ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(EACC)

EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(EASC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60947-4-1– 2015

Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные

Часть 4-1

КОНТАКТОРЫ И ПУСКАТЕЛИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Электромеханические контакторы и пускатели электродвигателей

(IEC 60947-4-1-2012, IDT)

Издание официальное

Зарегистрирован
№ 11693
2 ноября 2015 г.

Минск
Евразийский совет по стандартизации, метрологи и сертификации

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0–2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт метрологии»

2 ВНЕСЕН Комитетом технического регулирования и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации по результатам голосования в АИС МГС (протоколом от 27 октября 2015 г. № 81-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	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC-60947-4-1-2009 «Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные. Часть 4-1. Контакторы и пускатели электродвигателей. Электромеханические контакторы и пускатели электродвигателей».

Международный стандарт IEC 60947-4-1 был подготовлен подкомитетом 17B: Низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления, 17-го Технического комитета IEC: Коммутационная аппаратура и аппаратура управления.

Перевод с английского языка (en).

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте стандарта ссылки на международные стандарты актуализированы.

Степень соответствия – идентичная (IDT).

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) 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 также будет опубликована в сети Интернет на сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории указанных выше государств принадлежит национальным (государственным) органам по стандартизации этих государств.

Содержание

1 Область применения и цель 1
1.1 Область применения 1
1.2 Ограничения 3
1.3 Цель 4
2 Нормативные ссылки 4
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 6
3.1 Общие положения 6
3.2 Алфавитный указатель терминов 6
3.3 Термины и определения, относящиеся контакторов 8
3.4 Термины и определения, относящиеся пускателей 10
3.5 Термины и определения, относящиеся к характеристическим величинам 13
3.6 Обозначения и сокращения 14
4 Классификация 14
5 Характеристики контакторов и пускателей 14
5.1 Перечень характеристик 14
5.2 Тип аппарата 15
5.3 Номинальные и предельные значения параметров главной цепи 15
5.4 Категория применения 21
5.5 Цепи управления 24
5.6 Вспомогательные цепи 24
5.7 Характеристики реле и расцепителей (реле перегрузки) 24
5.8 Координация с устройствами защиты от короткого замыкания 27
5.9 Типы и характеристики автоматических устройств переключения и автоматических регуляторов ускорения 27
5.10 Типы и характеристики автотрансформаторов для двухступенчатых автотрансформаторных пускателей 28
5.11 Типы и характеристики пусковых сопротивлений для реостатных роторных пускателей 28
6 Информация об аппарате 29
6.1 Характер информации 29
6.2 Маркировка 30
6.3 Инструкции по монтажу, эксплуатации и обслуживанию 30
7 Нормальные условия эксплуатации, монтажа и транспортировки 31
8 Требования к конструкции и работоспособности 31
8.1 Требования к конструкции 31
8.2 Требования к работоспособности 32
8.3 Электромагнитная совместимость (ЭМС) 45
9 Испытания 47
9.1 Испытания 47
9.2 Соответствие требованиям к конструкции 49
9.3 Соответствие требованиям к рабочим характеристикам 49

9.4 Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) 66
Приложение A (обязательное) Маркировка и идентификация выводов контакторов и связанных с ними реле перегрузки 77
Приложение B (обязательное) Специальные испытания 81
Приложение C (информационное) Вопросы, по которым должно быть заключено соглашение между изготовителем и пользователем 91
Приложение D (обязательное) Требования к вспомогательному контакту, связанному с силовым контактом (зеркальный контакт) 93
Приложение E (информационное) Номинальные рабочие токи и номинальные рабочие мощности коммутационных аппаратов для электродвигателей 96
Приложение F (обязательное) Электронных реле перегрузки с расширенными функциями 100
Приложение G (информационное) Контакторы категории применения AC-1 для двигательных нагрузок с полупроводниковым управлением 102
Приложение H (обязательное) Процедура определения характеристик электромеханических контакторов, применяемых для обеспечения функциональной безопасности 103
Приложение Д (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам (международным документам) 113
Библиография 115

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 коммутационная и механизмы управления низковольтные. Часть 4-1. Контакторы и пускатели электродвигателей. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ КОНТАКТОРЫ И ПУСКАТЕЛИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Low-voltage switchgear and control-gear. Part 4-1. Contractors and motor-starters. Electromechanical contactors and motor-starters

Дата введения –

1 Область применения и цель

1.1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на типы оборудования, перечисленные в 1.1.1 и 1.1.2, главные контакты которого предназначены для соединения с контурами, номинальное напряжение которых не превышает 1 000 В переменного тока или 1 500 В постоянного тока.

Пускатели и/или контакторы в настоящем стандарте не предназначены для прерывания токов короткого замыкания. Соответствующая защита от короткого замыкания (см. 9.3.4) должна осуществляться частью установки, но не обязательно контактором или пускателем.

Настоящий стандарт содержит требования:

— к контакторам, связанным с устройствами защиты от перегрузки и/или короткого замыкания;

— к пускателям, связанным с отдельными устройствами защиты от короткого замыкания и/или с отдельными устройствами защиты от короткого замыкания и интегрированными устройствами защиты от перегрузки;

— к контакторам или пускателям, скомбинированным, при указанных условиях, с их собственными устройствами защиты от короткого замыкания. Такие комбинации, например, комбинированные пускатели или защищённые пускатели, рассматриваются как один аппарат.

Для автоматических выключателей и комбинаций с плавкими предохранителями, используемых в качестве устройств защиты от короткого замыкания в комбинированных пускателях и в защищенных пускателях, применяются требования IEC 60947-2 и IEC 60947-3.

Настоящий стандарт распространяется на аппараты, указанные ниже.

1.1.1 Контакторы постоянного и переменного тока

Контакторы постоянного и переменного тока, предназначенные для замыкания и размыкания электрических цепей, а в комбинации с подходящими реле (см. 1.1.2), для защиты этих цепей от возможных рабочих перегрузок.

Издание официальное

Примечание — Контакторы, комбинируемые с соответствующими реле, и предназначенные для защиты от коротких замыканий, должны дополнительно отвечать требованиям IEC 60947-2 к автоматическим выключателям.

Настоящий стандарт также распространяется на органы управления контакторных реле и контакты, управляющие исключительно цепью катушки контактора.

Контакторы или пускатели с электромагнитом электронного управления также подпадают под действие настоящего стандарта

1.1.2 Пускатели электродвигателя переменного тока

Реле перегрузки для пускателей, в том числе полупроводниковые с расширенными функциями или без них согласно приложению H, должны отвечать требованиям настоящего стандарта.

1.1.2.1 Пускатели переменного тока для прямого непосредственного пуска (с полным напряжением)

Пускатели, предназначенные для пуска двигателя, разгона его до номинальной скорости, защиты двигателя и подключенных к нему цепей от рабочих перегрузок и отключения питания двигателя.

Настоящий стандарт распространяется также на реверсивные пускатели.

1.1.2.2 Пускатели переменного тока на пониженном напряжении

Пускатели переменного тока на пониженном напряжении, предназначенные для пуска двигателя, его разгона до номинальной скорости путем подачи сетевого напряжения на выводы двигателя через более чем одну ступень присоединения или постепенного повышения напряжения, подаваемого на выводы, для защиты двигателя и подключенных к нему цепей от рабочих перегрузок и отключения питания двигателя.

Для управления последовательными срабатываниями при переходе от одного этапа к другому могут предусматриваться автоматические переключатели. Такие переключатели могут выполняться, например, как контакторные реле с выдержкой времени или логические электрические реле с нормируемой выдержкой времени, минимальные расцепители тока или автоматические регуляторы ускорения (см. 5.10).

1.1.2.2.1 Пускатели со схемой звезда-треугольник

Пускатели со схемой звезда-треугольник, предназначенные для пуска трехфазного двигателя в соединении звездой, обеспечении его непрерывной работы в соединении треугольником, защиты двигателя и подключенных к нему цепей от рабочих перегрузок и отключения питания двигателя.

Пускатели со схемой звезда-треугольник, соответствующие настоящему стандарту, не предназначены для быстрого реверсирования двигателя и поэтому не могут применяться в категории AC-4.

Примечание – В соединении звездой ток в сети и вращающий момент двигателя приблизительно втрое меньше, чем в соединении треугольником. Поэтому пускатели со схемой звезда-треугольник используют, когда необходимо ограничить обусловленный пуском пиковый ток или из-за приводимого механизма вращающий момент при пуске. Типичные кривые пускового тока, пускового вращающего момента двигателя и момента сопротивления приводимого механизма представлены на рисунке 1.

1.1.2.2.2 Двухступенчатые автотрансформаторные пускатели

Двухступенчатые автотрансформаторные пускатели, предназначенные для пуска и ускорения асинхронного двигателя переменного тока из состояния покоя с

уменьшенным крутящим моментом до нормальной скорости и для обеспечения средства защиты двигателя и его связанных контуров от рабочих перегрузок, а также для отключения питания от двигателя.

Этот стандарт применяется к автотрансформаторам, которые являются частью пускателя или которые составляют блок, специально разработанный для соединения с пускателем.

Автотрансформаторные пускатели больше чем с двумя ступенями не охвачены этим стандартом.

Автотрансформаторные пускатели, рассматриваемые в этом стандарте, не предназначены для толчкового режима или быстрого реверса двигателей и, следовательно, категория использования АС-4 не применяется.

Примечание – В пусковой позиции, линейный ток и крутящий момент двигателя, относящийся к пуску двигателя с номинальным напряжением, уменьшаются приблизительно как квадрат отношения (пусковое напряжение):(номинальное напряжение). Поэтому автотрансформаторные пускатели используются тогда, когда бросок тока из-за пуска должен быть ограничен, или когда приводимый механизм требует ограниченного крутящего момента для запуска. На рисунке 2 показаны типичные кривые пускового тока, пускового крутящего момента двигателя и крутящего момента приводимого механизма.

1.1.2.3 Реостатные роторные пускатели

Пускатели, предназначенные для пуска асинхронного двигателя с фазным ротором путем отсечки сопротивлений, предварительно введенных в цепь ротора, для защиты двигателя от рабочих перегрузок и отключения питания двигателя.

У асинхронных двигателей с фазным ротором максимальное напряжение между контактными кольцами при разомкнутой цепи не должно превышать удвоенного номинального напряжения по изоляции коммутационных аппаратов, включенных в роторную цепь (см. 5.3.1.1.2).

Примечание – Данное требование основано на меньшем значении электрических нагрузок в роторе, чем в статоре, и на их кратковременности.

Настоящий стандарт распространяется также на пускатели с двумя направлениями вращения, когда соединения переключаются при остановленном двигателе (см. 5.3.5.5). При осуществлении функций, предусматривающих повторно-кратковременные включения и торможение противотоком, предъявляются дополнительные требования, что должно быть согласовано между изготовителем и потребителем.

Настоящий стандарт действителен для резисторов, составляющих часть пускателя или образующих узел, специально рассчитанный на соединение с пускателем.

1.2 Ограничения

В область распространения настоящего стандарта не входят:

- пускатели постоянного тока;
- пускатели со схемой звезда-треугольник, рассчитанные на длительную работу в пусковой позиции, реостатные роторные и двухступенчатые автотрансформаторные пускатели;
- асимметричные реостатные роторные пускатели, т. е. с различными сопротивлениями в разных фазах;

- устройства, предназначенные не только для пуска, но и для регулирования скорости;
- жидкостные и жидкостно-паровые пускатели;
- полупроводниковые контакторы и пускатели, содержащие полупроводниковые ключи в главной цепи;
- реостатные статорные пускатели;
- контакторы и пускатели специального назначения;
- вспомогательные контакты контакторов и контакты контакторных реле, которые рассматриваются в IEC 60947-5-1.

1.3 Цель

Целью настоящего стандарта является установление:

a) характеристик контакторов и пускателей, а также комплектующего оборудования;

b) требований, которым должны удовлетворять контакторы и пускатели по:

1) их срабатыванию и функционированию;

2) электроизоляционным свойствам;

3) степени защиты, обеспечиваемой оболочкой (если уместно);

4) конструкции;

c) испытаний, выполняемых для подтверждения соответствия этим требованиям;

d) информации, которая должна предоставляться совместно с аппаратами или указываться в публикациях изготовителя.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные нормативные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая его изменения).

ISO 13849-1:2006 Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design (Безопасность машин. Детали систем управления, связанные с обеспечением безопасности. Часть 1. Общие принципы проектирования)

IEC 60034-1:2010 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 60300-3-5:2001 Dependability management — Part 3-5: Application guide — Reliability test conditions and statistical test principles (Управление общей надежностью. Часть 3-5. Руководство по применению. Условия испытания надежности и принципы статистических испытаний)

IEC 60410:1973 Sampling plans and procedures for inspection by attributes (Правила и планы выборочного контроля по качественным признакам)

IEC 60947-1:2007 Low-voltage switchgear and controlgear — Part 1: General rules (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные

комплектные. Часть 1. Общие правила)

IEC 60947-2:2006 Low-voltage switchgear and controlgear — Part 2: Circuit-breakers (Комплектное распределительное устройство. Часть 2. Автоматические выключатели)

IEC 60947-3:2008 Low-voltage switchgear and controlgear — Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 3. Выключатели, разъединители, выключатели-разъединители и блоки предохранителей)

IEC 60947-5-1:2003 Low-voltage switchgear and controlgear — Part 5-1: Control circuit devices and switching elements — Electromechanical control circuit devices (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 5-1. Устройства и коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические устройства цепей управления)

IEC 61000-4-2:2008 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity test (Электромагнитная совместимость. Часть 4-2. Методики испытаний и измерений. Испытание на невосприимчивость к электростатическому разряд)

IEC 61000-4-3:2006 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and measurement techniques — Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test (Электромагнитная совместимость. Часть 4-3. Методики испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к воздействию электромагнитного поля с излучением на радиочастотах)

IEC 61000-4-4:2012 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and measurement techniques — Electrical fast transient/burst immunity test (Электромагнитная совместимость. Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытание на невосприимчивость к быстрым переходным процессам и всплескам)

IEC 61000-4-5:2014 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and measurement techniques — Surge immunity test (Электромагнитная совместимость. Часть 4: Методики испытаний и измерений. Раздел 5: Испытание на невосприимчивость к выбросу напряжения)

IEC 61000-4-6:2013 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-6:Testing and measurement techniques — Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields (Электромагнитная совместимость. Часть 4-6. Методики испытаний и измерений. Защищенность от помех по цепи питания, наведенных радиочастотными полями)

IEC 61051-2:1991 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].

IEC 61439-1:2011 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies — Part 1: General rules (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 1. Общие правила)

IEC 61508 (все части) Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью)

IEC 61511 Functional safety — Safety instrumented systems for the processindustry sector (Безопасность функциональная. Система безопасности, обеспечиваемая приборами для сектора обрабатывающей отрасли промышленности(все части)).

IEC 61513* Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety — General requirements for systems [Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Общие требования]

IEC 61649:2008 Weibull analysis (Анализ по Вейбулу)

IEC 61810-1:2008 Electromechanical elementary relays — Part 1: General requirement (Реле логические электромеханические с ненормируемым временем срабатывания. Часть 1. Общие требования)

IEC 62061:2005 Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems (Безопасность машин и механизмов. Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем контроля, связанных с безопасностью)

IEC/CISPR 11:2009 Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment — Electromagnetic disturbance characteristics — Limits and methods of measurement (Оборудование радиочастотное промышленное, научно-исследовательское, медицинское. Характеристики электромагнитных помех. Предельные значения и методы измерения)

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Общие положения

В настоящем стандарте использованы термины по IEC-60947-1 (раздела 2), а также следующие термины с соответствующими определениями, символы и аббревиатуры (условные сокращения).

3.2 Алфавитный указатель терминов

A		
auto-transformer starter	автотрансформаторный пускатель	3.4.5.2
C		
closed transition (with an auto-transformer starter or star-delta starter)	переход без разрыва цепи (при использовании автотрансформаторного пускателя или пускателя со схемой звезда-треугольник	3.4.23
combination starter	комбинированный пускатель	3.4.8
combination switching device	комбинированный коммутационный аппарат	3.4.27
CO operation	операция «CO»	3.5.2
contactor (mechanical)	контактор (механический)	3.3.1
D		
direct-on-line starter	пускатель прямого действия	3.4.2
E		

* Действует взамен IEC 61513:2011 Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety — General requirements for systems (Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Общие требования).

electromagnetic contactor	электромагнитный контактор	3.3.2
electromagnetic starter	электромагнитный пускатель	3.4.10
electronically controlled electromagnet	кашутка электромагнита с электронным питанием	3.3.8
electro-pneumatic contactor	электропневматический контактор	3.3.4
electro- pneumatic starter	электропневматический пускатель	3.4.13
H		
holding power	удерживающая мощность	3.3.9
I		
Inchin g (jogging)	повторно-кратковременный режим включения (толчковый режим)	3.4.24
inhibit time	время торможения	3.4.30
J		
jam sensitive (electronic overload) relay	электронное реле перегрузки, чувствительное к торможению ротора двигателя (реле упора)	3.4.29
L		
latched contactor	запираемый контактор	3.3.5
M		
manual starter	ручной пускатель	3.4.9
mirror contact	зеркальный контакт	F.2.1
motor management starter	пускатель управления электродвигателя	3.4.31
motor-operated starter	пускатель с двигательным приводом	3.4.11
N		
n-step starter	n-ступенчатый пускатель	3.4.16
O		
Operation	операция «О»	3.5.3
open transition (with an auto-transformer starter or star-delta starter)	переход с разрывом цепи при использовании автотрансформаторного пускателя или пускателя со схемой переключателя звезда-треугольник)	3.4.22
P		
phase loss sensitive thermal overload relay or release	тепловые реле и расцепители перегрузки, чувствительные к обрыву фазы	3.4.17
pick-up power	мощность ускорения	3.3.10
Plugging	торможение противотоком	3.4.25
pneumatic contactor	пневматический контактор	3.3.3
pneumatic starter	пневматический пускатель	3.4.12
position of rest (of a contactor)	положение покоя (контактора)	3.3.7

protected starter	защищённый пускатель	3.4.7
protected switching device	защищённый коммутационный аппарат	3.4.26
R		
reduced voltage starter	пускатель на пониженном напряжении	3.4.5
reversing starter	реверсивный пускатель	3.4.3
rheostatic rotor starter	реостатный роторный пускатель	3.4.6.2
rheostatic starter	реостатный пускатель	3.4.6
rheostatic stator starter	пусковой реостат в цепи статора	3.4.6.1
S		
single-step starter	одноступенчатый однопозиционный пускатель	3.4.14
stall sensitive (electronic overload) relay	электронное реле перегрузки, чувствительное к опрокидыванию ротора двигателя	3.4.28
star-delta starter	Пускатель со схемой звезда-треугольник	3.4.5.1
Starter	пускатель	3.4.1
starting time (of a rheostatic starter)	время пуска (реостатного пускателя)	3.4.20
starting time (of an auto-transformer starter)	время пуска (автотрансформаторного пускателя)	3.4.21
T		
transient recovery voltage (abbreviation: TRV)	восстанавливающееся напряжение (ПВН)	3.5.1
two-direction starter	пускатель на два направления вращения	3.4.4
two-step starter	двухступенчатый двухпозиционный пускатель	3.4.15
U		
under-current relay or release	реле или расцепитель минимального тока	3.4.18
under-voltage relay or release	реле или расцепитель минимального напряжения	3.4.19
V		
vacuum contactor (or starter)	вакуумный контактор (пускатель)	3.3.6

3.3 Термины и определения, касающиеся контакторов

3.3.1 **Контактор (механический)** (mechanical contactor): Механический коммутационный аппарат с единственным положением покоя, оперируемый не вручную, способный включать, проводить и отключать токи в нормальных условиях цепи, в том числе при рабочих перегрузках.

Примечание

1 Контакторы можно обозначать по способу воздействия силой, необходимой для замыкания главных контактов.

2 Термин "оперируемый не вручную" означает, что аппарат управляется и удерживается в рабочем положении посредством одного или нескольких внешних источников.

3 На французском языке контактор, главные контакты которого замкнуты в положении покоя, называют "rupteur". Эквивалентного этому термину в английском языке нет.

3.3.2 **Электромагнитный контактор** (electromagnetic contactor): Контактор, в котором сила, необходимая для замыкания или размыкания главных контактов, создается электромагнитом

Примечание – Электромагнит может иметь электронное управление.

3.3.3 **Пневматический контактор** (pneumatic contactor): Контактор, в котором сила, необходимая для замыкания или размыкания главных контактов, создается устройством, работающим на сжатом воздухе, без применения управляющего электрического устройства.

3.3.4 **Электропневматический контактор** (electro-pneumatic contactor): Контактор, в котором сила, необходимая для замыкания или размыкания главных контактов, создается устройством, работающим на сжатом воздухе, с управлением от электрических клапанов.

3.3.5 Запираемый контактор (latched contactor): Контактор, в котором запирающее приспособление не позволяет подвижным элементам вернуться в положение покоя, когда прекращается воздействие на механизм управления

Примечания

1 Запор защелки и его расцепитель могут быть механическими, электромагнитными, пневматическими и т. д.

2 Благодаря запору контактор фактически приобретает второе положение покоя и, в полном смысле этого определения, к контакторам не относится. Однако согласно области применения и конструкции запираемый контактор более соответствует контакторам вообще, чем любым другим коммутационным аппаратам, поэтому считают, что он удовлетворяет (когда уместно) требованиям к контакторам.

3.3.6 **Вакуумный контактор** (или пускатель) (vacuum contactor (or starter)): Контактор (пускатель), главные контакты которого размыкаются и замыкаются внутри оболочки с сильно разреженной атмосферой.

3.3.7 **Положение покоя** (контактора) (position of rest (of a contactor)): Положение, занимаемое подвижными частями контактора, когда его электромагнит или пневматическое устройство не получают питания.

3.3.8 **Электромагнит с электронным управлением** (electronically controlled electromagnet): Электромагнит, катушка которого получает питание от цепи с активными электронными компонентами

3.3.9 Удерживающая мощность (контактора) (holding power (of a contactor)): Мощность, необходимая для поддержания работы электромагнита.

3.3.10 **Мощность ускорения (контактора)** (pick-up power (of a contactor)): Мощность, требуемая для быстрого перехода контактор от обесточенного состояния в состояние под напряжением.

3.4 Термины и определения, относящиеся к пускателям

3.4.1 **Пускатель** (starter): Комбинация всех коммутационных устройств, необходимых для пуска и остановки двигателя, с защитой от перегрузок

3.4.2 **Пускатель прямого действия** (direct-on-line starter): Пускатель, одноступенчато подающий сетевое напряжение на выводы двигателя

3.4.3 **реверсивный пускатель** (reversing starter): Пускатель, предназначенный для изменения направления вращения двигателя путем переключения его питающих соединений без обязательной остановки двигателя.

3.4.4 **пускатель на два направления вращения** (two-direction starter): Пускатель, предназначенный для изменения направления вращения двигателя путем переключения его питающих соединений только во время остановки двигателя

3.4.5 **пускатель на пониженном напряжении** (reduced voltage starter): Пускатель, предназначенный для подачи сетевого напряжения на выводы двигателя двумя или более ступенями или путем постепенного повышения напряжения на выводах.

3.4.6 **пускатель со схемой звезда-треугольник** (star-delta starter): Пускатель для трехфазного асинхронного двигателя, в пусковом положении которого обмотки статора соединяются звездой, а в рабочем положении - треугольником.

3.4.7 **автотрансформаторный пускатель** (autotransformer starter): Пускатель для асинхронного двигателя, использующий для его запуска одно или несколько пониженных напряжений, отводимых от автотрансформатора

Примечание — В 3.1.2 IEC 60076-1 автотрансформатор определён следующим образом: «Трансформатор, в котором две или большее число обмоток имеют общую часть».

3.4.8 **Реостатный пускатель** (rheostatic starter): Пускатель, оснащенный одним или несколькими сопротивлениями для достижения при пуске заданного вращающего момента двигателя и ограничения тока

Примечание — Реостатный пускатель обычно содержит три основные части, которые могут поставляться либо в виде одного общего узла, либо отдельных узлов, собираемых на месте эксплуатации:

- механического коммутационного аппарата для питания статора (обычно объединенного с аппаратом для защиты от перегрузок);
- сопротивлений, вводимых в цепь статора или ротора;
- механического коммутационного аппарата для последовательного отсекания сопротивления (сопротивлений).

3.4.9 **Реостатный статорный пускатель** (rheostatic stator starter): Реостатный пускатель для двигателя с короткозамкнутым ротором, в период пуска последовательно отсекающий одно или несколько сопротивлений, введенных в цепь статора.

3.4.10 **Реостатный роторный пускатель** (rheostatic rotor starter): Реостатный пускатель для двигателя с фазным ротором, в период пуска последовательно отсекающий одно или несколько сопротивлений, введенных в цепь ротора

3.4.11 **Защищенный пускатель** (protected starter): Комбинация из пускателя, коммутационного аппарата с ручным управлением и аппарата для защиты от коротких замыканий, смонтированных и соединенных по инструкции изготовителя.

Примечания

1 Защищенный пускатель может быть в оболочке или без нее.

2 В настоящем стандарте термин "изготовитель" обозначает лицо, фирму или организацию, наделенную конечной ответственностью за:

- подтверждение соответствия установленному стандарту;
- предоставление информации об изделии согласно разделу 6.

3 Коммутационный аппарат с ручным управлением и аппарат для защиты от коротких замыканий могут представлять собой единый аппарат и оснащаться дополнительно защитой от перегрузок.

3.4.12 **Комбинированный пускатель** (combination starter) (Комбинация защищенного пускателя и функции пригодности для разъединения

Примечание — Комбинированный пускатель называют также "комбинированный контроллер".

3.4.13 **Ручной пускатель** (manual starter): Пускатель, у которого сила, необходимая для замыкания главных контактов, обеспечивается исключительно мышечной энергией руки

3.4.14 **Электромагнитный пускатель** (electromagnetic starter): Пускатель, у которого сила, необходимая для замыкания главных контактов, обеспечивается электромагнитом.

3.4.15 **Пускатель с двигательным приводом** (motor-operated starter): Пускатель, у которого сила, необходимая для замыкания главных контактов, обеспечивается электродвигателем.

3.4.16 **Пневматический пускатель** (pneumatic starter): Пускатель, у которого сила, необходимая для замыкания главных контактов, обеспечивается сжатым воздухом, без применения управляющего электрического устройства

3.4.17 **Электропневматический пускатель** (electro-pneumatic starter): Пускатель, в котором сила, необходимая для замыкания главных контактов, создается устройством, работающим на сжатом воздухе, с управлением от электрических клапанов.

3.4.18 **Одноступенчатый однопозиционный пускатель** (single-step starter): Пускатель без промежуточной позиции разгона между положениями включения и отключения

Примечание – Одноступенчатый однопозиционный пускатель является пускателем прямого действия

3.4.19 **Двухступенчатый двухпозиционный пускатель** (two-step starter): Пускатель с единственной промежуточной позицией разгона между положениями включения и отключения

Пример — Двухступенчатым является пускатель со схемой звезда–треугольник.

3.4.20 **n-ступенчатый пускатель** (см. рисунок 4) [n-step starter]: Пускатель, с (n-1) промежуточными позициями ускорения между положениями ВЫКЛ. и ВКЛ.

Пример — В трехступенчатом реостатном пускателе для пуска используют две секции сопротивлений

3.4.21 **Тепловые реле или расцепители перегрузки, чувствительные к обрыву (выпадению) фазы** (phase loss sensitive thermal overload relay or release): Многополюсные тепловые реле или расцепители перегрузки, срабатывающие при перегрузке и также в случае выпадения фазы в соответствии с предписанными требованиями

3.4.22 **Минимальные реле или расцепители тока** (under-current relay or release): Измерительные реле или расцепители, автоматически срабатывающие, когда протекающий через них ток опускается ниже заданного уровня

3.4.**23 Минимальные реле или расцепители напряжения** (under-voltage relay or release): Измерительные реле или расцепители, автоматически срабатывающие, когда подаваемое на них напряжение опускается ниже заданного уровня.

3.4.24 **Время пуска (реостатного пускателя)** (starting time (of a rheostatic starter)): Период прохождения тока через пусковые сопротивления или часть их**.**

Примечания – Время пуска пускателя короче полного времени пуска двигателя с учетом периода разгона последнего после переключения в положение включения.

3.4.25 **Переход с разрывом цепи** (при использовании автотрансформаторного пускателя или пускателя со схемой звезда-треугольник) (open transition (with an autotransformer starter or star-delta starter)): Коммутационная схема, в которой при переходе от одной ступени к другой питание двигателя прерывается и вновь восстанавливается

Примечание — Переходная стадия не рассматривается как дополнительная ступень.

3.4.26 **Переход без разрыва цепи** (при использовании автотрансформаторного пускателя или пускателя со схемой звезда-треугольник) (closed transition (with an auto-transformer starter or star-delta starter)): Коммутационная схема, в которой при переходе от одной ступени к другой питание двигателя не прерывается (ни на мгновение).

Примечание — Переходная стадия не рассматривается как дополнительная ступень.

3.4.27 **Повторно-кратковременный режим включения** (толчковый режим) (inching (jogging)): Многократная подача энергии в двигатель (или соленоид) на короткое время с целью осуществления небольших смещений приводимого механизма

3.4.28 **Торможение противотоком** (plugging): Остановка или быстрое изменение направления вращения двигателя путем переключения первичных соединений двигателя в процессе его вращения

3.4.29 **Защищенный коммутационный аппарат** (protected switching device): Комбинация (для недвигательных нагрузок), состоящая из контактора или полупроводникового контроллера, устройства для защиты от перегрузок, коммутационного аппарата ручного управления и устройства для защиты от коротких замыканий, смонтированных и соединенных по инструкции изготовителя

Примечания

1 Защищенный пускатель может быть в оболочке или без нее.

2 В настоящем стандарте термин "изготовитель" обозначает лицо, фирму или организацию, наделенную конечной ответственностью за:

- подтверждение соответствия установленному стандарту;
- предоставление информации об изделии согласно разделу 6.

3 Коммутационный аппарат с ручным управлением и аппарат для защиты от коротких замыканий могут представлять собой единый аппарат и оснащаться дополнительно защитой от перегрузок.

3.4.30 **Комбинированный коммутационный аппарат** (combination switching device): Комбинация защищенного коммутационного аппарата и функции пригодности для разъединения.

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

Примечания

1 Опрокидывание означает блокировку ротора при пуске.

2 При соответствующей регулировке тока и уставках по времени пуска такие реле могут применяться для обнаружения пусков за пределами установленного времени.

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

Примечание — Торможение - это высокая перегрузка, возникшая по завершении пуска, которая вызывает достижение током значения блокировки ротора управляемого двигателя.

3.4.33 **Время торможения** (inhibit time): Период задержки времени, в течение которого функция размыкания реле задерживается (может регулироваться).

3.4.34 **Пускатель управления электродвигателя** (motor management starter): Пускатель, включая расширенные функции с возможностью обмена информацией.

Примечание — профили межоперационных устройств для пускателя управления электродвигателя определены стандартом IEC 61915-2.

3.5 Термины и определения, касающиеся характеристических величин

3.5.1 **Восстанавливающееся напряжение**; ПВН (transient recovery voltage): Напряжение в период, которого оно имеет переходный характер

Примечание — У вакуумного контактора или пускателя наибольшее восстанавливающееся напряжение возможно не на первом отключаемом полюсе.

3.5.2 **Операция «CO»** (CO operation): Размыкание цепи устройством для защиты от короткого замыкания (УЗКЗ) в результате замыкания цепи, выполненного испытуемым аппаратом.

3.5.3 **Операция «O»** (O operation): Размыкание цепи устройством для защиты от короткого замыкания (УЗКЗ) в результате замыкания цепи на испытуемый аппарат, который находится в замкнутом положении

Примечание — Перед замыканием контура, УЗКЗ обычно находится в замкнутом положении; в некоторых случаях УЗКЗ должен замкнуть контур (см. 9.3.4.2.2, пункт b).

3.6 Обозначения и сокращения

AQL – Признанный уровень качества
ЭМС – Электромагнитная совместимость
УЗКЗ – Устройство для защиты от короткого замыкания
I_c – Ток, размыкаемый и замыкаемый (таблица 7)
I_e – Номинальный рабочий ток (5.3.2.5)
I_{er}Номинальный рабочий ток ротора (5.3.2.7)
I_{es} – Номинальный рабочий ток статора (5.3.2.6)
I_{th} –Условный тепловой ток в открытом исполнении (5.3.2.1)
I_{the} – Условный тепловой ток в оболочке (5.3.2.2)
I_{thr} – Условный тепловой ток ротора (5.3.2.4)
I_{ths} – Условный тепловой ток статора (5.3.2.3)
I_u – номинальный непрерывный ток (5.3.2.8)
P_c – номинальная удерживающая мощность контактора, управляемого постоянным током
P_p – мощность срабатывания контактора, управляемого постоянным током с отдельными обмоткой срабатывания и удерживающей обмотками
S_h – удерживающая мощность контактора, управляемого переменным током
S_p – мощность ускорения контактора, управляемого переменным током
T_p – время отключения (таблица 2)
U_c – номинальное напряжение цепи управления (5.5)
U_d – падение напряжения полюса контактора
U_e – номинальное рабочее напряжение (5.3.1.1)
U_{er} – номинальное рабочее напряжение ротора (5.3.1.1.2)
U_{es} – номинальное рабочее напряжение статора (5.3.1.1.1)
U_i – номинальное напряжение по изоляции (5.3.1.2)
U_{imp} – номинальное импульсное выдерживаемое напряжение (5.3.1.3)
U_{ir} – номинальное напряжение по изоляции ротора (5.3.1.2.2)
U_{is} – номинальное напряжение по изоляции статора (5.3.1.2.1)
U_r – промышленная частота или восстанавливающее напряжение постоянного тока (таблица 7)
U_s – номинальное напряжение питания цепей управления (5.5)
Z – полное сопротивление полюса контактора (5.3.7)
«г» – минимальный ток испытания на короткое замыкание
I_q – максимальный условный ток испытания на короткое замыкание

4 Классификация

Все параметры, которые могут служить критериями классификации, перечислены в 5.2.

