Максимальная мощность[c] S, В·А
В (переменный ток)	В (постоянный ток)		
≤ 30 (действующего значения тока)	≤ 30	0,5	15

Примечание — Эта таблица будет перенесена в готовящуюся к публикации редакцию IEC 60947-1 и поэтому пронумерована иначе, чем другие таблицы в настоящем стандарте.

[a] U_{oc}: выходное напряжение, измеренное после отключения всех цепей нагрузки. Значение напряжения рассчитано для синусоидального переменного тока и постоянного тока без пульсаций. Для несинусоидального переменного и постоянного тока с пульсациями, превышающими 10 % от пикового значения, его пиковое значение не должно превышать 42,4 В.

[b] I_{sc}: максимальный выходной ток, измеренный на выходе источника ограниченной энергии.

[c] S, В·А: максимальная полная выходная мощность, как определено в 9.2.4.

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

8.1.15 Цепи, содержащие элементы накопления энергии

Цепи, содержащие элементы накопления энергии (конденсаторы), которые допускается снять для обслуживания (например, для замены катушки), установки или отсоединения, не должны представлять опасности для электрической энергии после отсоединения.

Конденсаторы, подключенные к доступным опасным токоведущим частям, находящиеся под напряжением, должны разряжаться до уровня энергии менее 0,5 МДж в течение 5 с после отключения питания. В противном случае на устройство должна быть нанесена легко читаемая предупреждающая надпись, указывающая время разряда до предельных значений или предпочтительный способ разрядки конденсатора перед прикосновением к соединительным частям.

8.1.16 Условия отказа и ненормальные условия

Устройство должно быть спроектировано таким образом, чтобы исключать те режимы или последовательности работы, которые могут вызывать условия отказа или отказ компонентов, приводящих к опасности, если другие меры по предотвращению опасности не предусмотрены установкой и не описаны в информации по установке, прилагаемой к устройству. Требования, изложенные в этом подпункте, также действуют в отношении для ненормальных условий эксплуатации, если это применимо.

Проводят анализ или испытание цепи для определения отказа конкретного компонента (включая системы изоляции) к возникновению опасности.

Этот анализ включает ситуации, при которых отказ компонента или изоляции (основной или дополнительный) приводит:

- к воздействию на риск поражения электрическим током;
- опасности разрушения, приводящего к выбросу пламени, горящих частиц или расплавленного металла при пожаре.

Анализ или испытания включают влияние условий короткого замыкания и разомкнутой цепи на компонент. Требуется проведение испытания в том случае, если анализ не может убедительно показать, что при условиях короткого замыкания или разомкнутой цепи отказ компонента не приведет к поражению электрическим током или к пожару. Соответствие подтверждают испытанием по 9.2.5.

Компоненты, имеющие подтверждение надежности соответствия стандартам на продукцию, принимают как соответствующие этим требованиям и без проведения дальнейших испытаний при условии уже проведенных испытаний в соответствующих условиях, для которых предназначено устройство.

8.1.17 Защита портов от короткого замыкания и перегрузки

Если источник питания для сигнального порта или порта питания, который является внешним по отношению к устройству, не соответствует требованиям 8.1.14 к источникам ограниченной энергии, устройство не должно представлять опасности в условиях короткого замыкания или перегрузки. Инструкции по установке внешней защиты от сверхтока должны быть предоставлены в соответствии с 6.3.

Соответствие проверяют путем осмотра и, при необходимости, имитируя условия единичной неисправности.

8.2 Требования к работоспособности

8.2.1 Условия срабатывания

8.2.1.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.1.1, с нижеприведенным дополнением.

КУУЗ должны иметь конструкцию с механизмом свободного расцепления (IEC 60947-1:2020, 3.6.24).

КУУЗ не должны срабатывать при превышениях тока, вызванных испытанием на срабатывание по 9.3.3.1, после протекания максимального номинального рабочего тока при контрольной температуре окружающего воздуха и достижении теплового равновесия при минимальном и максимальном значениях уставки реле перегрузки, если оно регулируемое.

Сброс реле и расцепителей не должен приводить к включению КУУЗ в отсутствие команды на включение.

Требования принимают как к самому устройству, так и к специализированным электромонтажным арматурам.

В случае отсутствия различий между U_s и U_c руководствуются требованиями к U_c.

8.2.1.2 Пределы срабатывания КУУЗ с двигательным приводом

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.1.2.

8.2.1.3 Пределы срабатывания реле минимального напряжения и расцепителя

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.1.3, с нижеприведенным дополнением.

Испытания установлены в 9.3.3.2.2.

8.2.1.4 Пределы срабатывания независимого расцепителя

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.1.4, с нижеприведенным дополнением.

Испытания установлены в 9.3.3.2.2.

8.2.1.5 Пределы срабатывания токоизмерительного реле или расцепителя

8.2.1.5.1 Размыкание в условиях перегрузки

8.2.1.5.1.1 Общие требования к срабатыванию реле перегрузки или расцепителя тока с обратнозависимой выдержкой времени (тип с) по 5.7.1.3.1

i) Категории применения AC-2, AC-3, AC-3e, AC-4, DC-3, DC-5

Примечание 1 — Тепловая защита двигателей при наличии гармонических составляющих в напряжении питания находится на стадии рассмотрения.

Нагрузка током всех полюсов

Реле и расцепители классифицируют согласно категориям применения по таблице 3 и соответствия требованиям таблиц 2 и 3 при испытаниях:

- у КУУЗ, нормально смонтированных в оболочке, при протекании тока, в A раз превышающем уставку, расцепление не должно произойти ранее, чем через 2 ч, начиная с холодного состояния при контрольной температуре окружающего воздуха согласно таблице 2. Если контактные зажимы реле перегрузки достигают нагретого состояния при испытательном токе менее чем за 2 ч, длительность испытания может соответствовать времени, необходимому для достижения этого состояния;
- при токе, превышаемом в B раз уставку, расцепление должно происходить ранее, чем через 2 ч;
- реле или расцепители перегрузки класса 2, 3, 5 и 10 A при протекании тока, в C раз превышающего уставку, должны расцепляться ранее, чем через 2 мин, начиная с нагретого состояния, достигнутого при протекании тока, равного току уставки, в соответствии с IEC 60034-1:2017, 9.3.3 для класса 10 A реле перегрузки при температуре окружающего воздуха минус 5 °C или ниже допускается указание изготовителем более длительного времени срабатывания, но не более 4 мин.

Примечание 2 — В IEC 60034-1:2017, 9.3.3, установлено следующее: «Трехфазные двигатели переменного тока, имеющие номинальные мощности, не превышающие 315 кВт, и номинальные напряжения, не превышающие 1 кВ, должны выдерживать ток, равный 1,5-кратному номинальному току в течение не менее чем 2 мин»;

- реле или расцепители перегрузки классов 10, 20, 30 и 40 при протекании тока, в C раз превышающего уставку, расцепление должно происходить менее чем через 4, 8, 12 или 16 мин начиная с нагретого состояния, достигнутого при протекании тока, равного току уставки;
- при протекании тока, в D раз превышающего уставку, время расцепления T_p должно находиться в пределах, указанных в таблице 3 для соответствующего класса расцепления начиная с холодного состояния;

- для реле или расцепителей перегрузки с диапазоном уставок по току эти пределы срабатывания учитывают как в случае протекания токов через реле или расцепитель, значение которых соответствует максимальной и минимальной уставкам;

- для нескомпенсированных реле перегрузки или расцепителей зависимость кратности тока от температуры окружающего воздуха не должна превышать 1,2 %/К.

Примечание 3 — 1,2 %/К — характеристика ухудшения теплоотдачи проводников с поливинилхлоридной изоляцией.

Реле перегрузки или расцепители считают скомпенсированными, если они соответствуют требованиям таблицы 2 при температуре 20 °С и не выходят за пределы, указанные на рисунке 1, при других температурах.

Таблица 2 — Пределы срабатывания реле или расцепителей перегрузки с обратнозависимой выдержкой времени при подаче тока на все полюса

Категория применения	Тип реле или расцепителя	Кратность тока уставки				Температура окружающего воздуха, °С
		A	*B*	*C*	*D*	
AC-2 AC-3 AC-3e AC-4 DC-3 DC-5	Теплового типа нескомпенсированное относительно изменений температуры окружающего воздуха	1,0	1,2[b]	1,5	7,2	+40
	Теплового типа скомпенсированное относительно изменений температуры окружающего воздуха	[c]	[c]	—	—	Ниже –5[d]
		1,05	1,3	1,5	—	–5
		1,05	1,2[b]	1,5	7,2	+20
		1,0	1,2[b]	1,5	—	+40
		[c]	[c]	—	—	Выше +40[d]
	Электронные[a]	1,05	1,2[b]	1,5	7,2	0 +20 +40
AC-40 AC-1 AC-5a AC-5b DC-40 DC-1 DC-6	Все	1,05	1,3	—	—	+30

[a] Это испытание следует проводить только при температуре 20 °С для кратности тока уставки *A*, *B* и *D*.

[b] Если указано изготовителем, ток расцепления может отличаться на 120 %, но не должен превышать 125 %. Значение испытательного тока должно быть равно току расцепления и указано на устройстве.

[c] Кратность тока уставки должна быть заявлена изготовителем.

[d] См. 9.3.3.2.2 для испытаний вне температурного диапазона от минус 5 °С до плюс 40 °С.

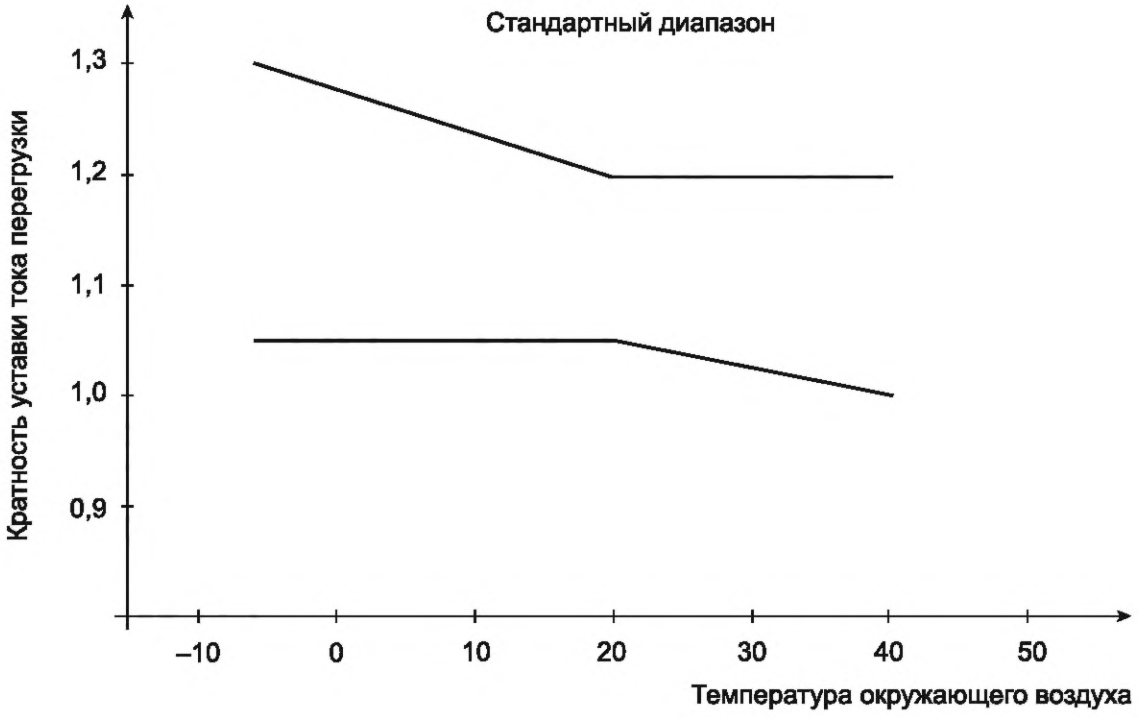


Рисунок 1 — Кратность токовой уставки реле перегрузки или расцепителя с выдержкой времени, компенсированного относительно температуры окружающего воздуха (см. 8.2.1.5.1)

Таблица 3 — Классы расцепления реле перегрузки и расцепителей для категорий применения AC-2, AC-3, AC-3e, AC-4, DC-3, DC-5

Класс расцепления	Время расцепления T_p в условиях, соответствующих 8.2.1.5.1.1, таблица 2, графа D^a, с	Время расцепления T_p в условиях, соответствующих 8.2.1.5.1.1, таблица 2, графа *D* для жестких допусков. Пределы допуска E[a], с
2	—	$T_p \le 2$
3	—	$2 < T_p \le 3$
5	$0,5 < T_p \le 5$	$3 < T_p \le 5$
10 A	$2 < T_p \le 10$	—
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 должен добавить букву «E» к классу расцепления для информирования о соответствии пределам допуска E.

Нагрузка током двух полюсов

Согласно данным, приведенным в таблице 4, при нагрузке током трех полюсов реле или расцепителя при A-кратной уставке тока, расцепление не должно происходить ранее, чем через 2 ч, начиная с холодного состояния, при температуре окружающего воздуха.

Кроме того, если значение тока, протекающего через два полюса (у реле, контроля пропадания фазы, — полюса, проводящие больший ток), последовательно возрастает до B-кратной токовой уставки, а третий полюс обесточен, то расцепление должно происходить ранее, чем через 2 ч.

Указанные значения действительны для всех комбинаций полюсов.

Для реле или расцепителей с регулируемой токовой уставкой должны быть действительны характеристики срабатывания, когда реле или расцепитель проводит токи, соответствующие максимальной уставке, и когда реле проводит токи, соответствующие минимальной уставке.

Таблица 4 — Пределы срабатывания трехполюсных реле или расцепителей перегрузки с обратнозависимой выдержкой времени при нагрузке током двух полюсов

Вид реле или расцепителя перегрузки	Кратность тока уставки		Контрольная температура окружающего воздуха, °С
	A	*B*	
Тепловое, скомпенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха или электронное. Без контроля пропадания фазы	Три полюса: 1,0	Два полюса: 1,32 Один полюс: 0	+20
Тепловое, нескомпенсированное относительно изменений температуры окружающего воздуха. Без контроля пропадания фазы	Три полюса: 1,0	Два полюса: 1,25 Один полюс: 0	+40
Тепловое, скомпенсированное относительно изменений температуры окружающего воздуха. С контролем пропадания фазы	Два полюса: 1,0 Один полюс: 0,9	Два полюса: 1,15 Один полюс: 0	+20

ii) Категории применения AC-40, AC-1, AC-5a, AC-5b; DC-40, DC-1, DC-6

Условные значения срабатывания реле или расцепителей перегрузки с обратнозависимой выдержкой времени приведены в таблице 2.

При контрольной температуре (30 ± 2) °С и 1,05-кратной токовой уставке, т. е. с условным током нерасцепления (см. IEC 60947-1:2020, 3.7.30) при подаче тока во все полюса расцепителей, расцепления не должно произойти в течение условного времени 2 ч (1 ч, если I_e < 63 А) начиная с холодного состояния, т. е. с КУУЗ при контрольной температуре.

Если по окончании условного времени значение тока мгновенно возрастает до 1,30-кратной токовой уставки, т. е. с условным током расцепления (см. IEC 609471:2020, 3.7.31), расцепление должно происходить в течение вышеуказанного условного времени.

Примечание 4 — Контрольная температура — это температура окружающего воздуха, к которой относится времятоковая характеристика КУУЗ.

Если реле или расцепитель, по данным изготовителя, не зависит от температуры окружающего воздуха, значения тока, приведенные в таблице 2, следует применять в пределах диапазона температур, указанных изготовителем, с допуском 0,3 % на каждый градус К. Ширину диапазона указывают в пределах ±10 К от контрольной температуры.

8.2.1.5.1.2 Проверка испытанием тепловой памяти категорий применения AC-2, AC-3, AC-3e, AC-4, DC-3, DC-5

Кроме случаев, указанных изготовителем относительно того, что устройство не содержит тепловой памяти, электронные реле перегрузки должны отвечать следующим требованиям (см. рисунок 2):

- пропускать ток, равный I_e, до тех пор, пока устройство не достигнет теплового равновесия;
- прерывать ток на время, равное $2T_p$ (см. таблицу 3) с относительным допуском ± 10 % (где T_p — это время, измеренное при токе *D* по таблице 2);
- пропускать ток, равный 7,2*Ie*;
- расцепление реле должно происходить в течение 50 % времени T_p.



Рисунок 2 — Испытание тепловой памяти

8.2.1.5.1.3 Размыкание в условиях перегрузки реле или расцепителей перегрузки мгновенного действия и с независимой выдержкой времени [типы по перечислениям a) и b) по 5.7.2.3.1]

Для всех значений уставки тока КУУЗ должны расцепляться с точностью ±10 % от установленного значения тока расцепления, соответствующего уставке тока.

8.2.1.5.2 Размыкание в условиях короткого замыкания

Реле или расцепители короткого замыкания мгновенного действия и с независимой выдержкой времени [перечисления a) и b) 5.7.2.3.2].

При всех значениях токовой уставки КУУЗ должны расцепляться с точностью ±20 % от установленного значения тока расцепления, соответствующего токовой уставке.

8.2.1.5.3 Пределы срабатывания реле или расцепителей минимального тока для автоматического переключения

Реле или расцепитель минимального тока должны срабатывать с отключением КУУЗ в пределах 90 % — 110 % от установленного времени, при значении тока ниже 0,9 от уставки минимального тока на всех полюсах.

8.2.1.5.4 Пределы срабатывания реле, чувствительного к опрокидыванию ротора электродвигателя или расцепителя

Реле, чувствительное к опрокидыванию ротора электродвигателя, или расцепитель должны срабатывать с отключением КУУЗ в пределах 80 % — 120 % установленного времени (время блокировки опрокидывания ротора электродвигателя) или в пределах точности, установленной изготовителем, в следующих случаях:

a) реле тока: ток на 20 % выше, чем установленное значение тока опрокидывания ротора электродвигателя.

Пример — Установленный ток реле, чувствительного к опрокидыванию ротора электродвигателя или расцепителя, — 100 А; установленное время — 6 с; точность — ±10 %, реле должно сработать в течение 5,4 и 6,6 с, если значение тока равно или превышает значение 100 А · 1,2 = 120 А;

b) реле обнаружения вращения: входной сигнал, указывающий на отсутствие вращения двигателя.

8.2.1.5.5 Пределы срабатывания реле или расцепителей перегрузки

Реле или расцепитель перегрузки должны срабатывать для размыкания КУУЗ в пределах от 80 % до 120 % от установленного времени (время блокировки торможения) или в пределах точности, определенной изготовителем, если ток превышает в 1,2 раза установленное значение тока реле или расцепителя перегрузки во время работы после выполнения пуска.

8.2.2 Превышение температуры

8.2.2.1 Общие положения

Для испытаний по IEC 60947-1:2020, 8.2.2, применяют новые чистые КУУЗ. В случае проведения испытания при напряжении ниже 100 В контакты таких устройств допускается очистить любым безабразивным методом или выполнить несколько циклов с нагрузкой или без нее до начала испытания.

Примечание — Сопротивление контактов из-за окисления не оказывает влияния на испытание на превышение температуры при испытательном напряжении выше 100 В.

В случае применения электромагнита с электронным управлением измерение температуры катушки может быть не осуществимо физически; в таком случае разрешается применять другие методы, например метод термопар или другие подходящие методы.

8.2.2.2 Контактные зажимы

Превышение температуры контактных зажимов не должно выходить за пределы, указанные в таблице 5.

Таблица 5 — Пределы превышения температуры выводов

Материал контактных зажимов	Превышение температуры[b], К
Чистая медь	60
Чистая латунь	65
Медь или латунь с оловянным покрытием	65
Медь или латунь с серебряным или никелевым покрытием	70[a]
Другие материалы	c

[a] Предел превышения температуры 70 К для присоединяемых кабелей с поливинилхлоридной изоляцией. Использование присоединяемых проводников и кабелей меньшего сечения, чем указано в IEC 609471:2020, таблицы 9 и 10, может вызвать превышение температуры контактных зажимов и внутренних частей, поэтому такие проводники не следует использовать без рекомендации изготовителя, так как превышение температуры может привести к повреждению аппарата.

[b] Требования к превышению температуры применяют к новым образцам так же, как в цикле испытаний I по 9.5.2. Значение превышения температуры в цикле испытаний IV (9.5.5) увеличивают на 10 К.

[c] Пределы превышения температуры определяют в результате эксплуатации или испытаний на износ, но они не должны превышать 65 К.

8.2.2.3 Доступные части

Превышение температуры доступных частей не должно выходить за пределы, указанные в IEC 60947-1:2020, таблица 3.

8.2.2.4 Температура окружающего воздуха

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.2.4.

8.2.2.5 Силовая цепь

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.2.5, с нижеприведенным дополнением.

Силовая цепь КУУЗ вместе с встроенным реле или расцепителем максимального тока должна проводить максимальный номинальный рабочий ток, соответствующий категории применения в продолжительном, повторно-кратковременном или кратковременном режимах, без выхода за пределы, указанные в таблице 5 и IEC 60947-1:2020, таблица 3. Продолжительный режим используют для категорий AC-40 и DC-40.

8.2.2.6 Цепи управления

Цепи управления, в том числе устройства цепей управления, предназначенные для замыкания и размыкания КУУЗ, должны обеспечивать работу в номинальном режиме по 5.3.4. При этом значения превышения температуры при испытании по 9.3.3.3.5 не должны превышать значений, указанных в таблице 5 и IEC 60947-1:2020, таблица 3.

8.2.2.7 Обмотки катушек и электромагнитов

8.2.2.7.1 Обмотки для работы в продолжительном и 8-часовом режимах

При протекании максимального тока по силовой цепи обмотки катушек должны выдерживать под непрерывной нагрузкой и при номинальной частоте номинальное входное напряжение цепи управления без выхода превышения температуры за пределы, указанные в таблице 6.

Примечание — В зависимости от технологии, например для некоторых видов электромагнитов с электронным управлением, питающее напряжение цепи управления не допускается подавать непосредственно на обмотку катушек при их подключении так же, как в нормальных условиях эксплуатации.

8.2.2.7.2 Обмотки для работы в повторно-кратковременном режиме

При отсутствии тока в силовой цепи обмотки катушек должны выдерживать при номинальной частоте номинальное входное напряжение цепи управления (или максимальное номинальное напряжение цепи управления для диапазона), указанное согласно таблице 7, в зависимости от класса по-

вторно-кратковременного режима без выхода превышения температуры за пределы согласно данным таблицы 6.

Примечание — В зависимости от технологии, например для некоторых видов электромагнитов с электронным управлением, напряжение питания цепи управления не допускается подключать непосредственно к обмотке катушки при их подключении так же, как в нормальных условиях эксплуатации.

