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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 31610.11— 2025 (IEC 60079-11:2023)

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 11

Оборудование с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «i»

(IEC 60079-11:2023, Explosive atmospheres — Part 11: Equipment protection by intrinsic safety «i», MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой национальной организацией «Ex-стандарт» (АННО «Ex-стандарт») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 июля 2025 г. № 187-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
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2025 г. № 960-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31610.11—2025 (IEC 60079-11:2023) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2027 г. с правом досрочного применения

5 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту IEC 60079-11:2023 «Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с защитой «искробезопасная цепь «i» («Explosive atmospheres — Part 11: Equipment protection by intrinsic safety «i», MOD), включая Поправку 1:2023 (IEC 60079-11:2023/COR1:2023), путем внесения технических отклонений, выделенных курсивом, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

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

Описание блока искрозащиты на стабилитронах приведено в дополнительном приложении ДА.

Методика определения воспламеняющего тока и напряжения приведена в дополнительном приложении ДБ.

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДВ

6 ВЗАМЕН ГОСТ 31610.11—2014 (IEC 60079-11:2011), ГОСТ IEC 61241-11—2011

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

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

© IEC, 2023
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025



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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 11
3 Термины, определения и сокращения 12
3.1 Термины и определения 12
3.2 Сокращения 14
4 Классификация оборудования по группам, подгруппам, температурным классам и уровням вида взрывозащиты устройств 15
5 Соответствие требованиям в отношении воспламенения 15
5.1 Общие требования 15
5.2 Условия при оценке 16
5.3 Соответствие требованиям в отношении искрового воспламенения 18
5.4 Соответствие требованиям в отношении теплового воспламенения 21
5.5 Простое устройство 25
6 Требования к конструкции устройств 26
6.1 Общие требования 26
6.2 Оболочки 26
6.3 Соединительные контактные средства для подключения внешних цепей 28
6.4 Внутренние соединения и разъемы 31
6.5 Разделение токопроводящих частей 34
6.6 Герметизация 54
6.7 Требования к материалам, применяемым для покрытия и герметизации 60
6.8 Защита от перемены полярности 60
6.9 Требования к диэлектрической прочности 60
7 Требования к компонентам и сборкам, от которых зависит искробезопасность 61
7.1 Нагрузка компонентов, от которых зависит искробезопасность 61
7.2 Повреждение компонентов 61
7.3 Учет требований искробезопасности при изготовлении 62
7.4 Резисторы 62
7.5 Конденсаторы 63
7.6 Катушки индуктивности и обмотки 65
7.7 Полупроводники 67
7.8 Трансформаторы 70
7.9 Реле 72
7.10 Изоляторы сигналов 74
7.11 Предохранители 75
7.12 Первичные элементы, батареи, аккумуляторы и аккумуляторные батареи 76
7.13 Пьезоэлектрические устройства 79
7.14 Элементы для обнаружения газов 79
7.15 Ионисторы (суперконденсаторы) 79
7.16 Устройства, используемые для ограничения температуры 80
7.17 Механические выключатели 82
8 Дополнительные требования к особым устройствам 82
8.1 Диодные барьеры безопасности 82
8.2 Устройства FISCO 83
9 Типовые проверки и испытания 83
9.1 Испытания на искровое воспламенение 83
9.2 Оценка искрового воспламенения по характеристикам искробезопасности и табличным значениям 85

9.3 Температурные испытания . . . 90
9.4 Механические испытания . . . 91
9.5 Токопроводящая способность неповреждаемых соединений печатных плат . . . 92
9.6 Испытание электрической прочности изоляции . . . 92
9.7 Оценка твердой изоляции и расстояния через заливочный компаунд для применения уменьшенных разделений . . . 92
9.8 Типовые испытания покрытий печатных плат . . . 94
9.9 Испытания на дифференциальный ток утечки для изоляторов сигналов . . . 94
9.10 Испытания разделительных устройств . . . 95
9.11 Испытания искробезопасных устройств, содержащих пьезоэлектрические устройства . . . 96
9.12 Испытания устройств с положительным температурным коэффициентом . . . 97
9.13 Определение параметров компонентов, имеющих неопределенные характеристики . . . 97
9.14 Испытания элементов, батарей и ионисторов . . . 97
9.15 Определение запасаемой энергии в синфазных дросселях . . . 101
9.16 Типовые испытания компонентов, защищенных устройством ограничения тока с зависимой от времени характеристикой . . . 102
9.17 Испытания трансформатора . . . 103
10 Контрольные проверки и испытания . . . 105
10.1 Другие допустимые уменьшенные расстояния . . . 105
10.2 Контрольные испытания диодных барьеров безопасности . . . 105
10.3 Контрольные испытания трансформаторов . . . 105
10.4 Контрольные испытания для защитного покрытия или герметизации . . . 106
11 Маркировка . . . 107
11.1 Искробезопасные и связанные устройства . . . 107
11.2 Предупредительные надписи . . . 107
12 Руководства по эксплуатации . . . 107
12.1 Общие требования . . . 108
12.2 Специальные условия применения . . . 108
Приложение А (обязательное) Характеристики искробезопасности . . . 110
Приложение В (обязательное) Искрообразующее устройство для испытания искробезопасных цепей . . . 138
Приложение С (справочное) Измерение путей утечки, электрических зазоров и разделительных расстояний через заливочный компаунд и твердую изоляцию . . . 145
Приложение D (обязательное) Испытание на превышение энергии переходного процесса . . . 149
Приложение Е (обязательное) Искробезопасная система полевой шины (FISCO) — требования к устройствам . . . 154
Приложение F (обязательное) Испытание на воспламенение полупроводниковых искробезопасных цепей . . . 157
Приложение G (обязательное) Универсальные выходные характеристики . . . 166
Приложение Н (справочное) Примеры маркировки . . . 178
Приложение I (справочное) Схема испытаний оболочек или частей оболочек . . . 182
Приложение ДА (справочное) Блок искрозащиты на стабилитронах . . . 184
Приложение ДБ (справочное) Методика определения воспламеняющих тока и напряжения. Построение характеристик искробезопасности . . . 186
Приложение ДВ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . 189
Библиография . . . 191

Введение

Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к седьмому изданию IEC 60079-11:2023.

Стандарт разработан в развитие технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

Настоящий стандарт входит в комплекс стандартов по видам взрывозащиты для оборудования, применяемого во взрывоопасных средах.

Стандарт предназначен для нормативного обеспечения обязательной сертификации и испытаний.