5 Характеристики контакторов и пускателей

5.1 Перечень характеристик

Контакторы или пускатели должны определяться следующими характеристиками:

- типом аппарата (5.2);
- номинальными и предельными значениями параметров главной цепи (5.3);
- категориями применения (5.4);
- цепями управления (5.5);
- вспомогательными цепями (5.6);
- типами и параметрами реле и расцепителей (5.7);
- координацией с аппаратами для защиты от коротких замыканий (5.8);
- типами и параметрами автоматических переключателей и регуляторов ускорения (5.10);
- типами и параметрами автотрансформаторов для двухступенчатых автотрансформаторных пускателей (5.11);
- типами и параметрами пусковых сопротивлений для реостатных роторных пускателей (5.12).

5.2 Тип оборудования

Необходимо указывать следующее (см. также раздел 6).

5.2.1 Вид аппарата:
- контактор;
- пускатель прямого действия переменного тока;
- пускатель со схемой звезда-треугольник;
- двухступенчатый автотрансформаторный пускатель;
- реостатный роторный пускатель;
- комбинированный или защищенный пускатель.

5.2.2 Число полюсов.

5.2.3 Род тока (переменный или постоянный).

5.2.4 Коммутационную среду (воздух, масло, газ, вакуум и т. д.).

5.2.5 Условия срабатывания аппарата:

5.2.5.1 Способ оперирования.

Например: ручной, электромагнитный, двигательный, пневматический, электропневматический.

5.2.5.2 Способ управления.

Например:
- автоматический (посредством автоматического аппарата управления или программируемого контроллера);
- неавтоматический (при помощи ручного привода или нажимных кнопок);
- полуавтоматический (т. е. частично автоматический, частично неавтоматический).

5.2.5.3 Способ переключения для пускателей определенных типов

Переключение пускателей со схемой звезда-треугольник, реостатных роторных пускателей или автотрансформаторных пускателей может быть автоматическим, неавтоматическим или полуавтоматическим (см. рисунки 4 и 5).

5.2.5.4 Способ коммутирования для пускателей определенных типов

Например, пускатели с разрывом цепи, без разрыва цепи (см. рисунок 5).

5.3 Номинальные и предельные значения параметров главной цепи

Номинальные значения параметров контактора или пускателя следует указывать согласно 5.3.1–5.4 и 5.8, 5.9, но необязательно все перечисленные параметры.

Примечание — Номинальные значения реостатного роторного пускателя указывают по 5.3.1.2, 5.3.2.3, 5.3.2.4, 5.3.2.6, 5.3.2.7 и 5.3.5.5. Указывать все перечисленные параметры необязательно.

5.3.1 Номинальные напряжения

Контактор или пускатель характеризуют следующие номинальные напряжения

5.3.1.1 Номинальное рабочее напряжение (U_e) согласно 4.3.1.1 IEC 60947-1.

5.3.1.1.1 Номинальное рабочее напряжение статора (U_{es})

Для реостатных роторных пускателей номинальным рабочим напряжением статора является такое значение, которое в сочетании с номинальным рабочим током статора определяет область применения цепи статора вместе с включенными в нее механическими коммутационными аппаратами и с которым соотносятся включающая и отключающая способности, режим эксплуатации и пусковые характеристики. Максимальное номинальное рабочее напряжение статора ни в коем случае не должно превышать соответствующего номинального напряжения по изоляции

Примечание — Номинальное рабочее напряжение статора выражается как напряжение между фазами.

5.3.1.1.2 Номинальное рабочее напряжение ротора (U_{er})

Для реостатных роторных пускателей номинальным рабочим напряжением ротора является такое значение, которое в сочетании с номинальным рабочим током ротора определяет область применения цепи ротора вместе с включенными в нее механическими коммутационными аппаратами и с которым соотносятся включающая и отключающая способности, режим эксплуатации и пусковые характеристики. Оно приравнивается к напряжению, измеряемому между контактными кольцами в условиях остановки двигателя и разрыва цепи ротора, при подаче на статор его номинального напряжения.

Номинальное рабочее напряжение ротора подается лишь на короткий срок в период пуска. Поэтому допускается 100 %-ное превышение номинальным рабочим напряжением ротора номинального напряжения изоляции ротора.

Максимальное напряжение между различными находящимися под напряжением частями (например, коммутационными аппаратами, сопротивлениями, соединениями и т. п.) цепи ротора пускателя может иметь разные значения, что следует учитывать при выборе аппарата и его местонахождения

Примечание — Электрическое напряжение ниже и короче в роторе, чем в статоре.

5.3.1.2 Номинальное напряжение по изоляции (U_i) согласно 4.3.1.2 IEC 60947-1.

Для реостатных роторных пускателей номинальным напряжением по изоляции ротора является такое значение напряжения, которое устанавливается для аппаратов, включенных в цепь ротора и объединяющей их системы (соединений, сопротивлений, оболочки), и с которым соотносятся испытания электроизоляции и расстояния утечки.

5.3.1.2.1 Номинальное напряжение по изоляции статора (U_{is})

Для реостатных роторных пускателей номинальным напряжением изоляции статора является такое значение напряжения, которое устанавливается для аппаратов, включенных в питающую цепь статора и объединяющей их системы, и с которым соотносятся испытания электроизоляции и расстояния утечки.

В отсутствие других указаний номинальное напряжение изоляции статора совпадает с максимальным номинальным рабочим напряжением статора пускателя

5.3.1.2.2 Номинальное напряжение по изоляции ротора (U_{ir})

Для реостатных роторных пускателей, номинальное напряжение по изоляции ротора – это значение напряжения, предназначенное для устройств, вставленных в контур ротора, а также блока, частью которого они являются (перемычки, резисторы, оболочка), и к которому отнесены диэлектрические испытания и пути утечки.

5.3.1.3 Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение (U_{imp})

Применяется 4.3.1.3 IEC 60947-1.

5.3.1.4 Номинальное пусковое напряжение автотрансформаторного пускателя

Номинальное пусковое напряжение автотрансформаторного пускателя – это пониженное напряжение, полученное из трансформатора. Предпочтительные значения номинального пускового напряжения составляют 50 %, 65 % или 80 % номинального рабочего напряжения.

5.3.2 Токи или мощности

Контактор или пускатель определяется следующими токами.

Примечание — У пускателя со схемой звезда-треугольник эти токи характеризуют соединение треугольником, а у двухступенчатого автотрансформаторного или реостатного роторного пускателя - положение включения

5.3.2.1 Условный тепловой ток в открытом исполнении (I_{th}) по 4.3.2.1 IEC 60947-1.

5.3.2.2 Условный тепловой ток в оболочке (I_{the}) по 4.3.2.2 IEC 60947-1.

5.3.2.3 Условный тепловой ток статора (I_{ths})

Различают условный тепловой ток статора пускателя в открытом исполнении (I_{ths}), или в оболочке (I_{thes}), в соответствии с 5.3.2.1 и 5.3.2.2.

У реостатного роторного пускателя условный тепловой ток статора – это максимальный ток, который могут проводить в 8-часовом режиме (см. 5.3.4.1) части пускателя, так чтобы превышение температуры этих частей не выходило за пределы, указанные в 8.2.2, при испытаниях по 9.3.3.3.

5.3.2.4 Условный тепловой ток ротора (I_{thr})

Различают условный тепловой ток ротора пускателя в открытом исполнении (I_{thr}), или в оболочке (I_{ther}), в соответствии с 5.3.2.1 и 5.3.2.2.

У реостатного роторного пускателя условный тепловой ток ротора – это максимальный ток, который могут проводить в 8-часовом режиме (см. 5.3.4.1) части пускателя, проводящие ток ротора во включенном состоянии, т.е. после отсоединения сопротивлений, так чтобы превышение температуры этих частей не выходило за пределы, указанные в 8.2.2, при испытаниях по 9.3.3.3.

Примечания

1 Следует проверять, чтобы в элементах (коммутационных аппаратах, соединительных проводниках, сопротивлениях), через которые во включенном состоянии пускателя протекает практически нулевой ток, в номинальных режимах эксплуатации (см. 5.3.4), указанных изготовителем, значение интеграла не приводило к превышению температуры, большему, чем по 8.2.2.

2 Если сопротивления встроены в пускатель, необходимо учитывать превышение температуры.

5.3.2.5 Номинальные рабочие токи (I_e) или номинальные рабочие мощности

Номинальный рабочий ток контактора или пускателя указывает изготовитель с учетом номинального рабочего напряжения (см. 5.3.1.1), условного теплового тока контактора (пускателя) открытого исполнения или в оболочке, номинального тока реле перегрузки, номинальной частоты (см. 5.3.3), номинального режима

эксплуатации (см. 5.3.4), категории применения (см. 5.4) и типа защитной оболочки (при ее наличии).

Для аппаратов прямого коммутирования индивидуальных двигателей информацию о номинальном рабочем токе можно заменить или дополнить данными о максимальной номинальной выходной мощности (при известном номинальном рабочем напряжении) двигателя, для которого предназначены эти аппараты. Изготовитель должен быть в состоянии указать принятое соотношение между током и мощностью.

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

Для пускателей, номинальный рабочий ток (I_e) – это ток в положении ВКЛ.

5.3.2.6 Номинальный рабочий ток статора (I_{es}) или номинальная рабочая мощность статора

Для реостатных роторных пускателей номинальный рабочий ток статора указывает изготовитель с учетом номинального тока реле перегрузки, установленного в этом пускателе, номинального рабочего напряжения статора (см. 5.3.1.1.1), условного теплового тока пускателей открытого исполнения или в оболочке номинальной частоты (см. 5.3.3), номинального режима эксплуатации (см. 5.3.4), пусковых характеристик (см. 5.3.5.5) и типа защитной оболочки.

Информацию о номинальном рабочем токе можно заменить данными о максимальной номинальной выходной мощности (при известном номинальном рабочем напряжении статора) двигателя, для которого предназначены эти статорные элементы пускателя. Изготовитель должен быть в состоянии указать принятое соотношение между мощностью двигателя и током статора.

5.3.2.7 Номинальный рабочий ток ротора (I_{er}).

Для реостатных роторных пускателей номинальный рабочий ток ротора указывает изготовитель с учетом номинального рабочего напряжения ротора (см. 5.3.1.1.2), условного теплового тока ротора открытого исполнения или в оболочке, номинальной частоты (см. 5.3.3), номинального режима эксплуатации (см. 5.3.4), пусковых характеристик (см. 5.3.5.5) и типа защитной оболочки приравнивается к току, протекающему по соединениям к ротору, когда тот замыкается накоротко, а двигатель работает с полной нагрузкой, а в статор подается ток при номинальном напряжении и номинальной частоты.

Если роторная часть реостатного роторного пускателя отличается по номинальной характеристике, информацию о номинальном рабочем токе ротора можно дополнить указанием максимальной номинальной выходной мощности (при данном номинальном рабочем напряжении ротора) двигателя, для которого предназначается эта часть пускателя (коммутационные аппараты, соединительные проводники, реле, сопротивления). Эта мощность изменяется, в частности, в зависимости от предусматриваемого вращающего момента при пуске и, следовательно, от пусковых характеристик (см. 5.3.5.5).

5.3.2.8 Номинальный непрерывный ток (I_u) по 4.3.2.4 IEC 60947-1.

5.3.3 Номинальная частота по 4.3.3 IEC 60947-1.

5.3.4 Номинальные режимы эксплуатации по 4.3.4 IEC 60947-1.

5.3.4.1 Восьмичасовой режим эксплуатации (непрерывной режим эксплуатации) по 4.3.4.1 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Для пускателя со схемой звезда–треугольник, двухступенчатого автотрансформаторного или реостатного роторного пускателя – это режим, в котором пускатель находится во включенном положении, а главные контакты

составляющих его коммутационных аппаратов, замкнутые в этом положении, остаются замкнутыми, проводя установившийся ток достаточно долго для того, чтобы пускатель достиг теплового равновесия, но не более 8 ч без перерыва.

5.3.4.2 Продолжительный режим по 4.3.4.2 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Для пускателя со схемой звезда–треугольник, двухступенчатого автотрансформаторного или реостатного роторного пускателя – это режим, в котором пускатель находится во включенном положении, а главные контакты составляющих его коммутационных аппаратов, замкнутые в этом положении, остаются замкнутыми, проводя установившийся ток без перерыва в течение более 8 ч (недель, месяцев и даже лет).

5.3.4.3 Повторно-кратковременный периодический режим эксплуатации или повторно-кратковременный режим эксплуатации по 4.3.4.3 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Для пускателя на пониженном напряжении – это режим, в котором пускатель находится во включенном положении, а главные контакты составляющих его коммутационных аппаратов остаются замкнутыми в течение периодов, связанных определенным соотношением с периодами обесточивания, причем те и другие периоды слишком коротки, чтобы пускатель успел достичь теплового равновесия.

Предпочтительные классы повторно-кратковременного режима (в циклах оперирования в час):

- для контакторов – 1, 3, 12, 30, 120, 300 и 1200;
- для пускателей – 1, 3, 12.

Цикл оперирования - это полный рабочий цикл, состоящий из одного замыкания и одного размыкания.

Для пускателей цикл оперирования включает в себя пуск, работу на полной скорости и отключение питания двигателя.

Примечание – У пускателей в повторно-кратковременном режиме различие тепловых постоянных времени реле перегрузки и двигателя может обусловить непригодность теплового реле для защиты от перегрузок. Рекомендуется проблему защиты от перегрузок установок, предназначенных для эксплуатации в повторно-кратковременном режиме, согласовывать между изготовителем и потребителем.

5.3.4.4 Кратковременный режим по 4.3.4.4 IEC 60947-1.

5.3.4.5 Периодический режим по 4.3.4.5 4 IEC 60947-1.

5.3.5 Характеристики при нормальной нагрузке и перегрузке по 4.3.5 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

5.3.5.1 Способность выдерживать токи перегрузки при коммутировании двигателей

Требования, которым должны удовлетворять контакторы, приведены в 8.2.4.4.

5.3.5.2 Номинальная включающая способность

Требования для различных категорий применения (см. 5.4) содержатся в 8.2.4.1. Значения номинальных включающей и отключающей способностей действительны только при оперировании контактором или пускателем в соответствии с требованиями 8.2.1.1 и 8.2.1.2.

5.3.5.3 Номинальная отключающая способность

Требования для различных категорий применения (см. 5.4) содержатся в 8.2.4.1. Значения номинальных включающей и отключающей способностей действительны только при оперировании контактором или пускателем в соответствии с требованиями 8.2.1.1 и 8.2.1.2.

5.3.5.4 Условная работоспособность

Условная работоспособность определяется в 8.2.4.2 как серия включений и отключений.

5.3.5.5 Пусковые и остановочные характеристики пускателей (см. 6) Типовыми условиями эксплуатации пускателей являются:

a) одно направление вращения с отключением двигателя, работавшего в нормальных условиях эксплуатации (категории применения АС-2 и АС-3);

b) два направления вращения, но с реализацией второго направления вращения после отключения пускателя и полной остановки двигателя (категории применения АС-2 и АС-3);

c) одно направление вращения или два по перечислению b), но с возможностью нечастых повторно-кратковременных включений (в толчковом режиме) - обычно для пускателей прямого действия (категория применения АС-3);

d) одно направление вращения с частыми повторно-кратковременными включениями – обычно для пускателей прямого действия (категория применения АС-4);

e) одно или два направления вращения, но с возможностью нечастых торможений противотоком для остановки двигателя, сочетающихся, если это предусматривается, торможением с применением сопротивления в цепи ротора (в реверсивных пускателях с торможением) – обычно для реостатных роторных пускателей (категория применения АС-2);

f) два направления вращения, но с возможностью переключения питающих соединений двигателя, вращающегося в одном направлении (торможение противотоком), для реализации его вращения во втором направлении, с отключением двигателя, работающего в нормальных условиях эксплуатации, - обычно для реверсивного пускателя прямого действия (категория применения АС-4).

При отсутствии других указаний пускатели проектируются на основе пусковых характеристик двигателей, совместимых с включающей способностью по таблице 7. Значения включающей способности распространяются как на переходные, так и на установившиеся пусковые токи подавляющего большинства стандартных двигателей. Однако пусковые токи некоторых крупных двигателей могут достигать пиковых значений, соответствующих коэффициентам мощности, значительно более низким, чем указаны для испытательной цепи в таблице 7. В этих случаях рабочий ток контактора или пускателя должен быть уменьшен до значения ниже номинального так, чтобы не была превышена включающая способность контактора или пускателя.

5.3.5.5.1 Пусковые характеристики реостатных роторных пускателей

Следует различать токи и напряжения в цепях статора и ротора двигателей с контактными кольцами. Однако в нормальных рабочих условиях изменения значений тока в цепях статора и ротора на различных этапах пуска почти пропорциональны.

Цепь ротора определяют следующими основными характеристиками:

- номинальным рабочим напряжением ротора, В;
- номинальным рабочим током ротора, А;
- полным сопротивлением ротора асинхронного двигателя с контактными кольцами, где;
- током в цепи ротора непосредственно перед замыканием накоротко секции сопротивлений, А;
- током в цепи ротора непосредственно после замыкания накоротко секции сопротивлений, А;
- номинальным рабочим вращающим моментом двигателя;

- временем пуска;
- жесткостью пуска.

Известно, что во многих областях применения реостатных роторных пускателей к ним предъявляют очень специфические пусковые требования, в результате чего разнятся не только число ступеней пуска и значения I_1 и I_2, но также значения I_1 и I_2 для отдельных секций сопротивлений. Поэтому не делалось попыток установить стандартные параметры, но рекомендуется учитывать следующие факторы:

- в большинстве случаев достаточно от двух до шести ступеней пуска, в зависимости от вращающего момента, инерции нагрузки и требующейся жесткости пуска;
- секции сопротивлений должны проектироваться предпочтительно с номинальными тепловыми характеристиками с учетом времени пуска, зависящего от вращающего момента и инерции нагрузки.

5.3.5.5.2 Стандартные условия включения и отключения в зависимости от пусковых характеристик реостатных роторных пускателей

Эти условия приведены в таблице 7 и действительны для пуска с высоким вращающим моментом (обозначения механических контактных аппаратов см. на.

Примечание – Условия пуска с полным и 50 % моментами находятся в стадии изучения.

Условия включения и отключения в категории применения АС-2 согласно таблице 7 считают стандартными. Цепь пускателя должна быть рассчитана так, чтобы все реостатные роторные коммутационные аппараты размыкались раньше, чем статорный коммутационный аппарат, приблизительно одновременно с ним. В противном случае статорный коммутационный аппарат должен удовлетворять требованиям категории применения АС-3.

5.3.5.5.3 Пусковые характеристики двухступенчатых автотрансформаторных пускателей

В отсутствие других указаний проектирование автотрансформаторных пускателей и особенно автотрансформаторов основывается на предпосылке, что время пуска для всех классов режима (см. 5.3.4) не должно превышать 15 с. Число пусковых циклов в час оценивается с условием, что интервалы между пусками равны, за исключением случаев быстро следующих один за другим двух циклов оперирования, когда должна обеспечиваться возможность охлаждения пускателя и автотрансформатора до температуры окружающего воздуха перед началом следующего цикла.

Если требуется время пуска более 15 с, его следует согласовывать между изготовителем и потребителем.

5.3.6 Номинальный условный ток короткого замыкания по 4.3.6.4 IEC 60947-1.

5.4 Категории применения

5.4.1 Общие положения

Применяется 4.4 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

Для контакторов и пускателей считают стандартными категории применения по таблице 1. Любое другое применение должно основываться на соглашении между изготовителем и потребителем, но в качестве такого соглашения может использоваться информация, содержащаяся в каталоге или проспекте изготовителя.

5.4.2 Присвоение категорий применения на основании результатов испытаний

a) Контактору или пускателю, испытанному на одну категорию применения или при любой комбинации параметров (например, максимального рабочего напряжения, тока и т. п.), можно присвоить другие категории применения без испытаний, если испытательные токи, напряжения, коэффициенты мощности или постоянные времени, число циклов оперирования, время протекания тока и обесточивания по таблицам 7 и 10 и испытательные цепи для устанавливаемых категорий применения обусловливают не более жесткие испытания, чем те, которым подвергался данный контактор или пускатель, а превышение температуры проверялось при токе не ниже максимального номинального рабочего тока в продолжительном режиме. Например, после испытаний на категорию применения AC-4 контактору можно присвоить категорию применения AC-3, при условии что, I_e для AC-3 не более 1,2 I_e для AC-4 при одинаковом номинальном рабочем напряжении.

b) Контакторы категорий DC-3 и DC-5, считают способными замыкать и размыкать цепи нагрузки, отличающиеся от испытательных, при условии, что:

- напряжение и ток не превышают указанных значений и U_e и I_e;
- энергия J, накопленная в фактической нагрузке, не превышает энергию J_c, накопленную при нагрузке, использовавшейся в испытаниях.

Энергия, накопленная в испытательной цепи:

Категория использования	Накопленная энергия J_c
DC-3	$0{,}005\,25 \cdot U_e \cdot I_e$
DC-5	$0{,}031\,5 \cdot U_e \cdot I_e$

Значения констант 0,005 25 и 0,031 5, вычислены по формуле, где постоянная по времени была заменена следующим выражением:

$$Jc = 1/2\ L/^2$$

где постоянная по времени была заменена следующим выражением:

$2{,}5 \cdot 10^{-3}$ с (DC-3) и:

$15 \cdot 10^{-3}$ с (DC-5)

и где U = 1,05

U_e / = 4 I_e,

L – это индуктивность испытательной цепи (см. таблицу 7).

Таблица 1 – Категории применения

Род тока	Категория применения	Обозначение дополнительных категорий	Типичные области применения
Переменный	AC-1	Общее назначение	Неиндуктивные или слабоиндуктивные нагрузки, печи сопротивления
	AC-2	–	Двигатели с контактными кольцами: пуск, отключение
Переменный	AC-3		Двигатели с короткозамкнутым ротором: пуск, отключение без предварительной остановки

Продолжение таблицы 1

	AC-4		Двигатели с короткозамкнутым ротором: пуск, торможение противотоком, повторно-кратковременные включения
	AC-5a	Балластные сопротив-ления	Коммутирование разрядных электроламп
	AC-5b	Накаливание	Коммутирование ламп накаливания
Род тока	Катего-рия примене ния	Обозначение дополнитель-ных категорий	Типичные области применения
	AC-6a	–	Коммутирование трансформаторов
	AC-6b	–	Коммутирование батарей конденсаторов
	AC-7a	–	Слабоиндуктивные нагрузки бытового и аналогичного назначений
	AC-7b	–	Двигательные нагрузки бытового назначения
	AC-8a	–	Управления герметичными двигателями компрессоров холодильников с ручным взводом расцепителей перегрузки
	AC-8b	–	Управления герметичными двигателями компрессоров холодильников с автоматическим взводом расцепителей перегрузки
Постоянный	DC-1	–	Неиндуктивные или слабоиндуктивные нагрузки, печи сопротивления
	DC-3	–	Шунтовые двигатели: пуск, торможение противотоком, повторно-кратковременные включения. Динамическое отключение двигателей постоянного тока
	DC-5	–	Сериесные двигатели: пуск, торможение противотоком, повторно-кратковременные включения. Динамическое отключение двигателей постоянного тока
	DC-6	Накаливание	Коммутирование ламп накаливания

a Категория AC-3 может предусматривать случайные повторно-кратковременные включения или торможение противотоком ограниченной длительности, например, при наладке механизма; в эти ограниченные периоды число срабатываний не должно превышать 5 за 1 мин или св. 10 за 10 мин.
b Герметичный двигатель компрессора холодильника представляет собой комбинацию компрессора и двигателя, заключенную в одну оболочку, без наружного вала или его уплотнения, причем двигатель работает в холодильнике.c Для AC-7a и AC-7b см. IEC 61095.

Каждая категория применения характеризуется значениями токов, напряжений, коэффициентов мощности или постоянных времени и других параметров из таблиц 7 и 10 и условиями испытаний по настоящему стандарту. Поэтому для контакторов и пускателей, определяемых их категорией применения, необязательно отдельно указывать номинальную включающую и отключающую способности, так как их значения прямо зависят от категории применения по Таблице 7.

Напряжение во всех категориях применения - это номинальное рабочее напряжение контактора или пускателя, за исключением реостатного роторного пускателя, и номинальное рабочее напряжение статора для реостатного роторного пускателя.

Все пускатели прямого действия относятся к одной или нескольким категориям применения: AC-3, AC-4, AC-7b, AC-8a и AC-8b.

Все пускатели со схемой звезда-треугольник и двухступенчатые автотрансформаторные пускатели принадлежат к категории применения AC-3.
Реостатные роторные пускатели принадлежат к категории применения AC-2.

5.5 Цепи управления

Применяется 4.5 IEC 60947-1.

Электронная часть может быть выполнена как единое целое или отдельной частью при условии, что она выполняет неотъемлемую функцию аппарата. В обоих случаях аппарат испытывают с электронной частью, смонтированной как при нормальной эксплуатации. Характеристики электронных цепей управления:

- вид тока;
- потребляемая мощность;
- номинальная частота (для переменного тока);
- номинальное напряжение цепи управления (переменный ток/постоянный ток);
- номинальное напряжение питания цепи управления (переменный ток/постоянный ток);
- вид внешних устройств для цепи управления (контакты, датчики, оптосоединители, электронные активные компоненты и т. д.).

5.6 Вспомогательные цепи

Применяется подпункт 4.6. стандарта IEC 60947-1

Цифровые входы и/или цифровые выходы, имеющиеся в контакторах и пускателях, должны быть совместимы с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) и отвечать требованиям в приложении S IEC 60947-1.

5.7 Характеристики реле и расцепителей (реле перегрузки)

Примечание – В нижеследующем тексте настоящего стандарта слова "реле перегрузки" относятся, по обстоятельствам, в равной мере к реле перегрузки и расцепителю перегрузки.

5.7.1 Перечень характеристик

Реле и расцепители должны определяться, когда уместно, следующими характеристиками:

- типом реле или расцепителя (см. 5.7.2);
- параметрами (см. 5.7.3);
- обозначением и токовыми уставками реле перегрузки (см. 4.7.4);
- время-токовыми параметрами реле перегрузки (см. 5.7.4);
- влиянием температуры окружающего воздуха (см. 4.7.6).

5.7.2 Типы реле или расцепителей

a) Расцепитель с шунтовой катушкой (независимый расцепитель);

b) Минимальные реле или расцепитель напряжения и тока на размыкание;

c) Реле перегрузки, выдержка времени которого:

1) практически не зависит от предшествующей нагрузки;

2) зависит от предшествующей нагрузки;

3) зависит от предшествующей нагрузки и, кроме того, чувствительна к выпадению фазы.

d) Максимальное реле или расцепитель тока мгновенного действия (например, чувствительное к торможению двигателя);

e) Прочие реле или расцепители (например, реле управления, связанное с устройствами тепловой защиты двигателя);

f) Реле или расцепитель, чувствительный к опрокидыванию ротора.

5.7.3 Характеристические параметры

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

- номинальное напряжение (ток);
- номинальная частота; - рабочее напряжение (ток); - время срабатывания (где уместно);
- время торможения (где уместно).

b) Реле перегрузки:- обозначение и токовые уставки (см. 5.7.4);

- номинальная частота при необходимости (например, для реле перегрузки с питанием от трансформатора тока);
- время - токовые характеристики (или диапазон характеристик) при необходимости;
- класс расцепления согласно классификации по таблице 2 либо максимальное время расцепления (в секундах) в условиях, указанных в 8.2.1.5.1 (таблица 3, графа D), если это время превышает 40 с;
- род реле: тепловое, электромагнитное, электронное или электронное без тепловой памяти (электронное реле, не отвечающее требованиям к испытаниям на проверку тепловой памяти согласно 8.2.1.5.1.2, должно маркироваться знаком.
- вид взвода: ручной и/или автоматический; при комбинированном ручном или автоматическом взводе положение взвода должно быть указано;
- время расцепления реле перегрузки класса расцепления 10 А, если оно более 2 мин при минус 5 °С и ниже [см. 8.2.1.5.1.1, перечисление c)].

c) Расцепитель с реле, чувствительным к дифференциальному току:
- номинальный ток;- рабочий ток;
- время срабатывания или время-токовая характеристика по таблице H.1;
- время торможения;
- обозначение типа (см. приложение T IEC 60947-1, Изменение 1).

Таблица 2 – Классы расцепления реле перегрузки

Класс расцепления	Время расцепления T_p, в условиях, соответствующих 8.2.1.5.1, таблица 3, графа D[a]	Время расцепления T_p, с, в условиях, соответствующих 8.2.1.5.1, таблица 3, графа D, с более жесткими допусками (диапазон допусков E)
2	-	$T_p \leq 2$
3	-	$2 < T_p \leq 3$
5	$0,5 < T_p \leq 5$	$3 < T_p \leq 5$
10A	$2 < T_p \leq 10$	-
10	$4 < T_p \leq 10$	$5 < T_p \leq 10$
20	$6 < T_p \leq 20$	$10 < T_p \leq 20$
30	$9 < T_p \leq 30$	$20 < T_p \leq 30$
40	-	$30 < T_p \leq 40$

Примечания
1 Изготовитель должен дополнить класс расцепления буквой E, для указания принадлежности к диапазону допусков E.
2 Условия расцепления в зависимости от рода реле приведены в 8.2.1.5.
3 В реостатном роторном пускателе реле перегрузки, как правило, включается в цепь статора. Поэтому оно неспособно эффективно защищать цепь ротора и, в частности, сопротивления, повреждающиеся чаще, чем сам ротор или коммутационные аппараты, в случае неправильного пуска; защита цепи ротора должна особо согласовываться между изготовителем и потребителем (см. также 8.2.1.1.3).
4 В двухступенчатом автотрансформаторном пускателе пусковой автотрансформатор нормально предназначается для использования только в пусковой период; в результате этого в случае неправильного пуска реле перегрузки неспособно эффективно его защитить. Защита автотрансформатора должна особо согласовываться между изготовителем и потребителем (см. 8.2.1.1.4).
5 Для компенсации различающихся характеристик нагревателей и технологических допусков выбираются пониженные предельные значения T_p.

5.7.4 Обозначение и токовые уставки реле перегрузки

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

Токовую уставку (или диапазон токовых уставок) следует маркировать на реле. Однако если на токовую уставку влияют условия эксплуатации или другие факторы, которые на реле нелегко маркировать, на реле или его съемных частях (например, нагревательных элементах, катушках управления или трансформаторах тока) следует обозначить номер или опознавательную метку, дающие возможность получения нужной информации от изготовителя или из его каталога либо, предпочтительно, из документов, поставляемых вместе с пускателем.

У реле перегрузки с питанием от трансформатора тока эти обозначения могут относиться либо к первичному току трансформатора, питающего это реле, либо к

токовой уставке реле перегрузки. В любом случае следует указывать коэффициент трансформации.

5.7.5 Время-токовые характеристики реле перегрузки

Типичные время-токовые характеристики должны выдаваться изготовителем в виде кривых. По ним должно быть видно, как время расцепления, начиная с холодного состояния (см. 5.7.6), изменяется в зависимости от тока до уровня, как минимум, 8-кратного тока полной нагрузки двигателя, с которым предполагается использовать данное реле. Изготовитель должен указать подходящим способом общие допускаемые отклонения по этим кривым и поперечное сечение проводников, использованных для построения этих кривых [см. 9.3.3.2.2, перечисление c)].

Примечание – Рекомендуется ток откладывать по оси абсцисс, время - по оси ординат, в обоих случаях по логарифмической шкале. Ток рекомендуется выражать в виде кратности токовой уставки, время - в секундах. Построение характеристик должно выполняться подробно согласно 5.6.1 и рисунка 1 IEC 60269-1, а также рисунка 104, 504 и 505 IEC 60269-2.

5.7.6 Влияние температуры окружающего воздуха

Время-токовые характеристики (см. 5.7.5) соответствуют определенному значению температуры окружающего воздуха и основываются на предпосылке отсутствия предшествующей нагрузки реле перегрузки (т. е. исходного холодного состояния). Значение температуры окружающего воздуха должно быть четко указано на время-токовых кривых, предпочтительны значения 20 °C или 40 °C. Реле перегрузки должны быть работоспособны при температурах окружающего воздуха от минус 5 °C до плюс 40 °C, и изготовитель должен быть в состоянии указать влияние изменения температуры окружающего воздуха на характеристики реле перегрузки.