Таблица 6 — Пределы превышения температуры изоляции обмоток катушек в воздухе

Класс изоляционного материала по IEC 60085	Предел превышения температуры (измеренной методом сопротивления), К
A	85
E	100
B	110
F	135
H	160

Таблица 7 — Данные по циклам испытаний в повторно-кратковременном режиме

Класс повторно-кратковременного режима КУУЗ	Продолжительность рабочего цикла замыкание—размыкание, с	Время включения катушки управления под напряжение
1	3600	Время размыкания должно соответствовать коэффициенту нагрузки, указанному изготовителем
3	1200	
12	300	
30	120	
120	30	
300	12	
1200	3	

8.2.2.7.3 Специальные обмотки (для работы в кратковременном режиме или при периодическом включении)

Специальные обмотки следует испытывать в рабочих условиях, соответствующих наиболее жестким режимам из тех, для которых они предназначены, а их номинальные характеристики должны быть указаны изготовителем.

8.2.2.8 Вспомогательные цепи

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.2.8.

8.2.2.9 Другие части

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.2.1.

8.2.3 Диэлектрические свойства

8.2.3.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.3, с нижеприведенным дополнением.

8.2.3.2 Компоненты, ограничивающие напряжение между цепями

Общие требования к устройству включают компоненты, ограничивающие напряжение и вставляемые между цепями, не подключенными к заземлению, подлежащему испытанию диэлектрических свойств, описанному ниже.

Компоненты, ограничивающие напряжение (варисторы), используемые для защиты электронных частей от импульсов напряжения внутри устройства, должны соответствовать требованиям IEC 61051-2. В этом подпункте цель состоит не в том, чтобы уменьшить зазоры. Для проведения испытаний типа допускается отключение компонентов, ограничивающих напряжение внутри устройства, IEC 61051-2 применяют нижеприведенным образом.

a) Предпочтительные климатические категории варистора:

- максимальная нижняя температура — минус 10 °C;
- минимальная верхняя температура — плюс 85 °C.

Изготовитель устройства должен убедиться в том, что варистор пригоден для применения при повышенной температуре окружающей среды, при его наличии.

b) Минимальное номинальное напряжение варистора должно в 1,2 раза превышать максимальное пиковое напряжение, к которому подключен варистор.

c) При подключении к сети варисторы должны выдерживать испытание импульсным напряжением в соответствии с 9.5.2.5.

Примечание 1 — При проверке варисторов, приведенной выше, предполагается, что предохранитель, защищающий варистор, не требуется.

Примечание 2 — Возможность разъединения цепей между полюсами, предусмотренная в IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.1, пункт 1), может оказаться неприемлемой при проведении приемо-сдаточных испытаний, поскольку устройство изготовлено и нецелесообразно повторно открывать его и вносить изменения. Испытание проводят для определения корректной работы компонента, ограничивающего напряжение.

8.2.4 Требования к работоспособности в условиях отсутствия нагрузки, нормальной нагрузки и перегрузки

8.2.4.1 Включающая и отключающая способности

КУУЗ должны иметь способность без повреждения включать и отключать токи в условиях, указанных в таблице 8, в зависимости от требуемой категории применения.

Не допускается превышение значений времени обесточивания, указанных в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 — Номинальные включающая и отключающая способности. Условия включения и отключения в зависимости от категории применения

Категория применения	Условия включения и отключения					
	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ	Время протекания[b], с	Время обесточивания, с	Число циклов срабатывания
AC-40	6,0	1,05	0,50	0,05	[e]	24
AC-1	1,5	1,05	0,80	0,05	[e]	50
AC-2	4,0	1,05	0,65	0,05	[e]	50
AC-3[g]	8,0	1,05	[a]	0,05	[e]	50
AC-3e[g]	8,5	1,05	[a]	0,05	[e]	50
AC-4[g]	10,0	1,05	[a]	0,05	[e]	50
AC-5a	3,0	1,05	0,45	0,05	[e]	50
AC-5b	1,5[c]	1,05	[c]			
			L/R, мс			
DC-40	2,5	1,05	2,5	0,05	[e]	24[d]
DC-1	1,5	1,05	1,0	0,05	[e]	50[d]
DC-3	4,0	1,05	2,5	0,05	[e]	50[d]
DC-5	4,0	1,05	15,0	0,05	[e]	50[d]
DC-6	1,5[c]	1,05	[c]	0,05	[e]	50[d]
AC-3	10,0	1,05[f]	[a]	0,05	[e]	50
AC-3e	12,0[h]	1,05[f]	[h]	0,05	[e]	50
AC-4	12,0	1,05[f]	[a]	0,05	[e]	50

I — включаемый ток. Выражают как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока, но подразумевают, что на переменном токе пиковое значение асимметричного тока, соответствующее коэффициенту мощности данной цепи, может быть более высоким;

I_c — включаемый и отключаемый ток, выражаемый как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока;

I_e — номинальный рабочий ток;

U — напряжение до включения;

U_r — возвращающее напряжение промышленной частоты;

Окончание таблицы 8

U_e — номинальное рабочее напряжение; cos φ — коэффициент мощности испытательной цепи; *L/R* — постоянная времени испытательной цепи.
Примечание — 25 срабатываний вручную, указанных в сноске [g], предназначены для непрерывности обслуживания ручного органа КУУЗ при наличии, но не для квалификации КУУЗ для ручного срабатывания.
[a] cos φ = 0,45 при I_e ≤ 100 А; 0,35 при I_e > 100 А. [b] Время может быть менее 0,05 с при условии, что контакты до повторного размыкания должны возвращаться в соответствующее положение. По соображениям целесообразности для испытания допускается более длительное время протекания по согласованию с изготовителем. [c] Испытания следует проводить с нагрузкой в виде ламп накаливания. [d] Половину циклов срабатывания выполняют при одной полярности, другую — при обратной полярности. [e] Максимальное время обесточивания, указанное в таблице 9, может быть сокращено по согласованию с изготовителем. [f] Для U/U_e принимают допустимое отклонение ± 20 %. [g] Следует проверять также условия включения. Эту проверку допускается проводить во время испытаний на включение и отключение, но только по согласованию с изготовителем. В этом случае кратности тока включения должны соответствовать приведенным значениям I/I_e, тока отключения — I_c/I_e. 25 циклов срабатывания следует выполнять при напряжении цепи управления, равном 110 % номинального напряжения цепи управления U_s, и 25 циклов срабатывания — при 85 % U_s. [h] В качестве альтернативы коэффициент I/I_e может быть выбран изготовителем в диапазоне от 12 до 13. В этом случае коэффициент мощности определяют по следующим формулам: I_e ≤ 100 А: cos φ = 0,1 · I/I_e – 0,85; I_e > 100 А: cos φ = 0,1 · I/I_e – 0,95.

Таблица 9 — Взаимосвязь между отключаемым током I_c и временем обесточивания при проверке номинальных включающей и отключающей способностей

Отключаемый ток I_c, А	Время обесточивания, с
I_c ≤ 100	10
100 < I_c ≤ 200	20
200 < I_c ≤ 300	30
300 < I_c ≤ 400	40
400 < I_c ≤ 600	60
600 < I_c ≤ 800	80
800 < I_c ≤ 1200	100
1000 < I_c ≤ 1300	140
1300 < I_c ≤ 1600	180
1600 < I_c	240

8.2.4.2 Работоспособность

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.4.2, с нижеприведенным дополнением.

а) *Условная работоспособность после испытаний на включающую и отключающую способности*

КУУЗ должны иметь способность без повреждений включать и отключать токи после испытаний на включающую и отключающую способности в заданных условиях по таблице 10 в соответствии с требуемой категорией применения и указанным количеством циклов срабатывания.

Время протекания тока должно быть 0,05 с. Время может быть менее 0,05 с при условии, что контакты до повторного размыкания должны возвратиться в соответствующее положение.

Время обесточивания должно быть не более указанного в таблице 9, за исключением категорий применения AC-5b и DC-6, для которых время обесточивания должно быть 60 с.

b) *Работоспособность до и после испытаний на короткое замыкание при I_{cr} и I_{cs}*

КУУЗ должны без повреждений включать и отключать токи до и после испытаний на короткое замыкание при I_{cr} и I_{cs} [см. 8.2.5, перечисление a)] в условиях, указанных в таблице 11, в соответствии с требуемой категорией применения и количеством циклов срабатывания. Первые 25 циклов срабатывания после испытаний на короткое замыкание при I_{cs} должны быть выполнены с помощью встроенных органов ручного управления, при их наличии, при подаче напряжения на функциональную цепь управления. Встроенные органы ручного управления могут управляться непосредственно или дистанционно (т. е. рукояткой, двигательным приводом, соленоидным приводом и т. д.).

Для всех, но непременно для вышеупомянутых 25 циклов срабатывания время протекания тока должно быть 0,05 с. Это время может быть менее 0,05 с при условии, что контакты до повторного размыкания должны возвратиться в соответствующее положение, и время обесточивания должно быть не более указанного в таблице 9, кроме категорий применения AC-5b и DC-6, для которых время обесточивания должно быть 60 с.

c) *Условная механическая работоспособность*

В дополнение к выполнению требований к коммутационной работоспособности по перечислению a) КУУЗ должны обеспечивать механические циклы срабатываний без нагрузки согласно таблице 10 в условиях испытаний, указанных в 9.5.3.3.

Для КУУЗ, которые имеют расцепители минимального напряжения и/или независимые расцепители, 10 % общего количества циклов срабатываний должны быть выполнены срабатываниями указанных расцепителей — по 5 % в начале и конце каждого испытания.

Таблица 10 — Условная работоспособность после испытаний на включающую/отключающую способность. Условия включения и отключения, соответствующие категориям применения

Категория применения	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ[d]	Количество циклов срабатывания	
				с током	без тока
AC-40	1,0	1,05	0,80	3000	4000
AC-1	1,0	1,05	0,80	6000	4000
AC-2	2,0	1,05	0,65	6000	4000
AC-3, AC-3e	2,0	1,05	[a]	6000	4000
AC-4	6,0	1,05	[a]	6000	4000
AC-5a	2,0	1,05	0,45	6000	4000
AC-5b	1,0[b]	1,05	[b]		
			L/R[e], мс		
DC-40	1,0	1,05	2,5	3000[c]	4000
DC-1	1,0	1,05	1,0	6000[c]	4000
DC-3	2,5	1,05	2,0	6000[c]	4000
DC-5	2,5	1,05	15,0	6000[c]	4000
DC-6	1,0[b]	1,05	[b]	6000[c]	4000

I — включаемый ток. Выражают как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока, принимая во внимание, что на переменном токе пиковое значение асимметричного тока, соответствующее коэффициенту мощности данной цепи, может быть более высоким;

Окончание таблицы 10

I_c — включаемый и отключаемый ток. За исключением AC-5b или DC-6, включающий ток выражается как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока, но подразумевается, что фактическим значением будет пиковое значение, соответствующее коэффициенту мощности данной цепи;

I_e — номинальный рабочий ток;

U_r — возвращающее напряжение постоянного тока или промышленной частоты;

U — напряжение до включения;

U_e — номинальное рабочее напряжение;

cos φ — коэффициент мощности испытательной цепи;

L/R — постоянная времени испытательной цепи.

[a] cos φ = 0,45 при $I_e \le 100$ А; 0,35 при $I_e > 100$ А.

[b] Испытания следует проводить с нагрузкой в виде ламп накаливания.

[c] Половину циклов срабатывания выполняют при одной полярности, другую — при обратной полярности.

[d] Допустимое отклонение для cos φ: ± 0,05.

[e] Допустимое отклонение для L/R: ± 15 %.

Таблица 11 — Работоспособность до и после испытаний на короткое замыкание при I_{cr} и I_{cs}. Условия включения и отключения, соответствующие категориям применения

Категория применения	Значение номинального рабочего тока, А	Включение			Отключение			Число циклов срабатывания до и после испытаний	
		I/I_e	U/U_e	cos φ[d]	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ[d]	I_{cr}	I_{cs}
AC-40	Все значения	1,0	1,0	0,80	1,0	1,00	0,80	1500	750
AC-1	Все значения	1,0	1,0	0,95	1,0	1,00	0,95	3000	1500
AC-2	Все значения	2,5	1,0	0,65	2,5	1,00	0,65	3000	1500
AC-3, AC-3e	$I_e \le 17$	6,0	1,0	0,65	1,0	0,17	0,65	3000	1500
	$I_e > 17$	6,0	1,0	0,35	1,0	0,17	0,35	3000	1500
AC-4	$I_e \le 17$	6,0	1,0	0,65	6,0	1,00	0,65	3000	1500
	$I_e > 17$	6,0	1,0	0,36	6,0	1,00	0,35	3000	1500
AC-5a	Все значения	2,0	1,0	0,45	2,0	1,00	0,45	3000	1500
AC-5b[b]	Все значения	1,0	1,0	[a]	1	1,00	[a]	3000	1500
				L/R[e], мс			L/R[e], мс		
DC-40	Все значения	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	1,00	1500[c]	750[c]
DC-1	Все значения	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	1,00	3000[c]	1500[c]
DC-3	Все значения	2,5	1,0	2,0	2,5	1,00	2,0	3000[c]	1500[c]
DC-5	Все значения	2,5	1,0	7,5	2,5	1,00	7,5	3000[c]	1500[c]
DC-6[b]	Все значения	1,0	1,0		1,0	1,00		3000[c]	1500[c]

I — включаемый ток. Выражают как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока, принимая во внимание, что на переменном токе пиковое значение асимметричного тока, соответствующее коэффициенту мощности данной цепи, может быть более высоким;

I_c — включаемый и отключаемый ток. За исключением AC-5b или DC-6, включающий ток выражается как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока, но подразумевается, что фактическим значением будет пиковое значение, соответствующее коэффициенту мощности данной цепи;

Окончание таблицы 11

I_e — номинальный рабочий ток; U_r — возвращающее напряжение переменного тока или промышленной частоты; U — напряжение до включения; U_e — номинальное рабочее напряжение; cos φ — коэффициент мощности испытательной цепи; L/R — постоянная времени испытательной цепи.
[a] cos φ = 0,45 при $I_e \leq 100$ А; 0,35 при $I_e > 100$ А. [b] Испытания следует проводить с нагрузкой в виде ламп накаливания. [c] Половину циклов срабатывания выполняют при одной полярности, другую — при обратной полярности. [d] Допустимое отклонение для cos φ: ± 0,05. [e] Допустимое отклонение для L/R: ± 15 %.

8.2.4.3 Износостойкость

8.2.4.3.1 Механическая износостойкость

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.4.3.1.

8.2.4.3.2 Коммутационная износостойкость

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.4.3.2.

8.2.5 Способность включать, проводить и отключать токи короткого замыкания

КУУЗ должны выдерживать термические, динамические и электрические нагрузки, обусловленные токами короткого замыкания.

Токи короткого замыкания могут возникать при включении тока, прохождении тока в замкнутом положении аппарата, при отключении тока.

a) Способность КУУЗ включать, проводить и отключать токи короткого замыкания определена следующими терминами в соответствии с данными таблицы 12 или 13 (предпочтительно) по усмотрению изготовителя. Обе таблицы считают эквивалентными для соответствия настоящему стандарту:

- ожидаемому условному току короткого замыкания I_{cr} и ожидаемому условному току «r» (I_r);
- номинальной рабочей наибольшей отключающей способности I_{cs} (см. 5.3.6).

b) Дополнительное испытание из трех срабатываний включения и отключения следует проводить при токе, равном 80 % максимального значения тока расцепления расцепителя мгновенного действия, если значение 80 % превышает значение I_c/I_e, приведенное в таблице 8 (см. 9.5.6).

c) Четырехполюсные КУУЗ должны отвечать требованиям 9.3.4.1.6, перечисления a), b), c) соответственно.

Примечание — Таблица 13 введена с целью согласования с UL 60947-4-1 и эквивалентна соответствующим требованиям UL 60947-4-1.

Таблица 12 — Значение ожидаемого испытательного тока, соответствующего номинальному рабочему току

Максимальное значение I_e для данной конструкции, А	I_{cr}		Ожидаемый условный ток «r» (I_r)[a], кА
	(I_{cr})/(максимальное I_e)	Минимальное, кА	
$0 < I_e \leq 16$	30	0,2	1
$16 < I_e \leq 32$	30	0,2	3
$32 < I_e \leq 63$	25	1,0	3
$63 < I_e \leq 125$	20	1,6	5
$125 < I_e \leq 250$	20	1,6	10
$250 < I_e \leq 315$	15	5,0	10
$315 < I_e \leq 630$	15	5,0	18
[a] Если КУУЗ не категории применения АС-3, то ожидаемый ток «r» должен быть согласован между изготовителем и потребителем.			

Коэффициент мощности или постоянная времени должны соответствовать IEC 60947-1:2020, таблица 16.

Таблица 13 — Ожидаемый испытательный ток, соответствующий номинальному рабочему току (гармонизированная таблица)

Номинальный рабочий ток I_e (AC-3)[a, e], А	I_{cr}		Ожидаемый условный ток «r»[f], кА	Коэффициент мощности
	(I_{cr})/(максимальное I_e)	Минимальное, кА		
$0 < I_e \leq 162$	30	0,2	1	От 0,7 до 0,8
$12 < I_e \leq 50$[b]	25	1,0	3	От 0,7 до 0,8
$50 < I_e \leq 100$[c]	20	1,6	5	От 0,7 до 0,8
$100 < I_e \leq 250$[d]	20	1,6	10	От 0,5 до 0,7
$250 < I_e \leq 500$	15	5,0	18	От 0,2 до 0,3

Примечание — Эта таблица будет перенесена в готовящуюся к публикации редакцию IEC 60947-1 и поэтому пронумерована иначе, чем другие таблицы в настоящем стандарте.

[a] Если КУУЗ не категории применения АС-3, то ожидаемый условный ток «r» должен быть согласован между изготовителем и потребителем.

[b] При 690 В и выше: $12 < I_e \leq 63$.

[c] При 690 В и выше: $63 < I_e \leq 125$.

[d] При 690 В и выше: $125 < I_e \leq 250$.

[e] В Северной Америке номинальный рабочий ток может быть обозначен как «ток полной нагрузки двигателя».

[f] В Северной Америке ожидаемый условный ток «r» называется «стандартный ток отказа».

8.2.6 Полное сопротивление полюса

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.6.

8.2.7 Токи утечки оборудования, пригодного для применения в качестве разъединителя

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.2.7.

8.2.8 Потребляемая мощность катушки

Потребляемую мощность электромагнита КУУЗ определяют мощностью, питающей его катушку, необходимую для операций включения и удержания.

Если указана потребляемая катушкой мощность, ее испытание должно быть проведено в соответствии с 9.3.3.9.

8.2.9 Координация между КУУЗ и другим устройством защиты от короткого замыкания

См. IEC 60947-1:2020, приложение А, для координации между КУУЗ и другим устройством защиты от короткого замыкания.

8.3 Электромагнитная совместимость (ЭМС)

8.3.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.3.1, с нижеприведенным дополнением.

Данное устройство подвержено по своей природе перепадам напряжения и кратковременным замыканиям в подаче управления; они должны быть отнесены к пределам, указанным в 8.2.1.2, и подтверждаться испытаниями на рабочие пределы, которые приведены в 9.3.3.2.

Уровни испытаний на устойчивость к воздействию электромагнитных полей в настоящем стандарте, основанные на требованиях IEC 60947-1:2020, соответствуют жестким промышленным условиям, определенным в IEC 61000-6-2. Могут потребоваться более высокие уровни испытаний на устойчивость к воздействию электромагнитных полей, особенно для наружной высоковольтной подстанции согласно IEC 61000-6-5.

8.3.2 Устойчивость к электромагнитным помехам

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.3.2, с нижеприведенным дополнением.

Таблица 14 — Критерии соответствия для испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам

Область применения	Критерий соответствия		
	A	B	C
Общая работоспособность	Отсутствуют значительные изменения эксплуатационных характеристик. Функционирование по назначению	Временное ухудшение или потеря работоспособности с самовосстановлением	Временное ухудшение или потеря работоспособности, требующие вмешательства оператора или сброса системы
Функционирование силовых цепей и цепей управления	Отсутствие ложного срабатывания/несрабатывания согласно данным, приведенным в сноске[a]	Временное ложное срабатывание, не способное вызвать расцепление согласно сноске[b]; ненамеренное размыкание или замыкание контактов не допускается. Самовосстановление работоспособности	Расцепление реле перегрузки; случайные размыкания или замыкания контактов
Работа дисплеев, панелей управления и функционирование вспомогательных цепей	Отсутствие изменений в информации на дисплее. Только слабые изменения яркости для светоизлучающих диодов или незначительные смещения символов	Временные видимые изменения или потери информации. Нежелательное свечение светоизлучающих диодов. Отсутствие ложного срабатывания вспомогательных контактов	Отключение. Длительное отключение дисплеев или ошибочная информация. Недопустимый режим работы. Ложное срабатывание вспомогательных контактов. Отсутствует самовосстановление работоспособности
Функции обработки и передачи информации	Передача и обмен данными без помех с внешними устройствами	Временные помехи при передаче данных с отчетом об ошибке от внутренних и внешних устройств	Ошибочная обработка информации. Потери данных и/или информации. Ошибки при передаче информации. Отсутствует самовосстановление работоспособности

[a] Критерий соответствия А основан на результатах следующей методики испытания: во время испытания КУУЗ при нагрузке с токовой уставкой в 0,9 раза не должно выполнять расцепление, а при нагрузке с токовой уставкой в 2,0 раза КУУЗ выполняет расцепление при минимальном значении в 0,9 раза и при максимальном значении в 1,1 раза времятоковой характеристики изготовителя, а функции мониторинга, при наличии, должны достоверно отображать состояние КУУЗ.

[b] Критерий соответствия В основан на результатах следующей методики испытания: во время испытания КУУЗ при нагрузке с токовой уставкой в 0,9 раза не должно выполнять расцепление. После испытания КУУЗ должен отвечать времятоковой характеристике изготовителя при нагрузке с токовой уставкой в 2,0 раза, а функции мониторинга, при наличии, должны достоверно отображать состояние КУУЗ.

Испытательные значения и методика приведены в 9.4.2.

8.3.3 Излучение электромагнитных помех

Применяют IEC 60947-1:2020, 8.3.3, с нижеприведенным дополнением.

Испытательные значения и методика приведены в 9.4.3.

Уровень жесткости, требуемый для среды В, включает те, которые требуются для среды А.

Устройства, описанные в настоящем стандарте, не создают значительных уровней гармоник, и поэтому проведение гармонических испытаний не требуется.

9 Испытания

9.1 Виды испытаний

9.1.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.1.1, с нижеприведенным дополнением.