В настоящий стандарт включены дополнительные по отношению к IEC 60079-11:2023 положения (слова), фразы, отражающие потребности экономик стран СНГ, выделенные в тексте курсивом, а именно:

- применены ссылки на межгосударственные стандарты вместо международных и региональных стандартов;
- в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5 в связи с невведенностью IEC 60085, IEC 60317-0-1, IEC 60747-5-5, IEC 60747-17, IEC 61158-2, IEC 62133-2, ANSI/UL 248, ANSI/UL 746E, UL 810A, DIN VDE V 0884-11 в качестве межгосударственных стандартов данные документы перенесены из раздела нормативных ссылок в структурный элемент «Библиография»;
- по всему тексту уточнены требования к расположению знака «X»;
- добавлена нумерация строк в таблице;
- в 5.2.1 уточнены формулировки;
- в 5.2.2 для уровня вида взрывозащиты «ia» исключено применение коэффициента безопасности 1.0;
- в 5.2.3 уточнены требования к введению неучитываемых повреждений;
- в 5.2.4 уточнена формулировка;
- в 5.2.5, 6.2.3, 6.5.9.1, 12.2 исключена конкретизация указания специальных условий применения только в сертификате;
- в 5.3.1 уточнена формулировка, добавлена информация о возможности использования представительных образцов цепей;
- в таблице 8, сноске d изменен диапазон напряжений «от 150 по 400 В» на «от 100 до 400 В»;
- скорректирован перечень используемых сокращенных терминов в таблице 2 с учетом особенностей русского языка;
- исключено примечание в 5.3.5 «Цепь, оцененная с использованием характеристик искробезопасности и таблиц приложения А, может вызвать воспламенение при испытании с использованием искрообразующего устройства. Тем не менее, таблицы все же можно использовать для оценки, поскольку чувствительность искрообразующего устройства варьируется, а значения характеристик искробезопасности и таблиц получены на основе большого количества таких испытаний»;
- в 5.4.1 исключены слова: «или со ссылкой на аналогичные устройства» после «Температурную классификацию можно оценить с помощью тепловых моделей на основании имеющейся информации о тепловых характеристиках компонентов»;
- 6.2.1 дополнен примечанием;
- в 6.3.1 заменены слова «снизить вероятность» на «исключить возможность»;
- в 6.3.5.1 и 6.3.5.2 уточнены формулировки;
- в 6.5.6.5 уточнено, что температура указывается изготовителем материала,
- раздел 7 дополнен требованиями к документации;
- 7.1 дополнен требованием о необходимости учета условий монтажа;
- в 7.3 уточнены формулировки;
- в 7.4.2 добавлены единицы измерения;
- 7.7.4 дополнен примечанием;
- в 7.6.3, перечисление c), добавлено примечание 2 с уточнением, что типы проводов указаны в IEC 60317-0-1;
- в 7.6.5.1 уточнена формулировка в примечании;
- 7.7.8 дополнен пояснением возможности применения цифровых потенциометров;
- в 7.10.3 уточнены требования к изоляторам в перечислениях a) и b) и добавлено примечание;
- в 9.1.1 введена возможность использования схемы с эквивалентными значениями;
- 9.1.2 дополнен значениями времени для допусков, уточнена формулировка;

- в 9.14.1.1 удалена детализация получения элементов и батарей от их изготовителя;
- в 9.14.3.2 исключено предложение в примечании 2, о том, что проводится работа по решению проблемы применения литий-ионных элементов;
- в 9.14.3.3 и E.1 ссылки на IEC 62133 и IEC 61158 заменены примечаниями;
- в 10.4 добавлено примечание со ссылкой на ISO 2859-1;
- приложение A дополнено абзацем, уточняющим применение искрообразующего устройства, а также графиками для индуктивных цепей;
- в E.1 добавлено примечание со ссылкой на IEC 61158;
- D.8 дополнен примечанием, уточняющим оценку энергии переходного процесса;
- текст приложения F скорректирован и его положения распространяются и на источники питания, время восстановления которых не может быть значительно уменьшено для проведения испытаний;
- в приложении H примеры маркировок даны с учетом национальных отклонений согласно ГОСТ 31610.0.

Установленные настоящим стандартом требования обеспечивают вместе с ГОСТ 31610.0 безопасность применения оборудования на опасных производственных объектах химической, деревообрабатывающей, пищевой и других отраслей промышленности.

Значительные изменения, внесенные в настоящий стандарт по сравнению с предыдущим изданием, представлены в виде таблицы.

Таблица — Значительные изменения, внесенные в настоящий стандарт по сравнению с предыдущим изданием

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
1	Значительное количество редакционных изменений, включая реструктуризацию разделов. Изменений слишком много, чтобы перечислить их в этой таблице	Все	X		
2	Из области применения стандарта исключена возможность применения данного вида взрывозащиты для обеспечения взрывобезопасности каталитических компонентов для группы IIC или подгруппы IIB+H_2	Раздел 1, 7.14.2			C2
3	Расширена область применения и добавлены требования при давлении окружающей среды до 60 кПа	Раздел 1, 6.5.6.1		B1	
4	В таблицу 1 внесено изменение и указано, что раздел 14 *ГОСТ 31610.0* является «применимым». На технические требования данное изменение не влияет	Раздел 1	X		
5	Исключены следующие термины, которые присутствуют в *ГОСТ 31610.0*. Нумерация терминов приведена в соответствии с *ГОСТ 31610.11—2014:* 3.2 покрытие 3.3 конформное покрытие 3.7.1 учитываемое повреждение 3.7.3 учитываемое повреждение 3.18 периодическое максимальное напряжение. 3.20 герметизация 3.21 заливка 3.23 гальваническая развязка	Раздел 3	X		

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
6	Исключены термины, поскольку они больше не считаются необходимыми. Нумерация в соответствии с *ГОСТ 31610.11—2014:* 3.7.2 повреждение 3.10.3 неповреждаемое разделение	Раздел 3	X		
7	Диодные барьеры безопасности больше не считают устройствами, обеспечивающими гальваническую развязку	3.1.7, 7.7.5		X	
8	Параметры искробезопасности и U_m могут иметь кратковременные переходные процессы выше указанных значений и их не нужно принимать во внимание	3.1.12, 7.7.3	X		
9	Новое определение — искрообразующее устройство	3.1.14	X		
10	Новое определение — ионистор (электрохимический конденсатор, суперконденсатор)	3.1.15		X	
11	Новое определение — переходная характеристика	3.1.16.1		X	
12	Новое определение — энергия переходного процесса (ранее пропускаемая энергия)	3.1.16.2	X		
13	Новое определение — аксессуар для невзрывоопасной зоны	3.1.17	X		
14	Разъяснение того, что настоящий стандарт не требует проверки соответствия промышленным стандартам	5.1	X		
15	Уточнены требования к оценке	5.2.1	X		
16	Разъяснение относительно применения эксплуатационных температур	5.2.1 g)			C1
17	Добавлено разъяснение, что требования уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» всегда достаточны для уровня вида взрывозащиты «ic»	5.2.2		X	
18	Для уровня вида взрывозащиты «ic» неисправности учитываются только для оценки соответствия по искровому воспламенению и определения U_o, I_o, L_i, C_i и L_i/R_i. Короткое замыкание и возникающие последующие повреждения компонентов теперь называются неучитываемыми повреждениями	5.2.4, 6.5.4.3, 6.5.4.4, 6.5.4.5			C3
19	Для уровня вида взрывозащиты «ic» ограничен перечень допустимых к использованию компонентов, от которых зависит искробезопасность	5.2.4		X	