5.8 Координация с устройствами для защиты от коротких замыканий (УЗКЗ)

Контакторы и пускатели характеризуются типом, номинальными значениями параметров и характеристиками устройств для защиты от коротких замыканий (УЗКЗ), которые должны обеспечивать селективность между пускателем и УЗКЗ и достаточную защиту контактора и пускателя от токов короткого замыкания. Эти требования содержатся в 8.2.5.1 и 8.2.5.2 настоящего стандарта и в (4.8) IEC 60947-1.

5.9 Типы и характеристики автоматических переключателей и регуляторов ускорения

5.9.1 Типы

a) Устройства с выдержкой времени, например контакторные реле (см. IEC 60947-5-1), применяемые в устройствах управления, или двухпозиционные логические реле с выдержкой времени (см. IEC 61810-1 [3]).

b) Минимальные устройства тока (минимальные реле тока).

c) Другие устройства для автоматического регулирования ускорения:

- вольтметрические регуляторы;
- ваттметрические регуляторы;
- тахометрические регуляторы.

5.9.2 Характеристики

a) Характеристики устройств с выдержкой времени:

- номинальная выдержка времени (или диапазон выдержки времени, если она регулируемая);

- для устройств, имеющих катушку, - ее номинальное напряжение, если оно отличается от номинального напряжения пускателя.

b) Характеристики минимальных устройств тока:

- номинальный ток (тепловой и/или номинальный кратковременно выдерживаемый ток, по усмотрению изготовителя);

- токовая уставка (или диапазон уставок, если она регулируемая).

c) Характеристики прочих устройств должны определяться соглашением между изготовителем и потребителем.

5.10 Типы и характеристики автотрансформаторов для двухступенчатых автотрансформаторных пускателей

С учетом пусковых характеристик (см. 5.3.5.5.3) пусковые автотрансформаторы должны характеризоваться:

- номинальным напряжением автотрансформатора;

- числом отводов, которое можно использовать для регулирования пусковых значений вращающего момента и тока;

- пусковым напряжением, т. е. напряжением на выводах отводов, в процентах номинального напряжения автотрансформатора;

- током, который они могут проводить установленное время;

- номинальным режимом эксплуатации (см. 5.3.4);

- способом охлаждения (воздушное, масляное).

Автотрансформаторы могут быть:

- либо встроенными в пускатель, и в этом случае при определении номинальных характеристик пускателя следует учитывать результирующее превышение температуры;

- либо поставляемыми отдельно, и в этом случае необходимо соглашение между изготовителем автотрансформатора и изготовителем пускателя относительно рода и размеров соединительных связей.

5.11 Типы и характеристики пусковых сопротивлений для реостатных роторных пускателей

С учетом пусковых характеристик (см. 5.3.5.5.1) пусковые сопротивления должны определяться:

- номинальным напряжением по изоляции ротора (U_{imp});

- значением их активного сопротивления;

- средним тепловым током, определяемым значением установившегося тока, который сопротивления могут проводить указанное время;

- номинальным режимом эксплуатации (см. 5.3.4);

- способом охлаждения (конвекция воздуха, принудительное воздушное, погружение в масло).

Сопротивления могут быть:

- либо встроенными в пускатель, и в этом случае необходимо ограничивать результирующее превышение температуры во избежание повреждения других частей пускателя;

- либо поставляемыми отдельно, и в этом случае необходимо соглашение между изготовителями сопротивлений и пускателя относительно рода и размеров соединительных связей.

6 Информация об аппарате

6.1 Характер информации

Изготовителем должна быть выдана следующая информация.

6.1.1 Идентификация

a) Наименование или торговая марка изготовителя;

b) Типовое обозначение или серийный номер;

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

6.1.2 Характеристики, главные номинальные значения и назначение

Характеристики:

d) номинальные рабочие напряжения (см. 5.3.1.1);

e) категория применения и номинальные рабочие токи (или номинальные мощности) при номинальных рабочих напряжениях аппаратов (см. 5.3.2.5 и 5.4);

f) значение номинальной частоты 50/60 Гц или обозначение « ⎓ », либо другие номинальные частоты, например 16,66 Гц, 400 Гц;

g) номинальный режим эксплуатации с указанием класса повторно-кратковременного режима (см. 5.3.4) и времени обесточивания, как указано в примечании d) к таблице 10, если необходимо.

Дополнительные параметры:

h) номинальные включающая и отключающая способности. Когда уместно, эти данные можно заменить указанием категории применения (см. Таблицу 7).

Безопасность и условия установки:

i) номинальное напряжение по изоляции (см. 5.3.1.2);

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

k) код IP для аппаратов в оболочке (см. 8.1.11);

l) степень загрязнения (см. раздел 7);

m)

- номинальный условный ток короткого замыкания (см. 5.3.6), тип координации (см. 8.2.5.1) контактора или пускателя и тип, номинальный ток и характеристики связанного с ним УЗКЗ;

- номинальный условный ток короткого замыкания (см. 5.3.6) и тип координации (см. 8.2.5.1) комбинированных пускателя и коммутационного аппарата или защищенных пускателя и коммутационного аппарата;

n) свободное.

Цепи управления:

Следующая информация о цепях управления должна быть нанесена на катушку или на аппарат:

o) номинальное напряжение цепи управления (U_c), род тока и номинальная частота.

Примечание – Другая информация, например потребляемая мощность, должна быть приведена, например, в товаросопроводительной документации;

p) при необходимости род тока, номинальная частота и номинальное входное напряжение цепи управления ((U_s).

Системы подачи воздуха в контакторы или пускатели, работающие на сжатом воздухе:

q) номинальное входное давление сжатого воздуха и пределы колебаний этого давления, если они отличаются от указанных в 8.2.1.2.

Вспомогательные цепи:

r) номинальные параметры вспомогательных цепей (см. 5.6).

Реле и расцепители перегрузки:

s1) характеристики по 5.7.2, 5.7.5 и 5.7.6;

s2) характеристики по 5.7.3 и 5.7.4.

Дополнительная информация для контакторов и пускателей некоторых типов:

Реостатные роторные пускатели:

t) коммутационная схема;

u) жесткость пуска (см. 5.3.5.5.1);

v) время пуска (см. 5.3.5.5.1).Автотрансформаторные пускатели:

w) одно или несколько значений номинального пускового напряжения, т. е. напряжения на выводах отводов.

Примечание – Значения могут быть выражены в процентах номинального рабочего напряжения пускателя.

Вакуумные контакторы и пускатели:

x) максимальная допустимая высота над уровнем моря места установки, если она менее 2000 м. ЭМС:

y) окружающая среда A или B по 7.3.1 IEC 60947-1;

z) особые требования (если необходимо), например экранированные или скрученные провода.

Примечание – Нормальными по условиям монтажа считают неэкранированные или нескрученные провода.

6.2 Маркировка

Для контакторов, пускателей и реле перегрузки действителен 5.2 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

Характеристики по перечислениям d)-x) 6.1.2 следует указывать на фирменной табличке, аппарате или приводить в публикациях изготовителя.

Характеристики по перечислению c) 6.1.1, перечислениям aa) k) и r2) в 6.1.2 предпочтительно маркировать на аппарате; время-токовые характеристики (или диапазон характеристик) могут быть приведены в публикациях изготовителя.

Для электромагнитов с электронным управлением может также быть необходимой информация, кроме указанной в перечислениях o) и p) 6.2.1; см. также 5.5 и приложение U IEC 60947-1, Изменение 1.

Примечание – В США и Канаде для многоцелевых аппаратов обозначение дополнительной категории применения, приведенной в таблице 1, наносится на аппарат.

6.3 Инструкции по монтажу, эксплуатации и обслуживанию

Применяется подпункт 5.3 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Изготовитель обязан предоставлять информацию о мерах, которые должен принимать потребитель в случае короткого замыкания, и мерах, касающихся ЭМС, которые следует принять по отношению к аппарату, если они необходимы.

Для защищенных пускателей изготовитель должен также выдать инструкцию по монтажу и прокладке проводов. Изготовитель пускателя, имеющего в составе реле перегрузки с автоматическим взводом, готовое к подсоединению к устройству повторного автоматического пуска с функцией деблокировки, должен снабдить пускатель необходимой информацией по предупреждению потребителя о возможности повторного автоматического пуска.

7 Нормальные условия эксплуатации, монтажа и транспортирования

Применяется 6 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

В отсутствие других указаний изготовителя контактор или пускатель предназначен для использования в среде со степенью загрязнения 3 согласно 6.1.3.2 IEC 60947-1. В зависимости от микросреды могут устанавливаться другие степени загрязнения.

8 Требования к конструкции и работоспособности

8.1 Требования к конструкции

8.1.1 Общие положения

Применяется 7.1.1 IEC 60947-1.

8.1.2 Материалы

8.1.2.1 Общие требования к материалам по 7.1.2.1 IEC 60947-1.

8.1.2.2 Испытание раскаленной проволокой по 7.1.2.2 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

При испытаниях аппаратов или образцов, взятых из этих аппаратов, части из изоляционных материалов, предназначенные для удерживания токоведущих частей должны отвечать требованиям испытаний раскаленной проволокой при испытательной температуре 850 °С согласно 8.2.1.1.1 IEC 60947-1.

8.1.2.3 Испытание на категорию воспламеняемости 7.1.2.3 IEC 60947-1.

8.1.3 Токоведущие части и их соединения по 7.1.3 IEC 60947-1.

8.1.4 Воздушные зазоры и расстояния утечки по 7.1.4 IEC 60947-1.

8.1.5 Орган управления по 7.1.5 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Ручка управления коммутационного аппарата с ручным управлением комбинированного пускателя может быть снабжена висячим замком для запирания в положении отключения.

8.1.5.1 Изоляция по 7.1.5.1 IEC 60947-1.

8.1.5.2 Направление движения по 7.1.5.2 IEC 60947-1.

8.1.5.3 Монтаж

Органы управления, монтируемые на съемных панелях или открывающихся дверках, должны быть спроектированы так, чтобы после установки панелей или закрытия дверок, орган управления правильно сопрягался с соответствующим механизмом.

8.1.6 Указание положения контактов

8.1.6.1 Средства индикации

Для пускателей с ручным управлением по 7.1.6.1 IEC60947-1.

8.1.6.2 Указание при помощи органа управления по 7.1.6.2 IEC60947-1.

8.1.7 Дополнительные требования к аппаратам, пригодным для разъединения по 7.1.7 IEC 60947-1.

8.1.8 Выводы по 7.1.8 IEC60947-1 со следующими дополнительными требованиями

8.1.8.1 Идентификация и маркировка выводов по 7.1.8.4 IEC 60947-1 с дополнительными требованиями по приложению А.

8.1.9 Дополнительные требования к контакторам и пускателям, снабженным нейтральным полюсом по 7.1.9 IEC60947-1.

8.1.10 Обеспечение защитного заземления по 7.1.10 IEC60947-1.

8.1.11 Оболочки аппаратов

8.1.11.1 Конструкция по 7.1.11.1 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

Смонтированные внутри оболочки пусковые сопротивления должны быть расположены или защищены так, чтобы выделяемое тепло не оказывало вредного воздействия на другие аппараты и материалы, находящиеся в этой оболочке.

В особом случае для комбинированных пускателей необходима такая блокировка крышки или дверки, чтобы ее невозможно было открыть, если коммутационный аппарат с ручным управлением не разомкнут.

Однако можно предусмотреть приспособление для открывания этой дверки или крышки, когда коммутационный аппарат с ручным управлением находится во включенном положении, при помощи какого-либо инструмента.

8.1.11.2 Изоляция по 7.1.11.2 IEC 60947-1.

8.1.12 Степени защиты аппаратов в оболочках по 7.1.12 IEC 60947-1.

8.1.13 Вытягивание, кручение изгиб стальных труб для проводников по 7.1.13 IEC60947-1.

8.2 Требования к работоспособности

8.2.1 Рабочие условия

8.2.1.1 Общие положения по 7.2.1.1 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

8.2.1.1.1 Общие условия А

Пускатели должны быть сконструированы так, чтобы:

a) свободно расцепляться;

b) размыкать контакты при воздействии на предусмотренные приспособления в рабочем положении и в любой момент на протяжении пуска;

c) не срабатывать при нарушении правильного цикла пуска.

8.2.1.1.2 Общие условия В

Пускатели с входящими в их состав контакторами не должны расцепляться при толчках, вызванных срабатыванием контакторов при испытаниях по 9.3.3.1, после протекания по пускателю номинального тока полной нагрузки при контрольной температуре окружающей среды (т. е. 20 °С) и достижения теплового равновесия,

при минимальной и максимальной уставках реле перегрузки, если оно регулируемое.

8.2.1.1.3 Общие условия C

В реостатных пускателях реле перегрузки следует включать в цепь статора.

По просьбе потребителя допустимы специальные меры защиты контакторов и сопротивлений в цепи ротора от перегрева.

8.2.1.1.4 Общие условия D

Если пускатели используют в таких условиях, что перегрев пусковых сопротивлений или трансформаторов создает особую опасность, рекомендуется предусмотреть специальное устройство для автоматического отключения пускателя до достижения опасной температуры.

8.2.1.1.5 Общие условия E

В многополюсных аппаратах подвижные контакты, предназначенные для одновременного замыкания или размыкания, должны быть механически сблокированы таким образом, чтобы все полюса включали и отключали ток практически одновременно, независимо от использования ручного или автоматического управления.

8.2.1.2 Пределы срабатывания контакторов и пускателей с дистанционным управлением по 7.2.1.2 IEC 60947-1.

8.2.1.2.1 Электромагнитные контакторы или пускатели

Электромагнитные контакторы, автономные или в составе пускателей, должны удовлетворительно замыкаться при любом входном напряжении цепи управления в пределах от 85 % до 110 % его номинального значения.

8.2.1.3 Пределы срабатывания минимальных реле и расцепителей напряжения 7.2.1.3 IEC60947-1 со следующим дополнением: испытания приводят по 9.3.3.2.2 настоящего стандарта.

8.2.1.4 Пределы срабатывания расцепителей, управляемых независимой катушкой (независимые расцепители) по 7.2.1.4 IEC 60947-1.со следующим дополнением: испытания приводят по 9.3.3.2.2 настоящего стандарта.

8.2.1.5 Пределы срабатывания реле и расцепителей тока

8.2.1.5.1 Пределы срабатывания реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока во все полюса

8.2.1.5.1.1 Общие требования к расцеплению реле перегрузки

Реле должны удовлетворять требованиям таблицы 3 при испытаниях, описанных ниже:

a) у реле перегрузки или пускателя, нормально смонтированного в оболочке, при A-кратной уставке по току, расцепление должно произойти не ранее чем через 2 ч, начиная с холодного состояния при контрольной температуре окружающего воздуха согласно таблице 3. Если же выводы реле перегрузки достигают теплового равновесия при испытательном токе ранее, чем за 2 ч, длительность испытания может соответствовать времени, необходимому для достижения этого равновесия;

b) когда затем ток увеличивается до B-кратного уставке, расцепление должно происходить ранее чем за 2 ч;

c) реле перегрузки классов расцепления 2, 3, 5 и 10 A, питаемые C-кратным током уставки, должны расцепляться менее чем через 2 мин, начиная с состояния теплового равновесия, при токе уставки в соответствии с *9.3.3* IEC 60034-1.; для реле перегрузки класса расцепления 10 A при температуре окружающего воздуха минус 5°C и ниже изготовитель может установить более длительное время расцепления, но не более 2-кратного времени, требующегося при плюс 20 °C.

Примечание – В 9.3.3 IEC 60034-1 указано: "Многофазные двигатели, имеющие номинальную выходную мощность не более 315 кВт на номинальное напряжение не более 1 кВ, должны быть в состоянии выдерживать ток, равный 1,5 номинального тока в течение не менее 2 мин".

d) реле перегрузки классов расцепления 10, 20, 30 и 40, питаемые С-кратным током уставки, должны расцепляться менее чем через 4, 8, 12 и 16 мин соответственно, начиная с состояния теплового равновесия, при токе уставки;

e) при D-кратном токе уставки расцепление должно происходить в пределах, указанных в таблице 2 для соответствующего класса расцепления и диапазона допусков, начиная с холодного состояния.

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

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

Примечание – Значение 1,2 % К – это характеристика ухудшения качества проводников с поливинилхлоридной изоляцией.

Реле перегрузки считают компенсированным, если оно соответствует требованиям таблицы 3 при температуре 20 °С и не выходит за пределы, указанные в таблице 3 при других температурах.

Таблица 3 – Пределы срабатывания реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока во все полюса

Вид реле перегрузки	Кратность тока уставки				Значение температуры окружающего воздуха, °С
	A	*B*	*C*	*D*	
Тепловое, некомпенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха	1,0	1,2[b]	1,5	7,2	Плюс 40
Тепловое, компенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха	d	d			Менее чем минус 5 °С
	1,05	1,3	1,5	-	Минус 5 °С
		1,2[b]		7,20	Плюс 20 °С
	1,00			-	Плюс 40 °С
	d	d	-	-	Св. плюс 40°С
Электронное[a]	1,05	1,2[b]	1,5	7,2	0°С, плюс 20°С и плюс 40 °С

Примечание
1 Это испытание проводят только при 20 °С.
2 По указанию изготовителя может отличаться от 120 %, но быть не более 125 %.
В этом случае значение испытательного тока должно быть равно значению тока расцепления, который должен быть маркирован на аппарате.
Испытание при 20 °С проводят только при кратностях тока уставки A, B и D.
3 Кратность тока уставки определяет изготовитель.
4 Испытания в диапазоне температур вне помещений от минус 5 °С до плюс 40 °С (см. 9.3.3.2.2).

8.2.1.5.1.2 Испытание на проверку тепловой памяти

Если изготовителем не установлено, что аппарат не содержит тепловой памяти, электронное реле перегрузки должно соответствовать следующим требованиям (см. рисунок 8):

- подавать к аппарату ток, равный I_e, до достижения им состояния теплового равновесия;
- отключать ток в течение (см. таблицу 2) с относительным допуском ±10 %, где T_p – время, измеренное при 2-кратном токе D согласно таблице 3;
- подавать ток, равный;
- реле должно срабатывать в пределах 50 % времени T_p

Реле перегрузки или пускатель испытывают нормально смонтированным в оболочке. При подаче в три полюса тока, А-кратного уставке по току, расцепление должно произойти не ранее чем через 2 ч, начиная с холодного состояния, при температуре окружающего воздуха согласно таблице 4.

Когда затем ток, подаваемый в два полюса (у реле, чувствительного к выпадению фазы, в полюс, проводящий больший ток), увеличивается до В -кратного току уставки, а третий полюс обесточивается, расцепление должно происходить менее чем за 2 ч. Эти значения действительны для всех комбинаций полюсов. Для реле с регулируемой уставкой по току эти характеристики должны быть действительны, когда реле проводит токи, соответствующие максимальной и минимальной уставкам.

8.2.1.5.2 Пределы срабатывания трехполюсных реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока в два полюса в соответствии с таблицей 4:

Таблица 4 – Пределы срабатывания трехполюсных тепловых реле перегрузки с выдержкой времени при подаче тока только в два полюса

Тип реле перегрузки	Кратность токовой уставки		Контрольная температура окружающего воздуха, °С
	A	*B*	
Тепловое компенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха или электронное Нечувствительное к выпадению фазы	3 полюса 1,0	2 полюса 1,32 1 полюс 0	+20
Тепловое некомпенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха Нечувствительное к выпадению фазы	3 полюса 1,0	2 полюса 1,32 1 полюс 0	+40

Окончание таблицы 4

Тепловое компенсированное относительно колебаний температуры окружающего воздуха или электронное	2 полюса 1,0	2 полюса 1,15	+20
Чувствительное к выпадению фазы	1 полюс 0,9	1 полюс	

8.2.1.5.3 Пределы срабатывания электромагнитных реле перегрузки мгновенного действия

Для всех значений токовой уставки электромагнитные реле перегрузки мгновенного действия должны расцепляться с точностью ±10 % значения токовой уставки.

Примечание – Электромагнитные реле мгновенного действия, охватываемые настоящим стандартом, не предназначены для защиты от коротких замыканий.

8.2.1.5.4 Пределы срабатывания минимальных реле и расцепителей тока для автоматического переключения

8.2.1.5.4.1 Пределы срабатывания минимальных реле тока

Минимальное реле или расцепитель тока, объединенное с коммутационным аппаратом, должно сработать на размыкание коммутационного аппарата в пределах от 80 % до 120 % уставки по времени, когда ток при срабатывании ниже 0,9 минимальной токовой уставки во всех полюсах. Если время срабатывания менее 1 с, изготовителем может быть указан другой допуск, но верхний предел не должен быть больше, чем 1,2 с.

Примечание – Допуск зависит от технологии чувствительности.

8.2.1.5.4.2 Пределы осуществления автоматического переключения при помощи минимальных реле тока:

- для пускателей со схемой звезда-треугольник – со звезды на треугольник;
- для автотрансформаторных пускателей – с пуска на ход.

Наименьший ток отпадания минимального реле тока должен не более чем в 1,5 раза превышать фактическую токовую уставку реле перегрузки, действующего при пуске или в схеме звезда.

Минимальное реле тока должно проводить ток любой силы в пределах от наименьшей уставки до тока остановки короткозамкнутого двигателя в пусковом положении или в схеме звезда в течение времени расцепления, определяемого реле перегрузки при наибольшей уставке.

8.2.1.5.5 Пределы срабатывания реле, чувствительных к опрокидыванию ротора

Реле, чувствительное к опрокидыванию ротора, объединенное с коммутационным аппаратом, должно срабатывать на размыкание коммутационного аппарата в пределах от 80 % до 120 % установленного времени (время торможения при опрокидывании ротора) или в пределах допусков, указанных изготовителем, если:

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

Пример – Установленный ток реле, чувствительного к опрокидыванию ротора: 100 А, установленное время 6 с, допуск: ±10 % – реле должно расцепиться в пределах от 5,4 с до 6,6 с, если ток равен или превышает 100 А х 1,2 = 120 А;

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

8.2.1.5.6 Пределы срабатывания реле и расцепителей

Реле или расцепитель, объединенный с коммутационным аппаратом, должен сработать на размыкание коммутационного аппарата в пределах от 80 % до 120 % установленного времени или в пределах допусков, указанных изготовителем, если ток в 1,2 раза превышает установленное значение тока реле во время хода после завершения пуска.

8.2.2 Превышение температуры

8.2.2.1 Общие положения

Требования пункта 7.2.2 IEC 60947-1 относятся к чистым, новым контакторам и пускателям.

Примечание – Сопротивление контактов вследствие окисления может повлиять на результат испытания на превышение температуры при испытательных напряжениях ниже 100 В. В случае проведения испытания аппарата при напряжении ниже 100 В контакты такого аппарата могут очищаться неабразивным способом либо при выполнении 10 циклов оперирования в условиях по таблице 10 для любой удобной категории применения при любом напряжении.

Превышение температуры отдельных частей контактора или пускателя, замеренная во время испытания, выполненного в условиях, описанных в 9.3.3.3, не должно быть более предельных значений, установленных в таблице 5 или в 7.2.2.1 и 7.2.2.2 IEC 60947-1.

Таблица 5 – Пределы превышения температуры изолированных катушек в воздухе и масле

Класс изоляционного материала	Предел превышения температуры (измеренной по методу сопротивления), К	
	в воздухе	в масле
A	85	60
E	100	60
B	110	60
F	135	-
H	160	-

Для электромагнита с электронным управлением измерение температуры катушки по методу сопротивления может оказаться непрактичным. В таком случае допускается применение других методов, например с помощью термопар или других удобных методов.

Поскольку в автотрансформаторном пускателе питание автотрансформатора осуществляется только повторно-кратковременно, допускается максимальное превышение температуры обмоток трансформатора на 15 К больше указанного в

таблице 5, в условиях работы пускателя в соответствии с требованиями 5.3.4 и 5.3.5.5.3.

Примечание – Пределы превышения температуры, предписанные таблицей 5 настоящего стандарта и 7.2.2.2 IEC 60947-1, действительны только при температуре окружающего воздуха от минус 5 °С до плюс 40 °С.

8.2.2.2 Выводы по 7.2.2.1 IEC 60947-1.

8.2.2.3 Доступные части по 7.2.2.2 IEC 60947-1.

8.2.2.4 Температура окружающего воздуха по 7.2.2.3 IEC 60947-1.

8.2.2.5 Главная цепь

Главная цепь контактора или пускателя, проводящая ток во включенном положении, вместе с максимальными расцепителями тока, которые могут к ней принадлежать, должна быть способна проводить без выхода за пределы, указанные в 7.2.2.1 IEC 60947-1, при испытаниях по 9.3.3.3.4:

- у контактора или пускателя, предназначенного для работы в прерывисто-продолжительном режиме, его условный тепловой ток (см. 5.3.2.1 и/или 5.3.2.2);
- у контактора или пускателя, предназначенного для работы в продолжительном, повторно-кратковременном или кратковременном режиме, его соответствующий номинальный рабочий ток (см. 5.3.2.5).

8.2.2.6 Цепи управления по 7.2.2.5 IEC 60947-1.

8.2.2.7 Обмотки катушек и электромагнитов

8.2.2.7.1 Обмотки, предназначенные для работы в продолжительном и 8-часовом режимах

При протекании по главной цепи максимального тока согласно 8.2.2.5 обмотки катушек, в том числе для электрических клапанов электропневматических контакторов или пускателей, должны выдерживать под непрерывной нагрузкой и при номинальной частоте (если уместно) максимальное номинальное входное напряжение цепи управления без превышения температуры выше значений, указанных в таблице 5 настоящего стандарта и 7.2.2.2 5 IEC 60947-1.

Примечание – В зависимости от технологии, например, для некоторых типов электромагнитов с электронным управлением, входное напряжение цепи управления может не прикладываться прямо к обмотке катушки, когда она присоединена как при нормальной эксплуатации.

8.2.2.7.2 Обмотки, предназначенные для работы в повторно-кратковременном режиме

При отсутствии тока в главной цепи обмотки катушек должны выдерживать при номинальной частоте, если уместно, максимальное номинальное входное напряжение цепи управления, приложенное согласно таблице 6 в зависимости от класса повторно-кратковременного режима, без превышения температуры выше значений, указанных в таблице 5 и *7.2.2.2* 5 IEC 60947-1.

Примечание – В зависимости от технологии, например, для некоторых типов электромагнитов с электронным управлением, входное напряжение цепи управления может не прикладываться прямо к обмотке катушки, когда она присоединена как при нормальной эксплуатации.

Таблица 6 – Данные по циклам испытаний в повторно-кратковременном режиме

Класс повторно-кратковременного режима		Продолжительность одного рабочего цикла "замыкание - размыкание", с	Время питания катушки управления
Контакторы	Пускатели		
1	1	3600	Время протекания тока должно соответствовать коэффициенту нагрузки, указанному изготовителем
3	3	1200	
12	12	300	
30	30	120	
120	–	30	
300	–	12	
1200	–	3	

8.2.2.7.3 Обмотки со специальными номиналами, предназначенные для работы в кратковременном или периодическом режимах

Обмотки со специальными номиналами следует испытывать в рабочих условиях, соответствующих самому жесткому режиму из тех, для которых они предназначены; их номинальные характеристики должны быть указаны изготовителем.

Примечание – К таким обмоткам могут относиться катушки пускателей, находящиеся под напряжением только в пусковой период, катушки расцепления запираемых контакторов и некоторые катушки электромагнитных клапанов, предназначенных для управления пневматическими контакторами или пускателями.

8.2.2.8 Вспомогательные цепи по 7.2.2.7 IEC 60947-1.

8.2.2.9 Прочие части по 7.2.2.8 IEC 60947-1 с заменой слов "пластики и изоляционные материалы" на "изоляционные части".

8.2.3 Электроизоляционные свойства по 7.2.3 IEC 60947-1.

8.2.4 Требования к работоспособности в условиях нормальной нагрузки и перегрузки

Требования к характеристикам в условиях нормальной нагрузки и перегрузки согласно 5.3.5 приведены в 8.2.4.1, 8.2.4.2 и 8.2.4.4.

8.2.4.1 Включающая и отключающая способности

Контактор или пускатель должен быть способен безотказно включать и отключать токи в условиях, указанных в таблице 7, в зависимости от требуемой категории применения и числа циклов срабатываний по 9.3.3.5.

Не допускается превышение времени обесточивания и протекания тока, приведенных в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Включающая и отключающая способности. Условия включения и отключения в зависимости от категории применения

Категория использования	I_c/ I_e	U_r/U_e	Cos φ	Время включения[b] с	Время отключения с	Число рабочих циклов
AC-1	1.5	1,05	0,8	0,5	[f]	50
AC-2	4.0[h]	1,05	0,65h	0,5	[f]	50
AC-3[1]	8.0	1,05	[a]	0,5	[f]	50
AC-4[1]	10,0	1,05	[a]	0,5	[f]	50
AC-5a	3,5	1,05	0,45	0,5	[f]	50
AC-5b	1,5[c]	1,05	[e]	0,5	60	50
AC-6a	[J]					
AC-6b	1.5[e]	1,05			m	50
AC-8a	6,0	1,05	a	0,05	F	50
AC-8b	6,0	1,05	A	0,05	F	50
DC-1	1,5	1,05	1,0	0,05	[f]	50[d]
DC-2	4,0	1,05	2,5	0,05	[f]	50[d]
DC-5	4,0	1,05	15,0	0,05	[f]	50[d]
DC-6	1,5[c]	1,05	[c]	0,05	60	50[d]
Категория использования	Условия включения [J]					
	I_c/ I_e	U_r/U_e	Cos φ	Время включения[b] с	Время отключения с	Число рабочих циклов

AC-3	10	1,05[g]	[a]	0,05	10	50
AC-4	12	1,05[g]	[a]	0,05	10	50

I = включаемый ток, А, выражается как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока, но подразумевается, что на переменном токе фактическое пиковое значение во время операции включения может быть более высоким, чем пиковое значение симметричного тока;

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

I_e = номинальный рабочий ток, А;

U = напряжение до включения, В;

U_r = возвращающееся напряжение, В;

U_e = номинальное рабочее напряжение, В;

Cos φ = коэффициент мощности испытательной цепи;

L/R = постоянная времени испытательной цепи, мс.

a 0,45 при 100 А; 0,35 при 100 А.

b Время может быть менее 0,05 с, если до повторного размыкания контакты успевают занять первоначальное положение.

c Испытания должны проводиться с использованием ламп накаливания в качестве нагрузки.

d 25 циклов оперирования при положительной полярности и 25 циклов - при отрицательной

e Номинальные характеристики при емкостной нагрузке можно установить на основании испытательного коммутирования конденсаторов или принятой практики и опыта. Ориентировочно можно использовать формулу из таблицы 9, но она не учитывает тепловых эффектов от гармонических токов, поэтому полученные значения следует рассматривать с учетом превышения температуры

f См. таблицу 8.

g Допустимое отклонение ±20%.

h Приведенные значения относятся к контакторам в цепи статора, для цепей ротора при испытании следует использовать ток, равный 4-кратному номинальному рабочему току ротора с коэффициентом мощности 0,95.

i При категориях применения АС-3, АС-4 следует также проверять условия включения. Проверку можно проводить во время испытаний на включение-отключение, но только с согласия изготовителя. В этом случае кратности тока включения должны соответствовать приведенным значениям, тока отключения - 25 циклов оперирования должны выполняться при входном напряжении цепи управления, равном 110% номинального входного напряжения цепи управления и 25 циклов - при 85%

j Изготовитель должен проверить номинальные значения, относящиеся к категории АС-6а, испытанием с трансформатором или получить номинальные значения, исходя из значений для категории АС-3 согласно таблице 9.

k Можно использовать более низкое значение отношения тока (запираемого ротора к току полной нагрузки), но по указанию изготовителя.

l Время включения должно быть достаточно длинным для того, чтобы достичь устойчивого тока.

m время обесточивания должно определяться по таблице 8.

Таблица 8 – Взаимосвязь между отключаемым током и временем обесточивания при проверке включающей и отключающей способностей

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

По согласованию с изготовителем значения времени обесточивания могут быть снижены.

Таблица 9 – Определение рабочего тока для категорий применения AC-6a и AC-6b на основании номинальных характеристик для AC-3

Номинальный рабочий ток	Определение по включаемому току в категории AC-3
I_e (AC-6a) для коммутирования трансформаторов с пусковыми пиковыми токами не выше 30-кратного номинального тока	0,45 I_e (AC-3)
I_e (AC-6b) для коммутирования единичных батарей конденсаторов в цепях с ожидаемым током короткого замыкания i_k в месте расположения данной батареи конденсаторов	$i_k \frac{x^2}{(x-1)^2}$ с $x = 13{,}3 \times \frac{I_e\,(AC-3)}{i_k}$ и для $i_k > 205\ I_e\,(AC-3)$

Выражение для рабочего тока I_e (AC-6b) выводится из формулы максимального пускового пикового тока:

$$I_{pmax} = \frac{U_e \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times \frac{1 + \sqrt{\frac{X_c}{X_L}}}{X_L - X_c}$$

где U_e — номинальное рабочее напряжение; В
X_L — полное сопротивление при коротком замыкании цепи; Ом
X_c — реактивное сопротивление батареи конденсаторов, вар
Формула действительна при условии, что можно пренебречь емкостью на входной стороне контактора или пускателя и отсутствует начальный заряд конденсаторов.