При отсутствии различия между U_s и U_c принимают требования к U_c. Если не указано иное, все испытания проводят путем дистанционного включения и выключения цепи с функцией управления.

9.1.2 Испытания типа

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.1.2, с нижеприведенным дополнением.

Испытания также предназначены для проверки устройства со специализированной арматурой.

9.1.3 Приемо-сдаточные испытания

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.1.3, с нижеприведенным дополнением.

К контрольным испытаниям относят:

- срабатывание и пределы срабатывания (9.6.2);
- испытания диэлектрических свойств (9.6.3).

Допускается проведение комбинированных испытаний по IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.2.

Для специализированной электромонтажной арматуры, поставляемой отдельно, проводят испытание только диэлектрических свойств.

9.1.4 Выборочные испытания

Выборочные испытания для проверки воздушных зазоров проводят в соответствии с IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.3.

Если при контроле материалов и производственных процессов целостность диэлектрических свойств доказана, то приемо-сдаточные могут быть заменены выборочными испытаниями в соответствии с выбранным планом отбора проб (см. ISO 2859-1:1999).

Допускается проведение комбинированных испытаний по IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.2.

9.1.5 Специальные испытания

9.1.5.1 Общие положения

Данные испытания проводят по усмотрению изготовителя.

Специальные испытания включают:

- климатические испытания согласно 9.1.5.2;
- испытания на механическую и электрическую износостойкость согласно приложению А. Результаты испытаний могут быть использованы для получения данных, необходимых для обеспечения функциональной безопасности применений (см. приложение К).

9.1.5.2 Климатические испытания

Для этих специальных испытаний применяют IEC 60947-1:2020, приложение Q, с нижеприведенным дополнением.

Если требуется, проверку работоспособности согласно IEC 60947-1:2020, таблица Q.1, проводят в соответствии с 9.6.2.

Испытания на вибропрочность проводят в открытом и закрытом положениях. Реле или расцепитель перегрузки не должны срабатывать во время испытания. Для проверки силовых и вспомогательных контактов испытания допускается проводить при любом значении тока/напряжения.

Испытания при ударах проводят в разомкнутом положении.

При испытаниях сухим теплом устройство должно быть в замкнутом положении в течение периода выдержки (см. IEC 60068-2-2:2007, 5.3.3). Для категорий A, B и C испытания допускается проводить без наличия тока в полюсах, а для категорий D, E и F испытание выполняют при максимальном номинальном токе AC-3; допускается ограничение тока до 100 А по практическим причинам. В течение последнего часа проведения испытания КУУЗ должно сработать пять раз вручную и пять раз дистанционно. В течение всего испытания реле или расцепители перегрузки могут сработать.

Для проведения испытания при низкой температуре испытание Ad выбирают взамен испытания Ab и устройство должно быть в разомкнутом положении в течение периода охлаждения. Далее в течение последнего часа устройство переводят во включенное состояние. Для категорий A, B и C испытания допускается проводить без наличия тока в полюсах, а для категорий D, E и F испытание выполняют при максимальном номинальном токе AC-3; допускается ограничение тока до 100 А по практическим причинам. В течение последнего часа КУУЗ должно сработать пять раз вручную и пять раз дистанционно. В течение всего испытания реле или расцепитель перегрузки не должны сработать.

Для испытаний на влажное тепло для категорий A, B и C испытания допускается проводить без наличия тока в полюсах. Для категорий D, E и F испытание выполняют при максимальном номинальном токе AC-3 для первого цикла и обесточивают для второго цикла. Допускается ограничение тока до 100 А по практическим причинам. После стабилизации температуры в течение первых 2 ч первого цикла и в течение последних 2 ч второго цикла КУУЗ должно сработать пять раз вручную и пять раз дистанционно. Реле или расцепитель перегрузки могут сработать при условии соответствия с их температурной характеристикой.

По согласованию с изготовителем продолжительность восстановительных периодов может быть сокращена.

После испытания в солевом тумане допускается промывание устройства по согласованию с изготовителем.

9.2 Соответствие требованиям конструкции

9.2.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.2, с нижеприведенным дополнением.

9.2.2 Электрические характеристики зажимных устройств безвинтового типа

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.2.5.7, с нижеприведенными изменениями.

Количество образцов менее четырех.

Ввод и отсоединение проводников проводят в соответствии с инструкциями изготовителя.

Устройство для проведения испытания приведено на рисунке 3. Если точки измерения невозможно расположить в пределах 10 мм от точки контакта, разницу напряжений между идеальной и фактической точками измерения вычитают из измеренного падения напряжения. Эту разницу напряжений в пределах части проводника определяют с помощью доступного метода измерения на одном образце при установившейся температуре. Методы измерения и результаты указывают в протоколе испытания. Испытательный ток равен I_{th}.

Примечание 1 — Метод испытаний с поперечными сечениями проводов более 10 мм^2 находится на рассмотрении.

Примечание 2 — Допускается в устройстве для проведения испытаний подготовить отверстия или эквивалентные устройства для обеспечения точек доступа для измерения падения напряжения на зажиме.

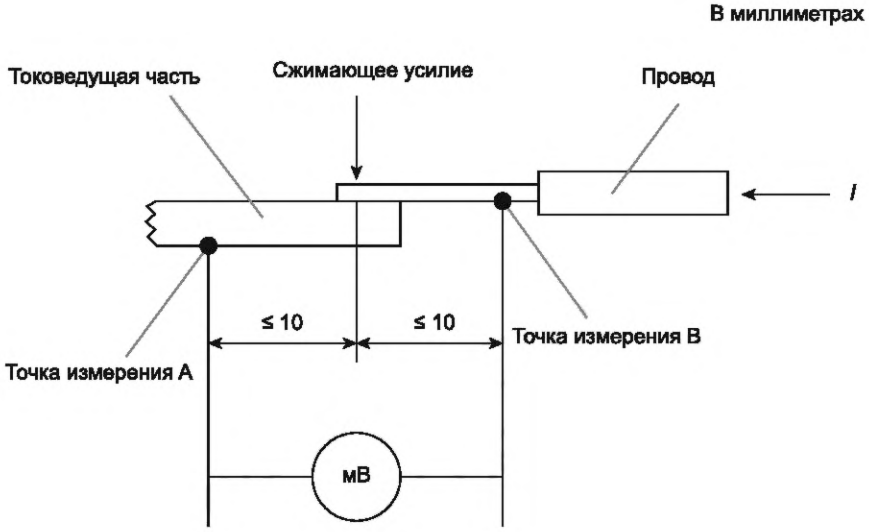


Рисунок 3 — Измерение падения напряжения в точке контакта зажимной клеммы

9.2.3 Испытание на старение зажимных устройств безвинтового типа

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.2.5.8, с нижеприведенными изменениями.

Испытание должно быть проведено на устройстве, оборудованном зажимными устройствами.

Испытательный ток — I_{th}.

Примечание — Допускается в устройстве для проведения испытаний подготовить отверстия или эквивалентные устройства для обеспечения точек доступа для измерения падения напряжения на зажиме.

9.2.4 Испытание источника ограниченной энергии

Цепь с источником ограниченной энергии испытывают нижеприведенным образом, при этом устройство работает в нормальных условиях эксплуатации.

Если источник ограниченной энергии зависит от устройства (устройств) защиты от сверхтока, устройство(а) должно(ы) быть короткозамкнуто(ы).

При работе устройства в нормальных условиях эксплуатации к рассматриваемым деталям подключают переменную регулируемую резистивную нагрузку, при помощи которой получают требуемый уровень полной ограниченной мощности, В·А. При необходимости проводят дополнительную регулировку для поддержания полной ограниченной мощности В·А, в течение периода, указанного в 8.1.14.

Переменную регулируемую резистивную нагрузку подключают к испытательной цепи и настраивают до получения предела полной ограниченной мощности, как указано в таблицах 20, 21 или 22, в зависимости от условий. При необходимости проводят дополнительную регулировку для поддержания предела полной мощности в течение периода времени, указанного в таблицах 20, 21 или 22, в зависимости от условий.

Испытание считают пройденным, если по истечении периода испытания доступная полная мощность не превышает пределов, указанных в таблицах 20, 21 или 22, в зависимости от условий.

Если источник ограниченной энергии зависит от устройства (устройств) защиты от сверхтока, номинальный ток по крайней мере одного из защитных устройств в токовой части не должен превышать предела, указанного в таблице 21.

Эти испытания проводят при наиболее неблагоприятном сочетании параметров, перечисленных в 5.5, в соответствии с эксплуатационными документами изготовителя.

9.2.5 Пробой компонентов

9.2.5.1 Общие положения

Пробой компонентов, определенный в результате анализа цепи, приведенного в 8.1.16, должен быть испытан с использованием устройства, работающего под нагрузкой, создающей наиболее неблагоприятные условия.

При испытании в соответствии с 9.2.5.2 не должно происходить выброса пламени или расплавленного металла, а также воспламенения хлопка.

Примечание — Возможна потеря основной функции.

Проведение испытания не требуется:

- если анализ цепи показывает, что другой компонент или часть цепи не будут перегружены в результате пробоя другого компонента вследствие обрыва или короткого замыкания;
- для компонентов в цепях, питаемых от источников ограниченной энергии в соответствии с 8.1.14;
- на силовых полупроводниковых устройствах во время испытаний на короткое замыкание;
- для тех компонентов, которые ранее прошли положительные испытания на пробой условий цепи, в которых компонент используется в устройстве.

9.2.5.2 Испытание на пробой компонентов

Каждый идентифицированный компонент подвергают испытанию на пробой в режимах обрыва и/или короткого замыкания в зависимости от того, какой из них наиболее неблагоприятный.

Во время этого испытания не должно происходить выброса пламени или расплавленного металла, а также воспламенения хлопка. Плавкий элемент не должен размыкаться.

Компоненты, такие как конденсаторы или диоды, закорачивают или отключают. Для устройства без оболочки применяют внешнюю металлическую оболочку или проволочный каркас (с хлопком, установленным на сетке) либо другой указанный производителем, который в 1,5 раза больше размера устройства для имитации заземленных частей вокруг устройства. При испытании устройства в стандартно поставляемой оболочке хлопок размещают поверх всех отверстий. Внешняя оболочка или проволочный каркас (если предусмотрен) и любая заземленная или открытая глухая металлическая деталь должны быть соединены через плавкий элемент *F* к цепи питания в соответствии с IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.2, перечисление d).

Примечание — Определение аппаратуры в оболочке приведено в IEC 60947-1:2020, приложение C.

9.3 Соответствие требованиям к работоспособности

9.3.1 Циклы испытаний

Типовые испытания сгруппированы в несколько циклов, как показано в таблице 19.

9.3.2 Общие условия испытаний

9.3.2.1 Общие требования

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.2.1, с нижеприведенным дополнением.

В настоящем подпункте термин «испытание» применяют для обозначения каждого испытания, которое должно быть выполнено; термин «проверка» — для обозначения «испытание для верификации» — при проверке состояния КУУЗ после более раннего испытания, при котором на устройство могло быть оказано неблагоприятное воздействие.

Количество испытуемых образцов для каждого цикла и условия испытаний (например, уставки расцепителей перегрузки, подключения к контактным зажимам и т. д.) указаны в таблице 19.

При отсутствии других указаний испытания следует проводить на КУУЗ одинакового размера и конструкции с максимальным(и) номинальным(и) рабочим(и) током(ами), учитывающим(и) все номинальные токи для данного размера и конструкции.

Примечание 1 — Некоторые категории применения могут быть присвоены без проведения испытаний или с ограниченным количеством испытаний, если испытания аналогичной или большей жесткости уже проводились (см. 5.4.2).

Примечание 2 — Аналогичная конструкция означает: изменения не окажут негативного влияния на работоспособность устройства, например: отсутствие изменений в токоведущих деталях, за исключением средств измерения тока (например, биметаллических), дуговой камеры и т. д.

КУУЗ для незаземленных или систем с изолированной нейтралью (IT) проводят испытания в соответствии с приложением G.

9.3.2.2 Оценка результатов

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.2.2.

9.3.2.3 Оценка результатов испытания

Состояние КУУЗ после испытаний следует контролировать проверками, требуемыми в каждом цикле.

КУУЗ считают соответствующими требованиям настоящего стандарта, если они отвечают требованиям каждого применяемого цикла, если возможно.

9.3.2.4 Протоколы испытаний

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.2.4.

9.3.3 Работоспособность без нагрузки, в условиях нормальной нагрузки и перегрузки

9.3.3.1 Срабатывание

Испытания проводят с целью проверки функционирования устройства с точки зрения требований 8.2.1.1.

9.3.3.2 Пределы срабатывания

9.3.3.2.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.2, с нижеприведенным дополнением.

Если расцепитель сверхтока является встроенной частью КУУЗ, его следует проверять вместе с КУУЗ. Расцепитель в виде отдельного устройства устанавливают аналогично нормальным условиям эксплуатации. Комплектное КУУЗ монтируют в соответствии с 9.3.2.1. Испытуемое КУУЗ защищают от внешнего нагрева или охлаждения.

Испытания рабочих пределов реле и расцепителей проводят в соответствии с 9.3.3.2.2.

9.3.3.2.2 Реле и расцепители

а) Реле минимального напряжения или расцепители

Испытания реле минимального напряжения или расцепители проводят в соответствии с требованиями 8.2.1.3. При подключении к коммутационному устройству расцепитель устанавливают на коммутационном устройстве, имеющем максимальный номинальный ток, для которого подходит расцепитель.

1) Напряжение отпускания

Напряжение должно быть снижено по сравнению с номинальным напряжением питания цепи управления со скоростью, достигающей 0 В примерно через 30 с.

Испытание нижнего предела проводят без предварительного нагрева катушки расцепителя. В случае расцепителя с диапазоном номинального напряжения питания цепи управления испытание прово-

дят при максимальном напряжении диапазона. При подключении к коммутационному устройству испытание нижнего предела проводят при отсутствии тока в силовой цепи.

Испытание на верхний предел проводят при постоянной температуре, соответствующей значению номинального напряжения питания цепи управления к расцепителю и номинальному току в силовых полюсах. Это испытание допускается объединить с испытанием на превышение температуры, предусмотренным в 9.3.3.3. В случае расцепителя с диапазоном номинального напряжения питания цепи управления данное испытание проводят при минимальном номинальном напряжении питания цепи управления.

2) Испытание пределов оперирования устройства, смонтированного на коммутационное устройство

Испытание проводят при разомкнутой силовой цепи, при комнатной температуре и напряжении питания, равном 35 % от номинального максимального напряжения питания цепи управления, при этом необходимо убедиться в том, что коммутационное устройство не может быть замкнуто срабатыванием его органа управления. При повышении напряжения питания до 85 % от минимального напряжения питания цепи управления следует проверить, что коммутационное устройство может быть замкнуто с помощью его органа управления.

3) Характеристики в условиях максимального напряжения

При подключении к коммутационному устройству испытание проводят при отсутствии тока в силовой цепи. Испытание при 110 % от номинального напряжения питания выполняют в течение 30 мин или до тех пор, пока температура не достигнет теплового равновесия и без нарушения функций устройства. Проверку проводят в соответствии с перечислением 2).

b) Независимый расцепитель, управляемый катушкой

Независимые расцепители подвергают испытаниям в соответствии с требованиями 8.2.1.4 при температуре окружающей среды. При подключении к коммутационному устройству расцепитель монтируют на коммутационном устройстве, имеющем максимальный номинальный ток, для которого подходит расцепитель.

В случае расцепителя, имеющего диапазон номинальных напряжений питания цепи управления, испытательные напряжения должны составлять 70 % от минимального номинального напряжения питания цепи управления и 110 % от максимального номинального напряжения питания цепи управления.

c) Тепловые, электронные и магнитные реле или расцепители перегрузки с временной задержкой

Реле или расцепители перегрузки должны быть подключены с использованием проводов согласно IEC 60947-1:2020, таблицы 9, 10 и 11, для испытательных токов:

- 100 % от тока уставки реле перегрузки для реле перегрузки классов расцепления 2, 3, 5 и 10 А для всех типов реле перегрузки (см. таблицу 3) и 10, 20, 30 и 40 для электронных типов реле перегрузки;
- 125 % от тока уставки реле перегрузки для тепловых реле перегрузки классов расцепления 10, 20, 30 и 40 (см. таблицу 3) и для реле перегрузки, для которых указано максимальное время расцепления более 40 с (см. 5.7.3).

Необходимо проверить, что реле и расцепители работают в соответствии с требованиями 8.2.1.5.1 при питании всех полюсов.

Характеристики, приведенные в 8.2.1.5.1, подтверждают испытаниями при минус 5 °С, плюс 20 °С, плюс 40 °С. Все установленные времятоковые характеристики за пределами диапазона от минус 5 °С до плюс 40 °С проверяют при наименьшей и наибольшей значениях температуры. Реле и расцепители, заявленные как компенсированные относительно температуры окружающего воздуха, в случае диапазона температур, указанного изготовителем, больше диапазона, приведенного в таблице 2, не подвергают проверке при температурах минус 5 °С и/или плюс 40 °С, если при проведении испытаний при заявленных наименьшей и наибольшей температурах значения тока расцепления соответствуют пределам, указанным для минус 5 °С и/или плюс 40 °С согласно данным таблицы 2.

Для электронных реле и расцепителей перегрузки проверку испытанием тепловой памяти по 8.2.1.5.1.2 проводят при температуре плюс 20 °С.

Испытания трехполюсных тепловых или электронных реле перегрузки, подключенных к питанию только на двух полюсах, проводят в соответствии с 8.2.1.5.2 на всех комбинациях полюсов и на наименьшем и наибольшем значениях тока уставки для реле с регулируемой уставкой.

d) Электромагнитные реле перегрузки мгновенного действия

Каждое реле должно быть испытано отдельно. Ток, проходящий через реле, увеличивают со скоростью, подходящей для получения точных показаний. Значения должны соответствовать указанным в 8.2.1.5.3.

e) Расцепители короткого замыкания

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.2, с нижеприведенными дополнениями.

Температура окружающего воздуха должна измеряться так же, как и при испытаниях на превышение температуры (см. 8.2.2). Любой отдельный расцепитель следует монтировать так же, как и при нормальных условиях эксплуатации. КУУЗ в сборе монтируют в соответствии с 8.2.2.

Для КУУЗ с регулируемыми расцепителями короткого замыкания испытания проводят:

- при наименьшем токе уставки, и
- наибольшем токе уставки,

с проводниками, соответствующими номинальному рабочему току I_e для каждого случая.

Для тех испытаний, при которых характеристика расцепления не зависит от температуры контактных зажимов (например, электронные расцепители перегрузки, магнитные расцепители), данные подключения (тип, поперечное сечение, длина) могут отличаться от тех, которые требуются в IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.4.

Испытания допускается проводить при любом удобном напряжении.

Срабатывание расцепителей короткого замыкания проверяют при 80 % и 120 % от значения тока уставки короткого замыкания расцепителя. Испытательные токи не должны быть асимметричными.

При испытательном токе, значение которого равно 80 % от тока уставки короткого замыкания, расцепитель не должен срабатывать при поддержании тока в течение 0,2 с.

При испытательном токе, значение которого равно 120 % от тока уставки короткого замыкания, расцепитель должен срабатывать в течение 0,2 с.

Для КУУЗ с электронным расцепителем максимального тока срабатывание расцепителя от короткого замыкания допускается проверять проведением только одного испытания на каждом полюсе в отдельности.

Для КУУЗ с электромагнитными многополюсными расцепителями максимального тока срабатывания короткого замыкания проверяют только одним испытанием на каждой комбинации двух последовательных фазных полюсов. Кроме того, срабатывание расцепителей короткого замыкания проверяют один раз на каждом полюсе по отдельности при 120 % от номинального тока, либо от значения, заявленного изготовителем, для отдельных полюсов, либо от значения тока уставки короткого замыкания (если значение для отдельных полюсов не указано), при этом значении они должны срабатывать в течение 0,2 с.

f) Реле минимального тока

Пределы срабатывания проверяют в соответствии с 8.2.1.5.3.

g) Реле минимального тока для автоматического переключения

Пределы срабатывания проверяют в соответствии с 8.2.1.5.3.

h) Реле или расцепитель, чувствительные к опрокидыванию ротора электродвигателя

Пределы срабатывания проверяют в соответствии с 8.2.1.5.4.

Для реле или расцепителя, чувствительных к опрокидыванию ротора электродвигателя, по значению тока испытание проводят на наименьшем и наибольшем значениях тока уставки и наименьшем и наибольшем значениях времени блокировки опрокидывания (четыре уставки).

Для реле или расцепителя, чувствительных к опрокидыванию ротора электродвигателя, работающего в соединении со средством обнаружения вращения, испытание проводят на наименьшем и наибольшем значениях времени блокировки опрокидывания. Датчик допускается имитировать при помощи подачи сигнала на вход реле или расцепителя, чувствительных к опрокидыванию ротора.

i) Реле или расцепитель перегрузки (заклинивания ротора)

Пределы срабатывания проверяют в соответствии с 8.2.1.5.5.

Проверку проводят на наименьшем и наибольшем значениях тока уставки и на наименьшем и наибольшем значениях времени блокировки торможения (четыре уставки).

Для каждой из четырех уставок испытания проводят при следующих условиях:

- используют испытательный ток, равный 95 % от значения тока уставки. Реле или расцепитель перегрузки не должны срабатывать;
- увеличивают испытательный ток до 120 % от значения тока уставки. Реле или расцепитель перегрузки должны расцепляться в соответствии с требованиями, приведенными в 8.2.1.5.5.

9.3.3.3 Превышение температуры

9.3.3.3.1 Температура окружающего воздуха

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.1.

9.3.3.3.2 Измерение температуры частей

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.2.

9.3.3.3.3 Превышение температуры части

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.3.

9.3.3.3.4 Превышение температуры силовой цепи

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.4, с той разницей, что одиночное испытание проводят на всех полюсах силовой цепи, нагруженных их индивидуальными максимальными номинальными токами, в соответствии с 8.2.2.5 и с нижеприведенным дополнением.

Нагрузка силовой цепи должна быть такой, как указано в 8.2.2.5.

Все вспомогательные цепи, нормально проводящие ток, нагружают их максимальным номинальным рабочим током (см. 5.6), на цепи управления подают номинальное напряжение (см. 5.5).

Для четырехполюсных КУУЗ испытание следует вначале выполнять на трех полюсах, содержащих расцепители сверхтока. Для КУУЗ со значением условного теплового тока не более 63 А следует проводить отдельное дополнительное испытание пропусканием испытательного тока через четвертый и смежный с ним полюса. Для более высоких значений теплового тока методику испытания отдельно согласовывают между изготовителем и потребителем. Испытание следует проводить в цикле испытаний I (см. 9.5.2.2).

9.3.3.3.5 Превышение температуры цепей управления

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.5, с нижеприведенным дополнением.