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
20	Разъяснение требований к оборудованию или системам, не представляющим опасности поражения электрическим током (например, SELV/PELV) для декларирования U_m	5.2.5, 12.1 c)	A1		
21	Добавлено разъяснение, в каких случаях следует проводить оценку на искровое воспламенение, а когда — нет	5.3.1	X		
22	Добавлено разъяснение, что оценку на искровое воспламенение допускается выполнять на представительной цепи	5.3.1, 9.1.1	X		
23	Оценка искрового воспламенения при нормальной температуре окружающей среды может применяться для эксплуатационной температуры в диапазоне от минус 60 °C до плюс 100 °C	5.3.1		X	
24	Испытания на искровое воспламенение устройства, питающегося от сети, проводится при U_m, а не при 110 % номинального напряжения сети	5.3.4.2 d)	X		
25	Приложение G добавлено в качестве варианта оценки на искровое воспламенение	5.3.4.1, 5.3.4.2, 9.2.6 c), приложение G		X	
26	Уточнение требований к цепям с контролируемым ограничением полупроводников, включая необходимость учитывать соответствие как в установившемся режиме, так и в переходном режиме для схем с контролируемым ограничением полупроводников	5.3.6, приложение H			C4
27	Добавлены требования о том, что при оценке оборудования групп I и II на тепловое воспламенение не требуется применять 10 %-ный запас по напряжению согласно *ГОСТ 31610.0*	5.4.1		X	
28	Ограничение по мощности 1,3 Вт для T4 для проводников на печатной плате теперь применяется только при температуре окружающей среды 40 °C	5.4.1			C5
29	Запас по температуре в 5 K и 10 K, необходимый для температурных испытаний согласно *ГОСТ 31610.0*, теперь применяется для уровня вида взрывозащиты «ic»	5.4.2			C6
30	Исправлена формула тепловой оценки проводов	5.4.3			C7

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
31	Уточнено, что температурную классификацию требуется проводить только для дорожек печатной платы, подвергающихся воздействию взрывоопасной среды	5.4.4	X		
32	Добавлено примечание с примерами доступных данных для определения повышения температуры дорожек печатной платы (из IPC-2221 и IPC-2152)	5.4.4	X		
33	Уточнено, какие размеры можно уменьшить с учетом допусков изготовителя (ширина дорожки, толщина платы и толщина проводника)	5.4.4	X		
34	Уточнено использование таблицы 4 путем введения коэффициентов уменьшения толщины платы, количества слоев, толщины меди, дорожки под компонентами и температуры окружающей среды	5.4.4		X	
35	Добавлена возможность линейной интерполяции значений допустимого тока, ширины дорожки, толщины дорожки, температуры окружающей среды и толщины платы	5.4.4		X	
36	Экстраполяция данных из таблицы 4 запрещена	5.4.4			C1
37	В таблице 4 уменьшена толщина платы, применяемая по умолчанию с 1,6 мм до 1,55 мм, для приведения в соответствие с промышленным стандартом	5.4.4		X	
38	Уточнено, что коэффициент уменьшения по отношению к дорожке, расположенной под компонентом, применяется только в том случае, если длина части дорожки, находящейся под компонентом, превышает 10 мм	5.4.4		X	
39	Ограничение по мощности 1,3 Вт в отношении соответствия по тепловому воспламенению, которое применялось для оборудования группы III, теперь также распространяется на оборудование группы I	5.4.5		X	
40	В таблице 4 расширена область применения коэффициентов, применяемых к толщине платы, толщине меди и температуре окружающей среды	5.4.4		X	
41	Требования к оболочкам оборудования подгрупп IIIA и IIIB приведены в соответствие с требованиями и оборудованию групп I и II	6.2.1		X	

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
42	Даны разъяснения того, что требования к оболочкам по *ГОСТ 31610.0* применяются к оборудованию подгруппы IIIC с разделениями в соответствии с таблицей 7 (таблица 5 в предыдущей редакции), взрывозащита которого зависит от оболочки со степенью защиты IP5X	6.2.4 a)1)			C1
43	Добавлены требования о необходимости указывать специальные условия применения, когда использование уменьшенных разделительных расстояний зависит от корпуса, обеспечивающего степень защиты IP54	6.2.5.1			C8
44	Штекеры и гнезда могут соответствовать уменьшенным требованиям к разделению	6.3.3		X	
45	Применение кожуха для защиты соединений зарядки аккумуляторной батареи от искрового воспламенения (7.4.9 *ГОСТ 31610.11—2014*) распространено на все средства подключения к неопасной зоне	6.3.5.2		X	
46	Больше нет необходимости определять U_m для подключения от соединительных контактных средств из невзрывоопасной зоны к аксессуарам, указанным в сертификате, при условии, что аксессуар имеет соответствующую маркировку и указан в руководстве по эксплуатации	6.3.5.3, 11.1.5, 12.1 j)		X	
47	Больше нет необходимости оценивать аксессуары для невзрывоопасной зоны в соответствии с настоящим стандартом	6.3.5.3		X	
48	Разъяснение того, что зарядка элементов и батарей в безопасной зоне должна осуществляться в пределах, установленных их изготовителем и *ГОСТ 31610.0*	6.3.5.3	X		
49	Проводники, разъемы и дорожки печатной платы должны иметь соответствующие характеристики, чтобы их выход из строя мог считаться учитываемым повреждением	6.4.1			C9
50	В настоящее время установлено требование, чтобы цепи оставались искробезопасными после отсоединения разъема	6.4.1			C1
51	В настоящее время требуется, чтобы неповреждаемые соединения оставались способными проводить ток после предполагаемого аварийного отключения	6.4.2.2, 6.4.2.3			C10
52	При выполнении неповреждаемого соединения печатной платы, достигаемого с помощью двух дорожек шириной 1 мм, теперь установлены требования к толщине меди	6.4.2.4			C11

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
53	Расширены варианты выполнения неповреждаемого соединения печатных плат	6.4.2.4		B2	
54	Разъяснение, что соединения, соответствующие уровню вида взрывозащиты «eb» *ГОСТ 31610.7*, можно считать неповреждаемыми	6.4.2.5	X		
55	Разъяснение того, что изоляция упаковки компонента не может использоваться для разделения токопроводящих частей, если это не указано изготовителем компонента, за исключением замыканий на его контактные площадки, где они аналогичны рекомендациям изготовителя компонента	6.5.1	X		
56	Альтернативные требования к электрическим зазорам из предыдущего издания приложения F были перенесены в основную часть настоящего стандарта		A2		
57	Специальные условия применения требуются только для категории перенапряжения I/II при использовании таблицы 8 «Уменьшенные расстояния»	6.5.3.2		X	
58	Требования к диэлектрической прочности пояснены в таблице 8 «Уменьшенные расстояния»	6.5.3.2			C12
59	Особые условия использования необходимы, когда для сетевого устройства требуется категория перенапряжения II/I при использовании таблицы 9 «Уменьшенные расстояния для уровня вида взрывозащиты «ic»	6.5.3.3			C13
60	Значения в таблице 8 «Уменьшенные расстояния» перенесены из таблицы F.1 предыдущего издания, но с дополнительными требованиями	6.5.3.2		X	
61	Контрольные испытания с использованием таблицы 8 «Уменьшенные расстояния» больше не нужно проводить в самых опасных условиях окружающей среды	6.5.3.2		X	
62	Таблица 9 «Уменьшенные расстояния для уровня вида взрывозащиты «ic» взяты из таблицы F.2 предыдущего издания, но с дополнительными требованиями	6.5.3.3		X	
63	Дополнительные параметры для неповрежаемых разделений при оголении соединительных контактных средств	6.5.4.2		X	