8.2.4.2 Работоспособность по 7.2.4.2 IEC 60947-1. со следующим дополнением.

Контакторы или пускатели должны быть способны безотказно включать и отключать токи в условиях, указанных в таблице 10, в зависимости от требуемой категории применения и числа циклов срабатываний по 9.3.3.6.

Таблица 10 – Условная работоспособность. 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 тока[b], с	Время обесточивания, с	Число циклов оперирования
AC-1	1,0	1,05	0,80	0,05[b]	[cП]	6000[i]
AC-2	2,0		0,65			
AC-3			[a]			
AC-4	6,0		[a]			
AC-5a	2,0		0,45			
AC-5b	1,0[e]		[e]		60	
AC-6a	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]
AC-6b	1[k]	1,05		[l]	[m]	6000
AC-8a	1,0	1,05	0,80	0,05	c	30000
AC-8b	6,0		[a]	1,00 10,00	9 90[d]	5900 100
			L/R mc			
DC-1	1,5	1,05	1,0	0,05[b]	[c]	6000[f]
DC-3	2,5		2,0			
DC-5			7,5			
DC-6	1,0				60	

I_c- включаемый и отключаемый ток, за исключением категорий AC-5b, AC-6, DC-6 выражаемый как постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока, А;
I_e- номинальный рабочий ток, А;
U_r- возвращающееся напряжение, В;
U_e- номинальное рабочее напряжение, В.
[a] - Cos φ = 0,45 для I_e ≤100 А; 0,35 при I_e > 100 А.
[b] Время может быть менее 0,05 с, если до повторного размыкания контакты успевают занять первоначальное положение.
[c] Приведенные значения времени обесточивания не могут быть больше значений, указанных в Таблице 8.
[d] Изготовителем может быть выбрано любое значение времени обесточивания до 200 с.
[e] Испытания должны проводиться с использованием ламп накаливания в качестве нагрузки.
[f] 3000 циклов срабатывания должно быть выполнено в одной полярности и 3000 - в противоположной.
[g] Находится в стадии рассмотрения.
[h] Испытания по категории AC-8b могут сопровождаться испытаниями по категории AC-8a. Эти испытания могут проводиться на разных образцах.
[i] Для коммутационных аппаратов с ручным управлением число циклов срабатываний должно быть 1000 - под

нагрузкой и 5000 последующих - при обесточивании.

[j] Можно использовать более низкое значение отношения тока I_c / I_e (запираемого ротора к току полной нагрузки), но по указанию изготовителя.

[k] Нагрузка должна состоять из комбинаций конденсаторов, имеющихся в продаже, чтобы получить установившийся реактивный ток I_e, вычисленный согласно 9.3.3.3.4. Альтернативно, ёмкостные номинальные значения могут быть получены коммутационными испытаниями конденсаторов или назначены на основе установившейся практики и опыта. В качестве руководящего указания можно дать ссылку на формулу, приведенную в таблице 9, которая не учитывает тепловые эффекты из-за гармонических токов. Доступная допустимая нагрузка по току на испытательных клеммах не должна быть меньше, чем ожидаемый ток «r». Её можно быть определить при помощи аналитической оценки.

[l] Время включения должно быть достаточно длинным для того, чтобы достичь устойчивого тока.

[m] Время выключения согласно таблице 8. Значение разрядного резистора должно быть определено так, чтобы достичь значения менее 50 В в конце времени выключения

8.2.4.3 Износостойкость по *7.2.4.3* IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

8.2.4.3.1 Механическая износостойкость

Механическую износостойкость контактора или пускателя проверяют специальным испытанием, проводимым по усмотрению изготовителя. Рекомендации по проведению данного испытания содержатся в приложении B.

8.2.4.3.2 Коммутационная износостойкость

Коммутационную износостойкость контактора или пускателя проверяют специальным испытанием, проводимым по усмотрению изготовителя. Рекомендации по проведению данного испытания содержатся в приложении B.

8.2.4.4 Стойкость контакторов к токам перегрузки

Контакторы категории применения AC-3 или AC-4 должны выдерживать токи перегрузки, указанные в таблице 11, согласно 9.3.5.

Таблица 11 – Требования по стойкости к токам перегрузки

Номинальный рабочий ток, A	Испытательный ток	Продолжительность испытания, с
≤630	$8 \cdot I_e$ макс./AC-3	10 с
>630	$6 \cdot I_e$ макс./AC-3*	10 с
* Минимальное значение 5 040 A.		

Примечание – Испытание охватывает также режимы, в которых ток менее указанного в таблице 11, а испытание длится более 10 с, если не превышается значение I^2t.

8.2.5 Координация с устройствами для защиты от коротких замыканий

8.2.5.1 Работоспособность в условиях короткого замыкания (номинальный условный ток короткого замыкания)

Номинальный условный ток короткого замыкания контакторов и пускателей, защищенных одним или несколькими устройствами для защиты от коротких замыканий, комбинированных пускателей, комбинированных коммутационных аппаратов, защищенных пускателей и защищенных коммутационных аппаратов следует проверять в процессе испытаний на короткое замыкание согласно 9.3.4. Такие испытания обязательно проводятся в следующих случаях:

a) при соответствующем значении ожидаемого тока по таблице 13 (испытательным током «r»);

b) при номинальном условном токе короткого замыкания I_q, если «r».

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

Допускается координация двух типов 1 или 2. Условия испытания для обоих типов содержатся в 9.3.4.2.1 и 9.3.4.2.2.

Координация типа 1 требует, чтобы в условиях короткого замыкания контактор или пускатель не создавали опасности для людей или оборудования, хотя они могут оказаться непригодными для дальнейшей эксплуатации без ремонта и замены частей.

Координация типа 2 требует, чтобы в условиях короткого замыкания контактор или пускатель не создавали опасности для людей или оборудования и оставались пригодными для дальнейшей эксплуатации. Возможность сваривания контактов допускается, и в этом случае изготовитель должен рекомендовать меры по обслуживанию аппаратов.

Примечание – Применение УЗКЗ, не соответствующих рекомендациям изготовителя, может привести к нарушению координации.

8.2.5.2 Координация по току пересечения между пускателем и присоединенным УЗКЗ

Координацию проверяют специальным испытанием согласно В.4.

8.3 Электромагнитная совместимость (ЭМС)

8.3.1 Общие требования по 7.3.1 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Испытания магнитным полем промышленной частоты не требуются, так как аппараты естественно подвергаются воздействиям таких полей. Устойчивость к электромагнитным помехам доказывается успешным прохождением испытаний на работоспособность (см. 9.3.3.5 и 9.3.3.6).

Этим аппаратам присуща чувствительность к кратковременным понижениям напряжения и перерывам питания цепи управления, и реагировать они должны в пределах, указанных в 8.2.1.2. Проверку осуществляют испытанием на пределы срабатывания, указанные в 9.3.3.2.

8.3.2 Устойчивость к электромагнитным помехам

8.3.2.1 Аппараты, не содержащие электронных цепей по 7.3.2.1 IEC 60947-1.

8.3.2.2 Аппараты, содержащие электронные цепи по 7.3.2.2 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Результаты испытаний указывают, используя критерии работоспособности по таблице 12.

Таблица 12 – Специальные приемочные критерии для испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам

Объект испытаний	Приемочные критерии		
Общая работоспособность	Нормальная работоспособность в указанных пределах	Временная деградация или потеря функции или работоспособности с самовосстановлением	Временная деградация или потеря функции или работоспособности, требующие вмешательства оператора или переустановки системы. Отсутствие поврежденных компонентов
Функционирование силовых цепей и цепей управления	Отсутствие аномальной работы: - контактор должен остаться в ожидаемом состоянии; - реле перегрузки не должно отключиться	Временная аномальная работа, которая не может привести к отключению. Непреднамеренное размыкание или замыкание контактов исключено. Самовосстановление	Отключение реле перегрузки. Непреднамеренное размыкание или замыкание контактов. Отсутствие самовосстановления
Работа дисплеев и вспомогательных цепей	Отсутствие изменений в визуальной информации на дисплее. Наличие небольшой световой флуктуации светоизлучающих диодов или легкое дрожание изображения. Отсутствие аномальной работы вспомогательных контактов	Временные визуальные изменения, например нежелательное свечение светоизлучающих диодов. Непреднамеренное размыкание или замыкание вспомогательных контактов не допускается.	Постоянная потеря информации на дисплее. Непреднамеренное размыкание или замыкание вспомогательных контактов не допускается
Обработка и считывание информации	Связь, свободная от помех. Обмен данными с внешними источниками	Временные нарушения связи с возможными воздействиями извне с самовосстановлением	Потеря информации. Потеря данных и/или информации. Отсутствие самовосстановления

8.3.3 Излучение

Уровень жесткости, требующийся для окружающей среды B, перекрывает уровень, требующийся для среды A.

Аппараты, на которые распространяется настоящий стандарт, не образуют гармоник значительного уровня, поэтому испытаний на гармоники не требуется.

8.3.3.1 Аппараты, не содержащие электронных цепей по 7.3.3.1 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Аппараты, содержащие только такие компоненты, как диоды, варисторы, резисторы или конденсаторы, испытывать не требуется (например, ограничители импульсных перенапряжений).

8.3.3.2 Аппараты, содержащие электронные цепи по 7.3.3.2 IEC 60947-1.

9 Испытания

9.1 Виды испытаний

9.1.1 Общие положения по 8.1.1 IEC60947-1.

9.1.2 Типовые испытания

Типовые испытания предназначены для проверки соответствия настоящему стандарту конструкции контакторов и пускателей всех типов. Они предполагают проверку:

a) пределов превышения температуры (см. 9.3.3.3);

b) электроизоляционных свойств (см. 9.3.3.4);

c) номинальных включающей и отключающей способностей (см. 9.3.3.5);

d) способности к переключению и изменению направления вращения, когда уместно (см. 9.3.3.5);

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

f) срабатывания и его пределов (см. 9.3.3.1 и 9.3.3.2);

g) стойкости контакторов к токам перегрузки (см. 9.3.5);

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

i) механических свойств выводов (см. пункт 8.2.4 IEC 60947-1);

j) степени защиты контакторов и пускателей в оболочках [см. IEC 60947-1 *(*Приложение *C)*];

k) испытания на ЭМС, где они требуются (см. 9.4).

9.1.3 Контрольные испытания по 8.1.3 IEC 60947-1, когда вместо контрольных не проводятся выборочные испытания (см. 9.1.4).

Контрольные испытания контакторов и пускателей предполагают проверку:

- срабатывания и его пределов (см. 9.3.6.2);
- электроизоляционных свойств (см. 9.3.6.3).

9.1.4 Выборочные испытания

Выборочные испытания контакторов и пускателей предполагают проверку:- срабатывания и его пределов (см. 9.3.6.2);

- электроизоляционных свойств (см. 9.3.6.3) по 8.1.4 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

Изготовитель может по своему усмотрению проводить выборочные испытания вместо контрольных.

Выборка должна соответствовать или превышать следующие требования IEC 60410 [4] (см. таблицу II-A "Одноступенчатые выборочные планы при нормальном контроле"):

- выборка на основе AQL ≤ 1;
- приемочное число Ac = 0 (нет дефектов);
- браковочное число Re =1 (при одном дефекте проверяют всю партию).

Выборки берут с регулярными интервалами из каждой отдельной партии.

Могут использоваться альтернативные статистические методы, которые в части вышеуказанных требований обеспечивают соответствие IEC 60410 [4], например статистические методы управления непрерывным производством.

Выборочные испытания для проверки воздушных зазоров проводят в соответствии с 8.3.3.4.3 IEC 60947-1*)*.

9.1.5 Специальные испытания

9.1.5.1 Общие положения

К специальным относятся испытания на механическую и коммутационную износостойкость и проверка координации по току пересечения между пускателем и связанным с ним УЗКЗ (см. приложение B). Результаты испытаний могут быть использованы для получения данных, необходимых для назначений функциональной безопасности (см. приложение K).

9.1.5.2 Специальные испытания - влажное тепло, соляной туман, вибрация и удар

Требования к специальным испытаниям содержит IEC 60947-1 (приложение Q) [1], а также следующие дополнения.

Там, где согласно таблице Q.1 требуется проверка работоспособности при эксплуатации, это должно быть сделано согласно 9.3.6.2 настоящего стандарта.

Вибрационные испытания проводят на аппарате в разомкнутом и замкнутом положениях. При этом испытании реле перегрузки не должно сработать. Для проверки действия главных и вспомогательных контактов испытания проводят при любом значении тока/напряжения.

На удар аппарат испытывают в разомкнутом положении.

При испытании на сухое тепло аппарат должен быть в замкнутом положении в период кондиционирования [см. 5.3.3 IEC 60068].

Для категорий A, B и C испытание можно проводить без тока в цепи, а для категорий D, E и F испытание следует проводить при максимальном номинальном токе категории применения AC-3, но из практических соображений ток можно ограничить до 100 A. В течение последнего часа контактор должен сработать 5 раз. В ходе всего испытания реле перегрузки может сработать.

Для испытаний при низких температурах вместо испытания Ab следует выбрать испытание Ad, а аппарат должен быть в разомкнутом положении в течение периода охлаждения, затем в течение последнего часа к нему подают напряжение. Для категорий A, B и C испытание можно проводить без тока в цепи, а для категорий D, E и F испытание следует проводить при максимальном номинальном токе категории применения AC-3, но из практических соображений ток можно ограничить до 100 A. В течение последнего часа контактор должен сработать 5 раз. В ходе всего испытания реле перегрузки не должно сработать.

Испытание на влажное тепло для категорий A, B и C можно проводить без тока в цепи, а для категорий D, E и F испытание следует проводить на аппарате при

максимальном номинальном токе категории применения AC-3 в течение первого цикла и в обесточенном состоянии в течение второго цикла. Из практических соображений ток можно ограничить до 100 А. После стабилизации температуры во время первых двух часов первого цикла и во время последних двух часов второго цикла контактор должен сработать 5 раз. Реле перегрузки может сработать только, если это допускает его температурная характеристика.

По согласованию с изготовителем длительность периодов восстановления может быть уменьшена.

После испытания соляным туманом по согласованию с изготовителем аппарат может быть вымыт.

9.2 Соответствие требованиям к конструкции

Применяется 8.2 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

9.2.2 Электрическое исполнение безвинтовых зажимных элементов

Применяется 8.2.4.7 IEC 60947-1:2007, Изменение 1, со следующими изменениями:

Число образцов должно быть, по крайней мере, 4.

Вставка и отсоединение проводников должно быть выполнено в соответствии с инструкциями изготовителя.

Подходящая схема испытания показана на рисунке 10. Если точки измерения нельзя разместить в пределах 10 мм от точки контакта, то разность потенциалов между идеальными и фактическими точками измерения должна быть вычтена из измеренного падения напряжения. Эта разность потенциалов в пределах детали проводника должна быть определена подходящим методом измерения на одном образце при стабильной температуре. Методы измерения и результаты должны быть записаны в отчёт об испытании.

Испытательный ток – I_{th}.

Примечания

1 Обычно есть возможность оборудовать изделие, сделанное по IEC 60947-4-1, несколькими различными типами проводов (переплетенный, твердый, гибкий), что дает достаточное число испытаний для одних и тех же выводов.

2 Рассматриваются особые методы испытания с поперечными сечениями проводника больше чем 10 мм ².

3 Образец устройства можно оснащен отверстиями или эквивалентными средствами, которые обеспечат точки доступа для измерения падения напряжения на клемме.

9.3 Соответствие требованиям к работоспособности

9.3.1 Группы испытаний

Испытания каждой группы выполняются на новой выборке.

Примечания

1 При согласии изготовителя на одной выборке может быть выполнено несколько или все группы испытаний. Однако испытания должны выполняться в последовательности, указанной для каждого образца.

2 Некоторые испытания включаются в группы только для уменьшения числа необходимых выборок, и их результаты не сказываются на предшествующих или последующих испытаниях группы.

Поэтому для удобства испытаний или по договоренности с изготовителем эти испытания могут проводиться на отдельных новых выборках и не входить в соответствующую группу.

Это применимо только к следующим испытаниям:

- проверка расстояний путей утечки согласно перечислению 7 по 8.3.3.4.1 IEC 60947-1;
- механические свойства выводов согласно 8.2.4 IEC 60947-1;
- степени защиты оборудования в оболочках согласно приложения C IEC 60947-1.

Последовательность испытаний должна быть следующей.

a) Группа 1:

1) проверка превышения температуры (см. 9.3.3.3);

2) проверка срабатывания и его пределов (см. 9.3.3.1 и 9.3.3.2);

3) проверка электроизоляционных свойств (см. 9.3.3.4).

b) Группа 2:

1) проверка номинальной включающей и отключающей способностей, а также способностей к переключению источников питания и изменению направления вращения, где уместно (см. 9.3.3.5);

2) проверка условной работоспособности в условиях эксплуатации (см. 9.3.3.6).

c) Группа 3 - проверка работоспособности в условиях короткого замыкания (см. 9.3.4).

d) Группа 4 (только для контакторов) - проверка стойкости к токам перегрузки (см. 9.3.5).

e) Группа 5:

1) проверка механических свойств выводов [*см.* 8.2.4 IEC 60947-1].

2) проверка степеней защиты контакторов и пускателей в оболочках [см. приложение C IEC 60947-1].

Ни в одном из этих испытаний не допускаются отказы.

9.3.2 Общие условия испытаний

Применяется 8.3.2 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Выборка испытуемых образцов для серии аппаратов одной и той же основной конструкции и без значительных различий в конструкции должна быть основана на инженерном решении.

За исключением аппаратов, специально рассчитанных только на одну частоту тока, испытания проводят при частоте 50 Гц, которая охватывает и применения на 60 Гц и наоборот. Если не установлено иное в соответствующем пункте испытаний, крутящий момент при затягивании соединений должен указываться изготовителем, а если не указан - соответствовать данным таблицы 4 IEC 60947-1).

9.3.3 Работоспособность в условиях отсутствия нагрузки, нормальной нагрузки и перегрузки

9.3.3.1 Срабатывание

Следует проверить срабатывание контакторов и пускателей согласно требованиям 8.2.1.1.2.

При проверке нечувствительности пускателя к срабатыванию контактора следует пропускать через пускатель ток до достижения установившейся температуры согласно 8.2.2 и трижды приводить в действие контактор в нормальном

коммутационном цикле без преднамеренной паузы между срабатываниями. Срабатывание контактора не должно приводить к срабатыванию пускателя.

Если реле перегрузки снабжено комбинированным механизмом отключения и взвода, следует при замкнутом контакторе воздействовать на механизм взвода и тем самым вызвать отпадание контактора. Если реле перегрузки снабжено только механизмом взвода или раздельными механизмами отключения и взвода, следует при замкнутом контакторе и механизме в положении взвода воздействовать на механизм расцепления и тем самым вызвать отпадание контактора. Эти испытания служат для проверки невозможности препятствовать расцеплению при перегрузке путем удержания механизма в положении взвода.

Реостатные роторные пускатели подлежат испытаниям с целью проверки соответствия временной уставки реле с выдержкой времени и калибровки любых других аппаратов, применяемых для регулирования частоты пуска, пределам, установленным изготовителем.

Пусковые сопротивления следует проверять в каждой секции на соответствие указанным значениям с точностью ±10 %.

Следует удостовериться, что коммутационные аппараты в цепи ротора отсекают сопротивления каждой секции в правильной последовательности.

Следует также убедиться, что при разомкнутой цепи напряжения на выводах отводов автотрансформатора соответствуют проектным значениям, и как в положении пуска, так и во включенном положении соблюдается правильная последовательность фаз на выходных выводах двухступенчатого автотрансформаторного пускателя.

9.3.3.2 Пределы срабатывания

9.3.3.2.1 Аппараты с дистанционным управлением

Контакторы и пускатели подлежат испытанию на работоспособность согласно требованиям 8.2.1.2.

9.3.3.2.1.2 Расход энергии катушки

9.3.3.2.1.2.1 Общие положения

Катушка контактора оценивается как на удерживающую способность, так и на мощность срабатывания.

В том случае, когда различные катушки охватывают диапазон напряжений, 5 катушек должны быть испытаны следующим образом:

Катушка с самым низким номинальным напряжением питания цепей управления U_s, катушку с самым высоким номинальным напряжением питания цепей управления U_s, плюс 3 катушки, считающаяся представительной для катушек с самой высокой вычисленной удерживающей мощностью на усмотрение изготовителя.

Испытание необходимо выполнить при температуре окружающей среды (23±3) °С. Испытание должно быть выполнено без какой бы то ни было нагрузки в главных и вспомогательных контурах. На катушку необходимо подавать номинальное напряжение питания цепей управления U_s и при номинальной частоте.

Для заданной катушки, для которой заявлен диапазон напряжений, испытание должно быть выполнено при самом высоком напряжении при соответствующей частоте.

Измеренные значения должны быть получены методом измерения среднеквадратических значений, охватывающим, по крайней мере, полосу пропускания от 0 Гц до 10 кГц, а получающиеся значения мощности должны быть даны в пределах неопределённости измерения лучше, чем 5 %.

9.3.3.2.1.2.2 Удерживающая мощность для традиционного электромагнита и электромагнита с электронным управлением

Измерение тока $I_{(i)}$ катушки должно быть выполнено после того, как на катушку было подано напряжение, и она достигла устойчивой температуры.

Потребление удерживающей мощности определяется следующим образом:

$S_{h(i)} = U_{s(i)} \times I_{(i)}$ [Ва] для контактора, управляемого переменным током;

$P_{c(i)} = U_{s(i)} \times I_{(i)}$ [В] для контактора, управляемого постоянным током.

Опубликованное значение должно быть равно среднему значению 5 испытанных катушек.

$S_h = \Sigma(U_{s(i)} \times I_{(i)}) / 5$ [ВА], соответственно, $P_c = \Sigma(U_{s(i)} \times I_{(i)}) / 5$ [Вт]

Примечание E — рассеивание мощности для контактора, управляемого переменным током, также может быть выражено в [Вт], принимая во внимание коэффициент мощности.

9.3.3.2.1.2.3 Мощность срабатывания для контактора, управляемого переменным током или постоянным током, с отдельными обмоткой срабатывания и удерживающей обмоткой

Измерение срабатывания должно быть выполнено непосредственно после измерения тока удержания (см. 9.3.3.2.1.2.2).

Измерение тока $I_{(i)}$ катушки должно быть выполнено сразу же после того, как катушка была обесточена, а контактор был удержан в положении ВЫКЛ., а затем на него было повторно подано напряжение.

Расход мощности срабатывания определяется следующим образом:

$S_{p(i)} = U_s \times I_{(i)}$ [ВА] для контактора, управляемого переменным током;

$P_{p(i)} = U_s \times I_{(i)}$[Вт] для контактора, управляемого постоянным током с отдельными обмоткой срабатывания и удерживающей обмотками

Опубликованное значение должно быть равно среднему значению 5 испытанных катушек.

$S_p = \Sigma(U_{s(i)} \times I_{(i)}) / 5$ [ВА], соответственно, $P_p = \Sigma(U_{s(i)} \times I_{(i)}) / 5$ [Вт]

Примечание E – если в литературе изготовителя не указано иное, то для традиционного контактора, управляемого постоянным током, мощность срабатывания равна удерживающей мощности.

9.3.3.2.1.2.4 Мощность срабатывания для электромагнита с электронным управлением

9.3.3.2.1.3 Полное сопротивление полюса

Полное сопротивление полюса должно быть определено во время испытания и при условиях, данных в 9.3.3.3.4. Испытание в оболочке считается необходимым, даже если контактор может использоваться в отдельной оболочке.

Необходимо измерить падение напряжения U_d между линейной и нагрузочной выводами (выводы включены) контактора, предпочтительно в то же самое время, когда измеряется повышение температуры.

Полное сопротивление на полюс определяется следующим образом:

$Z = U_d / I_{th}$ (Ом)

Следует позаботиться о том, чтобы измерение падения напряжения не оказывало значительного влияния ни на повышение температуры, ни на полное сопротивление.

Примечание – Метод один и тот же, независимо от числа полюсов контактора.

9.3.3.2.2 Реле и расцепители

a) Срабатывание минимальных реле и расцепителей напряжения

Минимальные реле и расцепители напряжения подлежат испытаниям на соответствие требованиям 8.2.1.3. Каждый предел срабатывания должен быть проверен трижды.

При испытаниях на отпадание следует приблизительно в течение 1 мин равномерно понижать напряжение от номинального до нулевого.

b) Независимые расцепители

Независимые расцепители подлежат испытаниям на соответствие требованиям 8.2.1.4. Их срабатывание следует проверять при 70 % и 110 % номинального напряжения во всех рабочих положениях пускателя.

c) Тепловые, электронные и электромагнитные реле перегрузки с выдержкой времени

Реле перегрузки должны быть соединены с пускателями проводниками, соответствующими таблицам 9-11 IEC 60947-1, для проведения испытательных токов, равных:

- 100 % токовой уставки реле перегрузки для всех типов реле перегрузки классов расцепления 2, 3, 5 и 10 А (см. таблицу 2) и классов расцепления 10, 20, 30 и 40 для электронных типов реле перегрузки;
- 125 % токовой уставки реле перегрузки классов расцепления 10, 20, 30 и 40 (см. таблицу 2) для тепловых реле перегрузки и для реле перегрузки с максимальным временем расцепления по установленной характеристике более 40 с (см. 5.7.3).

Следует проверить срабатывание реле и расцепителей на соответствие 8.2.1.5.1 с током во всех полюсах.

Кроме того, следует проверить характеристики по 8.2.1.5.1 испытаниями при температурах минус 5 °С, плюс 20 °С и плюс 40 °С, также все заданные время-токовые характеристики вне диапазона от минус 5 °С до плюс 40 °С при минимальной и максимальной температурах. Однако для реле и расцепителей с заданной температурной компенсацией, если диапазон температур, указанный изготовителем, находится вне диапазона по таблице 3, характеристики при минус 5 °С и/или плюс 40 °С проверять не следует, если будучи испытаны при заданных минимальной и максимальной температурах соответствующие значения тока расцепления они не выходят за пределы, указанные для температур минус 5 °С и/или плюс 40 °С в таблице 3.

Для электронных реле перегрузки испытание на проверку тепловой памяти согласно 8.2.1.5.1.2 проводят при температуре плюс 20 °С.

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

d) Электромагнитные реле перегрузки мгновенного действия

Каждое реле следует испытывать отдельно. Протекающий через реле ток следует увеличивать со скоростью, дающей возможность снимать точные показания. Значения должны соответствовать указанным в 8.2.1.5.3.

e) Минимальные реле тока

Пределы срабатывания следует проверять согласно 8.2.1.5.4.1.

f) Минимальные реле тока в автоматических выключателях питания

Пределы срабатывания следует проверять согласно 8.2.1.5.4.2.

g) Реле, чувствительные к опрокидыванию ротора

Пределы срабатывания следует проверять согласно 8.2.1.5.5.

Для токочувствительных реле опрокидывания ротора проверку следует проводить для минимальной и максимальной уставок потоку и для минимального и максимального времени торможения при опрокидывании (всего четыре уставки).

h) Реле упора

Пределы срабатывания следует проверять согласно 8.2.1.5.6.

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

Для каждой из четырех уставок испытание выполняют в следующих условиях:

- Подают испытательный ток, равный 95 % уставки по току. Реле упора не должно сработать.

- Увеличивают значение испытательного тока до 120 % уставки по току. Реле упора должно сработать согласно требованиям 8.2.1.5.6.

9.3.3 Превышение температуры

9.3.3.3.1 Температура окружающего воздуха по 8.3.3.3.1 IEC 60947-1

9.3.3.3.2 Измерение температуры частей контакторов и пускателей по 8.3.3.3.2 IEC 60947-1.

9.3.3.3.3 Превышение температуры частей контакторов и пускателей по 8.3.3.3.3 IEC 60947-1

9.3.3.3.4 Превышение температуры главной цепи по 8.3.3.3.4 IEC 60947-1 со следующими дополнениями

Нагрузка главной цепи должна соответствовать 8.2.2.4.

Все вспомогательные цепи, нормально проводящие ток, должны обтекаться их максимальным номинальным рабочим током (см. 5.6), а в цепи управления следует подавать их номинальное напряжение.

Пускатель должен быть оснащен реле перегрузки, соответствующим 5.7.4 и выбираемым, как указано ниже:

- нерегулируемое реле – токовая уставка должна равняться максимальному рабочему току пускателя, и испытание должно проводиться при этом токе;

- регулируемое реле – максимальная токовая уставка должна быть ближайшей к максимальному рабочему току пускателя, но не превышать его. Для испытаний должно использоваться реле перегрузки с токовой уставкой, ближайшей к максимуму диапазона.

Примечание – Выбор реле перегрузки по токовой уставке должен гарантировать, что превышение температуры присоединенных на месте установки выводов реле перегрузки и рассеиваемая мощность пускателя окажутся не меньше возможных при любой комбинации реле и контактора. В случаях, когда влияние реле перегрузки на эти параметры незначительно (например, при использовании электронных реле перегрузки), испытательный ток должен всегда равняться максимальному рабочему току пускателя.

9.3.3.3.5 Превышение температуры цепей управления по 8.3.3.3.5 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Превышение температуры следует измерять во время испытания по 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.6 Превышение температуры катушек и электромагнитов по 8.3.3.3.6 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

a) Электромагниты контакторов или пускателей, предназначенных для эксплуатации в продолжительном или 8-часовом режимах, подлежат только испытаниям по 8.2.2.7.1 при протекании по главной цепи во время испытания

соответствующего номинального тока. Превышение температуры следует измерять во время испытания по 9.3.3.3.4.

b) Электромагниты контакторов или пускателей, предназначенных для эксплуатации в повторно-кратковременном режиме, подлежат описанному выше испытанию, а также предписанному для соответствующего класса режима испытанию по 8.2.2.7.2 при обесточенной главной цепи.

c) Обмотки со специальными номиналами (для кратковременного и периодического режимов эксплуатации) подлежат испытанию по 8.2.2.7.3 при обесточенной главной цепи.

9.3.3.3.7 Превышение температуры вспомогательных цепей по 8.3.3.3.7 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Превышение температуры следует измерять во время испытания по 9.3.3.3.4.

9.3.3.3.8 Превышение температуры пусковых сопротивлений в реостатных роторных пускателях

Превышение температуры сопротивлений не должно выходить за пределы, указанные в IEC 60947-1 таблица 3*)*, при эксплуатации пускателя в его номинальном режиме (см. 5.3.4) и согласно его пусковым характеристикам (см. 5.3.5.5.1).

Ток, протекающий по каждой секции сопротивлений, должен быть термически эквивалентен току во время пуска, когда коммутируемый двигатель работает с максимальным пусковым вращающим моментом и при номинальном времени пуска пускателя (см. 5.3.4 и 5.3.5.5.1), на практике возможно использование тока I_m.

Пусковые операции должны быть равномерно распределены во времени соответственно числу пусков в час.

Превышение температуры оболочек и выходящего из них воздуха не должно выходить за пределы, указанные в таблице 3 IEC 60947-1.

Примечание – Практически невозможно проверить работоспособность пусковых сопротивлений во всех комбинациях мощности двигателя, напряжения и тока ротора, требуется только проведение достаточного числа испытаний для доказательства путем интерполяции или дедукции соответствия настоящему стандарту.

9.3.3.3.9 Превышение температуры автотрансформатора в двухступенчатых автотрансформаторных пускателях

Температура автотрансформатора не должна превышать значений, указанных в таблице 5, более чем на 15 % (см. 8.2.2) и указанных в таблице 3 IEC 60947-1, когда пускатель работает в своем номинальном режиме (см. 5.3.4).

Ток, протекающий по каждой обмотке автотрансформатора, должен быть термически эквивалентен току при работе коммутируемого двигателя на максимальном пусковом токе при номинальном времени пуска (см. 5.3.5.5.3); предполагается, что это состояние достигается, когда ток, отдаваемый автотрансформатором во время пуска, равен максимальному пусковому току, умноженному на (см. 5.3.1.4).

Циклы оперирования должны быть равномерно распределены во времени соответственно числу пусков в час (см. 5.3.4.3).

После двух последовательных циклов оперирования (см. 5.3.4.3) температура автотрансформатора может превысить максимальные значения, указанные в 8.2.2, но без повреждения автотрансформатора.

В случае применения автотрансформатора с несколькими группами отводов испытанию должны подвергаться отводы с наибольшими потерями мощности в автотрансформаторе в течение времени, достаточного для достижения установившегося значения температуры.

Для облегчения этого испытания двигатель можно заменить полными сопротивлениями, соединенными в схему звезды.

9.3.3.4 Электроизоляционные свойства по 8.3.3.4 IEC 60947-1 со следующими изменениями.