Превышение температуры измеряют во время испытания по 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.6 Превышение температуры катушек электромагнитов

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.6, с нижеприведенным дополнением.

Катушку с наибольшим измеренным значением потребляемой мощности удержания для переменного или постоянного тока заданной частоты в соответствии с 9.3.3.9.2 считают типовым образцом для всех катушек для одного и того же КУУЗ и используют для испытания на превышение температуры.

a) Электромагниты КУУЗ, предназначенные для продолжительного или восьмичасового режима, подвергают испытанию только в условиях, указанных в 8.2.2.7.1, с соответствующим номинальным током в силовой цепи в течение испытания. Превышение температуры измеряют во время испытания по 9.3.3.3.4.

b) Электромагниты КУУЗ, предназначенные для повторно-кратковременного режима, подвергают указанному выше испытанию, а также испытанию, приведенному в 8.2.2.7.2 для соответствующего класса режима при обесточенной силовой цепи.

c) Специальные обмотки (для кратковременного и повторно-кратковременного режимов эксплуатации) подвергают испытанию по 8.2.2.7.3 при отсутствии тока в силовой цепи.

9.3.3.3.7 Превышение температуры вспомогательных цепей

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.3.7, с нижеприведенным дополнением.

Превышение температуры измеряют во время испытания по 9.3.3.3.4.

9.3.3.4 Диэлектрические свойства

9.3.3.4.1 Типовые испытания

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.2, с нижеприведенным изменением.

Приводят содержание двух абзацев после перечисления 1).

Металлическую фольгу наносят на все поверхности, доступные для прикосновения во время нормальной эксплуатации или регулировки устройства, а также на поверхности, доступные для стандартного испытательного пальца.

Нанесение металлической фольги для испытания на выдерживание напряжения промышленной частоты после переключения и испытаний на короткое замыкание не требуется.

Применяют следующее предложение после второго абзаца перечисления 2), c), ii).

Если цепь управления, обычно подключенная к силовой цепи, отключена [в соответствии с IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.1, перечисление 2), b)], метод, используемый для поддержания силовых контактов замкнутыми, указывают в протоколе испытания.

Применяют следующий абзац в конце перечисления 3), c).

Если цепь управления, обычно подключенная к силовой цепи, отключена, метод, используемый для поддержания силовых контактов замкнутыми, указывают в протоколе испытания.

Предложение перечисления 8) заменяют следующим:

«Для КУУЗ, пригодных для применения в качестве разъединителя, ток утечки измеряется через каждый полюс при разомкнутых контактах при испытательном напряжении $1{,}1U_e$ и не должен превышать 0,5 мА».

9.3.3.4.2 Приемо-сдаточные испытания

9.3.3.4.2.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.2, с нижеприведенным дополнением.

9.3.3.4.2.2 Приемо-сдаточные испытания на выдерживание напряжения промышленной частоты для устройств, содержащих компоненты, ограничивающие напряжение

По усмотрению изготовителя устройство, включающее компоненты, ограничивающие напряжение, подвергают испытаниям в циклах по перечислениям a) — b).

a) Применение испытательного напряжения

Испытание проводят в соответствии с IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.2, перечисление 2). Значение испытательного напряжения соответствует действующему значению U_V (максимальное рабочее напряжение компонентов, ограничивающих напряжение) или наибольшему значению U_V постоянного тока компонентов, ограничивающих напряжение, с допуском 10 %.

Критерий соответствия: реле перегрузки по току испытательного устройства не должно расцепляться (нижний предел расцепления).

b) Проверка надлежащего функционирования компонентов, ограничивающих напряжение

Испытание проводят в соответствии с IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.2, перечисление 2). Значение испытательного напряжения определяет изготовитель таким образом, чтобы между верхним пределом расцепления и нижним пределом расцепления испытательного устройства генерировался ток.

Критерий соответствия: ток должен находиться между значениями по перечислениям a) и b), а компонент ограничения напряжения не должен быть поврежден.

9.3.3.5 Включающая и отключающая способности

9.3.3.5.1 Общие условия испытаний

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.5.1, с нижеприведенным дополнением.

Испытания проводят в рабочих условиях, указанных в таблице 8.

Напряжение питания цепи управления должно составлять 100 % U_S, за исключением того, что при испытании на включающую способность для категорий применения AC-3 и AC-3e, и AC-4 напряжение питания цепи управления должно составлять 110 % U_S для половины количества циклов срабатывания и 85 % U_S — для другой половины.

Подсоединения к силовой цепи КУУЗ выполняют так же, как при эксплуатации. Если необходимо или уместно, цепи управления и вспомогательные цепи, в частности рабочая катушка КУУЗ, могут получать питание от независимого источника с поперечным сечением, приведенным в IEC 60947-1:2020, таблицы 9, 10 и 11, для категорий применения. Такой источник должен подавать ток и напряжение такого же рода, как указано для условий эксплуатации.

Для проведения испытаний на номинальную включающую и отключающую способности допускается реле перегрузки замкнуть накоротко.

9.3.3.5.2 Испытательная цепь

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.5.2.

9.3.3.5.3 Характеристики восстанавливающегося напряжения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.5.3.

9.3.3.5.4 Свободно

9.3.3.5.5 Номинальные включающая и отключающая способности

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.5, с нижеприведенным дополнением.

1) Методика испытания для категорий применения, кроме AC-4

КУУЗ должны выполнять операции включения и отключения согласно 8.2.4.1 и таблице 8.

КУУЗ категорий применения AC-3 и AC-3e должны подвергаться 50 включениям, а затем 50 включениям и отключениям.

2) Методика испытания для категории применения AC-4

КУУЗ должны включать и отключать токи, указанные в таблице 8.

Вначале выполняют 50 включений, а затем 50 включений и отключений.

Цепь нагрузки подключают к КУУЗ аналогично обмоткам двигателя. КУУЗ для работы в режиме реверсного торможения противотоком, состоящих из двух устройств A и B, следует соединить и использовать так же, как в нормальных условиях эксплуатации. Каждый цикл из 50 срабатываний должен состоять:

из замыкания A — размыкания A — замыкания B — размыкания B — паузы.

Переключение с «размыкания A» на «замыкание B» осуществляют настолько быстро, насколько допускает система управления. Следует использовать механическую и/или электрическую блокировки,

предусмотренные в реверсивном устройстве КУУЗ или предназначенные для соединения КУУЗ при работе в режиме реверсного торможения противотоком.

Если реверсирующая схема допускает возможность одновременного питания обоих КУУЗ, следует выполнить 10 дополнительных циклов с одновременным питанием обоих КУУЗ.

9.3.3.5.6 Поведение и состояние КУУЗ во время и после испытаний на включающую и отключающую способности, переключение и реверсное торможение противотоком

a) Не допускаются зажигание дуги, перекрытие между полюсами или между полюсами и корпусом, расплавление плавкого элемента *F* в цепи обнаружения тока утечки (IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.2) и сваривание контактов.

b) После испытания КУУЗ во включенном положении следует проверить наличие проводимости в каждой паре зажимов питания и нагрузки.

c) Проверку отсутствия сваривания контактов выполняют нижеприведенным образом.

В случае КУУЗ с ручным органом управления проверку отсутствия проводимости между любыми зажимами питания и нагрузки вначале проводят с положением органа ручного управления для замкнутого положения при отсутствии напряжения в цепи управления, а затем с положением органа ручного управления для разомкнутого положения с напряжением питания в цепи управления. В случае КУУЗ без органа ручного управления проводят проверку при всех замыкающих устройствах дистанционного управления, находящихся в замкнутом положении, путем приведения каждого из них в действие без возникновения проводимости между любыми зажимами питания и нагрузки.

Примечание — Для соблюдения правильной процедуры проверки необходимо обратиться к инструкциям изготовителя.

9.3.3.6 Работоспособность в процессе эксплуатации

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.6, с нижеприведенным дополнением.

Испытания на условную работоспособность предназначены для проверки способности КУУЗ удовлетворять требованиям, указанным в таблице 10, и после проведения испытаний на короткое замыкание при I_{cr} или I_{cs} — требованиям таблицы 11.

Для КУУЗ, снабженных зеркальными контактами, проводят дополнительное испытание, указанное в F.7.3.

Соединения с силовой цепью, аналогичные используемым при эксплуатации КУУЗ с поперечным сечением, приведенным в IEC 60947-1:2020, таблицы 9, 10 и 11, для категорий применения.

При проведении испытаний реле перегрузки допускается замкнуть накоротко.

Используют испытательную цепь, приведенную в 9.3.3.5.2.

Напряжение цепи управления должно составлять 100 % номинального значения.

9.3.3.7 Износостойкость

9.3.3.7.1 Механическая износостойкость

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.7.2, с нижеприведенным дополнением.

Механическую износостойкость КУУЗ проверяют с помощью специального испытания, проводимого по усмотрению изготовителя.

Рекомендации по проведению этого испытания приведены в А.2.

9.3.3.7.2 Коммутационная износостойкость

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.7.3, с нижеприведенным дополнением.

Коммутационную износостойкость КУУЗ проверяют с помощью специального испытания, проводимого по усмотрению изготовителя.

Рекомендации по проведению этого испытания приведены в А.3.

9.3.3.8 Полное сопротивление полюса

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.3.8. На рисунке 4 приведен пример измерительной цепи.

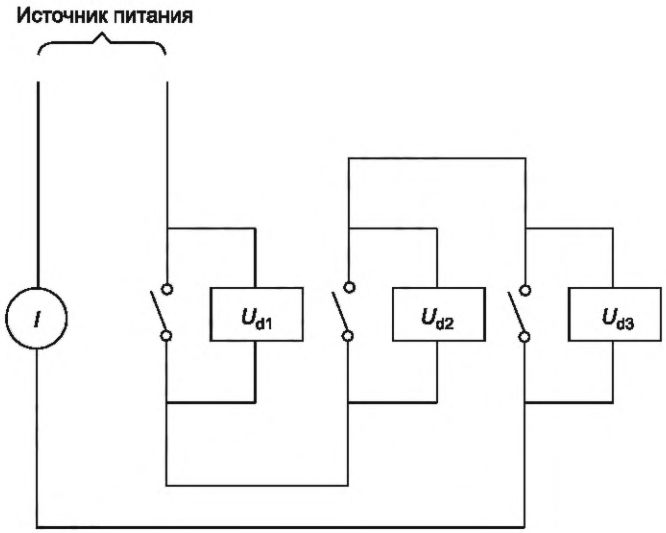


Рисунок 4 — Пример измерения полного сопротивления полюса для трехполюсного КУУЗ

9.3.3.9 Потребляемая мощность катушки

9.3.3.9.1 Общие положения

Характеристики источника питания, необходимого для электромагнита КУУЗ, определяют как для мощности удержания, так и для мощности включения.

Если катушки охватывают диапазон напряжений, подвергают испытанию пять катушек, пронумерованных i, нижеприведенным образом.

Катушка с наименьшим номинальным напряжением питания цепи управления U_s, катушка с наибольшим номинальным напряжением питания цепи управления U_s, плюс три другие катушки, которые считают типовыми образцами для катушек с наибольшей расчетной мощностью удержания по усмотрению изготовителя.

Испытание проводят при температуре окружающей среды плюс (23 ± 3) °С и без какой-либо нагрузки в силовой и вспомогательной цепях. На катушку подают номинальное напряжение питания цепи управления U_s при номинальной частоте. Для катушки с заявленным диапазоном напряжений испытание проводят при максимальном высоком напряжении при соответствующей частоте.

Для электромагнита, управляемого переменным током, измеренными значениями считают значения, полученные с использованием метода измерения действующего значения, охватывающего как минимум полосу частот от 0 Гц до 10 кГц. Для электромагнита, управляемого постоянным током, измеренными значениями считают среднее значение. Для электромагнита, управляемого переменным и постоянным током, измеренными значениями считают результирующие значения мощности с погрешностью измерения не более 5 %.

Для электромагнита с электронным управлением измеренными значениями считают значения, полученные с использованием метода измерения действующего значения, охватывающего как минимум полосу частот от 0 Гц до 100 кГц, но не менее чем в десять раз превышающую скорость переключения электронного управления.

Заявленное изготовителем значение должно быть равно или выше среднего значения пяти испытанных катушек.

9.3.3.9.2 Мощность удержания для обычного электромагнита и электромагнита с электронным управлением

Измерение тока катушки $I_{(i)}$ выполняют после того, как на катушку подано напряжение и она достигла установившейся температуры.

Потребляемую мощность удержания определяют следующим образом:

$S_{h(i)} = U_{s(i)} \cdot I_{(i)}$, В·А, — для электромагнита, управляемого переменным током;

$P_{c(i)} = U_{s(i)} \cdot I_{(i)}$, Вт, — для электромагнита, управляемого постоянным током;

$S_h = \sum (U_{s(i)} \cdot I_{(i)}) / 5$, В·А, соответственно $P_c = \sum (U_{s(i)} \cdot I_{(i)}) / 5$, Вт.

Для электромагнита с электронным управлением номинальным напряжением переменного и постоянного токов измерение следует выполнять для обоих номинальных значений.

Примечание — Рассеиваемая мощность электромагнита, управляемого переменным током, может также быть выражена в ваттах, Вт, с учетом коэффициента мощности.

9.3.3.9.3 Мощность включения для электромагнита, управляемого постоянным током, с раздельными включающими и обмотками удержания, или для электромагнита, управляемого переменным током

Измерение включения выполняют непосредственно после измерения тока удержания (см. 9.3.3.9.2).

Измерение тока катушки $I_{(i)}$ соответственно $\hat{I}_{(i)}$ должно быть выполнено непосредственно после того, как катушка будет обесточена, КУУЗ выдержано в выключенном положении и повторно включено.

Мощность включения электромагнита определяют нижеприведенным образом:

$S_{p(i)} = U_s \cdot \hat{I}_{(i)}$, В·А;

$S_p = \sum U_{s(i)} \cdot \hat{I}_{(i)} / 5$, В·А, для электромагнита, управляемого переменным и постоянным токами.

Для электромагнита, управляемого постоянным током, потребляемая мощность выражается в вольтамперах, В·А, чтобы представить полную мощность из-за его нелинейной формы сигнала, но она также может быть выражена в ваттах, Вт.

Примечание 1 — Если в документации изготовителя не указано иное, то для обычного электромагнита, управляемого постоянным током, мощность включения равна мощности удержания.

Примечание 2 — В зависимости от конструкции КУУЗ с раздельными обмотками включения и удержания следует соблюдать осторожность, чтобы не сжечь катушку, проводя короткое измерение (катушка находится под напряжением менее 1 с или в два раза больше времени включения, указанного изготовителем, — если более 1 с).

9.3.3.9.4 Мощность включения для электромагнита с электронным управлением

Измерение включения находится на стадии рассмотрения.

9.3.4 Работоспособность в условиях короткого замыкания

9.3.4.1 Общие условия испытаний на короткое замыкание

9.3.4.1.1 Общие требования

Этот подпункт определяет условия испытаний для проверки соответствия требованиям 8.2.5.

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.1, с нижеприведенным дополнением.

Испытания КУУЗ следует проводить на открытом воздухе. Для испытаний на номинальную рабочую наибольшую отключающую способность во всех точках КУУЗ вероятного источника выброса газов или других продуктов, способных вызвать пробой электрической изоляции, устанавливают проволочную сетку в соответствии с местоположением и расстояниями, указанными изготовителем. Расстояние от испытуемого КУУЗ до проволочной сетки указывают в протоколе испытаний. КУУЗ, предназначенные для применения в индивидуальных оболочках, дополнительно подвергают испытанию в наименьшей из оболочек, указанных изготовителем в соответствии с циклом испытаний VII. Для устройств, испытуемых только на открытом воздухе, изготовитель предоставляет информацию, указывающую на то, что устройство не проверено для использования в индивидуальной оболочке.

Примечание 1 — Индивидуальной считают оболочку, по своим размерам и конструкции предназначенную вмещать только одно КУУЗ, при необходимости вместе со вспомогательной аппаратурой.

Примечание 2 — Требования к стационарным и подвижным оболочкам, включающим множество устройств, приведены в IEC 61439 (все части).

Указанное выше дополнительное испытание проводят на новом образце со следующим циклом операций — O — t — CO — t — rCO (см. 9.5.8.2), с последующей проверкой диэлектрической прочности изоляции согласно 9.5.3.4.

Если КУУЗ оснащены регулируемыми расцепителями сверхтока, уставки расцепителей должны быть такими, как указано для каждого цикла испытаний.

Для КУУЗ без расцепителей сверхтока, но оснащенных независимым расцепителем, на расцепитель должно подаваться напряжение, равное 70 % номинального напряжения цепи управления расцепителя (см. 8.2.1.4), не ранее начала и не позже 10 мс после начала короткого замыкания.

При проведении указанных испытаний входную сторону испытательной цепи подключают к соответствующим контактным зажимам КУУЗ согласно маркировке изготовителя. При отсутствии маркировки присоединение к испытательной цепи выполняют согласно таблице 18.

9.3.4.1.2 Испытательная цепь

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.2.

9.3.4.1.3 Коэффициент мощности испытательной цепи

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.3, с нижеприведенным дополнением.

Коэффициент мощности приведен в таблице 13 в случае ее использования.

9.3.4.1.4 Постоянная времени испытательной цепи

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.4.

9.3.4.1.5 Калибровка испытательной цепи

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.5.

9.3.4.1.6 Методика испытания

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.6, с нижеприведенным дополнением.

КУУЗ монтируют и подключают так же, как при обычном использовании с поперечным сечением проводников, указанным в IEC 60947-1:2020, таблицы 9, 10 и 11, для различных категорий применения.

Испытания на работоспособность в условиях короткого замыкания проводят в соответствии с циклами испытаний III и IV (9.5.4 и 9.5.5).

Для КУУЗ, рассчитанных на номинальный ток до 630 А включительно, используют проводник общей длиной 75 см и сечением по 9.3.3.2 следующим образом:

- 50 см со стороны питания;
- 25 см со стороны нагрузки.

Для циклов срабатываний приняты следующие условные обозначения:

- О — операция отключения;
- СО — операция включения вручную при предварительно запитанной цепи управления с последующей операцией отключения. При отсутствии органа ручного управления вместо СО следует использовать цикл срабатывания гСО;
- гСО — операция включения дистанционным управлением (путем подачи питания в цепь управления) с последующей операцией отключения;
- t — интервал времени между двумя последовательными короткими замыканиями, который должен быть равен 3 мин или соответствовать времени повторного включения КУУЗ после срабатывания, если оно имеет большее значение. Фактическое значение t указывают в протоколе испытаний.

Максимальное значение I^2t (см. IEC 60947-1:2020, 3.7.18) указывают в протоколе испытаний.

Примечание — Максимальное значение I^2t, зарегистрированное во время испытаний, может быть менее максимально возможного для заданных условий. В случае необходимости определения максимального значения необходимо провести дополнительные испытания.

Четырехполюсные КУУЗ

a) Для четырехполюсных КУУЗ с полюсами, имеющими одинаковую коммутационную способность, испытания следует проводить на трех полюсах согласно IEC 60947-1:2020, рисунок 11.

b) Для четырехполюсных КУУЗ, четвертый полюс которых рассчитан на пониженный ток короткого замыкания, испытания следует проводить на трех основных полюсах в соответствии с IEC 60947-1:2020, рисунок 11; на четвертом полюсе и смежном с ним полюсе следует провести дополнительное испытание при напряжении $U_e/\sqrt{3}$ в испытательной цепи согласно IEC 60947-1:2020, рисунок 12 (см. последний абзац к этому рисунку). Испытательный ток должен соответствовать току коммутационной способности четвертого полюса.

c) Для четырехполюсных КУУЗ с коммутируемым нейтральным полюсом (см. IEC 60947-1:2020, 8.1.8) испытание следует проводить на четырех полюсах согласно IEC 60947-1:2020, рисунок 12.

9.3.4.1.7 Разъяснение записей

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.3.4.1.8.

9.3.4.2 Поведение КУУЗ во время испытания на включение и отключение в условиях короткого замыкания

Применяют 9.3.3.5.6, перечисление a), и 9.3.3.5.6, перечисление c). После возвращения в исходное состояние применяют 9.3.3.5.6, перечисление b).

Дополнительно не допускается разрушения корпуса, но допускается наличие волосовидных трещин на поверхности корпуса.

Примечание — Волосовидные трещины являются следствием высокого давления газа или воздействия тепловых нагрузок в результате дугогашения при отключении больших токов и носят поверхностный характер. Следовательно, они не распространяются на всю толщину пластмассового корпуса устройства.

Дверца или крышка оболочки, при ее наличии, не должна открываться во время испытаний, но должна иметь возможность открытия после окончания испытаний.

9.4 Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС)

9.4.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.1, с нижеприведенными дополнениями.

По согласованию с изготовителем более одного или все испытания на ЭМС допускается проводить на одном и том же образце, новом или прошедшем циклы испытаний по 9.3.1. Последовательность испытаний на ЭМС можно выполнять в произвольной последовательности.

Испытания КУУЗ номинальной частотой от 50 до 60 Гц проводят на одной из номинальных частот.

ЭМС проверяют на серийно произведенном образце. Если ряд КУУЗ содержит идентичную управляющую электронику и расцепители в одинаковых размерах корпуса, допускается испытать только один типовой образец КУУЗ, как указано изготовителем.

Протокол испытания и руководство по эксплуатации должны включать любые специальные меры, которые приняты для обеспечения соответствия, например использование экранированных или специальных кабелей. Если вспомогательную аппаратуру применяют с КУУЗ для соблюдения требований к помехозащищенности или эмиссии, ее указывают в протоколе и руководстве по эксплуатации.

Уставку тока I_R в реле или расцепителе максимального тока устанавливают на минимальное значение.

Уставки для реле или расцепителя кратковременного и мгновенного действия, если применимо, устанавливают на минимальное значение, но не менее чем в 2,5 раза превышающее I_R.

Если иное не указано в соответствующем разделе, после испытаний на устойчивость следует проверить пределы срабатывания по 8.2.1.2 и, если необходимо, по 8.2.1.5.1.2.

После испытаний на помехоустойчивость не требуется проверка на работоспособность.

В протоколе испытаний также должны содержаться сведения о специальных мерах, предпринимаемых для достижения соответствия требованиям, например использование экранированных или специальных кабелей. В протоколе также указывают вспомогательную аппаратуру, применяемую совместно с аппаратами для определения соответствия требованиям к помехоустойчивости или к излучению помех.

Если не указано иное в соответствующих разделах, испытуемый образец должен быть в разомкнутом или в замкнутом положении (выбирают наиболее неблагоприятное положение) и работать при номинальном напряжении цепи управления.

Если не указано иное в соответствующих разделах, испытуемый образец располагают на открытом воздухе.

Силовые контакты КУУЗ допускается соединять последовательно при однофазной подаче питания.