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
64	В таблицах с указанием разделительных расстояний, что напряжения не обязательно должны включать неповторяющиеся переходные процессы	Таблицы 7—9	X		
65	Уточнены требования к типовым и контрольным испытаниям при использовании таблиц уменьшенных расстояний	Таблица 8, 6.5.6.2, 6.5.6.3, 6.5.6.5, 9.7			C14
66	Дополнительные варианты разделительных расстояний	Таблицы 8, 9		X	
67	Испытание диэлектрической прочности больше не требуется для всех разделений через заливочный компаунд и твердую изоляцию	6.5.6.2, 6.5.6.3		X	
68	При неизвестном сравнительном индексе трекингостойкости (СИТ) его значение возможно принять за 100, при этом считается, что некоторые материалы трекингу не подвергаются	6.5.6.4		X	
69	Расширены и уточнены требования к оценке путей утечки	6.5.6.4		X	
70	При распылении больше не требуется два слоя конформного покрытия	6.5.6.5		X	
71	Рассмотрение комбинированных разделений распространилось на таблицы уменьшенных расстояний	6.5.7		X	
72	Исключены требования о необходимости заземления металлических частей, используемых для разделения	6.5.9		X	
73	Если металлические детали, подключенные к раме или земле, используются для разделения двух цепей, то требуется указывать соответствующие специальные условия применения	6.5.9.1			C15
74	Добавлено уточнение, что разделения металлическими частями должны образовывать неповреждаемое соединение	6.5.9.1			C1
75	Ослабление требований к неметаллическим изоляционным перегородкам для уровня вида взрывозащиты «ic»	6.5.10		X	
76	Добавлены требования к изоляции между внутренней проводкой отдельных искробезопасных цепей	6.5.11.3		X	

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
77	Требования к герметизации были разделены и расширены в зависимости от цели герметизации	6.6		X	
78	Добавлены контрольные испытания для герметизации	6.6.1, 10.4			C16
79	Указанная температура герметизирующего компаунда при продолжительной работе не должна выходить за пределы температурного диапазона, указанного производителем материала, в нормальном режиме работы. Ужесточение требований к повреждению компаунда при температуре выше температуры при продолжительной работе	6.6.1 a)			C17
80	Теперь разрешено свободное пространство внутри герметизации, помимо того, которое внутри компонентов	6.6.1, 6.6.7		X	
81	Требования к материалам, применяемым для покрытия, герметизации и формования	6.7			C18
82	Характеристики компонентов, используемых для защиты от изменения полярности, должны соответствовать 7.1	6.8			C1
83	Теперь установлено, что существуют обстоятельства, при которых номинал 2/3 для всех трех значений напряжения, тока и мощности не применим для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib»	7.1	X		
84	Не требуется применять коэффициент безопасности 1,5 к номинальной мощности для уровня вида взрывозащиты «ic» при возникновении повреждений	7.1		X	
85	Компоненты с уровнем вида взрывозащиты «ic» считаются повреждаемыми, если при возникновении повреждений они не соответствуют номинальным характеристикам изготовителя	7.2			C19
86	Добавлено разъяснение о порядке учета различных вариантов, предусмотренных изготовителем	7.3	X		
87	Для резисторов, не указанных в перечне типов (пленочные, проволочные и печатные), теперь нельзя вводить учитываемые повреждения, а также их нельзя применять для ограничения собственной температуры	7.4.2			C20

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
88	Уточнено, что номинальным напряжением, с учетом коэффициента безопасности, для электрической цепи, содержащей несколько последовательно соединенных резисторов, является напряжение на входных зажимах данной цепи	7.4.2	X		
89	Уточнена номинальная мощность резисторов, соединенных последовательно с ионисторами	7.4.2	X		
90	Сопротивление в холодном состоянии предохранителя, нити накаливания лампы или источника инфракрасного излучения должно оцениваться при эксплуатации в диапазоне температур окружающей среды	7.4.2			C21
91	В качестве ограничительного резистора можно использовать нить инфракрасного датчика	7.4.2		X	
92	Уточнено, что саморазогрев конденсаторов учитывать не нужно	7.5.1		X	
93	При использовании таблиц 7 и 9 допускается, чтобы расстояние между двумя последовательно установленными блокирующими конденсаторами составляло только половину неповреждаемого разделения (это уже было разрешено в соответствии с таблицей 8)	7.5.3		X	
94	Уточнены виды повреждений для катушек индуктивности и трансформаторов	7.6.1, 7.8.1	X		
95	Обновлены ссылки на IEC 60317 в примечании	7.6.3	X		
96	Добавлены требования и испытания для синфазных дросселей, которые позволяют учитывать только индуктивность рассеяния синфазных дросселей или индуктивность только одной катушки	7.6.5, 9.15		X	
97	Разъяснение того, что оценка полупроводников не может основываться на частоте повреждений	7.7.1			C1
98	Повышенное напряжение, генерируемое интегральной схемой, не обязательно должно рассматриваться как присутствующее на других подключенных штырьках	7.7.1 c)		X	
99	Добавлен допуск для полупроводников низкой сложности, чтобы их не считали выходящими из строя и рассеивающими максимальную мощность	7.7.1 d) 2)		X	

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
100	Переходные характеристики полупроводников применяются только к переходным процессам, вызванным ограничением тока	7.7.3		X	
101	Разъяснение того, что при оценке номинальной переходной мощности полупроводника, от которой зависит искробезопасность, требуется коэффициент безопасности 1,0	7.7.3	X		
102	Для уровня вида взрывозащиты «ic» переходные характеристики полупроводников при переходных процессах необходимы только для диодных барьеров безопасности	7.7.3		X	
103	Если в шунте безопасности для уровня вида взрывозащиты «ia» используются два диода, то повреждение только одного диода распространяется на выход из строя одной шунтирующей цепи. Это означает, что участок цепи от диода до точки цепи с опорным потенциалом (например, земли) больше не является неповреждаемым	7.7.6		X	
104	Для уровня вида взрывозащиты «ia» допускается использовать управляемые ограничительные полупроводниковые устройства	7.7.7		X	
105	Уточнение требований к программируемым компонентам	7.7.8			C1
106	Утверждение о том, что трансформаторы не должны увеличивать напряжение или ток сверх значений, определяемых их коэффициентом трансформации	7.8.1	X		
107	Таблица 17 дополнена графой на 10 А	7.8.3		X	
108	Добавлена толщина фольги/экрана на 10 А	7.8.3		X	
109	Добавлено разъяснение, что требования к сетевым трансформаторам распространяются на любые трансформаторы, без гальванической развязки от сети	7.8.4.1			C1
110	Снижены требования к трансформаторам, гальванически развязанным от сети	7.8.4.2		X	
111	Уточнение требований к трансформаторам уровня вида взрывозащиты «ic»	7.8.5, 9.17.4	X		C22
112	Уточнение номинальных требований к реле	7.9.2	X		
113	Учитываемое повреждение разделения между катушкой и контактами реле больше не допускается	7.9.2 a)			C23
114	Добавлена опция для реле в зависимости от уменьшенных внутренних расстояний для соответствия *ГОСТ IEC 61810-1*	7.9.2		X	