9.3.3.4.1 Типовые испытания по 8.3.3.4.1 со следующими дополнениями:

- в конце перечисления 1): Металлическую фольгу следует прикладывать ко всем поверхностям, которых касается персонал при нормальном оперировании или регулировании аппаратов, и там, где к таким поверхностям можно прикоснуться стандартным испытательным пальцем.

Металлическую фольгу не прикладывают при проверке устойчивости к току промышленной частоты после коммутационных испытаний и испытаний на короткое замыкание;

- после второго абзаца перечисления 2) b):

Цепи контактора или пускателя, содержащие аппараты, которые подвергались испытанию U_{imp} напряжениями менее тех, что указаны в 7.2.3.1 и 8.3.3.4.2 IEC 60947-1, могут быть отсоединены для данного испытания по указанию изготовителя;

- после перечисления 2) c) ii):

Если цепи управления, нормально подсоединенные в главную цепь, отсоединены согласно 8.3.3.4.1 IEC 60947-1, пункт *2) b)*], в протоколе испытаний следует указать способ, использованный для удержания главных контактов в замкнутом положении;

- после перечисления 8) 8.3.3.4.1 IEC 60947-1:

Ток утечки в каждом полюсе аппарата, пригодного для разъединения, измеряемый в разомкнутом положении контактов при испытательном напряжении 1,1 U_e, не должен превышать 0,5 мА.

Проверка импульсного выдерживаемого напряжения на разомкнутых контактах не требуется для аппаратов, не пригодных для разъединения, [см. 8.3.3.4.1 IEC 60947-1 *(пункт 2) c) iv)*].

9.3.3.5 Включающая и отключающая способности по 8.3.3.5 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

9.3.3.5.1 Общие условия испытаний

Испытания должны быть выполнены в рабочих условиях по таблице 7 без отказов [см. 9.3.3.5.5, перечисление f].

Входное напряжение цепи управления должно составлять 100 % U_s, за исключением испытаний только на включение в категориях применения АС-3 и АС-4, при которых входное напряжение цепи управления должно равняться 110 % U_s для половины циклов оперирования и 85 % U_s для второй половины циклов.

Примечание – если нет никакой разницы между U_s и U_c, то испытание необходимо выполнить, соответственно, с U_c.

Соединения с главной цепью должны быть аналогичны предусмотренным для использования в условиях эксплуатации контактора или пускателя. При необходимости или для удобства питание цепей управления или вспомогательных цепей, в частности катушки электромагнита контактора или пускателя, может осуществляться от независимого источника. Этот источник должен обеспечивать ток такого же рода и напряжения, как предусмотрено в условиях эксплуатации.

При проведении испытаний на номинальную включающую и отключающую способности можно замкнуть накоротко реле перегрузки и УЗКЗ.

9.3.3.5.2 Испытательная цепь по 8.3.3.5.2 IEC 60947-1.

9.3.3.5.3 Характеристики восстанавливающегося напряжения 8.3.3.5.3 IEC 60947-1 действителен для категорий применения АС-2, АС-3, АС-4, АС-8a и АС-8b (см. таблицу 1).

При испытаниях только на включающую способность (в категориях АС-3 и АС-4) регулировать коэффициент или частоту колебаний не требуется.

9.3.3.5.4 Свободный

Действителен 8.3.3.5.4 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

Коммутационные перенапряжения следует проверять у многополюсных аппаратов на выходной стороне между фазами, у однополюсных – на выводах нагрузки.

Методика испытаний – в стадии изучения.

9.3.3.5.5 Номинальная включающая и отключающая способности

Если контактор в пускателе самостоятельно удовлетворяет требованиям нижеследующего перечисления a) для данной категории применения пускателя, этот пускатель испытывать не требуется.

a) Номинальная включающая и отключающая способности контакторов.

Контактор должен включать и отключать ток в соответствии со своей категорией применения на протяжении числа циклов оперирования согласно таблице 7. См. также нижеследующее перечисление d) для реверсивных контакторов.

Контакторы категорий применения АС-3 и АС-4 должны подвергаться 50 включениям и отключениям отдельным коммутационным аппаратом, затем 50 включениям и отключениям.

b) Номинальная включающая и отключающая способности пускателей прямого действия и на два направления вращения (АС-3), а также коммутационных аппаратов цепи статора реостатных роторных пускателей (АС-2).

Пускатель должен включать и отключать ток в соответствии со своей категорией применения на протяжении числа циклов оперирования согласно Таблице 7.

Пускатели категории применения АС-3 должны подвергаться 50 включениям и отключениям отдельным коммутационным аппаратом, затем 50 включениям и отключениям.

c) Номинальная включающая и отключающая способности и способность к переключению источников питания пускателей со схемой звезда-треугольник (АС-3) и двухступенчатых автотрансформаторных пускателей (АС-3).

Пускатель должен включать и отключать токи в соответствии со своей категорией применения, указанные в таблице 7.

Вначале пускатели в пусковом положении и во включенном положении или в схеме треугольник должны подвергнуться только 50 включениям, тогда как отключение проводится отдельным коммутационным аппаратом. Затем пускатель подвергают 50 включениям и отключениям. Каждый цикл оперирования должен состоять из:

- включения тока в пусковом положении или в схеме звезда;
- отключения тока в пусковом положении или в схеме звезда;
- включения тока во включенном положении или в схеме треугольник;
- отключения тока во включенном положении или в схеме треугольник;
- паузы.

Цепь нагрузки должна быть подключена к пускателю аналогично обмоткам двигателя. Номинальный рабочий ток пускателя (I_e) - это ток во включенном положении или в схеме треугольник.

Примечание – У пускателей со схемой звезда-треугольник важно измерять испытательные токи в схемах звезда и треугольник, поскольку на коэффициент трансформации заметно влияет входное полное сопротивление.

Если у трансформатора более одного выходного напряжения, его следует присоединить так, чтобы обеспечить наибольшее пусковое напряжение.

Время протекания тока в пусковом и включенном положениях, а также время обесточивания должны соответствовать таблице 7.

d) Номинальная включающая и отключающая способности пускателей прямого действия и реверсивных пускателей (AC-4)

Пускатели должны включать и выключать токи, указанные в таблице 7.

Вначале должны быть выполнены 50 включений с отключением тока отдельным коммутационным аппаратом, а затем 50 включений и отключений.

Цепь нагрузки должна быть подключена к пускателю аналогично обмоткам двигателя.

У пускателей, состоящих из двух контакторов, оба контактора A и B следует использовать и соединить, 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" должно осуществляться настолько быстро, насколько допускает нормальная система управления.

Следует использовать механическую или электрическую блокировки, предусмотренные в пускателе или возможные при соединении контакторов в реверсивном устройстве.

Если реверсирующая схема такова, что возможно одновременное питание обоих контакторов, следует выполнить еще 10 дополнительных циклов с одновременным питанием.

e) Номинальная включающая и отключающая способности коммутационных аппаратов в цепи ротора реостатного роторного пускателя

Включающую и отключающую способности коммутационных аппаратов в цепи ротора следует проверять согласно перечислению b) 9.3.3.5.5 для категории применения AC-2, где $I_e = I_{er}$ (максимальному номинальному току ротора, на который рассчитан пускатель). $U_e = U_{er}$ (номинальному рабочему напряжению ротора) U/U_e, должно равняться 0,8. Коэффициент мощности должен составлять 0,95. При проведении этих испытаний пусковые сопротивления можно отсоединить, а испытание пускателей с более чем двумя ступенями следует проводить поочередно на каждом коммутационном аппарате. Поскольку у пускателей с более чем двумя ступенями коммутационные аппараты в цепи ротора не отключают и не включают ток при полном напряжении ротора, испытательное напряжение можно снизить пропорционально соотношению.

Включенное пусковое сопротивление
Общее пусковое сопротивление

Если пускатель присоединен так, что выключатель в цепи статора разрывает цепь до размыкания коммутационных аппаратов в цепи ротора, проверять отключающую способность не требуется.

Для коммутационных аппаратов в цепи ротора, удовлетворяющих приведенным требованиям, дополнительные испытание не нужны.

f) Поведение и состояние контактора или пускателя во время или после испытаний на включающую и отключающую способности, переключение и реверсирование

Во время испытаний в пределах указанной включающей и отключающей способностей по 9.3.3.5 и проверки условной работоспособности в процессе эксплуатации по 9.3.3.6.1–9.3.3.6.6 не допускаются затяжка дуги, перекрытие между полюсами, расплавление плавкого элемента в цепи заземления (см. 9.3.3.5.2) и сваривание контактов.

При воздействии на контактор или пускатель соответствующим методом управления контакты должны работать.

9.3.3.6 Работоспособность в процессе эксплуатации по *8.3.3.6* IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

Испытания на условную работоспособность предназначены для проверки способности контактора или пускателя удовлетворять требованиям таблицы 10.

Соединения с главной цепью должны быть аналогичны предусмотренным для использования в процессе эксплуатации контактора или пускателя.

При проведении этих испытаний можно замкнуть накоротко реле перегрузки и УЗКЗ пускателя.

Можно использовать испытательную цепь по 9.3.3.5.2, а нагрузку отрегулировать согласно 9.3.3.5.3.

Напряжение цепи управления должно составлять 100 % ее номинального входного напряжения.

Если контактор в пускателе самостоятельно удовлетворяет требованиям 9.3.3.6.1 для категории применения данного пускателя, испытывать пускатель не требуется.

9.3.3.6.1 Условная работоспособность контакторов

Контактор должен включать и отключать ток соответственно его категории применения на протяжении числа циклов оперирования по таблице 10. См. также 9.3.3.6.4.

9.3.3.6.2 Условная работоспособность пускателей прямого действия, пускателей на два направления вращения (АС-3) и коммутационных аппаратов в цепи статора реостатных роторных пускателей (АС-2).

Пускатель должен включать и отключать ток соответственно его категории применения на протяжении числа циклов оперирования по таблице 10.

9.3.3.6.3 Условная работоспособность пускателей со схемой звезда-треугольник (АС-3) и двухступенчатых автотрансформаторных пускателей (АС-3).

Пускатель должен включать и отключать ток соответственно его категории применения на протяжении числа циклов оперирования по таблице 10.

Методика испытания должна соответствовать перечислению c) 9.3.3.5.5, за исключением выполнения только 50 включений.

9.3.3.6.4 Условная работоспособность пускателей прямого действия и реверсивных пускателей (АС-4)

Пускатель должен включать и отключать ток соответственно его категории применения на протяжении числа циклов оперирования по таблице 10.

Методика испытания должна соответствовать перечислению d), 9.3.3.5.5, за исключением выполнения 50 включений и 10 дополнительных циклов одновременного питания.

9.3.3.6.5 Условная работоспособность коммутационных аппаратов в цепи ротора реостатного роторного пускателя

Проверку условной работоспособности коммутационных аппаратов в цепи ротора реостатного роторного пускателя следует проводить по 9.3.3.6.1 для категории АС-2, указанной в таблице 10.

Методика испытания должна соответствовать перечислению e) 9.3.3.5.5.

9.3.3.6.6 Поведение контактора или пускателя во время и состояние после испытаний на условную работоспособность

Должны быть выполнены требования перечисления f) 9.3.3.5.5, а затем проведена проверка на устойчивость к току промышленной частоты согласно 8.3.3.4.1 IEC 60947-1 пункт 4.

Ток утечки в каждом полюсе аппарата, пригодного для разъединения, измеряемый в разомкнутом положении контактов при испытательном напряжении 1,1 U_e, не должен превышать 2 мА.

Аппарат, оснащенный зеркальными контактами, должен быть подвергнут дополнительному испытанию по F.7.3.

9.3.4 Работоспособность в условиях короткого замыкания

В настоящем пункте определяются условия испытаний для проверки соответствия требованиям 8.2.5.1. Специфические требования, относящиеся к методике испытания, циклам испытаний, состоянию аппаратов после испытаний и типам координации, содержатся в 9.3.4.1 и 9.3.4.2.

9.3.4.1 Общие условия испытаний на короткое замыкание

9.3.4.1.1 Общие требования к испытаниям на короткое замыкание по *8.3.4.1.1* IEC 60947-1 со следующим изменением.

Если испытанные аппараты открытого исполнения могут также использоваться в индивидуальных оболочках, они должны подвергнуться дополнительному испытанию в наименьшей из оболочек, указанной изготовителем.

При испытании аппарата только открытого исполнения должно быть предусмотрено указание о непригодности к использованию в индивидуальной оболочке.

Индивидуальная оболочка должна соответствовать техническим условиям изготовителя. Если имеется несколько вариантов исполнения оболочек, то берут оболочку наименьшего размера.

Стационарные и передвижные НКУ в оболочках испытывают согласно IEC 60947-1.

9.3.4.1.2 Испытательная цепь для проверки номинальных характеристик при коротких замыканиях

Действителен 8.3.4.1.2 IEC 60947-1, за исключением того, что для координации типа 1 плавкий элемент и сопротивление заменяют одножильным проводом с поперечным сечением 6 мм , длиной от 1,2 до 1,8 м, присоединенным к нейтрали или, с согласия изготовителя, к одной из фаз.

Примечание – Провод увеличенного сечения используют не как детектор аварийного тока, а для создания состояния "заземлено", позволяющего оценить повреждения.

9.3.4.1.3 Коэффициент мощности испытательной цепи по 8.3.4.1.3 IEC 60947-1

9.3.4.1.4 Постоянная времени испытательной цепи по *8.3.4.1.4* IEC 60947-1.

9.3.4.1.5 Калибровка испытательной цепи по 8.3.4.1.5 IEC 60947-1

9.3.4.1.6 Методика испытания по 8.3.4.1.6 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

Контактор или пускатель и связанное с ним УЗКЗ либо комбинированный пускатель, комбинированный коммутационный аппарат, защищенный пускатель или защищенный коммутационный аппарат следует установить и присоединить как в нормальных условиях эксплуатации. Их следует присоединять к испытательной цепи кабелем максимальной длины 2,4 м (соответственно рабочему току пускателя) для каждой главной цепи.

Если УЗКЗ отделено от пускателя, его следует соединить с пускателем, используя вышеуказанный кабель. (Общая длина кабеля не должна превышать 2,4 м.)

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

9.3.4.1.7 Свободный

9.3.4.1.8 Интерпретация записей по *8.3.4.1.8* IEC 60947-1

9.3.4.2 Условный ток короткого замыкания контакторов, пускателей, комбинированных пускателей, комбинированных коммутационных аппаратов, защищенных пускателей и защищенных коммутационных аппаратов

Контактор или пускатель и связанное с ним УЗКЗ либо комбинированный пускатель, комбинированный коммутационный аппарат, защищенный пускатель или защищенный коммутационный аппарат подлежат испытаниям по 9.3.4.2.1 и 9.3.4.2.2. Эти испытания должны проводиться так, чтобы охватить максимальные значения I_e и U_e для категории применения АС-3.

У контактора или пускателя с электромагнитным приводом электромагнит должен удерживаться в замкнутом положении путем подачи от отдельного источника питания тока при номинальном входящем напряжении цепи управления

Следует использовать УЗКЗ по 8.2.5.1. Если УЗКЗ – автоматический выключатель с регулируемой уставкой по току, для проведения испытаний следует отрегулировать выключатель на максимальную уставку для указанного типа координации и селективности.

Во время эксплуатации все отверстия в оболочке должны быть закрыты как в нормальных условиях эксплуатации, а дверка или панель должна быть замкнута предусмотренным способом.

Пускатель, удовлетворяющий некоторому диапазону номинальных характеристик двигателя и оснащаемый сменными реле перегрузки, подлежит испытаниям в сочетании с реле перегрузки, обладающими наибольшим и наименьшим полными сопротивлениями, и соответствующими УЗКЗ.

При координации типа 1 для каждой операции, указанной в 9.3.4.2.1 и 9.3.4.2.2, можно использовать новый образец.

При координации типа 2 для испытания при ожидаемом токе «r» (см. 9.3.4.2.1) и при токе I_q (см. 9.3.4.2.2) должно быть использовано по одному образцу. По согласованию с изготовителем испытания при токах r и I_q могут быть проведены на одном и том же образце.

9.3.4.2.1 Испытание на ожидаемом токе «r»

Цепь должна быть отрегулирована на ожидаемый испытательный ток, соответствующий номинальному рабочему току I_e по таблице 13. Затем к этой цепи следует присоединить контактор или пускатель и связанное с ним УЗКЗ либо комбинированный пускатель, комбинированный коммутационный аппарат, защищенный пускатель или защищенный коммутационный аппарат.

Таблица 13 – Значение ожидаемого испытательного тока в зависимости от номинального рабочего тока

Номинальный рабочий ток (AC-3) I_e, A	Ожидаемый ток «r» кА
$I_e \leq 16$	1
$16 < I_e \leq 63$	3
$63 < I_e \leq 125$	5
$125 < I_e \leq 315$	10
$315 < I_e \leq 630$	18
$630 < I_e \leq 1\,000$	30
$1\,000 < I_e \leq 1\,600$	42
	Подлежит согласованию между изготовителем и потребителем

[a] 3 Если контактор или пускатель не имеет категории применения AC-3, ожидаемый ток «r» должен соответствовать наибольшему номинальному рабочему току при любой категории применения, указанной изготовителем.

Таблица 17 — Значение ожидаемого испытательного тока по номинальному рабочему току (гармонизированная таблица)

Номинальный рабочий ток I_e (AC-3) [a,e] A	Ожидаемый ток «r» кА [f]	Коэффициент мощности
$I_e \leq 12$	1	0,7 — 0,8
$12 < I_e \leq 50$ b	3	0,7 — 0,8
$50 < I_e \leq 100$ c	5	0,7 — 0,8
$100 < I_e \leq 250$ d	10	0,5 — 0,7
$250 < I_e \leq 500$	18	0,2 — 0,3
$500 < I_e \leq 800$	30	0,2 — 0,3
$800 < I_e \leq 1\,300$	42	0,2 — 0,3
$1\,300 < I_e$	По соглашению между изготовителем и пользователем	0,2 — 0,3

a Если контактор или пускатель не определены по категории использования AC-3, то ожидаемый ток «r» должен быть предметом соглашения между изготовителем и пользователем.

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 маркирован как «ток полной нагрузки двигателя».

f В Северной Америке ожидаемый ток «r» может называться «стандартный

Примечание — Таблица 17 была введена для гармонизации с U_L 60947-4-1 и эквивалентна U_L 60947-4-1

Должна выполняться такая последовательность операций:

a) одно отключение УЗКЗ при всех коммутационных аппаратах, замкнутых перед испытанием (операция О);

b) одно отключение УЗКЗ путем включения контактора или пускателя на короткое замыкание (операция СО).

Коэффициент мощности или постоянная времени должны соответствовать *8.3.4.1.3 или 8.3.4.1.4 .*

9.3.4.2.2 Испытание при номинальном условном токе короткого замыкания

Примечание – Испытание проводят, если ток I_q выше, чем ток «r».

Цепь следует отрегулировать на ожидаемый ток короткого замыкания I_q, равный номинальному условному току короткого замыкания.

Если УЗКЗ – плавкий предохранитель, а испытательный ток не выходит за пределы его токоограничения, то плавкий предохранитель следует по возможности выбирать с расчетом на получение максимального пикового сквозного тока (I_p) и максимальной сквозной энергии (I^2t).

Затем к цепи следует присоединить контактор или пускатель и связанное с ним УЗКЗ либо комбинированный пускатель, комбинированный коммутационный аппарат, защищенный пускатель или защищенный коммутационный аппарат.

Должна выполняться такая последовательность операций:

a) одно отключение УЗКЗ при всех коммутационных аппаратах, замкнутых перед испытанием (операция О);

b) одно отключение УЗКЗ путем включения контактора или пускателя на короткое замыкание (операция СО).

c) Если в комбинированном или защищенном пускателе наибольшая отключающая способность коммутационного аппарата УЗКЗ или ток короткого замыкания ниже номинального условного тока короткого замыкания комбинированного или защищенного пускателя, необходимо провести следующее дополнительное испытание:

- одно отключение УЗКЗ путем короткого замыкания коммутационного аппарата (выключателя или автоматического выключателя) (операция СО), контактор или пускатель уже замкнут. Эта операция может быть выполнена либо на новом образце (пускатель и УЗКЗ), либо на первом образце с согласия изготовителя. После этой операции должно быть проверено только выполнение условий перечислений a) –g) 9.3.4.2.3.

9.3.4.2.3 Получаемые результаты

Контактор, пускатель либо комбинированный пускатель, комбинированный коммутационный аппарат, защищенный пускатель или защищенный коммутационный аппарат следует считать выдержавшим испытания на ожидаемых токах «r» и (где уместно) I_q, если удовлетворяются требования к указанному типу координации:

Координация обоих типов (для всех аппаратов)

a) УЗКЗ (комбинированный пускатель или комбинированный коммутационный аппарат) успешно отключило аварийный ток, а плавкий предохранитель либо плавкий элемент или твердое соединение между оболочкой и источником питания не расплавились.

b) Дверка или крышка оболочки не раскрылась под воздействием дутья, и ее можно открыть. Деформацию оболочки оценивают как допустимую, если степень защиты, обеспечиваемая оболочкой, не ниже IP2X.

c) Проводники или выводы не повреждены, и проводники не оторвались от выводов.

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

Координация обоих типов (только для комбинированных пускателей и коммутационных аппаратов или защищенных пускателей и коммутационных аппаратов)

e) Автоматический или неавтоматический выключатель можно разомкнуть вручную при помощи органа управления.

f) Ни один из концов УЗКЗ не оторвался полностью от опоры в сторону открытой токопроводящей части.

g) Если используют автоматический выключатель, номинальная предельная наибольшая отключающая способность которого меньше номинального условного тока короткого замыкания, указанного для данного комбинированного пускателя или коммутационного аппарата либо защищенного пускателя или коммутационного аппарата, следует испытать этот выключатель на расцепление:

1) автоматические выключатели с реле или расцепителями мгновенного действия - при 120% тока расцепления;

2) автоматические выключатели с реле или расцепителями перегрузки - при 250% номинального тока автоматического выключателя.

Координация типа 1 (для всех аппаратов)

h) Разряды за пределами оболочки отсутствовали. Повреждение контактора и реле перегрузки приемлемое. Пускатель может после каждого срабатывания выходить из строя. Поэтому его следует осматривать, если требуется, взводить заново контактор и/или реле перегрузки и расцепитель автоматического выключателя, а в случае использования для защиты плавкого предохранителя - заменять все плавкие вставки.

Координация типа 1 (только для комбинированных и защищенных пускателей)

i) Электрическую прочность изоляции проверяют в соответствии с 8.3.3.4.1, пункт 4) IEC 60947-1, после каждого срабатывания (при токах «r» и «I_q») испытанием изоляции всего узла в комплекте (УЗКЗ и контактора/пускателя, но до замены частей) с использованием практически синусоидального испытательного напряжения, равного удвоенному номинальному рабочему напряжению U_e, но не ниже 1000 В. Испытательное напряжение должно быть приложено к входным выводам питания при разомкнутом неавтоматическом или автоматическом выключателе:

- между каждым полюсом и всеми остальными полюсами, присоединенными к корпусу пускателя;
- между всеми находящимися под напряжением частями всех полюсов, соединенными между собой, и корпусом пускателя;
- между входными выводами, соединенными между собой, и выходными выводами, соединенными между собой.

У аппарата, пригодного для разъединения, ток утечки измеряют в каждом полюсе в разомкнутом положении контактов при испытательном напряжении, равном 1,1 U_e, но не более 6 мА.

Координация типа 2 (для всех аппаратов)

j) Реле перегрузки и другие части не получили никаких повреждений, но допускается сваривание контактов пускателя или контактора, если они легко разъединяются (например, отверткой) без заметной деформации; однако не допускается замена частей во время испытания, за исключением плавких вставок в случае использования плавких предохранителей.

В случае сваривания контактов, как это описано выше, функционирование устройства проверяют выполнением 10 циклов срабатывания при условиях, указанных в таблице 10 для соответствующей категории применения.

k) Расцепление реле перегрузки следует проверять при токе, кратном уставке, на соответствие приведенной характеристике расцепления по 5.7.5 до и после испытания на короткое замыкание.

l) Электрическую прочность изоляции проверяют в соответствии с перечислением 4 *8.3.3.4.1* IEC 60947-1 проведением испытаний на контакторе, пускателе, комбинированном пускателе, комбинированном коммутационном аппарате, защищенном пускателе или защищенном коммутационном аппарате с использованием практически синусоидального испытательного напряжения, равного удвоенному номинальному рабочему напряжению U_e, но не ниже 1000 В.

Комбинированные пускатели и коммутационные аппараты, защищенные пускатели и коммутационные аппараты должны подвергнуться дополнительным испытаниям по *пункт 3) 8.3.3.4.1]* на главных полюсах аппарата при разомкнутых контактах автоматического или неавтоматического выключателя и замкнутых контактах пускателя.

Ток утечки у аппарата, пригодного для разъединения, измеряют в каждом полюсе при разомкнутых контактах и испытательном напряжении 1,1 U_e, но не более 2 мА.

Плавкие вставки (при наличии) закорачивают.

9.3.5 Стойкость контакторов к токам перегрузки

Для этого испытания контактор следует установить, присоединить и приводить в действие согласно 9.3.2.

Испытывают одновременно все полюса контактора при значениях тока перегрузки и длительности его протекания согласно 8.2.4.4. Испытание выполняют при любом удобном напряжении и комнатной температуре контактора в начале испытания.

После испытания контактор должен оставаться практически в том же состоянии, что и до него. Это проверяют визуально.

Примечание – Значение I^2t (интеграл Джоуля), рассчитанное по результатам этого испытания, нельзя использовать для оценки работоспособности контактора в условиях короткого замыкания.

9.3.6 Контрольные испытания со сплошным и выборочным контролем

9.3.6.1 Общие положения

Испытания проводят в таких же условиях или эквивалентных предписанным для типовых испытаний в соответствующих частях 9.1.2. Однако пределы срабатывания по 9.3.3.2 можно проверять при преобладающей температуре окружающего воздуха и на отдельном реле перегрузки, при этом могут потребоваться поправки для приведения к нормальным условиям окружающей среды.

9.3.6.2 Срабатывание и его пределы

Электромагнитные, пневматические и электропневматические контакторы испытывают на срабатывание в пределах, указанных в 8.2.1.2.

Ручные пускатели испытывают для проверки правильности срабатывания (см. 8.2.1.2–8.2.1.4).

Примечание – Для данных испытаний не требуется достижение теплового равновесия. Отсутствие теплового равновесия может компенсироваться использованием последовательно подключенного сопротивления или соответствующим снижением пределов напряжения.

Необходимы испытания для проверки калибровки реле перегрузки с выдержкой времени. Это может быть единичное испытание с одновременной подачей во все полюса тока, кратного уставке, чтобы убедиться, что время расцепления совпадает (в пределах допусков) с кривыми, представленными изготовителем; для электромагнитного реле перегрузки мгновенного действия испытательный ток должен составлять 1,1 тока уставки. Для минимальных реле тока, реле, чувствительных к опрокидыванию ротора, и реле упора испытания проводят для проверки правильности срабатывания этих реле (см. 8.2.1.5.4–8.2.1.5.6).

Примечание – Калибровка электромагнитного реле перегрузки с выдержкой времени, оснащенного механизмом выдержки времени с жидкостным катарактом, может выполняться при пустом катаракте током, составляющим процентную долю тока уставки, указанную изготовителем и поддающуюся проверке в процессе специального испытания.

9.3.6.3 Испытания электрической прочности изоляции по 8.3.3.4.2 IEC 60947-1 со следующим дополнением.

В реостатном роторном пускателе все полюса коммутационных аппаратов в цепи ротора нормально соединены пусковыми сопротивлениями, и поэтому испытание электроизоляции ограничивается приложением испытательного напряжения между цепью ротора и корпусом пускателя.

Использование металлической фольги необязательно.

Примечание – Допускается проводить комбинированные испытания по *8.3.3.4.2* IEC 60947-1.

9.4 Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС)

9.4.1 Общие положения по 8.3.2.1, 8.3.2.3 и 8.3.2.4 IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

С согласия изготовителя несколько или все испытания на ЭМС могут проводиться на одном и том же образце, новом или прошедшем группу испытаний по 9.3.1. Последовательность испытаний на ЭМС может быть любой, какая удобна.

Протокол испытаний должен отражать все особые меры, которые были приняты для достижения соответствия, например использование экранированных или специальных кабелей. Если для соответствия требованиям по устойчивости к воздействию электромагнитных помех или излучению электромагнитных помех с контактором или пускателем используется вспомогательное оборудование, то это должно быть включено в протокол испытаний.

Испытуемый образец должен быть в разомкнутом или замкнутом положении (выбирают худшее) и приводится в действие номинальным питанием управления.

9.4.2 Устойчивость к электромагнитным помехам

Необходимы испытания по таблице 14. Особые требования указаны в 9.4.2.1–9.4.2.7.

Таблица 14 – Испытания на ЭМС. Устойчивость к электромагнитным помехам

Тип испытания	Требуемый уровень жесткости
Испытание на устойчивость к электростатическим разрядам IEC 60947-2	Соответствующий уровень испытания по IEC 60947-1 (Таблица 23)
Испытание на устойчивость к излучаемым радиочастотным электромагнитным полям (от 80 МГц до 1 ГГц и от 1,4 до 2 ГГц) по IEC 61000-4-3	Соответствующий уровень испытания по IEC 60947-1 (Таблица 23)
Испытание на устойчивость к импульсным наносекундным помехам по IEC 61000-4-4[a]	Соответствующий уровень испытания по IEC 60947-1 (Таблица 23)
Испытание на устойчивость к импульсам напряжения/тока 1,2/50 мкс - 8/20 мкс по IEC 61000-4-5	Соответствующий уровень испытания по IEC 60947-1 (Таблица 23)
Испытание на устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями [b] [c] (от 150 кГц до 80 МГц) по IEC 61000-4-6	Соответствующий уровень испытания [d] IEC 60947-1 (Таблица 23)

[a] Контактор должен сработать не менее одного раза во время испытания при нагрузке реле перегрузки 0,9 тока уставки, но не более 100 А.
[b] Действительно только для выходов, сопрягаемым с кабелями, общая длина которых согласно функциональным техническим условиям изготовителя может превышать 3 м.
[c] Испытательный уровень также может быть установлен в качестве эквивалентного тока нагрузки 150 Ом
[d] За исключением передающих сетей ITU в диапазоне частот от 47 до 68 МГц, где уровень должен быть 3 В.

Если во время испытаний на ЭМС к испытуемому образцу присоединяют проводники, их поперечное сечение и тип провода могут быть произвольными, но они должны соответствовать документации изготовителя.

9.4.2.1 Работоспособность испытуемого образца в течение и после испытания

Если не установлено иное, применяют приемочный критерий работоспособности В (см. 8.3.2.2).

Не допускается потеря работоспособности в течение и после испытаний. После испытаний по 9.3.6.2 пределы срабатывания должны проверяться при температуре окружающей среды.

9.4.2.2 Электростатический разряд

Испытание проводят согласно методике IEC 61000-4-2.

За исключением металлических частей, к которым прикладывают контактные разряды, требуется применение только воздушных разрядов.

На каждую выбранную точку следует проводить 10 положительных и 10 отрицательных разрядов, интервал времени между последовательными одиночными разрядами - 1 с.

Испытания не проводят на силовых выводах. Применение проводников не требуется, за исключением подвода питания к катушке.

9.4.2.3 Радиочастотное электромагнитное поле

Испытание проводят согласно методике IEC 61000-4-3..

Аппарат должен соответствовать критерию работоспособности А.

9.4.2.4 Наносекундные импульсные помехи

Испытание проводят согласно методике IEC 61000-4-4 с частотой повторения 5 кГц.

Разряды прикладывают ко всем выводам главных, вспомогательных цепей и цепей управления, независимо от того, содержат они электронные ключи или электрические контакты.

Испытательное напряжение прикладывают в течение 1 мин.

9.4.2.5 Импульсы напряжения/тока (1,2/50 мкс – 8/20 мкс)

Предпочтительно применение емкостных клещей. Разряды прикладывают ко всем выводам главных, вспомогательных цепей и цепей управления, независимо от того, содержат они электронные ключи или электрические контакты.

Значения испытательного напряжения выбирают по таблице 14, однако они не должны превышать значений U_{imp}, указанных изготовителем согласно 7.2.3 IEC 60947-1.

Скорость повторения должна быть один разряд в минуту с числом импульсов - 5 положительных и 5 отрицательных.

9.4.2.6 ГармоникиВ стадии рассмотрения.

9.4.2.7 Помехоэмиссия

При эксплуатации аппарата, предназначенного для условий окружающей среды А, потребитель должен быть предупрежден (например, в инструкции по эксплуатации) о том, что применение данного оборудования в условиях окружающей среды В может вызвать радиопомехи, в этом случае потребитель может принять дополнительные предупредительные меры.

9.4.3.1* Испытание на излучение кондуктивных радиочастотных электромагнитных помех

Для соответствия при испытании аппарат не должен превышать уровней помех, указанных в таблице 15.