9.4.2 Помехоустойчивость

9.4.2.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.1, с нижеприведенными дополнениями.

Необходимо проведение испытаний, указанных в таблице 15.

Если во время испытаний ЭМС проводники необходимо подключить к испытуемому образцу, то выбор поперечного сечения и типа проводника должен соответствовать приведенным в документации изготовителя.

Таблица 15 — Испытания на помехоустойчивость ЭМС

Тип испытания	Требуемый уровень испытания
Электростатический разряд	Применяют уровень испытаний, указанный в IEC 60947-1:2020, таблица 23
Излучаемые радиочастотные электромагнитные поля	Применяют уровень испытаний, указанный в IEC 60947-1:2020, таблица 23

Окончание таблицы 15

Тип испытания	Требуемый уровень испытания
Наносекундные импульсные помехи[a]	Применяют уровень испытаний, указанный в IEC 60947-1:2020, таблица 23
Импульсные перенапряжения (1,2/50 — 8/20 мкс)	Применяют уровень испытаний, указанный в IEC 60947-1:2020, таблица 23
Перенапряжение магнитного поля	Применяют уровень испытаний, указанный в IEC 60947-1:2020, таблица 23
Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями (общий режим)[b, c]	Применяют уровень испытаний[d], указанный в IEC 60947-1:2020, таблица 23
Провалы напряжения и кратковременные перерывы питания	Применяют уровень испытаний, указанный в IEC 60947-1:2020, таблица 23
Гармоники тока	9.4.2.9.1
Провалы напряжения и кратковременные перерывы питания	9.4.2.9.2

[a] КУУЗ включают по крайней мере один раз во время испытания, а реле перегрузки нагружено в 0,9 раза больше установленного тока с максимальным значением не более 100 А.

[b] Применимо только к портам, соединяющимся с кабелями, общая длина которых в соответствии с функциональными требованиями изготовителя может превышать 3 м.

[c] Уровень испытания допускается принять как эквивалентный ток в нагрузке 150 Ом.

[d] За исключением полосы частот от 47 до 68 МГц, где уровень должен составлять 3 В.

После испытаний рабочие пределы, указанные в 9.5.2.4, проверяют при температуре окружающей среды.

9.4.2.2 Электростатический разряд

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.2, с нижеприведенным дополнением.

Контактные разряды применяют только к точкам с открытым доступом при нормальном использовании. Испытание не требуется проводить для контактных зажимов питания и устройств с IP00 (открытая рама или шасси). В последнем случае изготовитель предоставляет инструкции о том, как уменьшить вероятность повреждения из-за статического разряда.

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий В.

9.4.2.3 Излучаемые радиочастотные электромагнитные поля

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.3, с нижеприведенным дополнением.

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий А.

9.4.2.4 Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.4, с нижеприведенным дополнением.

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий А.

9.4.2.5 Наносекундные импульсные помехи

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.5, с нижеприведенным дополнением.

Подвергают испытаниям контактные зажимы для управления и вспомогательных цепей, предназначенные для подключения проводника длиной более 3 м.

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий В.

9.4.2.6 Импульсные перенапряжения (1,2/50 — 8/20 мкс)

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.6, с нижеприведенным дополнением.

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий В.

9.4.2.7 Перенапряжение магнитного поля

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.7, с нижеприведенным дополнением.

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий соответствия А.

9.4.2.8 Провалы напряжения и кратковременные перерывы питания

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.2.8, к критерию соответствия С согласно таблице 14, за исключением 0,5 цикла и 1 цикла, для которых применяют критерий соответствия В из таблицы 14.

Используют только общие показатели, приведенные в таблице 14. Во время испытания допускается кратковременное размыкание контактов КУУЗ, по завершении проведения испытаний КУУЗ должно оставаться полностью работоспособным без необходимости сброса настроек (перезагрузки).

9.4.2.9 Гармонические составляющие

9.4.2.9.1 Гармоники тока

Данное испытание применяют только к КУУЗ, оборудованному электрической защитой от короткого замыкания.

1) Испытательные токи

Форма волны испытательного тока должна соответствовать одному из двух вариантов:

- вариант a): последовательно применяют два сигнала:
  - сигнал, содержащий основную и третью гармонические составляющие,
  - сигнал, содержащий основную и пятую гармонические составляющие;
- вариант b): сигнал содержит основную и третью, пятую и седьмую гармонические составляющие.

Испытания должны быть:

- для варианта a):

испытание третьей гармонической составляющей и коэффициентом амплитуды:

- 72 % основной гармонической составляющей ≤ третья гармоническая составляющая ≤ 88 % основной гармонической составляющей,
- коэффициент амплитуды — (2,0 ± 0,2);

испытание пятой гармонической составляющей и коэффициентом амплитуды:

- 45 % основной гармонической составляющей ≤ пятая гармоническая составляющая ≤ 55 % основной гармонической составляющей,
- коэффициент амплитуды — (1,9 ± 0,2);

- для варианта b):

испытательный ток, каждый период которого состоит из двух равных противоположных полуволн, определяют следующим образом:

- время прохождения тока в течение каждого полупериода — ≤ 21 % периода;
- коэффициент амплитуды — ≥ 2,1.

Примечание 1 — Испытательные токи могут генерироваться источником питания, основанным на применении тиристоров (см. рисунок 5), насыщенных сердечников, программируемых источников питания или других соответствующих источников.

Примечание 2 — Коэффициент амплитуды — это максимальное значение тока, деленное на действующее значение сигнала тока. Соответствующая формула приведена на рисунке 5.

Примечание 3 — Этот испытательный ток для варианта по перечислению b) содержит следующие гармонические составляющие, относящиеся к основной гармонической составляющей:

- третья гармоническая составляющая — >60 %;
- пятая гармоническая составляющая — >14 %;
- седьмая гармоническая составляющая — >7 %.

Высшие гармонические составляющие также могут присутствовать.

Примечание 4 — Форма сигнала испытательного тока для варианта по перечислению b) может быть получена, например, встречно-параллельным включением двух тиристоров (см. рисунок 5).

Примечание 5 — Испытательные токи, равные 0,9 I_R и 2,0 I_R (см. критерий соответствия A), являются действующими значениями сигнала сложной формы.

2) Методика испытаний

Испытания проводят на любой паре полюсов, случайно выбранных в соответствии с 8.2.1.5.1, пропуская испытательный ток при любом подходящем напряжении. Для реле или расцепителя контроля потери фазы три полюса должны быть соединены последовательно или в трехфазном режиме.

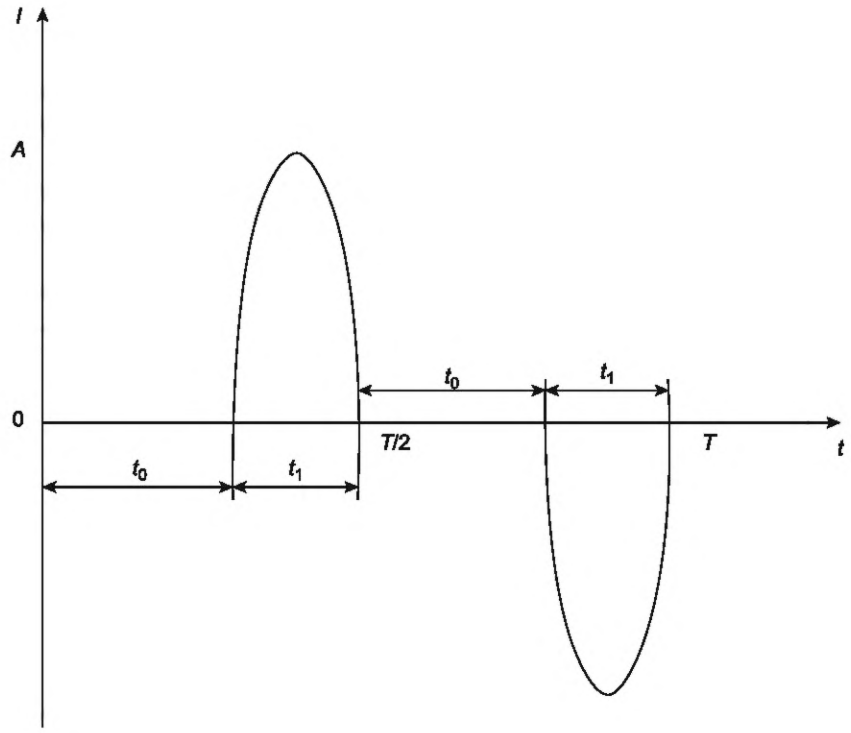
Функция определения остаточного тока в соответствии с IEC 60947-1:2020, приложение T, должна быть отключена. Для этого испытания допускается предоставление образца с отключенной функцией.

Расцепители минимального напряжения, если применимо, подключены к питанию или отключены. Все другие вспомогательные устройства должны быть отключены во время проведения испытания.

Продолжительность испытаний по проверке устойчивости к нежелательному расцеплению (равному 0,9 от значения уставки тока) должна быть более в 10 раз времени расцепления, соответствующего двойной уставке тока.

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий А.

Примечание 6 — Асимметрия формы сигнала тока, обычно возникающая в случае выхода из строя силового полупроводника, подключенного к сети, создает значительный дисбаланс и может повлиять на определение тока электронной защиты от перегрузки, поэтому необходимо измерение точного среднеквадратичного значения.



A — максимальный ток; T — период; t_1 — продолжительность каждого полупериода; t_0 — время задержки

$$\text{Коэффициент амплитуды} = \frac{A}{\sqrt{\frac{2}{T}\int_0^{T/2} i^2(t)\mathrm{d}t}}$$

Рисунок 5 — Изображение формы испытательного сигнала тока, получаемого при встречно-параллельном включении тиристоров

9.4.2.9.2 Провалы напряжения и кратковременные перерывы питания

Данное испытание применяют только к КУУЗ, оборудованному электрической защитой от короткого замыкания.

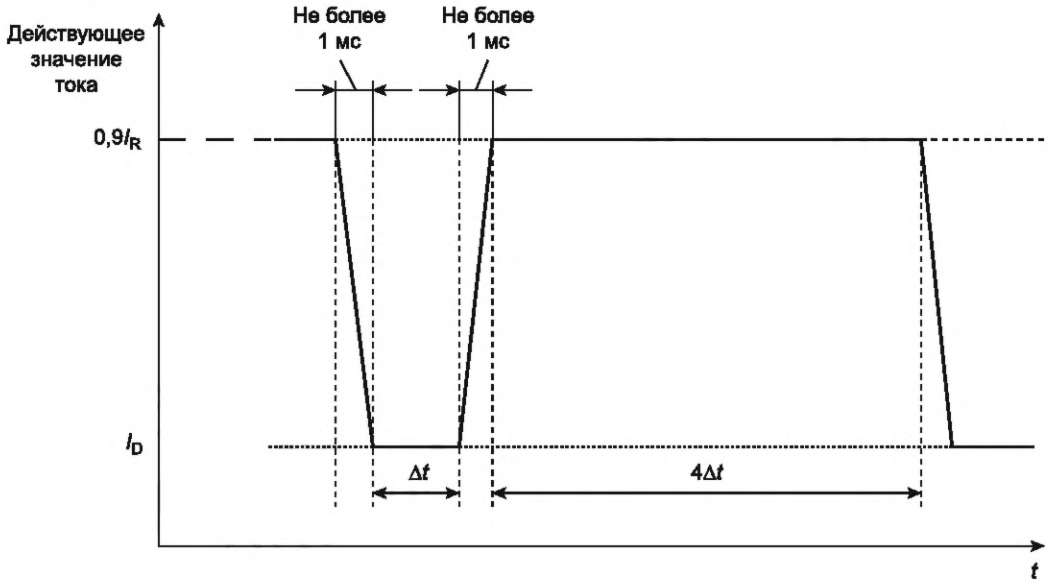
КУУЗ непосредственно реагируют на провалы напряжения и кратковременные перерывы питания цепей управления; они должны действовать в пределах, указанных в 8.2.1.2, что проверяют проведением испытаний на пределы срабатывания, указанные в 9.3.3.2.

1) Методика испытаний

Испытания проводят на любой паре полюсов, выбранных случайно. Для реле или расцепителей, имеющих функцию контроля потери фазы, три полюса соединяют последовательно или в трехфазном режиме.

Испытания проводят с синусоидальным током при любом удобном напряжении. Ток прикладывают в соответствии с примером, представленным на рисунке 6, и с данными, приведенными в таблице 16, где I_R — это ток уставки, I_D — испытательный ток провала и T — это период синусоидального тока.

Длительность каждого испытания должна быть между трех- и четырехкратным максимальным временем срабатывания, соответствующим двукратной уставке по току, но не более 10 мин.



I_R — ток уставки; I_D — испытательный ток провала; Δt — время провала; $4\Delta t$ — время задержки

Рисунок 6 — Испытательный ток для проверки влияния провалов и прерывания тока

Таблица 16 — Испытательные параметры провалов и прерывания тока

Номер испытания	I_D	Δt
1	0	0,5 T
2		1,0 T
3		5,0 T
4		25,0 T
5		50,0 T
6	0,4 I_R	10,0 T
7		25,0 T
8		50,0 T
9	0,7 I_R	10,0 T
10		25,0 T
11		50,0 T

2) Результаты испытания

КУУЗ должно соответствовать данным, приведенным в таблице 14, критерий В.

9.4.3 Излучение помех

9.4.3.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, 9.4.3, с нижеприведенным дополнением.

Если порт управления предназначен для подключения к полевой шине, то порт должен отвечать требованиям к проводимому излучению соответствующего стандарта для этой полевой шины.

Если порт измерения и управления технологическим процессом предназначен для подключения к сети электросвязи общего пользования, то этот порт следует рассматривать как порт электросвязи. К данному порту применяют установленные требования к выбросам CISPR 32, класс В.

9.4.3.2 Испытание на кондуктивные радиочастотные электромагнитные помехи

Описание испытания, методика испытания и испытательная установка приведены в разделе 7 CISPR 11:2015, CISPR 11:2015/AMD1:2016 и в CISPR 11:2015/AMD2:2019.

Должно быть достаточным проведение испытаний двух образцов из диапазона КУУЗ с различными номинальными значениями мощности, которые представляют наиболее высокое и предельно низкое номинальные значения мощности в диапазоне.

Для прохождения испытания устройство не должно превышать уровней, указанных в таблице 17.

Таблица 17 — Пределы напряжения электромагнитной помехи на контактных зажимах для кондуктивной радиочастотной помехи (для силовых портов)

Диапазон частоты, МГц	Условия окружающей среды. Среда А, дБ (∞V)	Среда В, дБ (∞V)
0,15—0,50	79 квазипиковый 66 средний показатель	От 66 до 56 квазипиковых. Среднее значение от 56 до 46 (уменьшается с логарифмом частоты)
0,50—5,00	73 квазипиковый 60 среднее значение	56 квазипиковый. 46 среднее значение
5,00—30,00	73 квазипиковый 60 среднее значение	60 квазипиковый. 50 среднее значение
Примечание — Пределы в соответствии с CISPR 11:2015, CISPR 11:2015/AMD2:2019, CISPR 11:2015/AMD1:2016, группа 1 для силовых входных портов и общей номинальной мощности менее 20 кВ·А.		

9.4.3.3 Испытание на излучение радиочастотных электромагнитных помех

Описание испытания, методика испытания и испытательная установка приведены в разделе 7 CISPR 11:2015, CISPR 11:2015/AMD1:2016 и в CISPR 11:2015/AMD2:2019.

Примечание — В США испытания цифровых устройств с потребляемой мощностью менее 6 мВт не проводят в отношении радиочастотных помех.

Этого должно быть достаточно для испытания одного репрезентативного образца из ряда КУУЗ различной номинальной мощности. Помехи не должны превышать уровней, указанных в таблице 18.

Таблица 18 — Пределы испытания на излучение помех

Диапазон частоты, МГц	Среда А[a], квазипиковый дБ (μV)			Среда В[a], квазипиковый дБ (μV)	
	На 30 м	На 10 м	На 3 м	На 10 м	На 3 м
От 30 до 230	30	40	50	30	40
От 230 до 1000	37	47	57	37	47
[a] Испытания могут проводиться на расстоянии 3 м только для небольшого оборудования (оборудование, расположенное либо на столе, либо стоящее на полу, которое, включая его кабели, помещается в цилиндрический испытательный объем диаметром 1,2 и 1,5 м над плоскостью земли).					

9.5 Циклы испытаний

9.5.1 Общие положения

Испытания КУУЗ следует проводить согласно циклам испытаний, указанным в таблице 19. Испытания в каждом цикле следует выполнять в указанном порядке.

Таблица 19 — Циклы испытаний

Цикл испытания, №	Наименование испытания	Испытание, подпункт	Работоспособность, подпункт	U_e/I_e	U_e/I_{cs}	Испытуемый образец		Уставка расцепителя[c]
						Количество	Номер[d]	
I	Превышение температуры (для наибольшего I_e)	9.5.2.2	8.2.2			1[f]		
	Срабатывание	9.5.2.3	8.2.1					
	Пределы срабатывания	9.5.2.4	8.2.1					
	Диэлектрические свойства изоляции	9.5.2.5	8.2.3					
II	Номинальная включающая и отключающая способность	9.5.3.2	8.2.4.1	[e]		1[f]		
	Условная коммутационная и механическая работоспособность	9.5.3.3	8.2.4.2 (a + c)					
	Диэлектрическая прочность изоляции	9.5.3.4	9.3.3.4					
III	Работоспособность при U_e/I_e	9.5.4.2	8.2.4.2, b)				1	Макс.
	Номинальная отключающая способность при I_{cr}	9.5.4.3	8.2.5, a)					
	Работоспособность при U_e/I_e	9.5.4.2	8.2.4.2, b)			2		
	Диэлектрическая прочность изоляции	9.5.4.5	9.3.3.4					
	Расцепитель перегрузки	9.5.4.6	8.2.1.5	[e]			2	
	Номинальная отключающая способность при I_r	9.5.4.3	8.2.5, a)					
	Диэлектрическая прочность изоляции	9.5.4.5	9.3.3.4					
	Расцепитель перегрузки	9.5.4.6	8.2.1.5					
IV	Работоспособность при U_e/I_e	9.5.5.2	8.2.4.2, b)	[e]	1	1[a]		
	Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность при I_{cs}	9.5.5.3	8.2.5, a)					Макс.
	Работоспособность при U_e/I_e	9.5.5.2	8.2.4.2, b)		2	2[b]	1	Макс.
	Проверка электрической прочности изоляции	9.5.5.5	9.3.3.4				2	Макс.

Окончание таблицы 19

Цикл испытания, №	Наименование испытания	Испытание, подпункт	Работоспособность, подпункт	U_e/I_e	U_e/I_{cs}	Испытуемый образец		Уставка расцепителя[c]
						Количество	Номер[d]	
IV	Превышение температуры	9.5.5.6	8.2.2		>3	3[b]		
	Расцепитель перегрузки	9.5.5.7	8.2.1.5				1	Макс.
							2	Макс.
							3	Мин.
V[g]	Дополнительные испытания отключающей способности	9.5.6.2	8.2.5, b)			1		Макс.
	Диэлектрическая прочность изоляции	9.5.6.4	9.3.3.4					
VI[h]	Наибольшая отключающая способность	9.5.7.2	8.2.5, c)			1	1	Макс.
	Диэлектрическая прочность изоляции	9.5.7.4	9.3.3.4					
VII[i]	Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность при I_{cs}	9.5.8.2	8.2.5, a)					
	Диэлектрическая прочность изоляции	9.5.8.4	9.3.3.4			1	1	Макс.
VIII[j]	ЭМС	9.5.9	8.3					

[a] Для КУУЗ с неиндентифицированными контактными зажимами для подключения питания и нагрузки, имеющих несъемные или зафиксированные от возможного смещения расцепители (см. 8.1.8.2), должен быть испытан дополнительный образец с обратными соединениями.

[b] Для КУУЗ с неиндентифицированными контактными зажимами для подключения питания и нагрузки, имеющих несъемные или зафиксированные от возможного смещения расцепители (см. 8.1.8.2), один образец необходимо испытывать с обратными соединениями.

[c] Уставки расцепителей сверхтока, если регулируются.

[d] Номер образца, если значений I_{cs} относительно U_e несколько:

№ 1 — наибольшее U_e/соответствующее I_{cs};

№ 2 — наибольшее I_{cs}/соответствующее U_e;

№ 3 — средние значения — U_e /соответствующее I_{cs}.

[e] Согласно 9.3.2.1 номинальные значения U_e/I_e могут быть предназначены для некоторых категорий применения без испытаний или при ограниченном количестве испытаний и/или образцов, если испытания аналогичного или более высокого уровня жесткости уже проведены.

[f] В циклах испытаний I и II допускается использовать один и тот же образец.

[g] См. 8.2.5; испытание при наибольшем значении U_e.

[h] Только для четырехполюсных КУУЗ.

[i] Для КУУЗ, предназначенных для применения в индивидуальной оболочке.

[j] Если применимо (8.3).

9.5.2 Цикл испытаний I. Превышение температуры, пределы срабатывания, диэлектрические свойства

9.5.2.1 Общие положения

Цикл испытаний I включает в себя следующее:

- испытание на превышение температуры (9.5.2.2);

- испытание на срабатывание (9.5.2.3);
- испытание на пределы срабатывания (9.5.2.4);
- испытание диэлектрических свойств (9.5.2.5);
- проверка положений силового контакта для применения в качестве разъединителя (9.5.2.6).

9.5.2.2 Испытание на превышение температуры

Испытание на превышение температуры следует проводить при условном тепловом токе в соответствии с 9.3.3.3. По окончании испытания значения превышения температуры не должны выходить за пределы, указанные в таблице 15 и в IEC 60947-1:2020, таблицы 3 и 6.

Во время испытания на катушки расцепителя минимального напряжения, если применимо, должны подаваться одна номинальная частота и соответствующее напряжение, выбираемые случайным образом. Дополнительные испытания для проверки катушки на других номинальных частотах и напряжениях следует проводить вне указанной последовательности.

9.5.2.3 Испытание на срабатывание

Испытания следует проводить для КУУЗ, если это установлено 9.3.2.1, согласно 8.2.1.1 по следующим направлениям:

- для проверки срабатывания КУУЗ при подаче питания к замыкающему устройству;
- проверки механизма свободного расцепления КУУЗ, если операция замыкания началась при приведенном в действие расцепляющем устройстве;
- проверки того, что при включенных КУУЗ срабатывание внешнего устройства с силовым приводом не должно вызвать повреждения КУУЗ и представлять опасность для оператора;
- проверки того, что операция возврата КУУЗ не должна вызывать замыкания контактов КУУЗ в отсутствие команды на замыкание.