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
115	Реле с уровнем вида взрывозащиты «ic» должны соответствовать только соответствующим промышленным стандартам	7.9.2		X	
116	Уточнено, что стандарт *ГОСТ 31610.28* не распространяется на автономные оптопары	7.10.1	X		
117	Добавлены опции для неоптических изоляторов сигналов	7.10.2		X	
118	Введено уточнение, что достаточно одного предохранителя	7.11	X		
119	Добавлено разъяснение, что сопротивление предохранителя в холодном состоянии не может использоваться для ограничения тока отключения	7.11			C1
120	Для уровня вида взрывозащиты «ic» предохранитель может рассматриваться с точки зрения опасностей воспламенения, если его срабатывание является ожидаемым событием	7.11			C24
121	Добавлено уточнение, что отключающая способность предохранителей, подключаемых к U_m, может быть менее 1500 А при условии, что в руководстве по эксплуатации указан максимальный ожидаемый ток	7.11, 12.1 j)			C25
122	На элементы, которые могут взорваться, больше не требуется декларации от изготовителя компонента о том, что они безопасны для использования в каком-либо конкретном устройстве	7.12.1		X	
123	Добавлено разъяснение того, что для элементов следует учитывать повышение температуры и утечку электролита	7.12.1			C1
124	Добавлено уточнение, что короткое замыкание одиночного элемента считается неучитываемым повреждением	7.12.2			C1
125	Демонстрация концентрации водорода может быть предоставлена изготовителем изделия, а не изготовителем батареи	7.12.4		X	
126	Контейнеры для герметичных компонентов и батарей больше не нуждаются в испытании под давлением по 9.14.4	7.12.4		X	
127	Уточнение условий определения напряжений элементов	7.12.5	X		
128	Уточнено, что требования распространяются только на сменные аккумуляторы	7.12.8	X		

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
129	Кварцевые генераторы исключены из требований к пьезоэлектрическим устройствам, а также установлены расширенные требования для уровня вида взрывозащиты «ic»	7.13		X	
130	Уточнено, что при оценке на тепловое воспламенение каталитических датчиков необходимо учитывать нагрев вследствие каталитической реакции	7.14.2			C1
131	Добавлено разъяснение, что ионисторы следует рассматривать как батареи с ограниченной емкостью, но без возможности ограничения собственного напряжения	7.15, 9.14			C26
132	Добавлены требования и испытания для устройств, используемых для ограничения температуры, включая устройства с положительным температурным коэффициентом	7.16, 9.12			C27
133	Добавлено разъяснение, что механические переключатели не требуют оценки по тепловому воспламенению	7.17	X		
134	Добавлено разъяснение, что защитные диоды в диодных барьерах безопасности должны быть защищены предохранителем или резистором(ами), а не управляемым ограничительным полупроводниковым устройством	8.1.1	X		
135	Дополнительные возможности заземления диодных барьеров безопасности	8.1.2.2		X	
136	Требование к увеличению напряжения сети до 110 % от номинального значения напряжения сети при применении искрообразующего устройства исключено, поскольку условия испытания указаны в 5.2	9.1.1		X	
137	Уточнено, что все цепи (не только емкостные) должны иметь время на восстановление, где это применимо, во время испытаний на искровое воспламенение	9.1.2	X		
138	Добавлена возможность замедления искрообразующего устройства в случае, когда отсоединения проводов недостаточно для того, чтобы испытываемая цепь восстановилась	9.1.2		X	
139	Уточнено, что при испытаниях на искровое воспламенение необходимо учитывать влияние температуры на сопротивление катушки индуктивности	9.1.2			C1
140	Уточнено, что в случае неожиданного повреждения можно проверить чувствительность искрообразующего устройства	9.1.2	X		

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
141	Добавлен минимальный ток воспламенения для калибровки искрообразующего устройства	9.1.3	X		
142	Добавлен вариант формулы для уменьшения эффективной емкости с помощью резистора	9.2.3.3		X	
143	Добавлено разъяснение, что комбинацию индуктивности и емкости требуется учитывать в оборудовании, а не только на соединительных контактных средствах	9.2.6	X		
144	Допускается оценка, демонстрирующая, что коэффициент безопасности сохраняется при сочетании индуктивности и емкости	9.2.6 b)		X	
145	Если параметры указаны для объединенной сосредоточенной индуктивности и емкости, то это должно быть указано в сертификате или документации	9.2.6	X		
146	Для уровня вида взрывозащиты «ic» не применимо испытание 30 Н для заливочного компаунда и перегородок	9.4.1, 9.4.3		X	
147	Температура при испытаниях на погружение в воду герметизированных предохранителей уменьшена на 2 °С для приведения в соответствие с другими испытаниями	9.4.2	X		
148	Параметры компонентов, имеющих неопределенные характеристики, должны определяться с учетом температуры эксплуатации, а не только температуры окружающей среды	9.13	X		
149	Уточнение и модификация испытаний оптопар	9.10		X	
150	Уточнено, что испытания пьезоэлектрических устройств необходимо проводить только на одном образце, если только этот образец не будет поврежден во время испытаний	9.11	X		
151	Пояснено, что первичные батареи не должны использоваться, а ограничительные устройства должны быть сняты для испытания на утечку электролита	9.14.1	X		
152	Уточнено, что ток при разрядке во время проведения испытаний должен уменьшаться непрерывно и без других изменений	9.14.1			С1
153	Компоненты, имеющие важные функции, ограничивающие ток, могут использоваться для уровня вида взрывозащиты «ia»	9.14.1		X	

Продолжение таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
154	Компоненты, которые взрываются или загораются во время испытания на короткое замыкание, не должны использоваться для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib»	9.14.1	X		
155	Изменены требования к испытаниям на утечку электролита и температуры поверхности для компонентов и батарей в части количества испытуемых образцов, температуры испытаний и испытаний со слоями пыли	9.14.1			C28
156	Добавлена возможность проводить испытание на короткое замыкание до разряда для уровня вида взрывозащиты «ic» для установления соответствия требованию по утечке электролита	9.14.2 a)		X	
157	Добавлена альтернативная оценка повреждения герметизации из-за утечки электролита	9.14.2		X	
158	Испытания батарей на искровое воспламенение может осуществляться после испытаний на ограничения тока, если сохраняется разделение	9.14.3.2		X	
159	Добавлено требование учитывать риск искрового воспламенения одиночных литиевых элементов напряжением менее 4,5 В с высоким током короткого замыкания	9.14.3.2			C29
160	Для одиночных элементов достаточно измерить температуру в середине компонента, а не определять самую нагретую точку	9.14.3.3		X	
161	Для оценки теплового воспламенения элементов и батарей с уровнем вида взрывозащиты «ib» добавлено альтернативное испытание для литий-ионных аккумуляторных компонентов, когда невозможно получить образцы с отключенными устройствами ограничения тока. Существует предположение, что в этих элементах будет утечка электролита, поэтому применяется 7.12.3	9.14.3.3 b), 9.14.2		X	
162	Если для проведения испытаний из элемента убирают ограничительные устройства, то больше нет необходимости также проводить испытания 10 образцов с установленными ограничительными устройствами	9.14.3.3		X	
163	Только один образец должен быть испытан на соответствие тепловому воспламенению элементов или батарей для уровня вида взрывозащиты «ic»	9.14.3.3 c)		X	

Окончание таблицы

№ п/п	Изменения	Раздел, пункт	Вид		
			Незначительные и редакционные изменения	Расширение	Существенные технические изменения
164	Переходные испытания для диодных защитных барьеров и защитных шунтов теперь также проводят и на управляемых ограничительных полупроводниковых устройствах	9.16		X	
165	Уточнено, что испытание диэлектрической прочности трансформатора проводится при комнатной температуре	9.17.1	X		
166	Снижены требования к испытаниям трансформаторов, гальванически разделенных от сети	9.17.3		X	
167	Обмотки трансформаторов, в которых должна быть обеспечена гальваническая развязка между различными искробезопасными цепями, должны быть испытаны на диэлектрическую прочность напряжением 2*U*, если оно превышает 500 В	10.3.1			C30
168	Трансформаторы уровня вида взрывозащиты «ic» должны подвергаться контрольным испытаниям при отсутствии применимого промышленного стандарта или если применимый промышленный стандарт не предусматривает проведения контрольных испытаний трансформаторов	10.3.2			C31
169	Указывать степени защиты IP в маркировке больше не требуется, поскольку теперь она является специальным условием применения	11		X	
170	Добавлена блок-схема испытания оболочек	Приложение I	X		
171	Исключен список методов ограничения напряжения	Ранее 8.7.3	A3		
172	Исключены требования к ручным и головным светильникам, поскольку они описаны в других документах (в том числе в других стандартах)	Ранее 9.3	X		
Примечание — Приведены только значимые технические изменения; приведенный список не охватывает все изменения, внесенные при пересмотре предыдущей версии стандарта.					