Таблица 15 – Пределы помех при испытании на кондуктивные радиочастотные излучения

Диапазон частот, МГц	Окружающая среда А, дБ (мкВ)	Окружающая среда В, дБ (мкВ)
0,15–0,50	79 (квазипиковое) 66 (среднее)	66-56 (квазипиковое) 56-46 (среднее) (понижаются линейно с логарифмом частоты)
0,50–5,00	73 (квазипиковое) 60 (среднее)	56 (квазипиковое) 46 (среднее)
5–30		60 (квазипиковое) 50 (среднее)

9.4.3.2 Испытания на излучаемые радиочастотные поля

Описание испытания, методика и испытательная установка – по CISPR 11.

Испытания требуются, если цепи управления и вспомогательные цепи содержат компоненты с основными коммутируемыми частотами свыше 9 кГц (например переключаемые источники питания и т. д.).

Для соответствия аппарат не должен излучать помехи выше уровней, указанных в таблице 16.

Таблица 16 – Пределы помех, излучаемых радиочастотными полями

Диапазон частот, МГц	Окружающая среда А[a], дБ (мкВ)	Окружающая среда В, дБ (мкВ)
30–230	30 (квазипиковое на 30 м)	30 (квазипиковое на 10 м)
230–1000	37 (квазипиковое на 30 м)	37 (квазипиковое на 10 м)
[a] Эти испытания можно провести на расстоянии 10 м с пределами, повышенными на 10 дБ.		

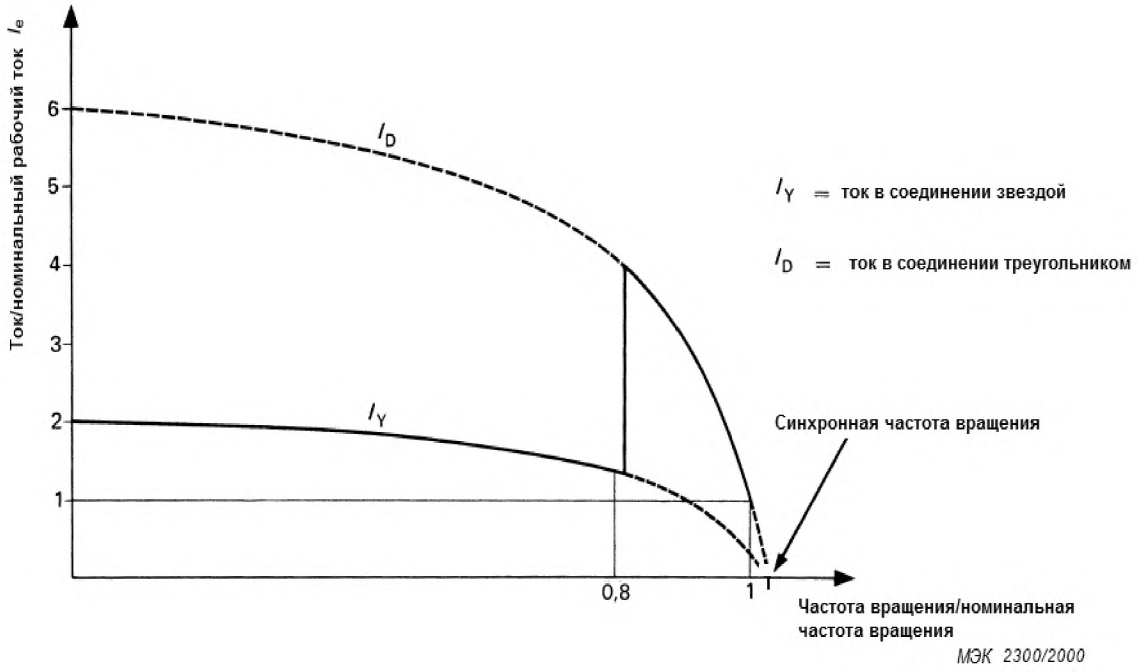


Рисунок 1 – Типичные кривые тока и вращающего момента при пуске по схеме звезда-треугольник (см. 1.1.2.2.1)

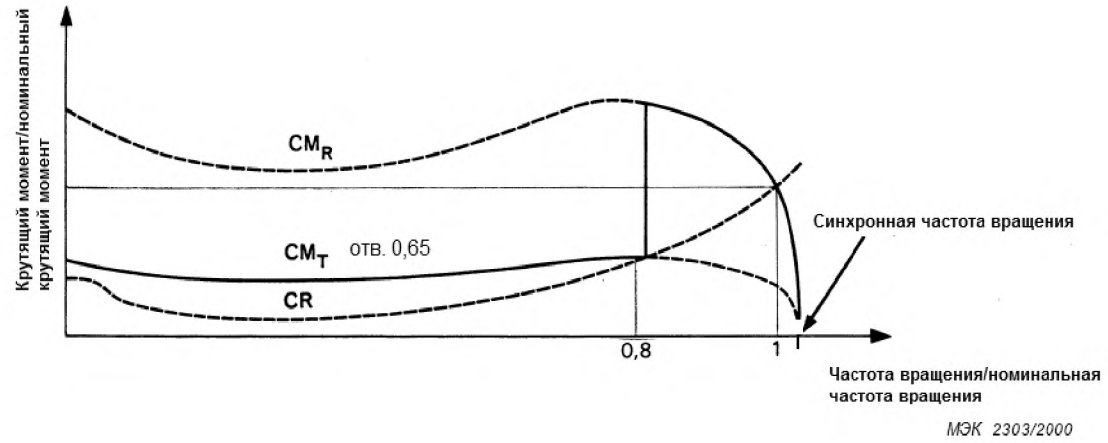


Рисунок 2 – Типичные кривые тока и вращающего момента при автотрансформаторном пуске

I_R – ток в схеме треугольника;
I_T – ток двигателя при пониженном напряжении;
I_L – сетевой ток при пониженном напряжении;

CR – вращающий момент нагрузки;
CM_R – вращающий момент двигателя при номинальном напряжении;
Отв.= ответвление

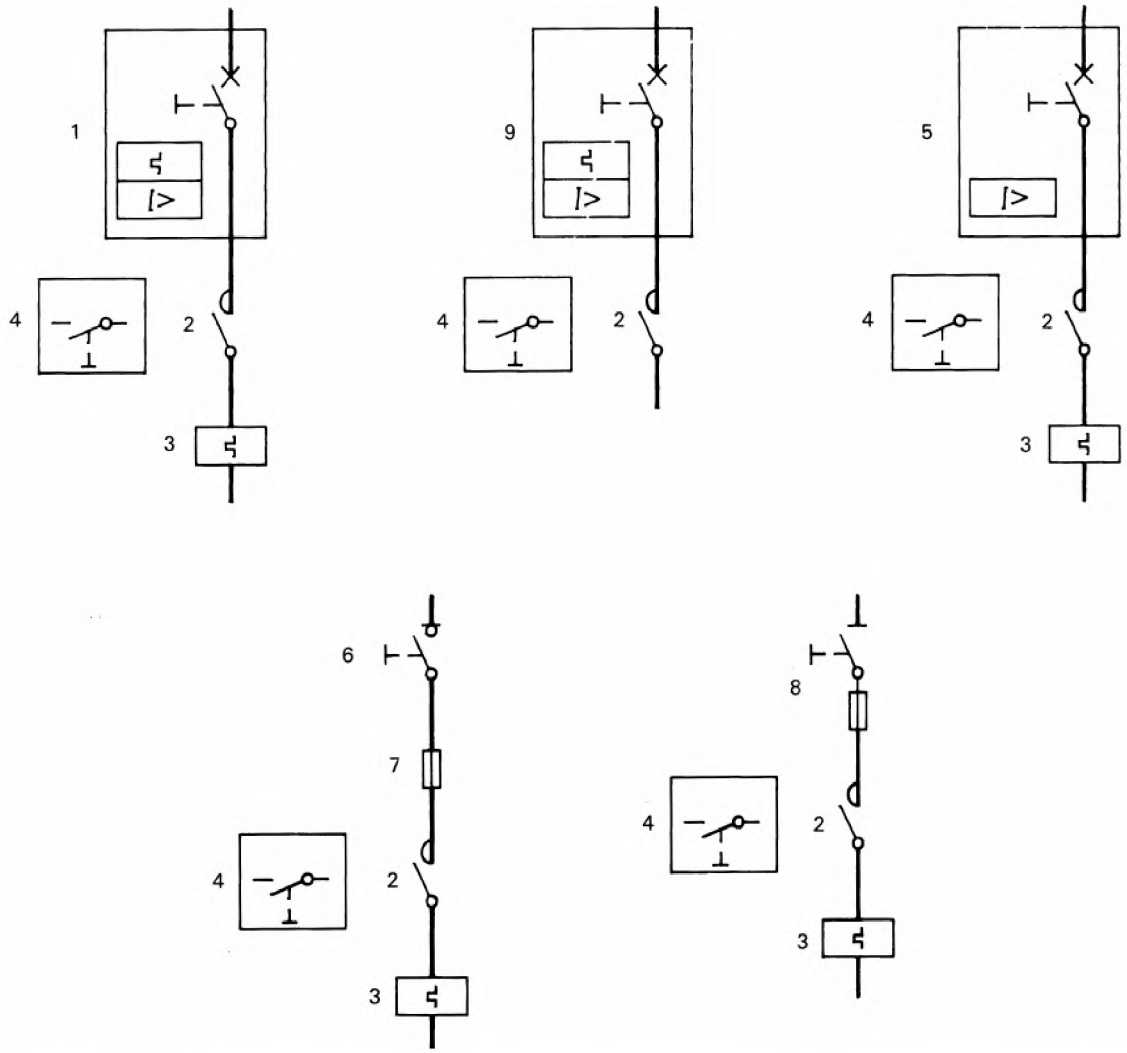
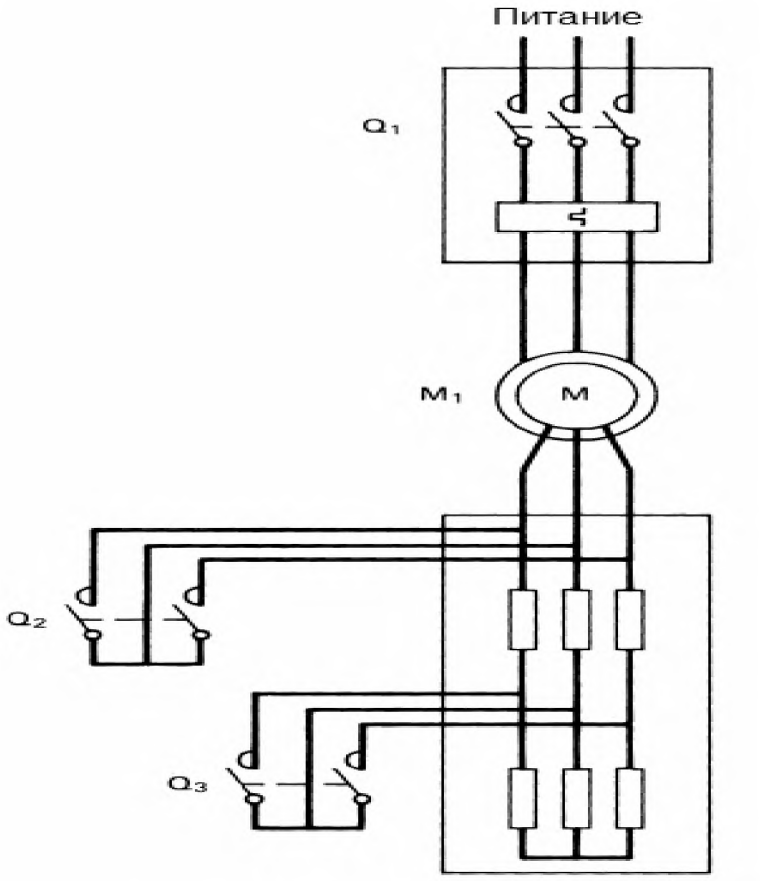


Рисунок 3 – Типичные варианты защищенных и комбинированных пускателей, защищенных и комбинированных коммутационных аппаратов

1 – автоматический выключатель;
2 – контактор;
3 – реле перегрузки;
4 – выключатель цепи управления;
5 – автоматический выключатель с одним только электромагнитным расцепителем;
6 – выключатель-разъединитель;
7 – плавкий предохранитель;
8 –разъединитель с плавким предохранителем;

9 – автоматический выключатель с расцепителем перегрузки, соответствующим настоящему стандарту



EC 2305/2000

Рисунок 4 – Пример схемы трехфазного реостатного роторного пускателя с тремя пусковыми ступенями и одним направлением вращения (в случае, когда все механические коммутационные аппараты являются контакторами)

Положение пускателя / Механический переключатель	Стоп	Пуск			ВКЛ.
		1-ая ступень	2-ая ступень	3-я ступень	
Q_1	O	C	C	C	
Q_2	O	O	O	C	
Q_3	O	O	C	C	

O – механический коммутационный аппарат разомкнут;
C – механический коммутационный аппарат замкнут;
Q – контактор;
M – двигатель

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ БЕЗ РАЗРЫВА ЦЕПИ

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ С РАЗРЫВОМ ИЛИ БЕЗ РАЗРЫВА ЦЕПИ

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ С РАЗРЫВОМ ЦЕПИ

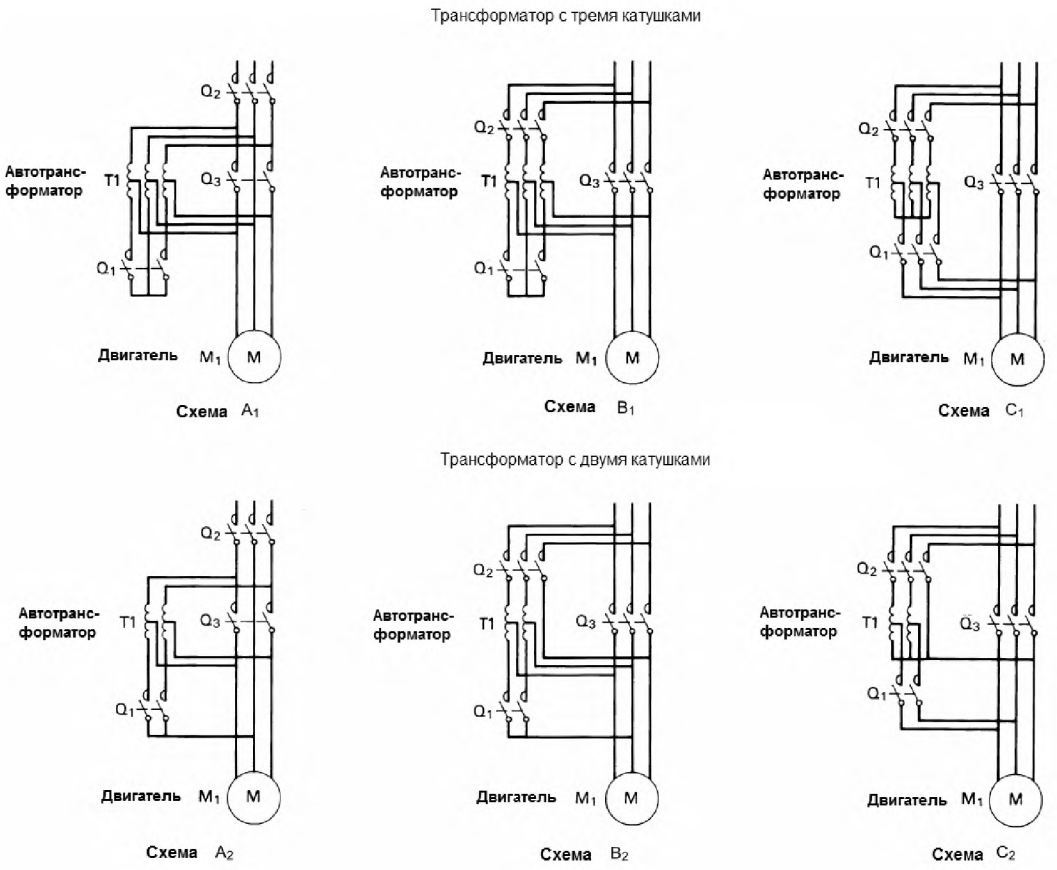


Рисунок 5 – Типичные способы и схемы пуска асинхронных двигателей переменного тока при помощи автотрансформаторов, лист 1

Последовательность контактов			
Контакты	Пуск	Переключение	ВКЛ
Q_1	С	О	О
Q_2	С	С	С
Q_3	О	О	С

Последовательность контактов					
Контакты	Пуск	Переключение			ВКЛ.
		С разрывом цепи	Без разрыва цепи		
			1	2	
Q_1	С	О	О	О	О
Q_2	С	О	С	С	О
Q_3	О	О	О	С	С

Последовательность контактов			
Контакты	Пуск	Переключение	ВКЛ.
Q_1	С	О	О
Q_2	С	О	О
Q_3	О	О	С

С – замкнутое положение;
О – разомкнутое положение

При переходе с отключением двигателя Q_1 и Q_2 могут быть контактами одного и того же коммутационного аппарата

Q_1 и Q_2 могут быть контактами одного и того же коммутационного аппарата

Примечание – Графические условные обозначения соответствуют случаю, когда все механические коммутационные аппараты - контакторы.

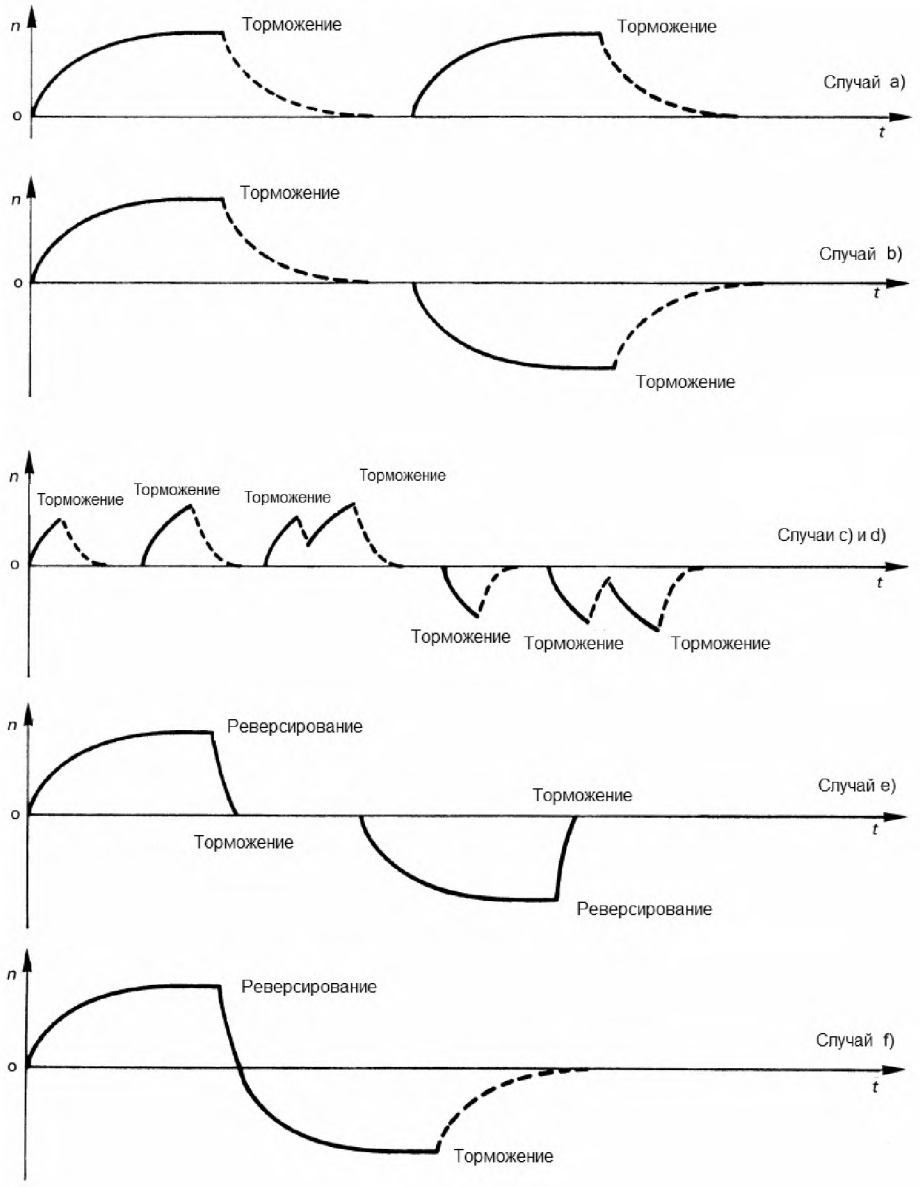


Рисунок 6 – Примеры кривых скорость-время, соответствующие случаям перечислений a)-f) 5.3.5.5 (пунктирные участки кривых обозначают периоды обесточивания двигателя)

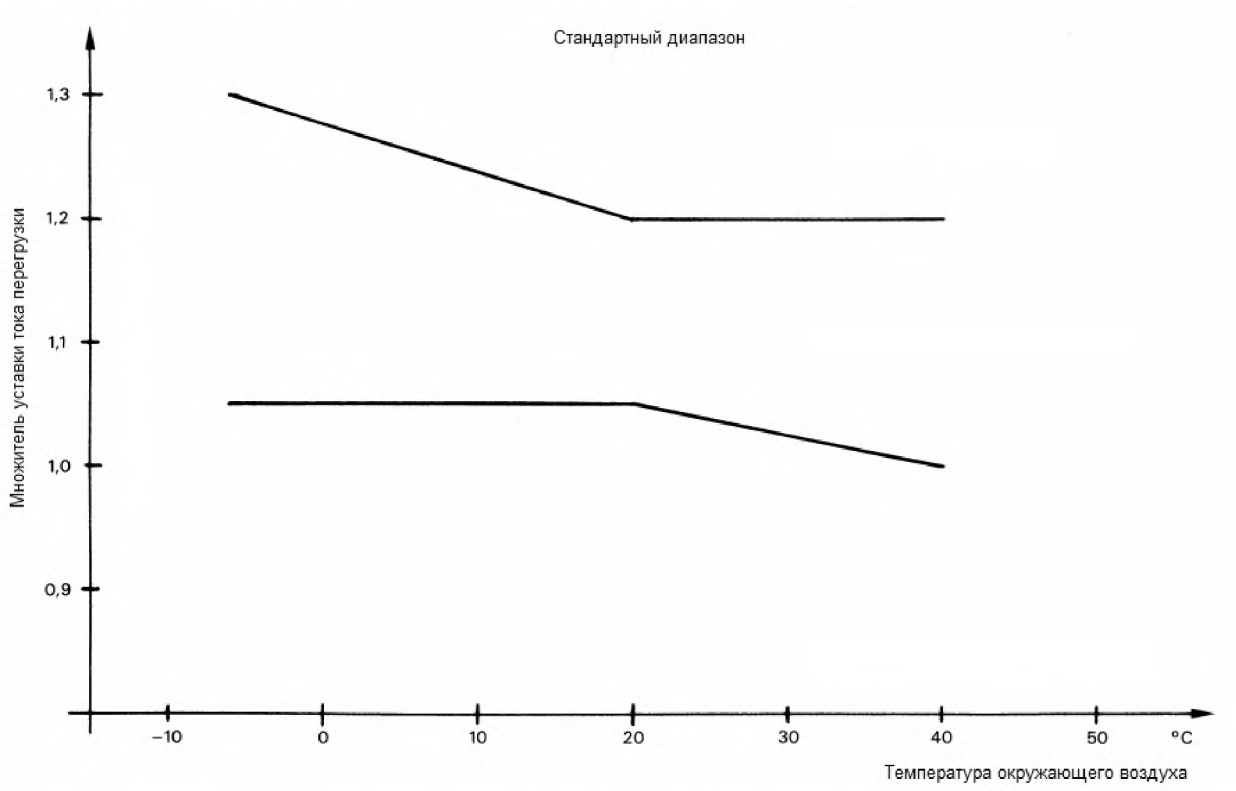


Рисунок 7 – Зависимости пределов кратности уставок тока от температуры окружающего воздуха для компенсированных реле перегрузки с выдержкой времени (см. 8.2.1.5.1)



Рисунок 8 – Испытание тепловой памяти

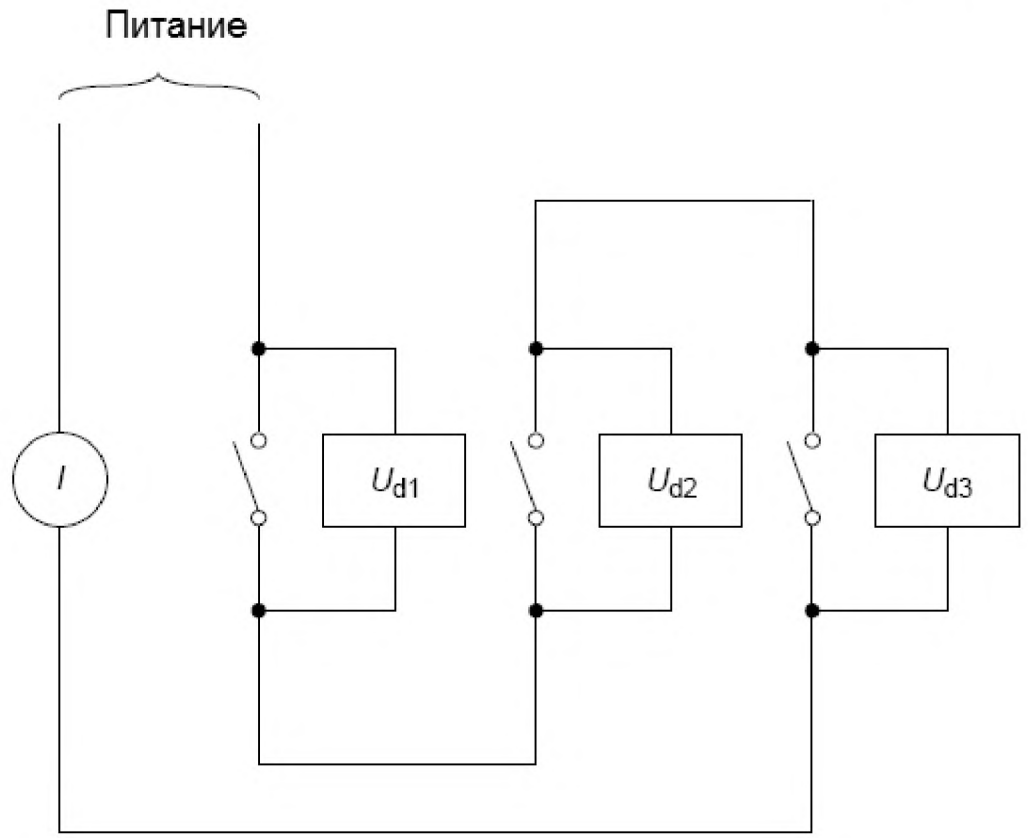


Рисунок 9 — Пример измерения полного сопротивления полюса для 3-полюсного контактора

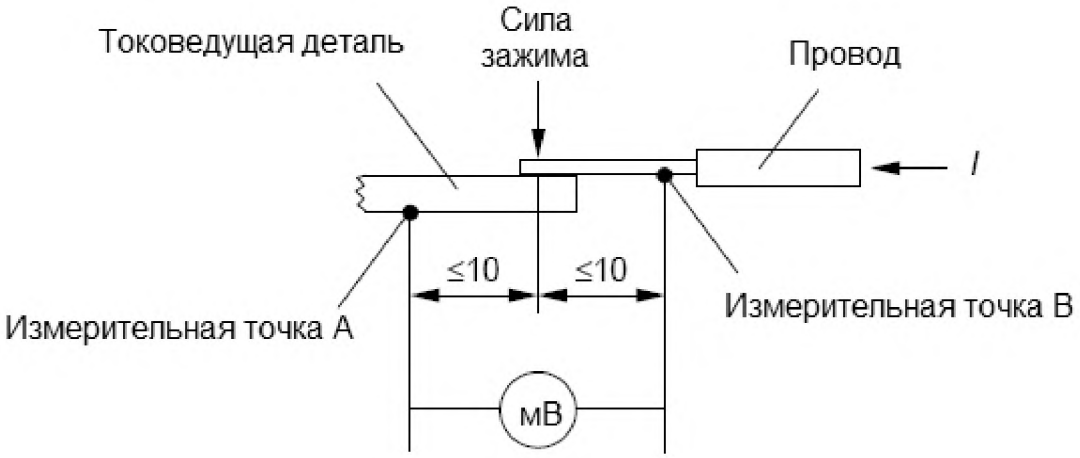


Рисунок 10 — Измерение падения напряжения в точке контакта зажимной клеммы

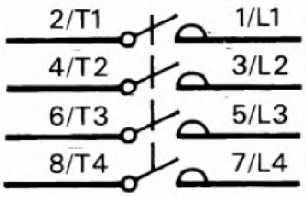
Приложение А
(обязательное)

Маркировка и идентификация выводов контакторов и связанных с ними реле перегрузки

А.1 Общие положения

Выводы контакторов и связанных с ними реле перегрузки идентифицируют с целью информации о функции каждого вывода, его расположении относительно других выводов и т. д.

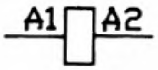
А.2 Маркировка и идентификация выводов контакторов



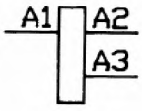
А.2.1 Маркировка и идентификация выводов катушек

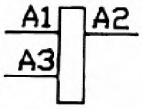
В случае идентификации с применением буквенно-цифровой маркировки оба вывода катушки электромагнитного контактора следует маркировать А.1 и А.2.

У катушки с отводами выводы отводов следует маркировать порядковыми номерами А.1, А.2 и т. д.



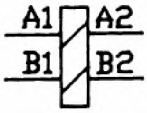
У катушки с отводами выводы отводов следует маркировать порядковыми номерами А.3, А.4 и т. д.





Примечание - Вследствие этого входные и выходные выводы могут иметь как четные, так и нечетные номера.

У катушки с двумя обмотками выводы первой обмотки следует маркировать А1, А2 и второй обмотки В1, В2.



А.2.2 Маркировка и идентификация выводов главных цепей

Выводы главных цепей следует маркировать однозначными цифрами и буквенно-цифровыми обозначениями.

Примечание – Два действующих альтернативных способа маркировки, т. е. 1-2 и L1-T1 постепенно будут вытесняться указанным новым способом.

Альтернативно выводы можно идентифицировать на коммутационной схеме, поставляемой вместе с аппаратом.

А.2.3 Маркировка и идентификация выводов вспомогательных цепей

Выводы вспомогательных цепей следует маркировать или идентифицировать на схемах двузначными цифрами:

- цифра на месте единичных знаков – порядковый номер;
- цифра на месте десятичных знаков – функциональный номер.

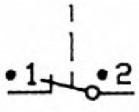
Эта система маркировки иллюстрируется следующими примерами:

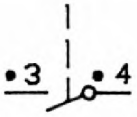
А.2.3.1 Функциональный номер

Функциональные номера 1, 2 присваивают цепям с размыкающими и 3, 4 - с замыкающими контактами.

Примечание – Определения размыкающих и замыкающих контактов приведены в *2.3.12 и 2.3.13* IEC 60947-1.

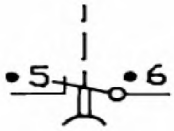
Примечание – Точки в этих примерах заменяют порядковые номера, проставляемые по обстоятельствам.



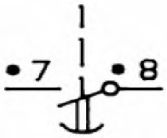


Выводы цепей с переключающими контактными элементами следует маркировать функциональными номерами 1, 2 и 4.

Функциональные номера 5 и 6 (для размыкающих контактов), 7 и 8 (для замыкающих контактов) присваивают выводам вспомогательных цепей, в которые входят вспомогательные контакты со специальными функциями.

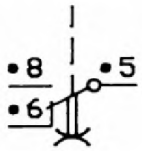


Размыкающий контакт с замедлением при замыкании



Замыкающий контакт с замедлением при замыкании

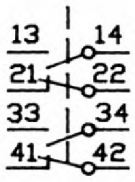
Выводы цепей с переключающими контактными элементами со специальными функциями следует маркировать функциональными номерами 5, 6 и 8.



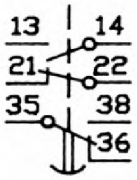
Переключающий контакт с замедлением в обоих направлениях

А.2.3.2 Порядковый номер

Выводы, принадлежащие одному контактному элементу, следует маркировать одним порядковым номером. Все контактные элементы с одинаковой функцией должны различаться порядковыми номерами.