Если КУУЗ оснащены комбинированным приводным механизмом размыкания (отключения) и возврата, то при включенных КУУЗ приведение в действие механизма возврата должно вызвать отключение КУУЗ.

Если КУУЗ оснащены только механизмом возврата, либо размыкания (отключения) — возврата, либо отдельными приводными механизмами размыкания или возврата, то при включенных КУУЗ и в исходном положении механизма возврата приведение в действие механизма расцепления должно вызвать срабатывание КУУЗ на размыкание.

Примечание — Данные испытания позволяют проверить, что действие расцепления перегрузки не может быть отменено удерживанием механизма возврата в исходном положении.

При нагрузке КУУЗ током так же, как и для испытания на превышение температуры силовой цепи, и при достижении установившейся температуры необходимо провести срабатывание КУУЗ обычным способом три раза с минимальной паузой между циклами. При этом не должно произойти расцепления КУУЗ, как следствие произведенных циклов срабатывания.

Механическое срабатывание КУУЗ допускается проверять без токовой нагрузки.

Для КУУЗ с приводным устройством, действующим от накопленной энергии, следует проверить, что подвижные контакты не могут быть переведены из разомкнутого положения в любое другое, если механизм управления не накопил полную энергию, что подтверждается по индикаторному устройству.

Если время замыкания и размыкания КУУЗ указано изготовителем, то оно должно соответствовать установленным значениям.

9.5.2.4 Испытание на пределы срабатывания

9.5.2.4.1 Общие положения

Испытания следует выполнять в соответствии с 9.3.3.2.

9.5.2.4.2 КУУЗ с двигательным приводом

Испытания КУУЗ следует проводить на предмет проверки соответствия требованиям к работоспособности, указанным в 8.2.1.2.

Испытания КУУЗ с энергозависимым приводом следует проводить с накопленной в механизме управления энергией в пределах между наименьшим и наибольшим значениями, указанными изготовителем.

9.5.2.4.3 Реле или расцепители

a) Срабатывание независимых расцепителей

Независимые расцепители следует испытывать на соответствие требованиям, указанным в 8.2.1.4.

b) Срабатывание реле или расцепителей минимального напряжения

Испытания реле или расцепителей минимального напряжения следует проводить на соответствие требованиям 8.2.1.3. Каждый предел следует проверять три раза. При испытании на уменьшение напряжения его снижают от номинального значения до нуля равномерно в течение 1 мин.

c) Срабатывание реле или расцепителя максимального тока

i) Срабатывание в условиях перегрузки

Реле или расцепители мгновенного действия или с независимой выдержкой времени [типы по перечислениям a) и b) по 5.7.2.3.1]

Срабатывание проверяют при 90 % и 110 % от номинального тока расцепления реле или расцепителя. Испытательный ток не должен быть асимметричным.

При испытательном токе, равном 90 % от номинального тока расцепления, КУУЗ не должны расцепляться при поддержании тока в течение:

- 0,2 с для реле или расцепителей мгновенного действия;
- интервала, равного двукратной выдержке времени, указанной изготовителем для реле или расцепителей с независимой выдержкой времени.

При испытательном токе, равном 110 % от номинального тока расцепления, КУУЗ должны расцепиться в течение:

- 0,2 с для реле или расцепителей мгновенного действия;
- интервала, равного двукратной выдержке времени, указанной изготовителем для реле или расцепителей с независимой выдержкой времени.

Срабатывание многополюсных реле или расцепителей следует проверять при подаче испытательного тока на все полюса одновременно.

Реле или расцепители с обратнозависимой выдержкой времени [тип по перечислению c) по 5.7.2.3.1].

Проверку реле или расцепителей на соответствие требованиям работоспособности по 8.2.1.5.1 проводят со всеми полюсами под нагрузкой.

Кроме того, характеристики, определенные в 8.2.1.5.1.1, должны быть проверены путем проведения испытаний при температуре минус 5 °С, плюс 20 °С, плюс 40 °С и могут быть выполнены при наименьшей и наибольшей температурах, указанных изготовителем, если они выше. Тем не менее для реле и расцепителей, которые заявлены как компенсированные относительно температуры окружающего воздуха, в случае диапазона температур, указанного изготовителем, больше диапазона, представленного на рисунке 1, не проводят проверку на температурах минус 5 °С и/или плюс 40 °С, если при испытаниях на заявленных наименьшей и наибольшей температурах значения тока расцепления соответствуют пределам, указанным для температуры минус 5 °С и/или плюс 40 °С (см. рисунок 1).

Для электронных реле и расцепителей перегрузки проверку проводят испытанием тепловой памяти по 8.2.1.5.1.2 при температуре плюс 20 °С.

Испытания трехполюсных тепловых или электронных реле перегрузки, подключенных к питанию только на двух полюсах, проводят в соответствии с 8.2.1.5.1.1 на всех комбинациях полюсов и при наименьшем и наибольшем значениях тока уставки для реле с регулируемой уставкой.

ii) Срабатывание в условиях короткого замыкания

Реле или расцепители мгновенного действия или с независимой выдержкой времени [по перечислениям a) и b) по 5.7.2.3.2].

a) Срабатывание реле или расцепителей максимального тока, предназначенных для защиты от короткого замыкания, проверяют при 80 % и 120 % уставки тока короткого замыкания реле или расцепителя. Испытательный ток не должен быть асимметричным. При испытательном токе, равном 80 % уставки тока короткого замыкания, КУУЗ не должны расцепляться при поддержании тока в течение:

- 0,2 с для реле или расцепителей мгновенного действия;
- интервала, равного двукратной выдержке времени, указанной изготовителем для реле или расцепителей с независимой выдержкой времени.

При испытательном токе, равном 120 % уставки тока короткого замыкания, КУУЗ должны расцепиться в течение:

- 0,2 с для реле или расцепителей мгновенного действия;
- интервала, равного двукратной выдержке времени, указанной изготовителем для реле или расцепителей с независимой выдержкой времени.

Срабатывание многополюсных размыкающих реле или расцепителей проверяют на двух полюсах, соединенных последовательно, с использованием всех возможных комбинаций полюсов, оснащенных расцепителями короткого замыкания.

b) Кроме того, срабатывание расцепителей короткого замыкания следует проверять индивидуально на каждом полюсе при значении тока расцепления, указанного изготовителем для однополюсного устройства; расцепление должно произойти в течение:

- 0,2 с для реле или расцепителей мгновенного действия;
- интервала, равного двукратной выдержке времени, указанной изготовителем для реле или расцепителей с независимой выдержкой времени.

iii) Дополнительное испытание на выдержку времени для реле или расцепителей с независимой выдержкой времени [типа по перечислению b) согласно 5.7.2.3.1 и 5.7.2.3.2].

Время размыкания

Данное испытание проводят при токе, равном 1,5 уставки тока:

- при подаче тока во все полюса для реле или расцепителей перегрузки [типа по перечислению b) по 5.7.2.3.1];
- с двумя полюсами, соединенными последовательно, с использованием всех возможных комбинаций последовательного пропускания испытательного тока для реле или расцепителей короткого замыкания [типа по перечислению b) по 5.7.2.3.2].

Измеренное время размыкания должно быть в пределах выдержки времени, заданной изготовителем.

Время нерасцепления

Данное испытание выполняют в таких же условиях, как и вышеуказанное испытание.

Вначале ток поддерживают в течение времени нерасцепления, указанного изготовителем; затем значение тока снижают до номинального и поддерживают при этом уровне в течение двукратной номинальной выдержки времени, установленной изготовителем. При этом не должно происходить расцепления КУУЗ.

iv) Реле минимального тока для автоматического переключения

Пределы срабатывания следует проверять в соответствии с 8.2.1.5.3.

v) Реле или расцепитель, чувствительные к опрокидыванию ротора электродвигателя

Пределы срабатывания следует проверять в соответствии с 8.2.1.5.4.

Для реле тока или расцепителя, чувствительных к опрокидыванию ротора электродвигателя, проверку проводят при наименьшем и наибольшем значениях тока уставки и наименьшем и наибольшем значениях времени блокировки опрокидывания ротора электродвигателя (четыре уставки).

Для реле или расцепителей, чувствительных к опрокидыванию ротора электродвигателя, работающего в соединении со средством обнаружения вращения, проверку проводят на наименьшем и наибольшем значениях времени блокировки опрокидывания ротора электродвигателя. Датчик допускается имитировать с помощью подачи сигнала на вход датчика реле или расцепителя, чувствительных к опрокидыванию ротора электродвигателя.

vi) Реле или расцепитель перегрузки

Пределы срабатывания проверяют в соответствии с 8.2.1.5.5.

Проверку проводят на наименьшем и наибольшем значениях тока уставки и на наименьшем и наибольшем значениях времени блокировки торможения (четыре уставки).

Для каждой из четырех уставок испытания проводят при следующих условиях:

- используют испытательный ток, равный 95 % от значения тока уставки. Реле или расцепитель перегрузки не должны срабатывать;
- увеличивают испытательный ток до 120 % значения тока уставки. Реле или расцепитель перегрузки должны срабатывать в соответствии с требованиями 8.2.1.5.5.

9.5.2.5 Проверка диэлектрических свойств

Испытания КУУЗ следует проводить в соответствии с 9.3.3.4.

9.5.2.6 Проверка положения силового контакта для КУУЗ, пригодных для применения в качестве разъединителя

Для КУУЗ, пригодных для применения в качестве разъединителя, испытание проводят проверкой эффективности положения силового контакта согласно IEC 60947-1:2020, 9.2.6.

9.5.3 Цикл испытаний II. Работоспособность в условиях нормальной нагрузки и перегрузки

9.5.3.1 Общие положения

Цикл испытаний II включает следующее:

- испытание на номинальную включающую и отключающую способности (9.5.3.2);
- испытание на условную работоспособность (9.5.3.3);
- проверку диэлектрической прочности изоляции (9.5.3.4).

9.5.3.2 Испытание на номинальную включающую и отключающую способности

КУУЗ подвергают испытанию в соответствии с 9.3.3.5.

9.5.3.2.1 Номинальная включающая и отключающая способности для категорий применения, кроме АС-4 (например, КУУЗ прямого действия)

Применяют 9.3.3.5.5, перечисление 1.

9.5.3.2.2 Номинальная включающая и отключающая способности для категории применения АС-4 (например, КУУЗ прямого действия или реверсного торможения противотоком)

Применяют 9.3.3.5.5, перечисление 2.

9.5.3.2.3 Поведение КУУЗ во время испытаний и состояние после испытаний на включение и отключение, переключение и реверсирование

Должны быть выполнены условия 9.3.3.5.6.

9.5.3.3 Испытание на условную работоспособность

9.5.3.3.1 Общие положения

Испытания КУУЗ следует проводить в соответствии с 9.3.3.6.

9.5.3.3.2 Условная работоспособность для категорий применения, кроме АС-4 (например, КУУЗ прямого действия и с двумя направлениями вращения двигателя)

КУУЗ должны включать и отключать токи, соответствующие его категории применения, для числа срабатываний, указанных в таблице 10.

9.5.3.3.3 Условная работоспособность для категории применения АС-4 (например, КУУЗ прямого действия или реверсного торможения противотоком)

КУУЗ должны включать и отключать токи, соответствующие его категории применения, для числа срабатываний, указанных в таблице 10.

Для КУУЗ с возможностью работы при реверсном торможении противотоком последовательность срабатываний должна быть следующей:

замыкание А — размыкание А — замыкание В — размыкание В — период отключения.

Переключение от замыкания А к замыканию В должно происходить так быстро, насколько позволяет нормальная система управления.

9.5.3.3.4 Поведение КУУЗ во время и после испытаний на условную работоспособность

Должны быть выполнены условия 9.3.3.5.6.

9.5.3.4 Проверка диэлектрической прочности изоляции

Диэлектрическую прочность изоляции следует проверять по 9.3.3.4.

Для КУУЗ, пригодных для разъединения, ток утечки должен быть измерен в соответствии с 9.3.3.4.1, за исключением того, что значение тока утечки не должно превышать 2 мА.

9.5.4 Цикл испытаний III. Работоспособность до и после циклов срабатываний при испытаниях при ожидаемых условных токах I_{cr} и «*r*»

9.5.4.1 Общие положения

Цикл испытаний III включает нижеприведенное.

Испытание на первом образце:

- испытание на работоспособность при U_e/I_e (9.5.4.2);
- номинальная отключающая способность при ожидаемом условном токе I_{cr} в цикле срабатываний O — t — CO — t — CO — t — O — t — rCO — t — rCO;
- испытание на работоспособность при U_e/I_e (9.5.4.2);
- проверка диэлектрической прочности изоляции (9.5.4.5);
- проверка расцепителей перегрузки (9.5.4.6).

Испытание на втором образце:

- номинальная отключающая способность при ожидаемом условном токе «r» в цикле срабатываний O — t — CO — t — rCO;
- проверка диэлектрической прочности (9.5.4.5);
- проверка расцепителей перегрузки (9.5.4.6).

Примечание — По согласованию с изготовителем испытания допускается выполнять на одном образце.

9.5.4.2 Испытание на работоспособность

До и после испытаний при I_{cr} на первом образце испытания КУУЗ проводят по 8.2.4.2, перечисление b), и 9.3.3.6.

9.5.4.3 Испытание при ожидаемых условных токах I_{cr} и I_r

Испытание на короткое замыкание проводят по общим условиям 9.3.3.7 со значениями ожидаемых условных токов I_{cr} и I_r в соответствии с 8.2.5, перечисление а).

Цикл срабатываний в соответствии 9.5.4.

9.5.4.4 Поведение КУУЗ во время испытаний на I_{cr} и I_r

Применяют 9.3.4.2.

9.5.4.5 Проверка диэлектрической прочности изоляции

Диэлектрическую прочность изоляции проверяют в соответствии с 9.5.3.4.

9.5.4.6 Проверка расцепителей перегрузки

После проведения испытания по 9.5.4.5 следует проверить срабатывание расцепителей перегрузки в соответствии с 8.2.1.5 при контрольной температуре и любом подходящем напряжении. Для реле перегрузки с обратнозависимой выдержкой времени проверяют следующее:

- при 1,2 уставки тока для категорий применения AC-3, AC-3e, AC-4, DC-3, DC-5;
- 1,45 уставки тока для категорий применения AC-40, AC-1, AC-5a, AC-5b, DC40, DC-1, DC-6.

Для этих испытаний все полюса соединяют последовательно. Альтернативно это испытание выполняют с применением трехфазного источника питания.

Расцепление должно произойти в течение 2 ч.

9.5.5 Цикл испытаний IV. Работоспособность до и после циклов срабатывания на I_{cs}

9.5.5.1 Общие положения

Цикл испытаний IV включает следующее:

- испытание на работоспособность (9.5.5.2):
- испытание на токе короткого замыкания I_{cs} (9.5.5.3);
- проверка диэлектрической прочности изоляции (9.5.5.5);
- проверка превышения температуры (9.5.5.6);
- проверка расцепителей перегрузки (9.5.5.7).

9.5.5.2 Испытание на работоспособность

До и после проведения испытания по 9.5.5.3 следует выполнить испытание на КУУЗ в соответствии с 9.3.3.6 по параметрам, указанным в таблице 11.

9.5.5.3 Испытание на номинальную рабочую наибольшую отключающую способность при I_{cs}

Испытание на короткое замыкание проводят по общим условиям по 9.3.3.7 со значениями ожидаемого тока I_{cs} (см. 5.3.6), указанными изготовителем.

Коэффициент мощности для данного испытания — по IEC 60947-1:2020, таблица 16.

Цикл срабатываний должен быть следующим: O — t — CO — t — rCO (см. 9.3.4.1.6).

Примечание — В США и Канаде указывают минимальные значения рабочей наибольшей отключающей способности I_{cs}, и поэтому требуется проведение дополнительного цикла испытаний для проверки отключающей способности отдельного полюса многополюсных КУУЗ, соответствующей минимальному указанному значению наибольшей отключающей способности и удовлетворяющему межфазному напряжению для КУУЗ, маркированных только межфазным напряжением, или фазно-нейтральному напряжению для КУУЗ, маркированных фазно-нейтральным/межфазным напряжением.

9.5.5.4 Поведение КУУЗ во время и после испытаний на I_{cs}

Применяют 9.3.4.2.

9.5.5.5 Проверка диэлектрической прочности изоляции

Испытания диэлектрической прочности изоляции проводят в соответствии с 9.5.3.4.

9.5.5.6 Проверка превышения температуры

Превышение температуры на контактных зажимах следует определять при номинальном рабочем токе соответственно категории применения согласно 9.3.3.3.1—9.3.3.3.4. Превышение температуры должно быть в пределах значений, указанных в таблице 5.

9.5.5.7 Проверка расцепителей перегрузки

После проведения испытания по 9.5.5.6 следует проверять срабатывание расцепителей перегрузки по 9.5.4.6.

9.5.6 Цикл испытания V. Дополнительное испытание на отключающую способность

9.5.6.1 Общие положения

Цикл испытаний V включает следующее:

- дополнительное испытание на отключающую способность (9.5.6.2);
- проверка прочности диэлектрической изоляции (9.5.6.4).

9.5.6.2 Дополнительное испытание отключающей способности

КУУЗ должны отключать испытательный ток, указанный в 8.2.5, перечисление b), при номинальном рабочем напряжении U_e и коэффициенте мощности или при постоянной времени согласно IEC 60947-1:2020, таблица 16.

Цикл срабатываний должен быть: O — t — O — t — O.

9.5.6.3 Поведение КУУЗ во время и после дополнительного испытания на отключающую способность

Должны быть выполнены требования 9.3.3.5.6.

9.5.6.4 Проверка диэлектрической прочности изоляции

Диэлектрическую прочность изоляции следует проверять в соответствии с 9.5.3.4.

9.5.7 Цикл испытаний VI. Дополнительный цикл испытания для четырехполюсных КУУЗ

9.5.7.1 Общие положения

Цикл испытания VI включает следующее:

- испытание на наибольшую отключающую способность (9.5.7.2);
- проверка диэлектрической прочности изоляции (9.5.7.4).

9.5.7.2 Испытание на наибольшую отключающую способность

Для четырехполюсных КУУЗ, четвертый полюс которых рассчитан на пониженный номинал тока короткого замыкания, следует проводить дополнительное испытание по 9.3.4.1.6, перечисление b).

Цикл срабатывания должен быть: O — t — CO — t — rCO.

9.5.7.3 Поведение КУУЗ во время и после дополнительного испытания на отключающую способность

Применяют 9.3.4.2.

9.5.7.4 Проверка диэлектрической прочности изоляции

Диэлектрическую прочность изоляции следует проверять в соответствии с 9.5.3.4.

9.5.8 Цикл испытаний VII. Дополнительный цикл испытаний для КУУЗ, предназначенных для использования в индивидуальной оболочке

9.5.8.1 Общие положения

Цикл испытания VII включает следующее:

- испытание на номинальную рабочую наибольшую отключающую способность при I_{cs} (9.5.8.2);
- проверка диэлектрической прочности изоляции (9.5.8.4).

9.5.8.2 Испытание на номинальную рабочую наибольшую отключающую способность при I_{cs}

КУУЗ, предназначенные для использования в индивидуальной оболочке, должны пройти дополнительные испытания по 9.3.4.1.1 в наименьшей из оболочек, указанных изготовителем, при номинальном рабочем напряжении U_e и коэффициенте мощности или при постоянной времени по IEC 60947-1:2020, таблица 16.

Испытательный ток должен быть равен номинальной рабочей наибольшей отключающей способности I_{cs} КУУЗ, соответствующей наибольшему значению U_e.

Цикл срабатываний должен быть: O — t — CO — t — rCO.

9.5.8.3 Поведение КУУЗ во время испытания на номинальную рабочую наибольшую отключающую способность при I_{cs}

Применяют 9.3.4.2.

9.5.8.4 Проверка диэлектрической прочности изоляции

Диэлектрическую прочность изоляции проверяют в соответствии с 9.5.3.4.

9.5.9 Цикл испытаний VIII. ЭМС

Испытания КУУЗ следует проводить в соответствии с 9.4.

9.6 Контрольные испытания

9.6.1 Общие положения

Для обеспечения соответствия аппаратуры в течение срока ее службы на основе типовых испытаний изготовителю следует рассмотреть вопрос о том, как поддерживать ожидаемые изменения характеристик аппаратуры в соответствующих пределах.

Контрольные испытания следует проводить в таких же или аналогичных условиях, которые указаны для типовых испытаний в 9.1.2. Однако пределы срабатывания согласно 9.5.2.4 допускается проверить при преобладающей температуре окружающего воздуха.

9.6.2 Срабатывание и пределы срабатывания

Испытания проводят для проверки срабатывания в пределах, указанных в 8.2.1.

Примечание 1 — При проведении данных испытаний отсутствует необходимость в достижении теплового равновесия, которое допускается компенсировать применением последовательного подключенного сопротивления или соответствующим снижением пределов напряжения.

Необходимо провести испытания для проверки калибровки реле или расцепителей. В случае реле или расцепителей перегрузки с выдержкой времени допускается проведение единичного испытания с одновременной подачей на все полюса тока, кратного току уставки, для проверки соответствия времени расцепления (в пределах допусков) характеристикам, представленным изготовителем; в случае реле или расцепителей перегрузки мгновенного действия испытательный ток должен составлять 1,1 тока уставки. Для реле минимального тока, опрокидывания ротора электродвигателя и реле перегрузки испытания следует проводить с целью проверки правильного функционирования этих реле (см. 8.2.1.5.3, 8.2.1.5.4 и 8.2.1.5.5).

Примечание 2 — В случае реле или расцепителя перегрузки с задержкой времени с гидравлическим замедлителем калибровка может быть выполнена при незаполненном жидкостью расцепителе током, составляющим процентную долю тока уставки, указанную изготовителем и поддающуюся проверке в процессе специального испытания.

9.6.3 Испытание диэлектрических свойств

Испытания диэлектрической прочности изоляции проводят в соответствии с 9.3.3.4.

Приложение А
(обязательное)

Специальные испытания

А.1 Общие положения

Специальные испытания проводят по усмотрению изготовителя.

А.2 Механическая износостойкость

А.2.1 Общие положения

Механическая износостойкость конструкции КУУЗ определена количеством циклов срабатывания без нагрузки, достигаемым или превышаемым 90 % всех аппаратов данного типа до проведения их ремонта при необходимости или замены каких-либо частей (включая электронные части электромагнита с электронным управлением и любую механическую часть); однако при этом допускается обслуживание, предусмотренное инструкцией изготовителя (включая замену контактов), как указано в А.2.2.1 и А.2.2.2.

Предпочтительное количество циклов срабатывания без нагрузки составляет, млн:

0,001 — 0,003 — 0,01 — 0,03 — 0,1 — 0,3 — 1 — 3 и 10.