Разъяснение видов изменений в таблице

A) Термины и определения

1 Незначительные и редакционные изменения:

- разъяснение;
- сокращение технических требований;
- незначительные технические изменения;
- редакторские правки.

Такие изменения являются модификацией требований редакционного характера или вносят незначительные технические поправки. К ним относятся: изменение формулировок для уточнения тех-

нических требований без внесения технических изменений или сокращение в рамках существующих требований.

2 Расширение: внесение технических дополнений

Данные изменения представляют собой добавление новых или модификацию существующих технических требований, например введение дополнительных вариантов. При этом не допускается расширение требований для оборудования, которое полностью соответствовало требованиям предыдущего издания. Таким образом, данные изменения не должны распространяться на изделия, которые выполнены в соответствии с предыдущим изданием.

3 Существенные технические изменения: дополнение технических требований, расширение технических требований

Данные изменения модифицируют технические требования (дополняют, расширяют область применения или отменяют требования) таким образом, что оборудование, которое соответствовало требованиям, установленным в предыдущем издании, уже не будет соответствовать требованиям, установленным в новом издании. Данные изменения должны быть рассмотрены с точки зрения их применения к оборудованию, соответствующему предыдущему изданию. Дополнительные сведения указаны в пункте B).

Примечание — Данные изменения отражают достижения современных технологий. Однако такие изменения, как правило, не должны влиять на оборудование, уже выпущенное на рынок.

B) Обоснование внесения существенных технических изменений

A1 Напряжение U_m может прикладываться через гальваническую развязку.

A2 Приложение «Варианты разделительных расстояний для смонтированных печатных плат и разделение компонентов» из предыдущего издания теперь включено в основной текст, а таблицы с альтернативными значениями расстояний теперь представлены в таблицах 8 и 9.

A3 За исключением перечисления c) батарей, для которых больше нет предположений о том, что их можно использовать в качестве шунтирующих устройств, ограничивающих напряжение. Тем не менее, нет никакого намерения изменить их использование как таковое.

B1 Устройство может использоваться при более низком атмосферном давлении, чем значение по умолчанию 80 кПа, указанное в *ГОСТ 31610.0*, с учетом дополнительных требований, таких как увеличение зазора для связанных устройств, работающих при давлении менее 80 кПа.

B2 Используемые значения основаны на значениях, указанных в IPC-6012C, с учетом допусков.

C1 Признано, что уточненные требования во многих случаях уже применялись. Целью изменения является обеспечение их единообразного и последовательного применения.

C2 Было продемонстрировано, что каталитические датчики вызывают самовоспламенение водорода без электрического воздействия, поэтому их взрывобезопасность не может быть обеспечена путем применения вида взрывозащиты «искробезопасная *электрическая* цепь».

C3 Повреждение разделительных расстояний и последующий выход из строя компонентов считают неучитываемыми повреждениями для уровня вида взрывозащиты «ic». Считается, что данное изменение является исключительно терминологическим, но оно приведено в настоящем стандарте, поскольку в некоторых случаях это может привести к изменению методологии оценки.

C4 Максимальное напряжение и ток в установившемся состоянии представляют другой риск искрового воспламенения, чем во время переходного процесса. Переходный процесс — это превышение любого из этих значений (напряжения или тока). Поэтому установившееся состояние и переходные процессы необходимо рассматривать отдельно. Приложение по переходным процессам было пересмотрено.

C5 Внесены изменения для приведения положений пункта в соответствие с требованиями к оценке проводов.

C6 Поскольку тепловая оценка уровня вида взрывозащиты «ic» по сути проходит в режиме нормальной эксплуатации, в качестве коэффициента безопасности используют запас по температуре.

C7 Исправлена формула расчета превышения температуры проводки.

C8 Если уменьшенные разделительные расстояния зависят от оболочки, обеспечивающей степень защиты IP54, а для комплектации оболочки необходимы кабельные вводы, резьбовые переходники и заглушки для обеспечения степени защиты (IP), то они также должны соответствовать *ГОСТ 31610.0*.

C9 Проводники, разъемы и дорожки печатной платы должны иметь соответствующие характеристики, чтобы их выход из строя мог считаться учитываемым повреждением.

С10 Добавлено требование о том, чтобы неповреждаемые соединения оставались способными проводить ток после предполагаемых аварийных отключений.

С11 Введено требование по толщине меди для неповреждаемого соединения печатной платы, достигаемого с помощью двух дорожек шириной 1 мм.

С12 Безопасность уменьшенных разделений зависит от соответствующей диэлектрической прочности изоляционных материалов, которые добавлены в таблицу 8.

С13 Добавлено требование о необходимости указания специальных условий применения, когда для сетевого устройства требуется категория перенапряжения II/I при использовании таблицы 9 «Уменьшенные расстояния для уровня вида взрывозащиты «ic».

С14 В предыдущем издании были ссылки на испытания по IEC 60664-1 и IEC 60664-3, однако не были указаны применимые испытания. В текст настоящего издания добавлены уточнения применимых испытаний *ГОСТ IEC 60664-1* и *ГОСТ IEC 60664-3*.

С15 Добавлено требование о необходимости указания специальных условий применения, когда изоляция между искробезопасной цепью и оболочкой или землей не соответствует требованиям по диэлектрической прочности.

С16 Для герметизированных деталей было добавлено требование о регулярном осмотре, чтобы гарантировать, что герметизация во время производства выполнена должным образом.

С17 Требования к температуре при продолжительной работе заменяют требования, указанные в *ГОСТ 31610.0*. Когда возможно появление температуры выше значения температуры при продолжительной работе, не должно быть никаких внутренних или внешних повреждений, в то время как в предыдущей редакции было указано, что должны отсутствовать видимые повреждения.

С18 Требования к материалам, применяемым для покрытия, герметизации и формования, являются модификацией требований, подробно описанных в *ГОСТ 31610.0*.

С19 В предыдущей редакции не было указано, каким образом учитывать повреждения компонентов, если повреждение разделительных расстояний приводило к тому, что они эксплуатировались с нарушением требований изготовителя, что относится только к опасности от искрового воспламенения.

С20 Это следствие реорганизации требований к компонентам.

С21 Ранее холодное сопротивление разрешалось измерять при минимальной температуре окружающей среды.

С22 Было признано, что не все компоненты были учтены при переносе требований к оборудованию с уровнем вида взрывозащиты «nL» в *ГОСТ 31610.11—2014* в качестве требований к оборудованию с уровнем вида взрывозащиты «ic». Это означает, что для оборудования с уровнем вида взрывозащиты «ic» требуется применять трансформатор с уровнем вида взрывозащиты «ia».