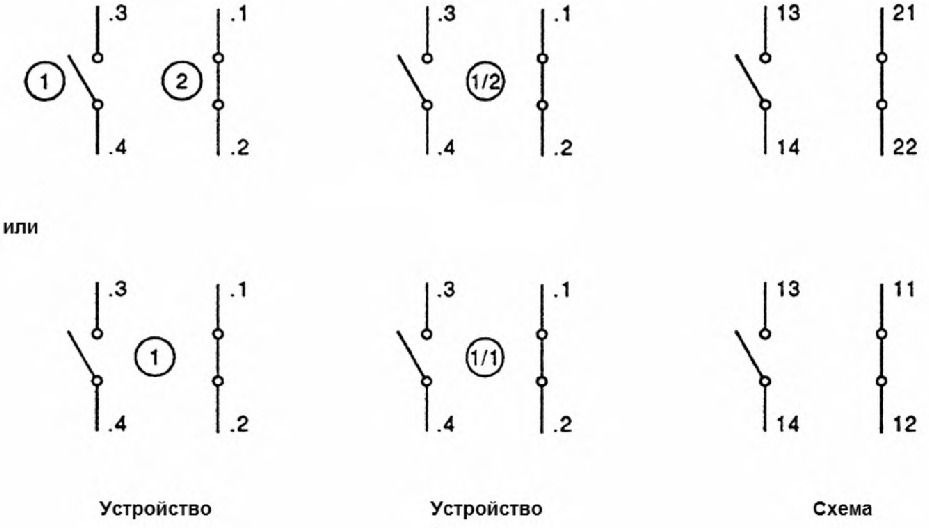


Четыре контактных элемента



Три контактных элемента

Порядковый номер на выводах может не указываться только в том случае, если это явным образом указано в дополнительной информации, поставляемой изготовителем, либо он четко указывается потребителем.



Устройство Устройство Схема

Примечание – Точки использованы только для иллюстрации взаимосвязи и на практике не ставятся.

А.3 Маркировка и идентификация выводов реле перегрузки

Выводы главных цепей реле перегрузки следует маркировать аналогично выводам главных цепей контакторов (см. А.2.2).

Выводы вспомогательных цепей перегрузки следует маркировать аналогично выводам вспомогательных цепей контакторов со специальными функциями (см. А.2.3). Первый порядковый номер всегда 9, если требуется второй вывод, то вместо 9 применяют 0.

Устройство	Устройство	Схема

Альтернативно можно идентифицировать выводы на коммутационной схеме, поставляемой вместе с аппаратом.

Приложение B

(обязательное)

Специальные испытания

B.1 Общие положения

Специальные испытания выполняют по усмотрению изготовителя.

B.2 Механическая износостойкость

B.2.1 Типовые указания

Механическая износостойкость конструкции контактора или пускателя определяется числом циклов оперирования без нагрузки, достигаемое или превышаемое 90 % всех аппаратов данного типа до необходимого их ремонта или замены механических частей; однако при этом допускается нормальное обслуживание, в том числе замена контактов по B.2.2.1 и B.2.2.3.

Предпочтительные числа циклов оперирования без нагрузки составляют (в миллионах): 0,001; 0,003; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 1; 3; 10.

B.2.2 Проверка механической износостойкости

B.2.2.1 Состояние контактора или пускателя, подлежащего испытанию

Контактор или пускатель должен быть установлен, а проводники должны быть присоединены как в нормальных условиях эксплуатации.

Испытание проводят в отсутствие напряжения или тока в главной цепи. Перед испытанием контактор или пускатель можно смазать, если смазка предписана для нормальных условий эксплуатации.

B.2.2.2 Рабочие условия

К катушкам электромагнитов управления должно быть подано их номинальное напряжение номинальной частоты.

Если к катушкам последовательно подключают активное или полное сопротивление, которое при оперировании замыкается накоротко или нет, испытания следует проводить с присоединением этих сопротивлений как при нормальной эксплуатации.

В пневматические или электропневматические контакторы или пускатели сжатый воздух следует подавать при номинальном давлении.

Оперирование ручными пускателями должно проводиться как при нормальных условиях эксплуатации.

B.2.2.3 Методика испытания

a) Испытания проводят с частотой оперирования, соответствующей классу повторно-кратковременного режима. Однако изготовитель имеет право увеличить частоту оперирования, если считает, что контактор или пускатель способен удовлетворять предъявляемым требованиям испытаний при повышенной частоте оперирования.

b) У электромагнитных и электропневматических контакторов или пускателей время возбуждения катушки управления должно быть больше времени срабатывания контактора или пускателя, а время обесточивания катушки должно

быть таким, чтобы контактор или пускатель успевал прийти в состояние покоя в обоих крайних положениях.

Число выполненных циклов оперирования должно быть не меньше установленного изготовителем числа циклов оперирования при отсутствии нагрузки.

Проверке на механическую износостойкость можно подвергать раздельно различные части пускателя, механически не связанные между собой, если речь не идет о механической блокировке, ранее не испытывавшейся вместе с контактором.

c) При испытаниях контакторов или пускателей, оснащенных независимыми расцепителями или минимальными расцепителями напряжения, не менее 10 % общего числа размыканий должно выполняться этими расцепителями.

d) После проведения каждой десятой части общего числа циклов оперирования по B.2.1, перед тем как продолжать испытания, разрешается:

- почистить весь контактор или пускатель, не разбирая его;
- смазать части, которые согласно предписаниям изготовителя следует смазывать для нормальной эксплуатации;
- отрегулировать ход и нажатие контактов, если позволяет конструкция контактора или пускателя.

e) При обслуживании не должно быть замены каких-либо частей.

f) У пускателей со схемой звезда–треугольник встроенное устройство, обеспечивающее выдержку времени между замыканием в соединении звездой и замыканием в соединении треугольником, если оно регулируемое, можно настроить на его минимальную уставку.

g) У реостатных роторных пускателей встроенное устройство, обеспечивающее выдержку времени между замыканием коммутационных аппаратов в цепи ротора, если оно регулируемое, можно настроить на его минимальную уставку.

h) У автотрансформаторных пускателей встроенное устройство, обеспечивающее выдержку времени между замыканием в пусковом и включенном положениях, если оно регулируемое, можно настроить на его минимальную уставку.

B.2.2.4 Требуемые результаты

После испытаний на механическую износостойкость контактор или пускатель должен быть способен срабатывать в условиях, оговоренных в 8.2.1.2 и 9.3.3.2, при комнатной температуре. Не должно быть расшатывания частей, используемых для присоединения проводников.

Любые реле времени или другие устройства автоматического управления должны оставаться работоспособными.

B.2.2.5 Статистический анализ результатов испытания контакторов или пускателей

Механическая износостойкость конструкции контактора или пускателя устанавливается изготовителем и проверяется путем статистического анализа результатов данного испытания.

Для контакторов или пускателей, изготавливаемых в малых количествах, испытания по B.2.2.6 и B.2.2.7 неприменимы.

Однако контакторам или пускателям, изготавливаемым в малых количествах и отличающимся от базовой конструкции только изменениями деталей (т. е. без существенных изменений конструкции), не оказывающими заметного влияния на

характеристики изделия, изготовитель может назначить механическую износостойкость на основании опыта эксплуатации аналогичных конструкций, анализа свойств материалов и т. п. и на основе анализа результатов испытаний аппаратов крупносерийного производства той же базовой конструкции.

При этом проводят одно из двух испытаний, описанных ниже, выбранное изготовителем, как наиболее пригодное 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.

B.2.2.6 Одноступенчатое испытание восьми контакторов/пускателей

Восемь контакторов/пускателей испытывают на заданную механическую износостойкость.

Испытание считают положительным, если отказов нет вообще, и отрицательным, если число отказов более одного. При одном отказе испытанию на заданную механическую износостойкость подвергают три дополнительных образца контакторов или пускателей, если в этом случае отказов нет, испытание считают успешным. Испытание признают отрицательным, если одновременно происходит два и более отказов в двух выборках.

B.2.2.7 Двухступенчатое испытание трех контакторов/пускателей

Три контактора/пускателя испытывают на заданную механическую износостойкость.

Испытание считают положительным, если отказов нет, и отрицательным, если отказов больше одного. В случае одного отказа испытанию на назначенную механическую износостойкость подвергают три дополнительных образца.

Испытание считают положительным при отсутствии отказов во второй выборке и отрицательным, если число отказов в двух выборках два или более.

B.2.2.8 Другие методы

Могут использоваться также другие методы, приведенные в IEC 60410 [4]. Максимальный приемлемый уровень качества должен быть 10 %. Выбранный метод следует указывать в протоколе испытаний.

Примечание – Оба испытания: одноступенчатое восьми контакторов/пускателей и двухступенчатое трех контакторов/пускателей - приведены в IEC 60410 (таблицы X-C-2 и X-D-2) [4]. Эти два испытания были выбраны как основанные на испытаниях ограниченного числа контакторов или пускателей с практически одинаковыми статистическими характеристиками (приемлемый уровень качества 10%).

B.3 Коммутационная износостойкость

B.3.1 Общие положения

В отношении стойкости к коммутационному износу контактор или пускатель условно характеризуется числом циклов оперирования под нагрузкой

соответственно различным категориям применения по таблице В.1, которое он способен выполнить без ремонта или замены частей.

Таблица В.1 – Проверка числа циклов оперирования под нагрузкой. Условия включения и отключения для нескольких категорий применения

Категория применения	Номинальный рабочий ток , А	Включение			Отключение		
AC-1	Все значения	1	1	0.95	1	1	0.95
AC-2	Все значения	2.5	1	0.65	2.5	1	0.65
AC-3	I_e≤17A	6	1	0.65	1	0.17	0.65
	I_e>17A	6	1	0.35	1	0.17	0.35
AC-4	I_e≤17A	6	1	0.65	6	1	0.65
	I_e>17A			0,35			0,35
		III$_e$	*UIU*$_e$	*Cos* ф[a]	I_c/I_e	U_r/U_e	*Cos* ф[a]
DC-1	Любое значение	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
DC-3		2,5		2,0	2,5		2,0
DC-5				7,5			7,5

I_e – номинальный рабочий ток;
U_e – номинальное рабочее напряжение;
I – включаемый постоянный ток или действующее значение симметричной составляющей переменного тока.
При переменном токе пиковое значение асимметричного тока, соответствующее коэффициенту мощности данной цепи, может быть более высоким;
U – напряжение до включения;
U_r – возвращающееся напряжение промышленной частоты;
I_c – отключаемый ток.
a Допуск для cos φ: ±0,05
b Допуск для L/R: ±15 %.

Поскольку оперирование пускателями со схемой звезда–треугольник, двухступенчатыми автотрансформаторными и реостатными роторными пускателями проводится в подверженных большим вариациям условиях эксплуатации, представляется удобным не устанавливать стандартных условий испытательных параметров. Однако изготовителю рекомендуется указывать коммутационную износостойкость пускателя в определенных условиях эксплуатации; эта износостойкость может оцениваться по результатам испытаний составных частей пускателя.

При категориях АС-3 и АС-4 испытательная цепь должна включать катушки индуктивности и сопротивления, скомпонованные так, чтобы обеспечить нужные значения тока, напряжения и коэффициента мощности согласно таблице В.1; кроме того, в категории АС-4 следует использовать испытательную цепь для проверки включающей и отключающей способностей (см. 9.3.3.5.2).

Во всех случаях скорость оперирования должен выбирать изготовитель.

Испытания следует считать удовлетворительными, если значения, зафиксированные в протоколе испытаний, отличаются от заданных лишь в пределах следующих допусков:

- по току - ±5 %;
- по напряжению - ±5 %.

Испытания должны быть проведены на контакторе или пускателе в условиях, соответствующих В.2.2.1 и В.2.2.2, методами, если уместно, по В.2.2.3, за исключением запрещения замены контактов.

Если контактор, входящий в состав пускателя, уже выдержал эквивалентное испытание, пускатель можно повторно не испытывать.

В.3.2 Требуемые результаты

После испытания контактор или пускатель должен отвечать требованиям к рабочим условиям по 9.3.6.2 при температуре окружающей среды и выдерживать испытательное напряжение для проверки изоляции согласно 4) b) 8.3.3.4.1 IEC 60947-1, приложенное только:

- между всеми полюсами, соединенными вместе, и корпусом контактора или пускателя;
- между каждым из полюсов и остальными полюсами, соединенными с корпусом контактора или пускателя.

В.3.3 Статистический анализ результатов испытания контакторов или пускателей

Механическая износостойкость конструкции контактора или пускателя устанавливается изготовителем и проверяется путем статистического анализа результатов данного испытания. При этом проводят одно из трех испытаний, описанных ниже в В.3.3.1–В.3.3.3, выбранное изготовителем, как наиболее пригодное в каждом конкретном случае, например в зависимости от планируемого объема производства или соответственно условному тепловому току.

Для контакторов или пускателей, изготавливаемых в малых количествах, испытания по В.3.3.1 и В.3.3.2 неприменимы.

Однако контакторам или пускателям, изготавливаемым в малых количествах и отличающимся от базовой конструкции только изменениями деталей (т. е. без существенных изменений конструкции), не оказывающими заметного влияния на характеристики изделия, изготовитель может назначить механическую износостойкость на основании опыта эксплуатации аналогичных конструкций, анализа свойств материалов и т. п. и на основе анализа результатов испытаний аппаратов крупносерийного производства той же базовой конструкции.

Примечание – Это испытание не предназначается для контроля каждой партии или в качестве приемочного для потребителя.

B.3.3.1 Одноступенчатое испытание восьми контакторов/пускателей

Восемь контакторов/пускателей испытывают на заданную коммутационную износостойкость.

Испытание считают положительным, если число отказов не более двух.

B.3.3.2 Двухступенчатое испытание трех контакторов/пускателей

Три контактора/пускателя испытывают на заданную коммутационную износостойкость.

Испытание считают положительным, если отказов нет, и отрицательным, если отказов больше одного. В случае одного отказа испытанию на назначенную коммутационную износостойкость подвергают три дополнительных образца.

Испытание считают положительным при отсутствии отказов во второй выборке и отрицательным, если число отказов в двух выборках два или более.

B.3.3.3 Другие методы

Могут использоваться также другие методы, приведенные в IEC 60410 [4]. Максимальный приемлемый уровень качества должен быть 10 %. Выбранный метод следует указывать в протоколе испытаний.

Примечание – Оба испытания: одноступенчатое восьми контакторов/пускателей и двухступенчатое трех контакторов/пускателей - приведены в IEC 60410 (таблицы X-C-2 и X-D-2) [4]. Эти два испытания были выбраны как основанные на испытаниях ограниченного числа контакторов или пускателей с практически одинаковыми статистическими характеристиками (приемлемый уровень качества 10 %).

B.4 Координация по току пересечения между пускателем и связанным с ним УЗКЗ

B.4.1 Общие положения и определения

B.4.1.1 Общие положения

Настоящее приложение устанавливает различные методы проверки характеристики пускателей и связанных с ними УЗКЗ при токах ниже и выше пересечения их соответствующих время-токовых характеристик, представляемых изготовителями пускателей и УЗКЗ, и при соответствующих типах координации согласно 8.2.5.1.

Координация по току пересечения между пускателем и УЗКЗ может быть проверена либо прямым методом специальным испытанием по B.4.2, либо, для координации типа 2, косвенным методом согласно B.4.5.

B.4.1.2 Термины и определения

B.4.1.2.1 **ток пересечения** /co (crossover current): Ток, соответствующий точке пересечения средних или опубликованных кривых, представляющих время-токовые характеристики реле перегрузки и УЗКЗ соответственно.

Примечание – Средние – это кривые, соответствующие средним арифметическим значениям, рассчитанным из допусков на время-токовые характеристики, представленные изготовителем.

B.4.1.2.2 **Испытательный ток** /cd (test current): Испытательный ток, больший, чем /co, обозначенный изготовителем и проверенный в соответствии с требованиями таблицы B.2.

B.4.1.2.3 **Время-токовая характеристика перегрузочной способности контакторов/пускателей** (time-current characteristic capability of contactors/starters): График тока контактора/пускателя, который он способен выдержать в функции времени.

B.4.2 Условия проведения испытаний по проверке координации по току пересечения прямым методом

Пускатель и связанное с ним УЗКЗ должны быть установлены и соединены как при нормальной эксплуатации. Все испытания должны быть выполнены из холодного состояния.

B.4.3 Испытательные токи и испытательные цепи

Испытательная цепь должна соответствовать 8.3.3.5.2 IEC 60947-1 исключая то, что колебательное переходное напряжение не должно корректироваться. Токи при испытании должны быть:

(i) 0,75 I_{co} (с допуском минус 5 %);
(ii) (ii) 1,25 I_{co} (с допуском плюс 5 %).

Коэффициент мощности испытательной цепи должен соответствовать таблице 7. Для небольших реле, имеющих высокое активное сопротивление, должны, как правило, использоваться индуктивности для наибольшего снижения коэффициента мощности. Восстанавливающееся напряжение должно составлять 1,05 номинального рабочего напряжения.

Следует использовать УЗКЗ по 8.2.5.1, по номинальным параметрам и характеристикам оно должно соответствовать 9.3.4.2.

Если коммутационное устройство - контактор, его катушка должна питаться от отдельного источника при номинальном питающем напряжении управления катушки контактора и соединяться так, чтобы контактор разомкнулся, когда сработает реле перегрузки.

B.4.4 Методика испытания и получаемые результаты

B.4.4.1 Методика испытания

При замкнутых пускателе и УЗКЗ испытательные токи, указанные в B.4.3, должны включаться отдельным коммутационным аппаратом. В каждом случае испытуемые устройства должны находиться при комнатной температуре.

После каждого испытания необходимо осмотреть УЗКЗ, если необходимо, возвратить реле перегрузки и расцепитель автоматического выключателя в

исходное положение или заменить все плавкие предохранители, если хотя бы один из них расплавился.

B.4.4.2 Результаты, которые необходимо получить

После испытания при меньшем токе (i) по B.4.3 УЗКЗ не должен сработать, а реле перегрузки (расцепитель) должно сработать, чтобы разомкнуть пускатель. Не должно быть повреждений пускателя.

После испытания при большем токе (ii) по B.4.3 УЗКЗ должен сработать раньше пускателя. Пускатель должен отвечать условиям 9.3.4.2.3 для типа координации, указанного изготовителем.

B.4.5 Проверка координации потоку пересечения косвенным методом

Косвенный метод состоит в проверке на графике (см. рисунок B.1) условий соблюдения координации по току пересечения:

- время-токовая характеристика реле перегрузки (расцепителя) из холодного состояния, представленная изготовителем, должна указывать, как время отключения изменяется в функции тока до величины по крайней мере I_{co}; эта кривая должна располагаться ниже время-токовой характеристики УЗКЗ до I_{co}
- I_{cd} пускателя, испытанного по B.4.5.1, больше, чем I_{co};
- время-токовая перегрузочная характеристика контактора, испытанного по

B.4.5.1 Испытание при I_{cd} по 9.3.4.1 со следующим дополнением.

Методика испытания: контактор или пускатель должен включать и отключать испытательный ток (I_{cd}) в течение рабочих циклов, указанных в таблице B.2. Это выполняется при отсутствии УЗКЗ в схеме.

Таблица B.2 – Условия испытаний

	Ur/Ue	Cos φ	Время протекания тока (см. примечание 2), с	Время обесточивания, с	Число циклов оперирования
I_{cd}	1,05	См. примечание 1	0,05	См. примечание 3	3

Примечание
1 Коэффициент мощности должен быть выбран в соответствии с таблицей 16 IEC 60947-1).
2 Время может быть менее 0,05 с, если контакты успевают установиться должным образом перед последующим размыканием.
3 См. таблицу 8.

Поведение контакторов и пускателей во время и после испытаний при токе I_{cd}:

а) в течение испытания не должно происходить ни постоянного дугообразования, ни перекрытия между полюсами, ни перегорания плавкого элемента в цепи заземления (см. 9.3.4.1.2), ни сваривания контактов;

b) после испытания:

1) контакты должны функционировать правильно, когда контактор или пускатель переключают соответствующим методом управления;

2) электроизоляционные свойства контакторов и пускателей проверяют испытаниями электроизоляционных свойств контактора или пускателя, используя практически синусоидальное испытательное напряжение двойного значения номинального рабочего напряжения *U*e, использовавшегося при испытании на /cd с минимумом 1000 В. Испытательное напряжение должно быть приложено в течение 60 с, как указано в *перечислении 2) c) i) и 2) c) ii) 8.3.3.4.1* IEC 60947-1.

B.4.5.2 Время-токовая характеристика перегрузочной способности контакторов/пускателей

Характеристика выдается изготовителем и основана на методике испытания, изложенной в 9.3.5, но при таких сочетаниях токов перегрузки и продолжительности, чтобы получить характеристику по крайней мере до /co, в дополнение к 8.2.4.4.

Эта характеристика действительна для токов перегрузки контактора при комнатной температуре. Минимальная продолжительность охлаждения, требующаяся для контактора между двумя такими испытаниями на перегрузку, должна быть указана изготовителем.

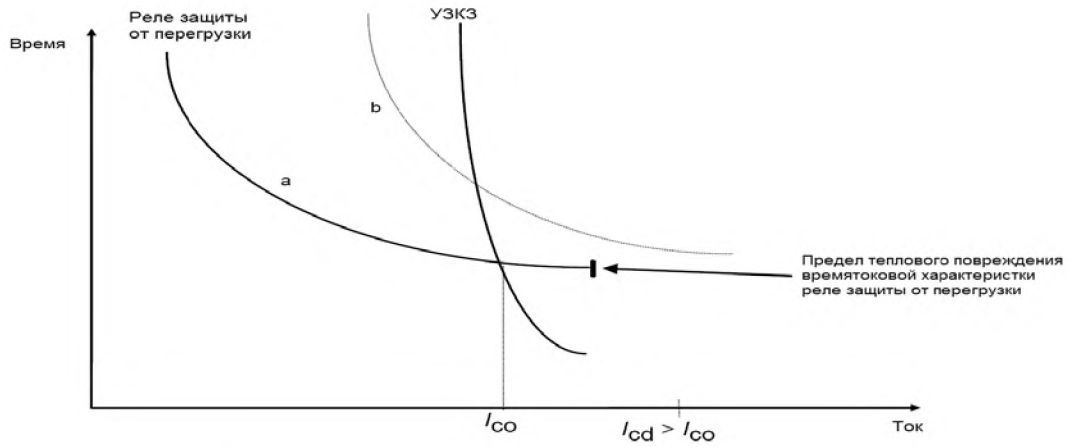


Рисунок B.1 – Примеры время-токовых перегрузочных характеристик

a – средняя время-токовая характеристика реле перегрузки из холодного состояния;

b – время-токовая характеристика перегрузочной способности контактора

Рисунок B.1a – Координация с плавким предохранителем

Рисунок B.1b – Координация с автоматическим выключателем

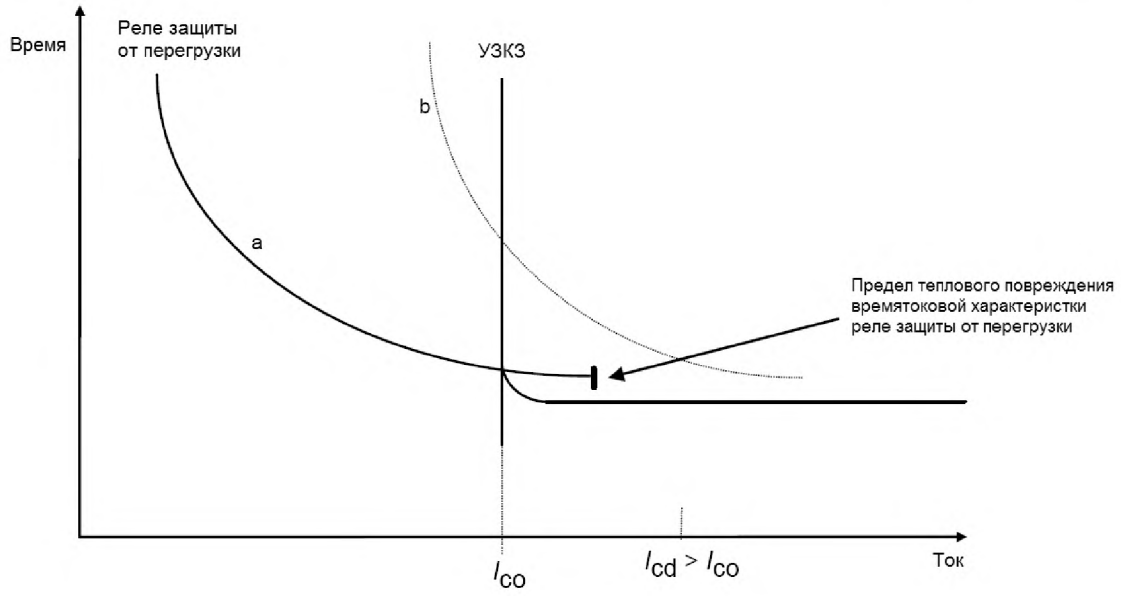


Рисунок В.1 – Примеры время-токовых перегрузочных характеристик

a – средняя время-токовая характеристика реле перегрузки с холодного состояния
b – времятоковая характеристика устойчивости контактора

Приложение С
(информационное)

Вопросы, по которым должно быть заключено соглашение между изготовителем и пользователем

Примечание – Для настоящего приложения:
- термин «соглашение» используется в очень широком смысле;
- термин «пользователь» включает испытательные станции.

Применяется приложение J IEC 60947-1 со следующими дополнениями.

Норме пункта или подпункта этого стандарта	Вопрос
1.1.2.3	Дополнительные требования к пускателям на два направления вращения при повторно-кратковременных включениях и торможении противотоком
5.3.4.3 Примечание	Защита от перегрузок пускателей в повторно-кратковременном режиме
5.3.5.5.3	Пауза между двумя последовательными пусками автотрансформаторных пускателей продолжительностью более 15 с
5.4	Области применения, отличающиеся от категорий применения по таблице 1
5.7.2	Особое применение максимальных реле или расцепителей тока мгновенного действия и реле и расцепителей типов, отличающихся от перечисленных в перечислении e) 5.7.2
5.7.3	Защита цепи ротора в реостатном роторном пускателе
5.7.3	Защита автотрансформатора в автотрансформаторном пускателе
5.7.5	Допуски по время-токовым характеристикам реле перегрузки (указанные изготовителем)
5.9.2	Характеристики устройств для автоматического регулирования ускорения
5.10; 5.12	Характер и размеры соединительных связей: a) между автотрансформаторным пускателем и автотрансформатором, поставляемым отдельно; b) между реостатным роторным пускателем и сопротивлениями, поставляемыми отдельно. Соглашения должны заключать изготовитель пускателя и изготовитель трансформатора или сопротивлений, по обстоятельствам
8.2.2.7.3	Номинальные характеристики обмоток со специальными номиналами (указываются изготовителем)

Окончание таблицы

Норме пункта или подпункта этого стандарта	Вопрос
Таблица 7	Проверка условий включения при испытании на включение и отключение (с согласия изготовителя)
Таблица 13	Значение ожидаемого тока «*r*» при испытаниях на условный ток короткого замыкания аппаратов I_e >с 1600 А.

Приложение D
(обязательно)

Требования к вспомогательному контакту, связанному с силовым контактом (зеркальный контакт)

D.1 Область применения и цель

D.1.1 Область применения

Настоящее приложение распространяется на вспомогательные контакты, механически сблокированные с силовыми контактами контактора и обозначаемые как зеркальные контакты во избежание путаницы с механически сблокированными контактными элементами, которые рассматривает приложение L IEC 60947-5-1. Однако это не исключает соответствия данного вспомогательного контакта как требованиям, предъявляемым к зеркальному контакту, так и требованиям к механически сблокированному контакту согласно приложения L IEC 60947-5-1.

Примечание

1 Типичным назначением зеркальных контактов является наличие в схеме управления машинным оборудованием высоконадежного мониторинга состояния контактора. Однако зеркальный контакт не следует рассматривать исключительно как средство обеспечения безопасности.

2 Зеркальные контакты прежде всего рассматриваются как абсолютно безопасные, принудительного действия, сблокированные и непосредственно приводимые в действие.

D.1.2 Цель

Целью настоящего приложения является обеспечение дополнительных технических условий (термины и определения к ним, технические требования и испытания) для определения требований к характеристикам, маркировке и работоспособности зеркального контакта.

D.2 Термины с соответствующими определениями

В настоящем приложении используют следующие термины с соответствующими определениями:

D.2.1 **зеркальный контакт** (mirror contact): Нормально замкнутый вспомогательный контакт, который не может находиться в замкнутом положении одновременно с разомкнутым главным контактом согласно условиям, определяемым разделом D.7.

Примечание – В одном контакторе может быть несколько зеркальных контактов.

D.3 Характеристики

Все зеркальные контакты должны отвечать соответствующим требованиям, приведенным в настоящем стандарте.

D.4 Информация об изделии по разделу 6 со следующим дополнением.

Зеркальные контакты должны быть четко идентифицированы:

- на самом контакторе; или

- в документации изготовителя; или
- оба случая.

Для идентификации зеркального контакта может использоваться символ, показанный на рисунке D.1.



Рисунок D.1 – Зеркальный контакт

D.5 Условия нормальной эксплуатации, монтажа и транспортирования

Дополнительные требования отсутствуют.

D.6 Требования к конструкции и работоспособности по разделу 8 со следующим дополнением.

Если хотя бы один из главных контактов замкнут, зеркальные контакты должны быть разомкнуты.

Примечание – Рекомендуется самоконтроль цепи зеркального контакта.

D.7 Испытания

D.7.1 Общие положения по разделу 9 со следующим дополнением.

Должны быть проведены испытания по D.7.2 и D.7.3.

D.7.2 Испытания новых образцов

Для каждого зеркального контакта должно быть проведено испытание *m*-образцов, где *m*- число главных контактов.

Испытания проводят на новых образцах в чистом состоянии.

Методика испытания:

a) Для имитации сваривания контактов в одном из главных полюсов один главный контакт удерживают в замкнутом положении, например путем сваривания или склеивания каждой контактной точки (т. е. в контакте с двойным разрывом сваривание проводят в двух контактных точках). Толщина сварки или склейки не должна значительно менять расстояние между контактами, использованный метод должен быть указан в протоколе испытаний.

b1) При обесточенной рабочей катушке к зеркальному контакту прикладывают испытательный импульс 2,5 кВ (на уровне моря). При иной высоте над уровнем моря (см. таблицу D.1) должна быть выполнена корректировка по расчетам таблицы 12 IEC 60947-1. Не должно быть разрушительных разрядов.

Таблица D.1 – Испытательное напряжение в зависимости от высоты над уровнем моря

Уровень моря	200 м	500 м	1 000 м	2 000 м
2,5 кВ	2,37 кВ	2,37 кВ	2,29 кВ	2,12 кВ
Примечание – Данным испытанием гарантируется минимальный зазор 0,5 мм в соответствии с IEC 60664-1 (рисунки A.1–A.3) [5], из которого взята таблица 13 IEC 60947-1.				

b2) В качестве альтернативы перечислению 1) при обесточенной рабочей катушке непосредственно проводят замер раствора контактов; он не должен превышать 0,5 мм. В случае нескольких последовательных контактов суммарный контактный зазор должен быть свыше 0,5 мм.

Последовательности в перечислениях a) и b) (1) или 2)) повторяют на новых образцах для каждого главного контакта, сваренного последовательно.

D.7.3 Проверка после испытания на условную работоспособность в условиях эксплуатации (согласно таблице 10)

По окончании испытаний на условную работоспособность в условиях эксплуатации согласно 9.3.3.6 следует провести проверку того, что зеркальный контакт выдерживает свое номинальное напряжение по изоляции U_i., если катушка находится под нагрузкой.

Приложение Е
(информационное)

Номинальные рабочие токи и номинальные рабочие мощности коммутационных аппаратов для электродвигателей

Е.1 Общие положения

Приведенные в таблице Е.1 значения являются рекомендуемыми для взаимосвязи между номинальными рабочими токами и номинальными рабочими мощностями. Их следует учитывать в информации по изделиям, предоставляемой потребителям.

Положения настоящего приложения действительны для всех видов коммутационных аппаратов для электродвигателей.

Рисунки гармонизированы и являются основой информации по изделиям, предоставляемой изготовителем.

Значения, приведенные в таблице Е.1, являются типичными номинальными рабочими токами двигателей для соответствующих номинальных рабочих мощностей.

Если аппараты соответствуют этим значениям, они должны быть способны коммутировать большинство существующих электродвигателей.

Данными значениями рекомендуется руководствоваться при конструировании коммутационных аппаратов.

Е.2 Номинальные рабочие мощности и номинальные рабочие токи

Номинальная рабочая мощность связана с отдельными номинальными рабочими токами при разных напряжениях согласно таблице Е.1.

Ориентировочные значения номинальных рабочих токов определены на основе четырехполюсного двигателя с короткозамкнутым ротором при 400 В, 1500 мин -1 и 50 Гц. Номинальные рабочие токи для других напряжений рассчитывают на основе значений при 400 В.