А.2.2 Проверка механической износостойкости

А.2.2.1 Состояние КУУЗ, подлежащих испытаниям

КУУЗ должны быть установлены как в нормальных условиях эксплуатации, в частности: проводники должны быть присоединены как в нормальных условиях эксплуатации.

Испытание проводят в отсутствие напряжения или тока в силовой цепи.

А.2.2.2 Рабочие условия

К цепям управления должно быть подано номинальное напряжение и, если возможно, при номинальной частоте.

Если к катушкам последовательно подключают активное или полное сопротивление и при этом не происходит короткого замыкания во время их подключения, испытания следует проводить с присоединением этих сопротивлений как при нормальной эксплуатации.

А.2.2.3 Методика испытаний

a) Испытания проводят с частотой срабатывания, соответствующей классу повторно-кратковременного режима. Однако изготовитель дает право увеличить частоту срабатывания, если КУУЗ способны удовлетворять предъявляемым требованиям испытаний при повышенной частоте срабатывания.

b) Для КУУЗ, оснащенных органами дистанционного и ручного управления, на одном образце срабатывание следует проводить посредством органа дистанционного управления, а на другом образце — посредством органа ручного управления.

c) Для электромагнитных КУУЗ время подачи напряжения на катушку управления должно быть больше времени срабатывания КУУЗ, а время обесточивания катушки должно быть таким, чтобы КУУЗ возвратились в состояние покоя в обоих крайних положениях.

d) Количество выполненных циклов срабатывания должно быть не меньше установленного изготовителем количества циклов срабатывания при отсутствии нагрузки.

e) При испытаниях КУУЗ, оснащенных катушками независимых расцепителей или расцепителями минимального напряжения, не менее 10 % общего числа размыканий должно быть выполнено этими расцепителями.

А.2.2.4 Оценка результатов испытаний

После проведения испытаний на механическую износостойкость КУУЗ должны быть способны срабатывать в условиях, приведенных в 8.2.1.2 и 9.3.3.2, при комнатной температуре.

Любые реле времени или другие устройства автоматического управления должны оставаться работоспособными.

А.2.2.5 Статистический анализ результатов испытания КУУЗ

Механическая износостойкость конструкции КУУЗ устанавливается изготовителем и проверяется путем статистического анализа результатов данного испытания.

Для КУУЗ, изготавливаемых в малых количествах, испытания по А.2.2.6 и А.2.2.7 не проводят. Однако КУУЗ, изготавливаемым в малых количествах и отличающимся от базовой конструкции только изменениями деталей (т. е. без существенных изменений конструкции), не оказывающими заметного влияния на характеристики устройства, изготовитель может задать механическую износостойкость на основании опыта эксплуатации аналогичных конструкций, анализа свойств материалов и т. п. и анализа результатов испытаний аппаратов крупносерийного производства такой же базовой конструкции.

После этого назначения проводят испытание. Испытание является одним из двух, описанных ниже и выбранных изготовителем в качестве наиболее пригодного в каждом конкретном случае, например в зависимости от планируемого объема производства или соответственно условному тепловому току.

Примечание — Это испытание не предназначается для контроля каждой партии или в качестве приемочного для потребителя.

А.2.2.6 Одноступенчатое испытание восьми КУУЗ

Испытание восьми КУУЗ проводят на заданную механическую износостойкость.

Если количество отказов не более двух, испытание считают положительным.

А.2.2.7 Двухступенчатое испытание трех КУУЗ

Испытания трех КУУЗ проводят на заданную механическую износостойкость.

Испытание считают положительным при отсутствии отказов и отрицательным, если количество отказов больше одного. В случае одного отказа испытанию подвергают три дополнительных образца. Испытание считают положительным при отсутствии отказов во второй выборке и отрицательным, если количество отказов в двух выборках два или более.

Примечание — Оба испытания — одноступенчатое восьми КУУЗ и двухступенчатое трех КУУЗ — приведены в ISO 2859-1:1999 (см. таблицы 10-D-2 и 10-C-2).

Данные испытания выбраны как основанные на испытаниях ограниченного количества КУУЗ с практически одинаковыми статистическими характеристиками (приемочный уровень дефектности — 10 %).

А.2.2.8 Другие методы

Также могут быть использованы другие методы, приведенные в ISO 2859-1. Максимальный уровень приемлемого качества должен составлять 10 %. Выбранный метод должен быть указан в протоколе испытаний. Также допускается использовать методы, приведенные в IEC 61649.

Примечание — Оба испытания — одноступенчатое восьми КУУЗ и двухступенчатое трех КУУЗ — приведены в ISO 2859-1:1999 (см. таблицы 10-D-2 и 10-C-2). Данные испытания выбраны как основанные на испытаниях ограниченного числа КУУЗ с практически одинаковыми статистическими характеристиками (приемочный уровень дефектности — 10 %).

А.3 Коммутационная износостойкость

Стойкость к коммутационному износу КУУЗ условно характеризуется количеством циклов срабатывания под нагрузкой соответственно различным категориям применения, приведенным в таблице 11, которые они способны выполнить без ремонта или замены частей.

Изготовитель может указывать значения полученной коммутационной износостойкости:

- в условиях нормальной нагрузки и перегрузки;
- после короткого замыкания (после циклов срабатывания O — t — CO — t — rCO при I_{cs}).

Для категорий АС-3, АС-3е и АС-4 испытательная цепь должна включать катушки индуктивности и сопротивления, подобранные так, чтобы обеспечить нужные значения тока, напряжения и коэффициента мощности согласно таблице 11. Кроме того, для категории АС-4 следует использовать испытательную цепь для проверки включающей и отключающей способностей (см. 9.3.3.5).

Частоту срабатывания (время включения и отключения) должен выбирать изготовитель.

Испытания следует считать удовлетворительными, если значения износостойкости, зафиксированные в протоколе испытаний, составляют не менее 95 % от значений, заданных для соответствующих значений тока и напряжения.

Испытания должны быть проведены на КУУЗ в условиях, соответствующих А.2.2.1 и А.2.2.2, методами, если это применимо, по А.2.2.3, за исключением возможности замены контактов.

После испытания КУУЗ должны соответствовать требованиям к срабатыванию по 9.3.3.2 и выдерживать испытательное напряжение для проверки диэлектрических свойств изоляции согласно IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.1, перечисление 4), b), и IEC 60947-1:2020, 9.3.3.4.1, перечисление 4); испытательное напряжение применяют только:

- между всеми полюсами, соединенными вместе и корпусом КУУЗ, и
- между каждым полюсом и всеми остальными полюсами, соединенными с корпусом КУУЗ.

Приложение B
(XXX)

Свободно

Приложение С
(обязательное)

Маркировка и идентификация контактных зажимов КУУЗ

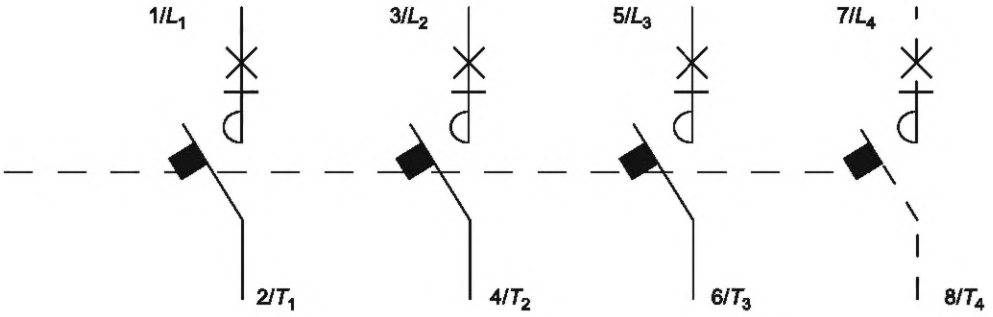
С.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, приложение L, с нижеприведенным дополнением.

С.2 Маркировка и идентификация контактных зажимов силовых цепей

С.2.1 Общие положения

Контактные зажимы силовых цепей следует маркировать однозначными цифрами и буквенно-цифровыми обозначениями.



Примечание — Два действующих альтернативных способа маркировки, т. е. 1-2 и L_1-T_1 постепенно будут вытеснены новым способом.

Альтернативно контактные зажимы можно идентифицировать на коммутационной схеме, поставляемой вместе с устройством.

С.2.2 Маркировка и идентификация контактных зажимов вспомогательных цепей

Контактные зажимы вспомогательных цепей устройств защиты от сверхтока (порядковые номера 9 и 0) являются предпочтительными, и в каждом отдельном случае вспомогательные контактные зажимы указывают на электрической схеме, прилагаемой к КУУЗ.

Приложение D
(справочное)

Вопросы, подлежащие согласованию между изготовителем и потребителем

Примечание — В настоящем приложении:
- термин «согласование» используют в наиболее распространенном значении;
- к потребителям относят и испытательные лаборатории.

Применяют IEC 60947-1:2020, приложение J, насколько оно охватывает пункты настоящего стандарта, с нижеприведенными дополнениями.

Структурный элемент стандарта	Рассматриваемый вопрос
5.3.4, примечание	Защита от перегрузок в повторно-кратковременном режиме
5.4.2	Области применения, отличающиеся от категорий применения по таблице 1
5.7.2.4	Применение реле или расцепителей, отличающихся от перечисленных в 5.7.2.3
8.2.2.7.3	Номинальные характеристики специальных обмоток (указывает изготовитель)
Таблица 8	Проверка условий включения для категорий АС-3, АС-3е и АС-4 при испытаниях на включение и отключение (с согласия изготовителя)
9.1.5	Специальные испытания
9.3.3.3.4	Методика испытаний на превышение температуры четырехполюсных КУУЗ с условным тепловым током св. 63 А

Приложение E
(XXX)

Свободно

Приложение F
(обязательное)

Требования к вспомогательному контакту, соединенному с силовым контактом (зеркальным контактом)

F.1 Применение и объект

F.1.1 Применение

Настоящее приложение применяется к вспомогательным контактам, механически связанным с силовыми контактами КУУЗ и обозначенным как зеркальные контакты, чтобы избежать путаницы с механически связанными контактными элементами, попадающими под действие IEC 60947-5-1:2016, приложение L. Однако это не мешает данному вспомогательному контакту соответствовать как требованиям, предъявляемым к зеркальному контакту, рассмотренному в настоящем приложении, так и к механически связанному контакту по IEC 60947-5-1:2016, приложение L.

Примечание 1 — Типичное применение зеркальных контактов заключается в обеспечении высоконадежного контроля состояния КУУЗ в цепи управления машиной. Однако на зеркальный контакт не следует полагаться исключительно как на средство обеспечения целостности функции безопасности.

Примечание 2 — Зеркальные контакты ранее назывались контактами с положительным предохранением, принудительными контактами, связанными контактами или контактами с положительным приводом.

Примечание 3 — Значение словосочетания «механически связанный» также применимо к дополнительным контактным блокам, которые могут быть установлены потребителем.

F.1.2 Объект

В настоящем приложении приведены дополнительные спецификации (определение, требования и испытания), применяемые для определения требуемых конструктивных характеристик, маркировки и характеристик зеркального контакта.

F.2 Термины и определения

В настоящем приложении применяют следующий термин и определение:

F.2.1 зеркальный контакт (mirror contact): Нормально замкнутый контакт, который не может находиться в замкнутом положении одновременно с нормально разомкнутым основным контактом при условиях, определенных в F.7.

Примечание 1 — У одного КУУЗ может быть более одного зеркального контакта.

F.3 Характеристики

Все зеркальные контакты также должны соответствовать требованиям, приведенным в IEC 60947-5-1:2016.

F.4 Информация об устройстве

Применяют IEC 60947-5-1:2016, раздел 5, с нижеприведенным дополнением.

Зеркальные контакты необходимо четко идентифицировать:

- на самом КУУЗ, или
- в документации изготовителя, или
- в обоих случаях.

Если для идентификации зеркального контакта использовано условное обозначение, то он должен быть таким, как показано на рисунке F.1, в соответствии с IEC 60617-S01462:2003-08.



Рисунок F.1 — Зеркальный контакт

F.5 Обычные условия обслуживания, монтажа и транспортирования

Дополнительные требования отсутствуют.

F.6 Требования к конструкции и эксплуатационным характеристикам

Применяют IEC 60947-5-1:2016, раздел 7, с нижеприведенным дополнением.

Если какой-либо из силовых контактов замкнут, ни один зеркальный контакт не должен быть замкнут.

F.7 Испытания

F.7.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-5-1:2016, раздел 8, с нижеприведенным дополнением.

Испытания проводят в соответствии как с F.7.2, так и F.7.3.

F.7.2 Испытания устройства в новом состоянии

Для каждого зеркального контакта испытание проводят на m устройствах, где m — количество силовых контактов.

Примечание — В зависимости от конструкции устройства необходимое количество m устройств может быть сведено к минимуму на основе инженерного решения для покрытия наихудших случаев.

Новые устройства используют для испытания каждого зеркального контакта с каждым из силовых контактов.

Испытания проводят на устройствах в новом чистом состоянии. Процедура испытания следующая:

a) для имитации возникновения сваривания на одном полюсе один силовой контакт фиксируют в замкнутом положении, например путем сварки или склеивания каждой точки контакта (при двойном разрывающем контакте сварку выполняют в двух точках контакта). Толщина сварки или склеивания должна быть такой, чтобы расстояние между контактами существенно не изменялось, а используемый метод должен быть указан в протоколе испытания.

b1) При обесточенной рабочей катушке подается импульсное испытательное напряжение 2,5 кВ с корректировкой высоты над уровнем моря (корректировка должна быть проведена в соответствии с приведенной ниже таблицей F.1 согласно IEC 609471:2020, таблица 12). Не должно быть прерывистого разряда.

Таблица F.1 — Испытательное напряжение в зависимости от высоты

Уровень моря	200 м	500 м	1000 м	2000 м
2,50 кВ	2,37 кВ	2,37 кВ	2,29 кВ	2,12 кВ
Примечание — Это испытание обеспечивает минимальный зазор в размере 0,5 мм в соответствии с рисунками A.1, A.2 и A.3 IEC 60664-1:2020, на основании которого вставлена таблица 13 в IEC 60947-1:2020.				

b2) В качестве альтернативы условию, приведенному в перечислении b1), при обесточенной рабочей катушке зазор контакта должен быть измерен прямым способом и составлять более 0,5 мм. В случае двух или более последовательных контактных зазоров сумма контактных зазоров должна быть более 0,5 мм.

Последовательности действий по перечислениям a) и b1) или b2) повторяют на новых образцах для каждого силового контакта, сваренного последовательно.

F.7.3 Испытание после условных эксплуатационных характеристик (определено в таблице 10)

В конце условных эксплуатационных испытаний в соответствии с 9.3.3.6 должно быть проверено, что при подаче напряжения на электромагнит зеркальный контакт выдерживает номинальное напряжение изоляции U_i.

Приложение G
(обязательное)

Последовательность испытаний КУУЗ для систем IT

Примечание — Данная последовательность испытания предназначена для включения случая повторного замыкания на землю при наличии первого замыкания на противоположной стороне КУУЗ при установке в системы IT.

G.1 Общие положения

Данную последовательность испытаний применяют к многополюсным КУУЗ для применения в системах IT в соответствии с IEC 60947-1:2020, 4.3.2.1; данная последовательность включает следующие испытания:

- короткое замыкание отдельных полюсов (I_{IT}) в G.2;
- проверка диэлектрической прочности изоляции в G.3;
- проверка расцепителей перегрузки в G.4.

G.2 Короткое замыкание отдельных полюсов

Испытание коротким замыканием проводят на отдельных полюсах многополюсного КУУЗ при общих условиях согласно 9.3.4.1, при значении тока I_{IT}:

- в 1,2 раза выше наибольшего значения уставки тока отключения расцепителя с кратковременной задержкой или — при отсутствии такого расцепителя — в 1,2 раза выше наибольшего значения уставки тока отключения расцепителя мгновенного действия,

или, в соответствующих случаях,

- в 1,2 раза выше наибольшего значения уставки тока отключения расцепителя с выдержкой времени, но не более значения 50 кА.

Примечание 1 — Ожидаемый ток в испытательной цепи допускается увеличить для того, чтобы испытательный ток превышал фактический кратковременный или мгновенный ток срабатывания, учитывая полное сопротивление КУУЗ и его соединений.

Примечание 2 — Могут потребоваться более высокие значения I_{IT} вместо испытанных и заявленных изготовителем.

Приложенное напряжение должно быть равно межфазному напряжению, соответствующему максимальному номинальному рабочему напряжению КУУЗ, при котором он пригоден для применения в системах IT. Количество образцов для проведения испытаний и уставки регулируемых расцепителей определяют по таблице G.1. Коэффициент мощности должен соответствовать приведенному в IEC 60947-1:2020, таблица 16, относительно испытательного тока. При I_{IT} = 50 кА кратковременный или мгновенный ток срабатывания настраивают на ближайшее значение уставки ниже (50/1,2) кА.

Таблица G.1 — Отдельные полюса

Количество маркированных номиналов U_e			Количество образцов	Ток уставки	Испытательное напряжение
1	2	Множество			
X	X	X	1	Наибольший	Наибольшее U_e

Для четырехполюсных КУУЗ с защищенным нейтральным полюсом испытательное напряжение для этого полюса должно быть равно межфазному напряжению, деленному на $\sqrt{3}$. Это испытание применяют только при наличии конструкционных различий между защищенным нейтральным полюсом и фазовыми полюсами.

Испытательная цепь должна соответствовать требованиям 9.3.4.1.2 и IEC 60947-1:2020, рисунок 9; источник питания *S* является производным от двух фаз трехфазного питания; плавкий предохранитель *F* подключен к оставшейся фазе. Оставшийся(еся) полюс(а) подключают к этой же фазе через плавкий предохранитель *F*.

Цикл срабатываний следующий:

O — *t* — CO (см. 9.3.4.1.6)

и должен проводиться по очереди на каждом отдельном полюсе.

Если КУУЗ снабжено расцепителем с кратковременной задержкой и мгновенным расцепителем, то мгновенный расцепитель может сработать перед расцепителем с кратковременной задержкой, в зависимости от уставки и допусков.

G.3 Проверка диэлектрической прочности изоляции

Испытания проводят согласно G.2; диэлектрическую прочность изоляции проверяют по 9.5.5.5.

G.4 Проверка реле перегрузки

Испытания проводят согласно G.3; срабатывание реле перегрузки проверяют по 9.5.5.7.

G.5 Маркировка

КУУЗ, для которых все значения номинального напряжения испытаны в соответствии с настоящим приложением или охватываются испытаниями, не требуют дополнительной маркировки.

На КУУЗ, для которых все значения номинального напряжения не испытаны в соответствии с настоящим приложением или не охватываются испытаниями, наносят символ  (IEC 60417-6363:2016-07), который размещают на КУУЗ непосредственно после этих значений номинального напряжения, например 600 В в соответствии с 6.2.

Если испытания КУУЗ не проведены в соответствии с требованиями настоящего приложения, может быть использована единая маркировка символом (IEC 60417-6363:2016-07) при условии безошибочного охвата всех номинальных напряжений.

Приложение H
(XXX)

Свободно

Приложение I
(справочное)

Классификатор символов и графическое представление характеристик

Перечень характеристик	Условное обозначение	Ссылка на IEC 60417	Структурный элемент настоящего стандарта
КУУЗ, замкнутое положение	I	IEC 60417-5007:2002-10	6.1.2, k)
КУУЗ, разомкнутое положение		IEC 60417-5008:2002-10	6.1.2, k)
КУУЗ, пригодное для разъединения		IEC 60417-6410:2018-11	3.2
Вывод нейтрального полюса	N		8.1.9
Вывод защитного заземления		IEC 60417-5019:2006-08	8.1.10
Номинальное напряжение цепи управления	U_c		5.5
Номинальный ток	I_e		5.3.2
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение	U_{imp}		6.1.2, j)
Номинальное напряжение изоляции	U_i		
Номинальное рабочее напряжение	U_e		5.4.1
Номинальная наибольшая отключающая способность	I_{cs}		5.3.6
Предельный ток избирательности	I_s		
Ток перехода	I_B		
Условный тепловой ток в оболочке	I_{the}		5.3.2
Условный тепловой ток на открытом воздухе	I_{th}		5.3.2
Ток уставки регулируемого расцепителя перегрузки	I_r		
Испытательный ток короткого замыкания индивидуальных полюсов (системы IT)	I_{IT}		Приложение G
Уставка номинального мгновенного тока короткого замыкания	I_i		
Максимальное соответствующее время расцепления	t_i		
Не пригоден для использования в системах IT		IEC 60417-6363:2016-07	Приложение G

Приложение J
(XXX)

Свободно

Приложение K
(обязательное)

Процедура получения данных по применению электромеханических КУУЗ в назначениях функциональной безопасности

K.1 Общие положения

Применяют IEC 60947-1:2020, приложение K, с нижеприведенными дополнениями.

K.2 Требования испытаний

Механическую износостойкость определяют в соответствии с A.2. Для коммутации без тока применяют механическую износостойкость.

Коммутационную износостойкость определяют в соответствии с A.3 с использованием категории применения AC-3, если иное не указано изготовителем.

Испытательная среда должна соответствовать разделу 7.

Модификации устройства, которые не влияют на данные, перечисленные в IEC 60947-1:2020, K.4, не требуют повторного проведения испытания для устройства.

K.3 Характеристика режима отказа

В таблице K.1 приведены типичные режимы отказа КУУЗ.

Таблица K.1 — Режим отказа КУУЗ

Режимы отказа	Характеристики для нормального размыкания КУУЗ
Отказ размыкания	Ток, остающийся после отключения электромагнита
Отказ замыкания	Отсутствие тока в одном или нескольких полюсах после включения электромагнита
Короткое замыкание между полюсами	Повреждение изоляции между полюсами
Короткое замыкание между полюсом и любой смежной частью	Нарушение изоляции с любой смежной частью

K.4 Коэффициенты отказов КУУЗ

В дополнение к данным, перечисленным в IEC 60947-1:2020, K.5, типичные коэффициенты отказов КУУЗ приведены в таблице K.2.

Отказоустойчивость аппаратных средств для одного КУУЗ, как правило, равна нулю.

Примечание — В IEC 62061 отказоустойчивость аппаратных средств, равная *N*, означает, что *N* +1 отказов могут привести к потере функции.