С23 Разъединение катушки и контактов реле больше не допускается считать учитываемым повреждением.

С24 Предохранитель для уровня вида взрывозащиты «ic» считается источником риска воспламенения, если ожидается его срабатывание.

С25 Предохранители, подключенные к сети электропитания, должны иметь отключающую способность менее 1500 А. Однако необходимо, чтобы пользователи и установщики были проинформированы об этом, и поэтому в руководстве по эксплуатации необходимо указывать максимальный ожидаемый ток.

С26 Добавлены требования к ионисторам.

С27 Добавлены требования к использованию устройств, используемых для ограничения температуры (датчик с положительным температурным коэффициентом сопротивления и т. д.).

С28 Изменены требования к утечке электролита, испытанию по определению температуры поверхности и испытанию в условиях пыли для элементов, батарей и ионисторов, в части увеличения количества испытываемых образцов и уточнения температуры, при которой проводятся испытания.

С29 Искровое воспламенение было продемонстрировано при коротком замыкании некоторых литиевых элементов.

С30 Изменены контрольные испытания трансформаторов с первичной и вторичной обмотками в искробезопасной цепи.

С31 Добавление особого контрольного испытания трансформаторов, используемых в цепях с уровнем вида взрывозащиты «ic».

ГОСТ 31610.11—2025
(IEC 60079-11:2023)

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

ВЗРЫВООПАСНЫЕ СРЕДЫ

Часть 11

Оборудование с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «i»

Explosive atmospheres. Part 11.
Equipment with type of explosion protection «intrinsically safe electrical circuit «i»

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

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к конструкции и испытанию искробезопасного устройства, предназначенного для применения во взрывоопасных средах, а также связанного устройства, предназначенного для подключения к искробезопасным цепям, которые проходят во взрывоопасные среды.

Данный вид взрывозащиты применим к электрооборудованию, в котором электрические цепи не способны вызвать воспламенение окружающей взрывоопасной среды. Данный стандарт распространяется и на электрооборудование, в состав которого входят цепи, которые являются искробезопасными только в определенных условиях, например при питании от *искробезопасной* батареи и отключенном питании сети.

Настоящий стандарт также распространяется на электрооборудование или части электрооборудования, находящиеся вне взрывоопасной среды или имеющие другой вид взрывозащиты из перечисленных в *ГОСТ 31610.0*, в тех случаях, когда искробезопасность электрических цепей во взрывоопасной среде может зависеть от конструкции и исполнения такого электрооборудования или его частей. С помощью данного стандарта оценивают возможность применения во взрывоопасных средах электрических цепей, подвергающихся воздействию взрывоопасной среды.

Настоящий стандарт распространяется на датчики, подключенные к искробезопасным цепям, но не распространяется на защиту каталитических компонентов для группы IIC или группы IIB+H_2.

Настоящий стандарт не распространяется на Ex-кабельные вводы.

Требования к искробезопасным системам приведены в *ГОСТ 31610.25*.

Настоящий стандарт дополняет и изменяет общие требования *ГОСТ 31610.0,* за исключением разделов и пунктов, приведенных в таблице 1. В тех случаях, когда какое-либо требование настоящего стандарта противоречит требованию *ГОСТ 31610.0*, требования настоящего стандарта имеют преимущественное значение.

Если требования настоящего стандарта распространяются как на искробезопасное устройство, так и на связанное устройство, то используют термин «устройство».

Поскольку требования настоящего стандарта распространяются только на электрооборудование, то под термином «оборудование» всегда подразумевается «электрооборудование».

Настоящий стандарт распространяется на устройства, предназначенные для использования при атмосферных условиях согласно *ГОСТ 31610.0* с дополнительными требованиями к использованию при расширенных атмосферных давлениях в диапазоне от 60 кПа (0,6 бар) до 110 кПа (1,1 бар).

Издание официальное

Таблица 1 — Применяемые разделы и пункты *ГОСТ 31610.0*

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
3	3	Термины и определения	Применяется	Применяется	Применяется
4	**4**	**Классификация оборудования по группам**	**Применяется**	**Применяется**	**Применяется**
5	**5**	**Температуры**	—	—	—
5.1	5.1	Влияние окружающей среды	Применяется	Применяется	Применяется
5.2	5.2	Эксплуатационная температура	Применяется	Применяется	Применяется
5.3	5.3	Максимальная температура поверхности	Применяется	Применяется	Не применяется
6	**6**	**Требования ко всему электрооборудованию**	—	—	—
6.1	6.1	Общие требования	Применяется	Применяется	Применяется
6.2	6.2	Механическая прочность	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
6.3	6.3	Время открытия оболочки	Не применяется	Не применяется	Не применяется
6.4	6.4	Блуждающие токи в оболочках (например, крупных электрических машин)	Не применяется	Не применяется	Не применяется
6.5	6.5	Крепление прокладки	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
6.6	**6.6**	**Электрооборудование, генерирующее электромагнитные и ультразвуковые излучения**	—	—	—
—	6.6.1	Общие требования	Применяется	Применяется	Не применяется
6.6.1	6.6.2	Источники радиочастотных излучений	Применяется	Применяется	Не применяется
6.6.3	6.6.3	Источники ультразвуковых излучений	Применяется	Применяется	Не применяется

Продолжение таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
6.6.2	6.6.4	Лазеры, светильники и другие недивергентные непрерывные волновые оптические источники	Изменено	Изменено	Не применяется
7	7	Неметаллические оболочки и неметаллические части оболочек	—	—	—
7.1	7.1	Общие требования	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
7.2	7.2	Теплостойкость	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
7.3	7.3	Светостойкость	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
7.4	7.4	Заряды статического электричества на внешних неметаллических оболочках или их частях	Применяется	Применяется	Не применяется
7.5	7.5	Незаземленные металлические части	Применяется	Применяется	Не применяется
8	8	Металлические оболочки и металлические части оболочек	Применяется	Применяется	Не применяется
9	9	Крепежные детали	Не применяется	Не применяется	Не применяется
10	10	Блокировки	Применяется	Применяется	Не применяется
11	11	Проходные изоляторы	Не применяется	Не применяется	Не применяется
12	—	Материалы, используемые в качестве герметиков	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
—	12	(Зарезервировано для будущего использования)	—	—	—
13	13	Ex-компоненты	Применяется	Применяется	Применяется

Продолжение таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
14	**14**	**Вводные устройства и соединительные контактные зажимы**	—	—	—
14.1	14.1	Общие требования	Применяется	Применяется	Применяется
14.2	—	Вводные устройства	Применяется	Применяется	Применяется
14.3	14.2	Вид взрывозащиты	Применяется	Применяется	Изменено
14.4	14.3	Пути утечки и электрические зазоры	Применяется	Применяется	Применяется
15	**15**	**Соединительные контактные зажимы для заземляющих или нулевых защитных проводников**	**Не применяется**	**Не применяется**	**Не применяется**
16	**16**	**Вводы в оболочках**	—	—	—
16.1	16.1	Общие требования	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
16.2	16.2	Идентификация вводов	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
16.3	16.3	Кабельные вводы	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
16.4	16.4	Заглушки	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
16.5	16.5	Резьбовые переходники	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
16.6	16.6	Температура в месте разделки жил и ввода	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1