Таблица Е.1 – Номинальные рабочие мощности и номинальные рабочие токи двигателей

Номинальная рабочая мощность		Ориентировочные значения номинальных рабочих токов при										
кВт [a]	л.с. [b]	110-120 В A	200 В A	208 В A	230 В A	220-240 В A	380-415 В A	400 В A	440-480 В A	500 В A	550-600 В A	690 В A
0,06 0,09 0,12	– – –	– – –	– – –	– – –	0,35 0,52 0,70	– – –	– – –	0,20 0,30 0,44	– – –	0,16 0,24 0,32	– – –	0,12 0,17 0,23
0,18 0,25 0,37	– – –	– – –	– – –	– – –	1,0 1,5 1,9	– – –	– – –	0,60 0,85 1,10	– – –	0,48 0,68 0,88	– – –	0,35 0,49 0,64
– 0,55 –	1/2 – 3/4	4,4 – 6,4	2,5 – 3,7	2,4 – 3,5	– 2,6 –	2,2 – 3,2	1,3 – 1,8	– 1,5 –	1,1 – 1,6	– 1,2 –	0,9 – 1,3	– 0,87 –
– 0,75 1,1	1 – –	8,4 – –	4,8 – –	4,6 – –	– 3,3 4,7	4,2 – –	2,3 – –	– 1,9 2,7	2,1 – –	– 1,5 2,2	1,7 – –	– 1,1 1,6
– – 1,5	1-1/2 2 –	12,0 13,6 –	6,9 7,8 –	6,6 7,5 –	– – 6,3	6,0 6,8 –	3,3 4,3 –	– – 3,6	3,0 3,4 –	– – 2,9	2,4 2,7 –	– – 2,1
2,2 – 3,0	– 3 –	– 19,2 –	– 11,0 –	– 10,6 –	8,5 – 11,3	– 9,6 –	– 6,1 –	4,9 – 6,5	– 4,8 –	3,9 – 5,2	– 3,9 –	2,8 – 3,8
4 – 5,5	– 5 –	– 30,4 –	– 17,5 –	– 16,7 –	15 – 20	– 15,2 –	– 9,7 –	8,5 – 11,5	– 7,6 –	6,8 – 9,2	– 6,1 –	4,9 – 6,7
– – 7,5	7-1/2 10 –	44,0 56,0 –	25,3 32,2 –	24,2 30,8 –	– – 27	22,0 28,0 –	14,0 18,0 –	– – 15,5	11,0 14,0 –	– – 12,4	9,0 11,0 –	– – 8,9
11 – –	– 15 20	– 84 108	– 48,3 62,1	– 46,2 59,4	38,0 – –	– 42,0 54,0	– 27,0 34,0	22,0 – –	– 21,0 27,0	17,6 – –	– 17,0 22,0	12,8 – –
15 18,5 –	– – 25	– – 136	– – 78,2	– – 74,8	51 61 –	– – 68	– – 44	29 35 –	– – 34	23 28 –	– – 27	17 21

Минск
Евразийский совет по стандартизации, метрологи и сертификации

Номинальная рабочая мощность		Ориентировочные значения номинальных рабочих токов при										
кВт [a]	л.с. [b]	110-120 В A	200 В A	208 В A	230 В A	220-240 В A	380-415 В A	400 В A	440-480 В A	500 В A	550-600 В A	690 В A
22	–	–	–	–	72	–	–	41	–	33	–	24
–	30	160	92	88	–	80	51	–	40	–	32	–
–	40	208	120	114	–	104	66	–	52	–	41	–
30	–	–	–	–	96	–	–	55	–	44	–	32
37	–	–	–	–	115	–	–	66	–	53	–	39
–	50	260	150	143	–	130	83	–	65	–	52	–
–	60	–	177	169	–	154	103	–	77	–	62	–
45	–	–	–	–	140	–	–	80	–	64	–	47
55	–	–	–	–	169	–	–	97	–	78	–	57
–	75	–	221	211	–	192	128	–	96	–	77	–
–	100	–	285	273	–	248	165	–	124	–	99	–
75	–	–	–	–	230	–	–	132	–	106	–	77
90	–	–	–	–	278	–	–	160	–	128	–	93
–	125	–	359	343	–	312	208	–	156	–	125	–
110	–	–	–	–	340	–	–	195	–	156	–	113
–	150	–	414	396	–	360	240	–	180	–	144	–
132	–	–	–	–	400	–	–	230	–	184	–	134
–	200	–	552	528	–	480	320	–	240	–	192	–
150	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
160	–	–	–	–	487	–	–	280	–	224	–	162
185	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	250	–	–	–	–	604	403	–	302	–	242	–
200	–	–	–	–	609	–	–	350	–	280	–	203
220	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	300	–	–	–	–	722	482	–	361	–	289	–
250	–	–	–	–	748	–	–	430	–	344	–	250
280	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	350	–	–	–	–	828	560	–	414	–	336	–
–	400	–	–	–	–	954	636	–	477	–	382	–
300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Номинальная рабочая мощность		Ориентировочные значения номинальных рабочих токов при										
кВт [a]	л.с. [b]	110-120 В A	200 В A	208 В A	230 В A	220-240 В A	380-415 В A	400 В A	440-480 В A	500 В A	550-600 В A	690 В A
315	–	–	–	–	940	–	–	540	–	432	–	313
–	450	–	–	–	–	1 030	–	–	515	–	412	–
335	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
355	–	–	–	–	1 061	–	–	610	–	488	–	354
–	500	–	–	–	–	1 180	786	–	590	–	472	–
375	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
400	–	–	–	–	1 200	–	–	690	–	552	–	400
425	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
450	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
475	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
500	–	–	–	–	1 478	–	–	850	–	680	–	493
530	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
560	–	–	–	–	1 652	–	–	950	–	760	–	551
600	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
630	–	–	–	–	1 844	–	–	1 060	–	848	–	615
670	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
710	–	–	–	–	2 070	–	–	1 190	–	952	–	690
750	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
800	–	–	–	–	2 340	–	–	1 346	–	1 076	–	780
850	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
900	–	–	–	–	2 640	–	–	1 518	–	1 214	–	880
950	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 000	–	–	–	–	2 910	–	–	1 673	–	1 339	–	970

[a] Предпочитаемые номинальные значения согласно МЭК 60072-1 (первичная последовательность).

[b] Значения тока и значения в лошадиных силах согласно UL 508 (60 Гц).

Приложение F
(обязательное)

Электронные реле перегрузки с расширенными функциями

F.1 Область применения

F.1.1 Общие положения

Применяется приложение Т IEC 60947-1:2007, Изменение 1, со следующими дополнениями.

F.2 Термины с соответствующими определениями

В настоящем приложении используют следующие термины с соответствующими определениями:

F.2.1 Электронное реле перегрузки с функцией обнаружения дифференциального тока (electronic overload relay with ground/earth fault detection): Многополюсное электронное реле, которое срабатывает, если сумма векторов токов, протекающих в главной цепи, превысит установленное значение в соответствии с указанными требованиями.

Примечание – Далее по тексту "реле дифференциального тока".

F.2.2 Электронное реле перегрузки с функцией обнаружения асимметрии тока (electronic overload relay with current imbalance detection): Электронное реле перегрузки, которое срабатывает в случае асимметрии величины тока в соответствии с указанными требованиями.

Примечание – Далее по тексту "реле асимметрии тока".

F.2.3 Электронное реле перегрузки с функцией обнаружения асимметрии напряжения (electronic overload relay with voltage imbalance detection): Электронное реле перегрузки, которое срабатывает в случае асимметрии величины напряжения в соответствии с указанными требованиями.

Примечание – Далее по тексту "реле асимметрии напряжения".

F.2.4 Электронное реле перегрузки с функцией обнаружения обратного вращения фаз (electronic overload relay with phase reversal detection): Многополюсное электронное реле перегрузки, которое срабатывает при ненадлежащей последовательности фаз со стороны питания пускателя в соответствии с указанными требованиями.

F.3 Функции управления

F.3.1 Общие положения

Рабочая последовательность времени, замыкания при вводе и выводе для источника питания и цепи управления, должны быть описаны в эксплуатационной документации изготовителя.

Функция перезапуска реле, диапазоны и допустимые пределы времени, обнаружение спада напряжения и задержка перезапуска после восстановления напряжения должны быть также указаны в эксплуатационной документации изготовителя.

Примечание – Электронные реле с расширенными функциями могут также относиться к области других назначений, например система управления двигателем, защита двигателя и т.д.

F.3.2 Пределы срабатывания реле минимальной мощности

При спаде напряжения в главной цепи напряжения до минимального уровня или до нуля, сработает реле:

a) если напряжение сохраняется в пределах T1 (время выключения для непосредственной перезагрузки), то реле защиты от перегрузок направит команду цепи пускателя – «восстановить состояние вращения»;

b) если напряжения сохраняется между T1 и T2 (время выключения для перезапуска), то реле перезапустится на пусковую последовательность;

c) если напряжения сохраняется после T2, то реле не должно перезагружаться автоматически.

Параметры T1 и T2 можно регулировать, при T2 >T1.

Допуск порогового напряжения и параметров настройки времени должен быть определен изготовителем, но он не должен превышать ±10 %. Если значение уставки времени будет ниже 1 с, то изготовитель должен указать допуски в эксплуатационной документации изготовителя.

F.4 Испытание функций управления

Испытание функций управления проводится согласно F.3, и каждую функцию управления следует проверить, не менее 3 раз.

Для функций перезапуска, время обнаружения спада напряжения и задержки перезапуска необходимо проверить согласно F.3.

Приложение G
(информационное)

Контакторы категории применения АС-1 для двигательных нагрузок с полупроводниковым управлением

Контакторы часто используют с полупроводниковыми контроллерами, пускателями или приводными механизмами. Контакторы таких назначений не предназначены для коммутации двигательных токовых нагрузок при стабильном напряжении систем.

Их назначение – проводить токи со стороны питания либо со стороны нагрузки таких контроллеров и предоставлять возможность для отключения контроллера от питания и/или нагрузки в обесточенном состоянии. Еще одним назначением является шунтирование контроллера, обычно с целью снижения тепловых потерь при разгоне. Контакторы таких назначений должны иметь такое управление и блокировку, которые исключили бы их замыкание и размыкание при токе нагрузки.

Соблюдение вышеуказанных условий соответствует категории применения контакторов АС-1.

Приложение H
(обязательное)

Процедура определения характеристик электромеханических контакторов, применяемых для обеспечения функциональной безопасности

H.1 Общие положения

H.1.1 Введение

Предложенные положения не являются обязательными, а применяются по усмотрению изготовителя.

H.1.2 Область применения и цель

Настоящее приложение определяет процедуру получения специфических данных, характеризующих работоспособность электромеханических контакторов в назначениях функциональной безопасности.

Эти данные отвечают требованиям стандартов по функциональной безопасности, в том числе серий IEC *61508*, IEC 62061[8], IEC 61511 [9], IEC 61513 [10] и ISO 13849-1,.

Специфическими данными для назначений функциональной безопасности, например, являются: частота отказов на цикл оперирования, ресурс, уровень достоверности, общий срок службы.

Настоящее приложение рассматривает исключительно основную функцию электромеханического контактора.

H.1.3 Общие требования

Процедура получения специфических данных для назначений функциональной безопасности приводится ниже.

Процедура основана на статистическом анализе результатов испытаний для систематизации данных по надежности.

Уровень достоверности при расчете частоты отказов на протяжении срока службы аппарата должен составлять 60 %, если иное не установлено изготовителем.

Примечание – Выбранные параметры, связанные с надежностью, согласуются с параметрами других изделий, также применяемых в функциональной безопасности.

Статистические данные, полученные в соответствии с настоящим приложением, действительно только на протяжении срока службы контактора.

С целью сохранения статистической последовательности в настоящем приложении термин "время" может относиться к числу циклов оперирования.

Настоящее приложение не рассматривает замену частей контакторов при испытании и применении.

H.2 Термины с соответствующими определениями и условные обозначения

В настоящем приложении применяют следующие термины с соответствующими определениями условные обозначения:

Н.2.1 Термины и определения

Н.2.1.1 **Надежность (работоспособность)** (reliability performance): Способность объекта выполнять требуемые функции в заданных условиях в течение заданного периода времени.

[IEV -191-02-06].

Н.2.1.2 **Ресурс** (useful life): В данных условиях интервал времени, начинающийся в данный момент и заканчивающийся тогда, когда частота отказов становится неприемлемой.

Примечание – Для контакторов ресурс выражается числом оперирований.

Н.2.1.3 **Период постоянной частоты отказов** (constant failure rate period): Такой период, при его наличии, в ресурсе объекта, не подвергавшегося восстановлению, в течение которого частота отказов является фактически постоянной

[IEV -19110-09].

Н.2.1.4 **Общий срок службы** (overall lifetime): Срок службы аппарата, который не должен быть превышен с целью достижения расчетной частоты отказов за счет случайных отказов

Примечание

1 Общий срок службы включает в себя также периоды неиспользования, например хранение. Общий срок службы исчисляется годами.

2 Согласно IEC 62061 он обозначается T1, согласно ISO 1384 9-1-ТМ.

Н.2.1.5 **Цензурирование** (censoring): Прекращение испытаний либо после определенного числа отказов, либо по истечении определенного времени, но с сохранением объектом способности выполнять требуемые функции.

Н.2.1.6 **Приостановка** (suspension): Ситуация, в которой объект снят с испытания не в результате отказа вообще либо отказа в рассматриваемом смысле, а в результате отказа по какой-то другой причине.

Н.2.1.7 **Коммутация без тока** (no-make-break-current utilization): Условия, в которых коммутационный аппарат выполняет действия включения-отключения в обесточенном состоянии

Н.2.1.8 **Наработка до отказа** (time to failure): Наработка объекта от начала эксплуатации или от восстановления им работоспособного состояния до отказа

Примечание – Для контакторов наработка до отказа выражается числом оперирований.

Н.2.2 Условные обозначения:

n – число испытуемых образцов;
r – число отказов;
t – число циклов оперирования;
η – ресурсная характеристика Вейбулла или масштабный параметр;
$ß$ - параметр формы (распределения) Вейбулла;
c – число оперирований в час;

λ_u – экспериментальная частота отказов (верхний предел) при уровне достоверности 60 % на операцию;

λ – частота отказов за час;

λ_D – опасная частота отказов за час.

H.3 Метод, основанный на результатах испытаний на износ

H.3.1 Общий метод

Поскольку отказы таких изделий случайного происхождения, метод основан на результатах, полученных путем длительного мониторинга контакторов, подвергшихся испытаниям на износ.

H.3.2 Требования к испытанию

Механическую износостойкость определяют согласно B.2.1–B.2.2.4. Механическую износостойкость определяют при коммутации без тока.

Коммутационную износостойкость определяют в соответствии с B.3.1 и B.3.2 в категории применения AC-3, если иное не установлено изготовителем.

Испытательная среда должна соответствовать разделу 7.

Для модификаций изделия, которые не противоречат данным, изложенным в H.5, не потребуется повторных испытаний.

H.3.3 Характеристика видов отказов

Возникновение одного или более видов отказов из перечисленных в таблице H.1 либо достижение заданного изготовителем числа циклов оперирования ведет к заключению по поводу результата испытаний аппарата.

Таблица К.1 – Виды отказов контакторов

Виды отказов	Характеристики для нормально разомкнутого контактора
Отказ на размыкание	- ток остается после обесточивания катушки
Отказ на замыкание	- отсутствие тока в одном или более полюсах после подачи тока в катушку
Короткое замыкание между полюсами	- пробой изоляции между полюсами
Короткое замыкание между полюсом и прилегающей частью	- пробой изоляции с прилегающей частью

H.3.4 Модель Вейбулла

H.3.4.1 Метод моделирования

Данные по надежности получены путем моделирования данных по результатам испытаний согласно распределению Вейбулла в соответствии с IEC 61649 [12].

Если число отказов равно или меньше 20, следует применять метод медианной ранговой регрессии (MRR). Если число отказов больше чем 10, можно пользоваться методом оценки, полученной методом максимального правдоподобия (MLE) для получения точечной оценки параметров распределения *ß* и *η* после проверки критерия (согласия) Колмогорова-Смирнова (*H*) с распределением Фишера (F*γ*) при *γ* = 60 %:

$$F_i = \frac{(i-0{,}3)}{(N+0{,}4)} \times 100 \ \ \%$$

где символ [x] используют для обозначения наибольшего целого числа, меньше или равного x.

Примечания

1 В IEC 61649 приведены детали описания и примеры расчета.

2 Малое число образцов увеличивает погрешность оценки параметров ресурса, которая выразится наименьшим значением нижнего предела частоты отказов на операцию.

Если испытание окончено в установленное время *T* до отказа всех объектов, то считают, что данные цензурированы по времени. Если испытуемый объект не получил отказа рассматриваемых видов, то это означает приостановку. Нормально приостановки включены во все анализы путем регулирования порядка расположения. Однако настоящее приложение рассматривает метод для оценки параметров распределения Вейбулла, упрощенный изъятием приостановок. Более полное рассмотрение цензурирования и приостановки приведено в IEC 60300-3-5 [13], а связанных с этим расчетов – в IEC 61649 [12].

H.3.4.2 Медианная ранговая регрессия

Медианная ранговая регрессия - метод оценки параметров распределения с использованием метода линейной регрессии с двумя переменными: медианным рангом и циклом оперирования.

Если таблица медианных рангов и способа расчета медианных рангов бета-распределением не подходит, тогда может быть использована аппроксимация Бернарда, уравнение (H.1), где:

$$H \geq F_\gamma(2|_(r\text{-}1)/2_|2|_r/2_|), \qquad \text{(H.1)}$$

где *N* – число образцов,

i – ранговая позиция данных рассматриваемого объекта.

Примечание – Данное уравнение чаще всего используют для N ≤ 30; для N > 30 коррекцией накопленной частоты можно пренебречь: Fi = (i/N) x 100 %.

Малое число образцов усложняет калибровку критерия согласия. Для проверки распределения Вейбулла чаще всего используют коэффициент смешанной корреляции $\hat{\eta} = e\left(\frac{b}{\beta}\right)$. Его можно вычислить по уравнению (H.2):

$$r^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n(\overline{x})^2 \right)\left(\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - n(\overline{y})^2 \right)}$$

, (H.2)

где (x_i) и (y_i), i = [1.. n] – медианные ранги и время отказа соответственно;

r^2 – пропорция изменения данных, которое можно объяснить гипотезой Вейбулла, ближе к 1 обеспечивается лучшее соответствие согласно распределению Вейбулла, ближе к 0 - плохое.

Порядок набора данных для построения графика следующий:

a) во-первых, расположить время в цикле оперирования от раннего к позднему;

b) использовать аппроксимацию Бернарда для расчета медианных рангов;

c) отложить время отказов по оси (x) и медианные ранги $F_i(y)$ по оси 1 x 1 в одинаковом масштабе для распределения Вейбулла, или с логарифмическим масштабом по обеим осям для дифференцирования x_{ln} и y_{ln};

d) вычислить β по функции линейной регрессии для получения кривой $y_{ln}=\beta x_{ln}+b$;

e) вычислить;

f) построить на графике кривую регрессии для проверки соответствия.

Нормально для электромеханического контактора β больше или равно 1.

H.3.5 Ресурс и верхний предел частоты отказов

H.3.5.1 Численный метод

Предполагая постоянную частоту отказов, ресурс определяют как нижний предел достоверности числа циклов, в котором 10 % числа аппаратов имеют отказ ($\beta_{10|\text{нижний предел}}$).

Для 20 и меньше точек данных с временем цензурирования и без него должны применяться параметры Вейбулла β и $F_i(y)$, полученные методом медианной ранговой регрессии (MRR) (см. H.3.4.2).

H.3.5.2 Точечная оценка квантиля (10%) наработки до отказа

Вычислить β_{10}, используя уравнение (H.3), точечную оценку B_{10}, время получения отказов 10% числа аппаратов:

$$\hat{B}_{10} = \hat{\eta}\left[\ln\left(\frac{1}{0{,}9}\right)\right]^{1/\hat{\beta}}, \quad \text{(H.3)}$$

H.3.5.3 Ресурс

Вычислить нижний (1 – y) 100 % уровень достоверности B_{10}, используя уравнения (H.4-H.7):

$$h_1 = \ln[-\ln(0.9)], \quad \text{(H.4)}$$

$$Q_1 = e^{\left(-\frac{\delta_1 + h_1}{\hat{\beta}}\right)}$$

$$\delta_1 = \frac{-A_6 x^2 - r h_1 + x\sqrt{\left(A_6^2 - A_4 A_5\right)x^2 + r A_4 + 2 r h_1 A_6 + r A_5 h_1^2}}{r - x^2 A_5}, \quad \text{(H.5)}$$

где $x=u_\gamma$ - квантиль нормального распределения, если иное не установлено изготовителем, тогда должно использоваться 60% нижнего уровня достоверности (отсюда γ =0,4 и u_γ =0,2533).

A_4, A_5 и A_6, вычисляют, используя соотношение q = r/n:

$A_4=0{,}49q-0{,}134+0{,}622q^{-1}$;

$A_5=0{,}244\ 5(1{,}78-q)(2{,}25+q)$;

$A_6=0{,}029-1{,}083\ln(1{,}325q)$.

$$B_{10|\text{ нижний предел}} = Q_1 \hat{B}_{10}, \quad \text{(H.6)}$$

$$\lambda_u = \frac{-\ln(0{,}9)}{B_{10|\text{нижний предел}}} \approx \frac{1}{10 \times B_{10|\text{нижний предел}}}. \quad \text{(H.7)}$$

Данное значение $B_{10|\text{нижний предел}}$ считают ресурсом.

H.3.5.4 Верхний предел частоты отказов

Верхний предел частоты отказов на операцию представлен следующим уравнением (H.8):

$$\lambda_u = \frac{-\ln(0{,}9)}{B_{10|\text{нижний предел}}} \approx \frac{1}{10 \times B_{10|\text{нижний предел}}}. \quad \text{(H.8)}$$

H.3.5.5 Условия испытаний

Нормальные условия приведены в разделе 7.

Другие условия подлежат согласованию между изготовителем и потребителем. В этом случае данные значения получают в следующих условиях.

H.3.6 Данные по надежности

Окончательные данные по надежности:

- частота отказов на операцию: λ_u
- значение ресурса = $B_{10|\text{нижний предел}}$.

Н.4 Метод, основанный на опыте эксплуатации

В данном методе могут использоваться такие же статистические расчеты, однако данные по отказам, собранные по опыту эксплуатации, могут относиться к самому широкому диапазону окружающих сред и категорий применения.

Данный метод - в стадии рассмотрения.

Н.5 Представляемые данные

Перечень данных по надежности изделия должен включать в себя следующие характеристики:

- частоту отказов на операцию λ_u (см. К.3.6);
- ресурс (см. К.3.6);
- уровень достоверности, если отличается от 60 %;
- коммутацию без тока или категорию применения, если не АС-3;
- максимальную частоту коммутации;
- максимальное рабочее напряжение, если не U_e;
- максимальный рабочий ток для заданной категории применения, если отличается от I_e;
- общий срок службы, равный 20 лет, если иное не установлено изготовителем;
- условия окружающей среды, если отличаются от нормальных.

Примечание 1 – Частота отказов λ , выраженная "в час", равна частоте отказов λ_u, выраженной "за операцию", умноженной на число операций за час c:

$$\Lambda=\lambda_u \cdot c$$

Примечание 2 – Общий срок службы в 20 лет обычно используют в качестве статистического эталона для анализа на надежность.

Допуск на отказ для одного контактора обычно равен нулю.

Примечание 3 – Указанный в IEC 62061 допуск на отказ *N* означает, что N+1 отказов могут вызвать потерю функции.

В таблице Н.2 приведены типичные пропорции отказов, применяемые для вычисления частоты опасного отказа λ_D; частота опасного отказа вычисляется по следующей Формуле:

$$\lambda_D=\lambda \cdot F$$

Таблица Н.2 – Типичные пропорции отказов для нормально разомкнутых контакторов

Виды отказов	Типичная пропорция отказов *F*, по результатам испытаний на комизнос в режиме АС-3 для нормально разомкнутых контакторов [a] , %	Типичная пропорция отказов *F*, по результатам испытаний на мехизнос для нормально разомкнутых контакторов [a], %
Отказ на размыкание	73	50

Продолжение таблицы Н.2

Виды отказов	Типичная пропорция отказов F, по результатам испытаний на комизнос в режиме АС-3 для нормально разомкнутых контакторов a , %	Типичная пропорция отказов F, по результатам испытаний на мехизнос для нормально разомкнутых контакторов a, %
Отказ на замыкание	25	
Короткое замыкание между полюсами	1	0
Короткое замыкание между полюсами и прилегающей частью (например, вспомогательная, заземляющая пластина, катушка)		

Примечание
1 При таком применении контактора когда в опасной ситуации, вызванной отказом, для которого пропорция повреждения превышает 40 %, система может нуждаться в функции диагностирования и соответствующей функции реагирования на отказ.
2 Типичные значения по результатам испытаний, проводимых на разных контакторах.
3 Диагностический охват подсистемы, содержащей контактор с зеркальными контактами, может составлять 99 % при условии наличия функции (функций) реагирования на отказ.

Н.6 Пример

Н.6.1 Результаты испытаний

Всего 15 контакторов (n =15) были испытаны одновременно до получения отказа. 15 раз до отказа (r =15) расположены в порядке i в таблице Н.3.

Таблица Н.3 – Пример 15 сортированных по возрастанию наработок до отказа контакторов

	Циклы t_i
1	1000000
2	1250000
3	1400000
4	1550000
5	1650000
6	1750000
7	1850000
8	1950000
9	2050000

10	2150000
11	2280000
12	2420000
13	2500000
14	2700000
15	2800000

H.6.2 Распределение Вейбулла и медианная ранговая регрессия

Расчет медианных рангов дает следующие результаты:

/	Циклы t_i	Медианные ранги, %	/	Циклы t_i	Медианные ранги, %
1	1000000	4,5	9	2050000	56,5
2	1250000	11,0	10	2150000	63,0
3	1400000	17,0	11	2280000	69,5
4	1550000	24,0	12	2420000	76,0
5	1650000	30,5	13	2500000	82,5
6	1750000	37,0	14	2700000	89,0
7	1850000	43,5	15	2800000	95,5
8	1950000	50,0			

Коэффициент смешанной корреляции $r2$ = 0,998, данное значение, приближенное к 1, указывает критерий согласия для распределения Вейбулла.

Линейная регрессия с двумя натуральными логарифмическими шкалами дает: $y = 3{,}908x - 57$.

Из этого уравнения могут быть выведены параметры распределения: β=3,908 и η=2 149 131.

Подобранный результат, полученный методом MRR, дает достоверность согласованного распределения Вейбулла (см. рисунок Н.1).

H.6.3 Ресурс и частота отказов

Для вычисления нижнего уровня достоверности числа циклов, в которых 10 % контакторов получили отказ, данный пример соответствует К.3.5.

Точечная оценка B_{10}=1 212 879

Коэффициент Q_1 = 0,960 1, и $B_{10|\text{нижний предел}}$ = 1 164 541

Окончательно верхний предел частоты отказов $\lambda_г = 9{,}05 \cdot 10^{-8}$

Результат этого численного метода проиллюстрирован на рисунке Н.1.

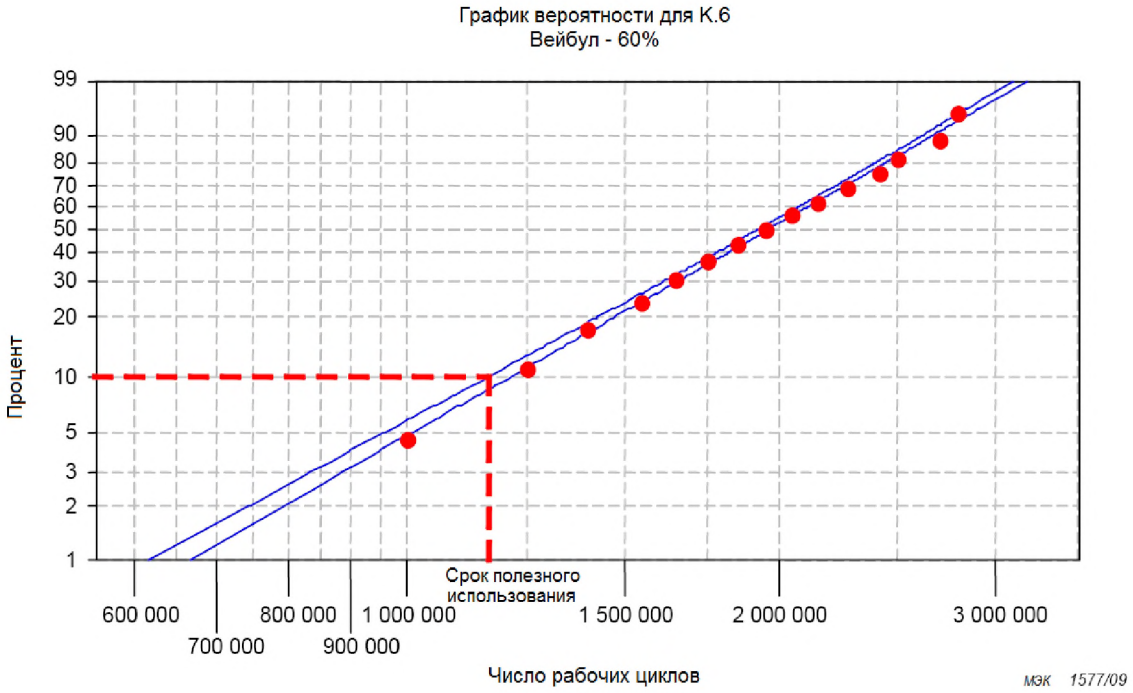


Рисунок К.1 – График медианной ранговой регрессии

Приложение Д
(справочное)

Таблица Д.1 – Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам (международным документам)

Обозначение и наименование международного стандарта (международного документа)	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60085:2007 Электрическая изоляция. Классификация по термическим свойствам	IDT	ГОСТ IEC 60085–2011 Электрическая изоляция. Классификация по термическим свойствам
IEC 60947-1:2007 Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 1. Общие правила	IDT	ГОСТ IEC 60947-1–2014 Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 1. Общие правила
IEC 60947-5-1:2003 Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 5-1. Устройства и коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические устройства цепей управления	IDT	ГОСТ IEC 60947-5-1–2014 Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 5-1. Устройства и коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические устройства цепей управления
IEC 61439-1:2011 Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 1. Общие правила	IDT	ГОСТ IEC 61439-1–2013 Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 1. Общие правила
IEC 61508 (все части) Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью	IDT	ГОСТ IEC 61508 (все части) Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью
IEC 61511 (все части) Безопасность функциональная. Система безопасности, обеспечиваемая приборами для сектора обрабатывающей отрасли промышленности	IDT	ГОСТ IEC 61511 (все части) Безопасность функциональная. Система безопасности, обеспечиваемая приборами для сектора обрабатывающей отрасли промышленности

Окончание таблицы Д1

Обозначение и наименование международного стандарта (международного документа)	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 61513:2011 Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Общие требования	IDT	ГОСТ IEC 61513–2011 Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Общие требования
IEC 61810-1:2008 Реле логические электромеханические с ненормируемым временем срабатывания. Часть 1. Общие требования	IDT	ГОСТ IEC 61810-1–2013 Реле логические электромеханические с ненормируемым временем срабатывания. Часть 1. Общие требования
IEC 62061:2005 Безопасность машин и механизмов. Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем контроля, связанных с безопасностью	IDT	ГОСТ IEC 62061–2013 Безопасность машин и механизмов. Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем контроля, связанных с безопасностью
ISO 13849-1:2006 Безопасность машин. Детали систем управления, связанные с обеспечением безопасности. Часть 1. Общие принципы проектирования	IDT	ГОСТ ISO 13849-1–2003 Безопасность машин. Детали систем управления, связанные с обеспечением безопасности. Часть 1. Общие принципы проектирования
IEC 61051-2:1991 Варисторы для электронного оборудования. Часть 2. Групповые технические условия на варисторы для подавления импульсного перенапряжения	IDT	ГОСТ IEC 61051-2–2013 Варисторы для электронного оборудования. Часть 2. Групповые технические условия на варисторы для подавления импульсного перенапряжения

Библиография

IEC 60050-191:1990, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service (Международный электротехнический словарь. Глава 191. Надежность и качество услуг)

IEC 60050-441:1984, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses (Международный электротехнический словарь. Глава 441: Коммутационная аппаратура, аппаратура управления и предохранители)

IEC 60068-2-2:2007, Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 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 60076-1:1993, Power transformers – Part 1: General (Трансформаторы силовые. Часть 1: Общие положения)

IEC 60269-1:2006, Low-voltage fuses – Part 1: General requirements [Предохранители плавкие низковольтные. Часть 1. Общие требования]

IEC 60269-2:2006, Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorizedpersons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to I (Предохранители плавкие низковольтные. Часть 2: Дополнительные требования к плавким предохранителям, используемым квалифицированным персоналом (главным образом, промышленного назначения). Примеры стандартизированных систем плавких предохранителей от A до I)

IEC 60664-1:2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests (Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 1. Принципы, требования и испытания)

IEC 61095:2009, Electromechanical contactors for household and similar purposes UL 508, Industrial control equipment (Контакторы электромеханические бытового и аналогичного назначения] (доступен только на английском языке)

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)

IEC 61915-2:2011, Low-voltage switchgear and controlgear – Device profiles for networked industrial devices – Part 2: Root device profiles for starters and similar equipment (Комплектные низковольтные распределительные устройства и устройства управления. Приборные совокупные параметры для сетевых промышленных устройств. Часть 2. Корневые приборные параметры для пускателей и подобного оборудования)

UL 60947-4-1:2007, Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters (Комплектные низковольтные распределительные устройства и устройства управления. Часть 4-1. Контракторы и пускатели двигателей. Электромеханические контракторы и пускатели двигателей)

gost.e-ecolog.ru