Таблица K.2 — Типичные коэффициенты отказов для КУУЗ

Вид отказа	Типичные коэффициенты отказов F, связанные с результатами испытания на коммутационную износостойкость[a]	Типичные коэффициенты отказов F, связанные с результатами испытания на механическую износостойкость[a]
Отказ размыкания[b]	73 %	50 %
Отказ замыкания	25 %	50 %
Короткое замыкание между полюсами	1 %	0 %
Короткое замыкание между полюсом и любой смежной частью (например, резервная клемма, пластина заземления, электромагнит)	1 %	0 %
Если КУУЗ используется таким образом, что опасная ситуация может быть вызвана тем видом отказа, для которого коэффициент отказов превышает 40 %, системе необходима функция диагностики и соответствующая(ие) функция(и) реагирования на отказы.		
[a] Типичные значения получены в результате испытаний, проведенных на различных КУУЗ. [b] Диагностический охват подсистемы, включающей КУУЗ с зеркальными контактами в соответствии с приложением F, может составлять 99 %, если предусмотрена соответствующая(ие) функция(и) реагирования на отказы.		

Приложение L
(XXX)

Свободно

Приложение М
(обязательное)

Показатели мониторинга нагрузки

М.1 Общие положения

Внедрение подхода к энергоэффективности (ЭЭ) для систем с приводом от двигателя переменного тока (например, насосы, компрессоры) или деятельность по управлению активами требует наличия показателей мониторинга нагрузки, основанных на количестве поставляемой электроэнергии.

Примером реализации таких показателей мониторинга нагрузки является обнаружение внезапных изменений или дрейфов активной мощности или фазного тока.

М.2 Перечень показателей

В таблице М.1 приведены минимальные требования к предлагаемому комплексу показателей, рекомендуемых для анализа ЭЭ или управления капиталом.

Достоверность и повторяемость, указанные в таблице М.1, применимы ко всей цепочке мониторинга, включая внешние датчики, при наличии.

Выбор показателей в таблице М.1 осуществляется по усмотрению изготовителя.

Таблица М.1 — Перечень показателей мониторинга переменного тока

Наименование показателя	Определение	Единицы[a]	Обозначение	Минимальный диапазон	Достоверность[c]	Повторяемость[d]
Ток фазы x (фазный ток)	Значение тока, протекающего в фазе *x* системы распределения электроэнергии	A	I_x	От $0,4I_e$ до $0,7I_e$	±25 %	2 %
				От $0,7I_e$ до $1,1I_e$	±10 %	2 %
Линейное напряжение	Напряжение между фазами	В	U_{pg}	От $0,9U_e$ до $1,1U_e$	±5 %	2 %
Фазное напряжение	Напряжение между фазами в многофазной системе и нейтральной точкой	В	V_{pN}	От $0,9U_e/\sqrt{3}$ до $1,1U_e/\sqrt{3}$	±5 %	2 %
Общая активная мощность	Сумма активных мощностей во всех фазах системы распределения энергии	Вт	P	PF ≥ 0,9	±20 %	3 %
Общая полная мощность	Сумма полных мощностей во всех фазах системы распределения энергии	В·А	S	—	±25 %	3 %
Дисбаланс тока[b]	Отношение между максимальным отклонением тока любой фазы от среднего тока	%	I_{imb}	От 70 % до 130 %	±10 пунктов[e]	±2 пункта[e]
Коэффициент мощности	При периодических условиях отношение абсолютного значения активной мощности *P* к полной мощности *S*: $\lambda = \frac{\lvert P \rvert}{S}$	—	*PF* [λ в IEC 60050 (все части)]	От 0,5 до 1	±0,3 [f]	±0,04[f]

Примечание 1 — Если изготовителем не указано иное, предполагается, что влияние температуры окружающего воздуха компенсируется. В противном случае исходную температуру окружающего воздуха указывает изготовитель.

Примечание 2 — Характеристики могут быть отнесены к классам PROFIEnergy от X до Y, область точности — 2, которая объединяет достоверность и повторяемость в «точность».

Окончание таблицы М.1

[a] Абсолютное значение или на единицу (отношение к эталонному значению, например FLA для тока).

[b] См. IEC 60947-1:2020, приложение Т.

[c] Достоверность характеризуется систематической погрешностью измеренного значения (см. ISO 3534-2:2006, 3.3.3).

[d] Повторяемость представляет собой случайную часть погрешности измерения. Это вариационный параметр, характеризующий дисперсию измерений, проведенных в одних и тех же условиях. Такое значение должно быть объявлено вместе с временным окном или количеством измерений (см. М.3).

[e] «Пункт» — это абсолютное отклонение от измерения, выраженное в процентах. Например, если измеренное значение дисбаланса составляет 8 %, то соответствующий критерий повторяемости заключается в измерении значений от 6 % до 10 %.

[f] PF не имеет единицы измерения. Следовательно, предел выражается как абсолютное отклонение от измеренного значения.

Интервал регенерации является глобальным требованием и не должен превышать 1 мин. Он может быть определен индивидуально для каждого показателя. Минимальная полоса пропускания измерения должна составлять до 7-й гармоники основной частоты.

Значения, приведенные для достоверности и повторяемости в таблице М.1, приведены для минимального диапазона и не могут быть использованы для характеристики точности защиты двигателя от перегрузки.

М.3 Неопределенность

Неопределенность измерения — это комбинация систематической ошибки и случайной погрешности, обе из которых относятся к условно истинному значению, которое, как правило, получается с помощью измерительного прибора в 10 раз точнее, чем испытуемое устройство.

Систематическая ошибка количественно определяет достоверность измерения, т. е. насколько близки средние результаты измерения к истинному значению. В данных условиях систематическая ошибка возникает в результате факторов, оказывающих фиксированное влияние на результаты измерений, таких как несовершенная калибровка или коррекция цепочки измерений, возникающая в результате температурных воздействий.

Случайная ошибка возникает в результате факторов, оказывающих непредсказуемое влияние на результаты измерений, таких как шум в различных звеньях измерительной цепочки, несовершенства алгоритмов измерения, перекрестные помехи и другие проблемы электромагнитной совместимости. Случайная ошибка количественно определяет точность или повторяемость измерения, т. е. насколько близки результаты повторных измерений друг к другу. Наиболее распространенным используемым статистическим показателем является стандартное отклонение σ. Это может быть оценено по серии из N результатов измерений в таких же условиях, как и

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{при} \quad \bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} x_i .$$

Для применения мониторинга нагрузки и особенно для оценки ЭЭ систематическая погрешность отдельных измерений не имеет значения, так как цель состоит в выявлении тенденций или проверке влияния технологических изменений. Например, можно проверить влияние действий по повышению ЭЭ или изменений в технологическом процессе на среднее энергопотребление, как показано на рисунке М.1.

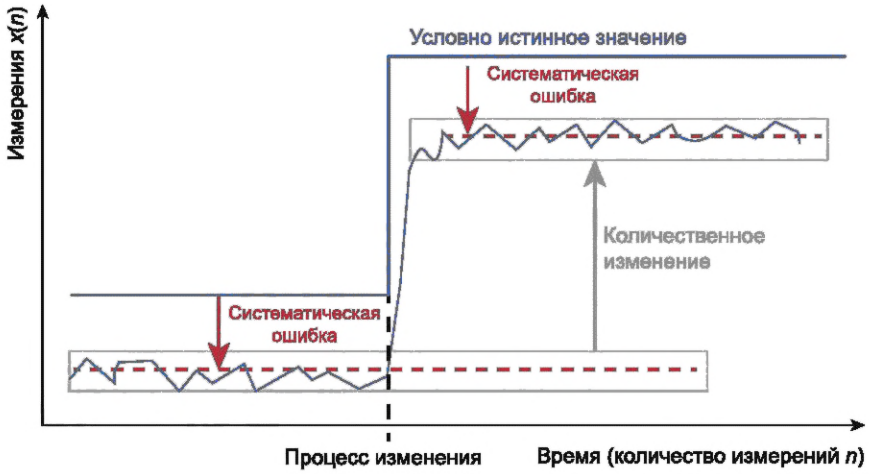


Рисунок М.1 — Пример количественной оценки изменения процесса

Систематическая ошибка не имеет большого значения для обнаружения изменений: как только влияние значительно превышает случайную ошибку, это отражается на результатах измерений, и изменение будет четко определено количественно. В пограничных случаях может потребоваться некоторое усреднение.

Любой интегрированный или последующий процесс интегрирования или усреднения имеет тенденцию уменьшать случайную ошибку, так что существенной остается только систематическая ошибка. Следовательно, изменения и тенденции можно обнаруживать по таким интегрированным/усредненным значениям независимо от неопределенности (достоверности и точности) измерительного устройства.

М.4 Испытания

М.4.1 Контрольные испытания

Контрольные испытания не требуются.

М.4.2 Типовые испытания

М.4.2.1 Общие положения

Различные методы проверки (см. таблицу М.2) показателей эффективности включают проверку:

- путем измерения;
- с помощью моделирования, с использованием моделей, для которых должна быть продемонстрирована достоверность;
- посредством оценки проекта, т. е. подтверждением правильного применения расчетов и правил проектирования, включая использование соответствующих пределов безопасности.

Таблица М.2 — Различные возможности, разрешенные для проверки показателей

Показатель	Определение	Гармоники	Неиспытанная фаза
Ток фазы x (фазный ток)	Измерение	Измерение. Моделирование. Оценка проекта	Измерение. Моделирование. Оценка проекта
Линейное напряжение	Измерение	Измерение. Моделирование. Оценка проекта	Измерение. Моделирование. Оценка проекта
Фазное напряжение	Измерение	Измерение. Моделирование. Оценка проекта	Измерение. Моделирование. Оценка проекта
Общая активная мощность	Измерение	Измерение. Моделирование. Оценка проекта	—
Общая полная мощность	Измерение	Измерение. Моделирование. Оценка проекта	—

Окончание таблицы М.2

Показатель	Определение	Гармоники	Неиспытанная фаза
Дисбаланс тока	Измерение	—	—
Общий коэффициент мощности	Измерение	Измерение. Моделирование. Оценка проекта	—

М.4.2.2 Условия испытания

Если устройство имеет только единственное значение мощности, следует провести испытание только одного образца. Для ряда устройств следует испытывать наименьшие и наибольшие номинальные значения.

Испытание следует проводить в условиях, установленных в таблице М.3.

Таблица М.3 — Ссылка на условия проверки

	Значение
Ток	Минимальное значение (см. таблицу М.1)[a]
Напряжение	Минимальное значение (см. таблицу М.1)[a]
Коэффициент мощности	0,7 IND
Частота	50 или 60 Гц
Температура окружающей среды[b]	23 °С
[a] Если спецификация линейки производителя отличается от данных в таблице М.1, то необходимо провести испытание в соответствии с минимальными номинальными значениями напряжения/тока. [b] Если не предусмотрена компенсация, то температура окружающей среды должна быть указана изготовителем.	

Уровни гармоник для проверки приведены в таблице М.4.

Таблица М.4 — Уровни гармоник

Гармоника	Напряжение, %	Ток, %
5-я	12	12
7-я	10	10
Примечание — Гармоники выражены в процентах от основного значения.		

М.4.2.3 Критерии испытания

Оценку эффективности следует рассматривать как статистический подход. Подробная информация приведена в М.3. Коэффициент охвата для оценки повторяемости измеренных значений показателя равен двум.

Приложение N
(обязательное)

Дополнительные требования и испытания для оборудования с защитным разделением

N.1 Общие положения

Настоящее приложение устанавливает дополнительные требования к IEC 60947-1:2020, приложение N.

N.2 Термины и определения

В настоящем стандарте используют термины и определения, приведенные в IEC 60947-1:2020, приложение N, а также применяют следующий термин и определение:

N.2.1 **ток прикосновения** (touch current): Электрический ток, проходящий через тело человека или через тело животного, в случае его касания одной или нескольких доступных частей электроустановки или электрооборудования.

[IEC 60050-826:2004, 826-11-12]

N.3 Требования

N.3.1 Метод испытания функции защитного сопротивления

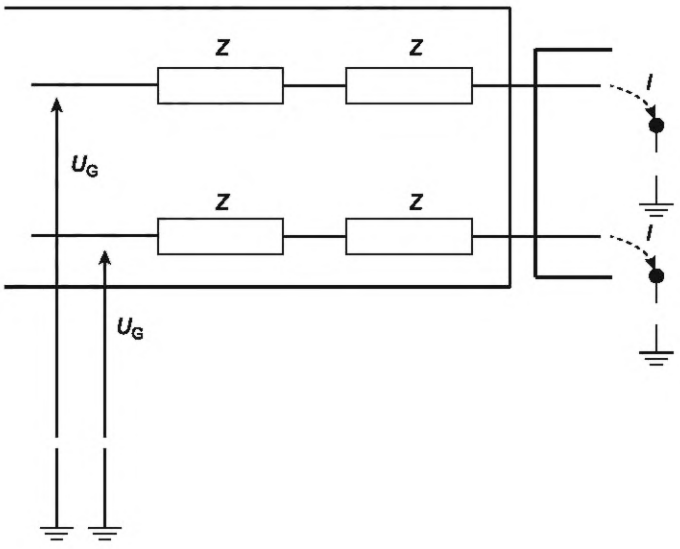
Защитное сопротивление организуют таким образом, чтобы как при нормальных условиях, так и при единичных неисправностях, в соответствии с 4.2 и 4.3 IEC 61140:2016, ток прикосновения и доступная энергия разряда были ограничены.

Защитные сопротивления разрабатывают и испытывают с учетом стойкости к импульсным напряжениям и временным перенапряжениям в цепях, к которым они подключены.

Соответствие требованию по ограничению тока прикосновения проверяют проведением испытания по N.3.2.

Соответствие ограниченному значению энергии разряда 0,5 мДж проверяют с помощью выполнения вычислений и/или измерений для определения напряжения и емкости.

На рисунке N.1 показаны примеры метода, используемого для организации защитного сопротивления.



Z — сопротивление; U_G — опасное напряжение, заземленное или незаземленное; I — ток прикосновения

Примечание 1 — Для обеспечения защиты в условиях единичной неисправности используют следующее уравнение: $I = \frac{U_G}{Z}$.

Примечание 2 — Рисунок воспроизведен в соответствии с рисунком А.2 IEC 62477-1:2012.

Рисунок N.1 — Защита с помощью защитного сопротивления

N.3.2 Измерение тока прикосновения

Испытуемое устройство устанавливают в изолированном состоянии без какого-либо подключения к земле, и оно должно работать при номинальном напряжении. В этих условиях ток прикосновения измеряют между видимыми частями и землей в соответствии с испытательной цепью, приведенной на рисунке N.2.

Нейтраль сети испытательного полигона подключают непосредственно к земле для подключения устройства к системе с заземленной нейтралью.

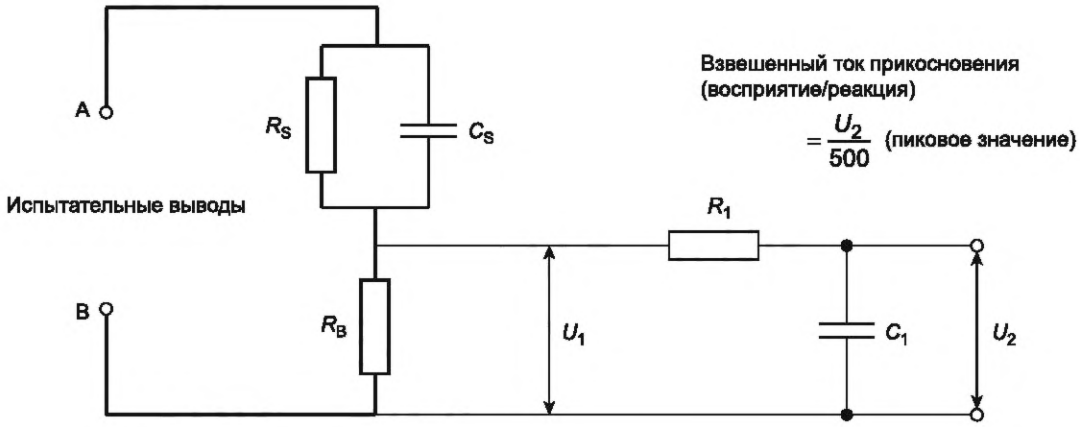
Для подключения устройства к изолированной от земли или заземленной через сопротивление (IT) системе нейтраль подсоединяют через сопротивление 1 кОм к PE-проводнику, который соединяют с каждой входной фазой по очереди. Из полученных значений принимают наибольшее значение.

Допускаются следующие максимальные значения тока прикосновения (значения переменного тока для частот не более 100 Гц):

a) постоянный ток, протекающий между одновременно доступными токопроводящими частями, не превышающий 0,5 мА переменного или постоянного тока при нормальных условиях эксплуатации;

b) значения, не превышающие 3,5 мА переменного тока или 10 мА постоянного тока при единичных неисправностях.

Как показано на рисунке N.2, напряжение U_2 измеряют и ток вычисляют путем деления измеренного напряжения U_2 на 500.



Вольтметр или осциллограф (действительное или пиковое показание).

Входное сопротивление — >1 МОм.

Входная емкость — <200 пФ.

Диапазон частоты — от 15 Гц до 1 МГц (подходит для наиболее высокой рассматриваемой частоты).

R_S — 1500 Ом; R_B — 500 Ом; R_1 — 10 кОм; C_S — 0,22 мкФ; C_1 — 0,022 мкФ.

Примечание — Схема измерения на рисунке приведена в соответствии с приведенной на рисунке 4 IEC 60990:2016.

Рисунок N.2 — Измерительный прибор

Применяемые для измерения электроизмерительные приборы должны иметь достаточную полосу пропускания для обеспечения точных показаний с учетом всех компонентов (частота питания от сети постоянного тока, переменного тока, высокая частота и гармоническое содержание) измеряемого параметра. Если измеряют среднеквадратичное значение, необходимо, чтобы измерительные приборы показывали точные среднеквадратичные значения как для несинусоидальных, так и для 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	—	*, [1]
IEC 60085:2007	—	*, [2]
IEC 60417	—	*
IEC 60617	—	*
IEC 60715:2017	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	—	*, [3]
IEC 60947-2:2016	IDT	ГОСТ IEC 60947-2—2021 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели»
IEC 60947-5-1:2016	—	*, [4]
IEC 61000-6-2	MOD	ГОСТ 30804.6.2—2013 (IEC 61000-6-2:2005) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний»
IEC 61051-2	IDT	ГОСТ IEC 61051-2—2013 «Варисторы для электронного оборудования. Часть 2. Групповые технические условия на варисторы для подавления импульсного перенапряжения»
CISPR 11:2015	—	*
CISPR 32	IDT	ГОСТ CISPR 32—2015 «Электромагнитная совместимость оборудования мультимедиа. Требования к электромагнитной эмиссии»
ISO 3864-2	—	*

* 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 — модифицированный стандарт.

---

[1] В Российской Федерации действует ГОСТ IEC 60034-1—2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики».

[2] В Российской Федерации действует ГОСТ Р МЭК 60085—2011 «Электрическая изоляция. Классификация и обозначение по термическим свойствам».

[3] В Российской Федерации действует ГОСТ IEC 60947-1—2017 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие правила».

[4] В Российской Федерации действует ГОСТ IEC 60947-5-1—2014 «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-1. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические устройства цепей управления».

Библиография

IEC 60034-12:2016	Rotating electrical machines — Part 12: Starting performance of single speed three-phase cage induction motor (Машины электрические вращающиеся. Часть 12. Пусковые характеристики односкоростных трехфазных двигателей с короткозамкнутым ротором)
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 (все части)	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) (Международный электротехнический словарь)
IEC 60050-151:2001	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 151: Electrical and magnetic devices (Международный электротехнический словарь. Часть 151. Электрические и магнитные устройства)
IEC 60050-191:1990	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 191: Dependability and quality of service[1)] (Международный электротехнический словарь. Глава 191. Надежность и качество услуг)
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 60050-421:1990	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 421: Power transformers and reactors (Международный электротехнический словарь. Часть 421. Силовые трансформаторы и реакторы)
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 60050-903:2013	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 903: Risk assessment (Международный электротехнический словарь. Часть 903. Оценка риска)
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 B: 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 60076-1:2011	Power transformers — Part 1: General (Трансформаторы силовые. Часть 1. Общие положения)
IEC 60079 (все части)	Explosive atmospheres (Взрывоопасные среды)
IEC 60269-1:2006	Low-voltage fuses — Part 1: General requirements (Предохранители плавкие низковольтные. Часть 1. Общие требования)
IEC 60269-2:2013	Low-voltage fuses — Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) — Examples of standardized systems of fuses A to K (Предохранители плавкие низковольтные. Часть 2. Дополнительные требования к плавким предохранителям, используемым квалифицированным персоналом (главным образом, промышленного назначения. Примеры стандартизованных систем предохранителей от A до K)
IEC 60381-1:1982	Analogue signals for process control systems — Part 1: Direct current signals (Сигналы аналоговые для систем управления технологическими процессами. Часть 1. Сигналы постоянного тока)

[1)] Заменен на IEC 60050-192:2015.

IEC 60664-1:2020	Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems — Part 1: Principles, requirements and tests (Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 1. Принципы, требования и испытания)
IEC 60947-4-1:2018	Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-1: Contactors and motor starters — Electromechanical contactors and motor-starter (Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-1. Контакторы и пускатели. Электромеханические контакторы и пускатели)
IEC 60990:2016	Methods of measurement of touch current and protective conductor current (Методы измерения тока от прикосновения и тока защитного проводника)
IEC 61000-6-5	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-5: Generic standards — Immunity for equipment used in power station and substation environment [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-5. Общие стандарты. Помехоустойчивость оборудования, используемого в обстановке электростанции и подстанции]
IEC 61032	Protection of persons and equipment by enclosures — Probes for verification (Защита людей и оборудования, обеспечиваемая оболочками. Щупы испытательные)
IEC 61439 (все части)	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies (Устройства комплектные низковольтные распределения и управления)
IEC 61649:2008	Weibull analysis (Анализ Вейбулла)
IEC 62061	Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems (Безопасность оборудования. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью)
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 (disponible en anglais seulement) (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[1)] (Аппаратура распределения и управления и их комплектные устройства низковольтные. Экологические аспекты)
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 51:2014	Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards (Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты)
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)

[1)] В разработке. Стадия на дату публикации: APUB.

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)
ISO 3534-2:2006	Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics (Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Прикладная статистика)
NFPA 70	National Fire Protection Association 70 (National Electrical Code) (disponible en anglais seulement) (Национальный электротехнический кодекс 70)
C22.1	Canadian Electrical Code (CSA) (Кодекс электротехнический Канады)
UL 60947-4-1	Low-Voltage Switchgear and Controlgear — Part 4-1: Contactors and Motor-Starters — Electromechanical Contactors and Motor-Starters (disponible en anglais seulement) (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные. Часть 4-1. Контакторы и пускатели электродвигателей. Электромеханические контакторы и пускатели электродвигателей)
PROFIEnergy	Test Specification and Test Cases, V1.1:2014 (disponible en anglais seulement)

УДК 621.316.3.027.2:006.354 МКС 29.240.30 IDT

Ключевые слова: КУУЗ, технические требования, испытания

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 19.09.2024. Подписано в печать 27.09.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 8,18.

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