Продолжение таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
16.7	16.7	Электростатические заряды на оболочках кабеля	Применяется	Применяется	Применяется
17	17	Дополнительные требования к вращающимся электрическим машинам	Не применяется	Не применяется	Не применяется
18	18	Дополнительные требования к коммутационным устройствам	Не применяется	Не применяется	Не применяется
19	—	Дополнительные требования к предохранителям	Не применяется	Не применяется	Не применяется
—	19	Зарезервировано для будущего использования	—	—	—
20	20	Дополнительные требования к соединителям	Не применяется	Не применяется	Не применяется
21	21	Дополнительные требования к осветительным приборам	Не применяется	Не применяется	Не применяется
22	22	Дополнительные требования к головным и ручным светильникам	—	—	—
22.1	22.1	Головные светильники группы I	Применяется	Не применяется	Не применяется
22.2	22.2	Головные и ручные светильники групп II и III	Не применяется	Не применяется	Не применяется
23	23	Оборудование, содержащее элементы и батареи	—	—	—
23.1	23.1	Общие требования	Применяется	Применяется	Применяется
23.2	23.2	Батареи	Не применяется	Не применяется	Не применяется
23.3	23.3	Типы элементов	Изменено	Изменено	Изменено
23.4	23.4	Элементы в батарее	Применяется	Применяется	Применяется
23.5	23.5	Номинальные параметры батарей	Применяется	Применяется	Применяется
23.6	23.6	Взаимозаменяемость	Применяется	Применяется	Применяется
23.7	23.7	Зарядка первичных батарей	Применяется	Применяется	Применяется
23.8	23.8	Утечка	Применяется	Применяется	Применяется
23.9	23.9	Подключение	Применяется	Применяется	Применяется

Продолжение таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
23.10	23.10	Расположение	Применяется	Применяется	Применяется
23.11	23.11	Замена элементов или батарей	Применяется	Применяется	Применяется
23.12	23.12	Заменяемый портативный батарейный источник питания	Применяется	Применяется	Применяется
24	24	Документация	Применяется	Применяется	Применяется
25	25	Соответствие прототипа или образца документам	Применяется	Применяется	Применяется
26	26	Типовые испытания	—	—	—
26.1	26.1	Общие требования	Применяется	Применяется	Применяется
26.2	26.2	Условия испытания	Применяется	Применяется	Применяется
26.3	26.3	Испытания во взрывоопасных испытательных смесях	Применяется	Применяется	Применяется
26.4	26.4	Испытания оболочек	—	—	—
26.4.1	26.4.1	Порядок проведения испытаний	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
26.4.2	26.4.2	Испытание на ударостойкость	Не применяется, за исключением см.[a]	Не применяется, за исключением см.[a]	Не применяется, за исключением см.[a]
26.4.3	26.4.3	Испытание сбрасыванием	Применяется	Применяется	Применяется
26.4.4	26.4.4	Критерии оценки результатов испытаний	Применяется	Применяется	Применяется
26.4.5	26.4.5	Проверка соответствия степени защиты, обеспечиваемой оболочками (IP)	Применяется	Применяется	Применяется
26.5	26.5	Тепловые испытания	—	—	—
26.5.1	26.5.1	Измерение температуры	—	—	—
26.5.1.1	26.5.1.1	Общие требования	Применяется	Применяется	Не применяется
26.5.1.2	26.5.1.2	Эксплуатационная температура	Применяется	Применяется	Применяется
26.5.1.3	26.5.1.3	Максимальная температура поверхности	Изменено	Изменено	Не применяется

Продолжение таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
26.5.2	26.5.2	Испытание на тепловой удар	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
26.5.3	26.5.3	Испытание малых компонентов на воспламенение взрывоопасных смесей (электрооборудование групп I и II)	Применяется	Не применяется	Не применяется
26.6	26.6	Испытание проходных изоляторов крутящим моментом	Не применяется	Не применяется	Не применяется
26.7	26.7	*Неметаллические оболочки или неметаллические части иных оболочек*	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
26.8	26.8	Теплостойкость	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
26.9	26.9	Холодостойкость	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
26.10	26.10	Светостойкость	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
26.11	26.11	Стойкость электрооборудования группы I к воздействию химических агентов	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется	Не применяется
26.12	26.12	Проверка целостности заземления	Не применяется	Не применяется	Не применяется
26.13	26.13	Испытание по определению сопротивления изоляции частей оболочек из неметаллических материалов	Применяется	Применяется	Не применяется

Продолжение таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
26.14	26.14	Измерение емкости	Применяется	Применяется	Не применяется
26.15	26.15	Проверка номинальных характеристик вентиляторов	Не применяется	Не применяется	Не применяется
26.16	26.16	Альтернативные испытания эластомерных уплотнительных колец	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
Отсутствуют	26.17	Испытания переносимого заряда	Применяется	Не применяется	Не применяется
27	27	Контрольные испытания	Применяется	Применяется	Применяется
28	28	Ответственность изготовителей	Применяется [b]	Применяется [b]	Применяется
29	29	Маркировка	—	—	—
29.1	29.1	Применяемость	Применяется	Применяется	Применяется
29.2	29.2	Расположение маркировки	Применяется	Применяется	Применяется
29.3	29.3	Общие требования	Применяется	Применяется	Применяется
29.4	29.4	Ex-маркировка для взрывоопасных газовых сред	Применяется	Не применяется	Применяется
29.5	29.5	Ex-маркировка взрывоопасных пылевых сред	Не применяется	Применяется	Применяется
29.6	29.6	Комбинации видов взрывозащиты (или уровней вида взрывозащиты)	Применяется	Применяется	Применяется
29.7	29.7	Использование нескольких видов взрывозащиты	Применяется	Применяется	Применяется
29.8	29.8	Оборудование Ga, в котором используется два независимых вида взрывозащиты (или уровня вида взрывозащиты), соответствующих уровню взрывозащиты оборудования Gb	Применяется	Не применяется	Не применяется
Отсутствуют	29.9	Разделительная перегородка	Применяется	Применяется	Не применяется
29.9	29.10	Ex-компоненты	Применяется	Применяется	Применяется

Продолжение таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
29.10	29.11	Малогабаритные Ex-оборудование и Ex-компоненты	Применяется	Применяется	Применяется
29.11	29.12	Особо малогабаритные Ex-оборудование и Ex-компоненты	Применяется	Применяется	Применяется
29.12	29.13	Предупредительные надписи	Применяется	Применяется	Применяется
29.13	—	Альтернативная маркировка уровней взрывозащиты оборудования	Применяется	Применяется	Применяется
29.13.1	—	Альтернативная маркировка уровней взрывозащиты оборудования для взрывоопасных газовых сред	Применяется	Не применяется	Применяется
29.13.2	—	Альтернативная маркировка уровней взрывозащиты оборудования для взрывоопасных пылевых сред	Не применяется	Применяется	Применяется
29.14	29.14	Элементы и батареи	Применяется	Применяется	Применяется
29.15	29.15	Электрические машины с питанием через преобразователь	Не применяется	Не применяется	Не применяется
29.16	29.16	Примеры маркировки	Только примеры	Только примеры	Только примеры
30	**30**	**Руководства по эксплуатации**	—	—	—
30.1	30.1	Общие требования	Применяется	Применяется	Применяется
30.2	30.2	Элементы и батареи	Применяется	Применяется	Применяется
30.3	30.3	Электрические машины	Не применяется	Не применяется	Не применяется
30.4	30.4	Вентиляторы	Не применяется	Не применяется	Не применяется
—	30.5	Кабельные вводы	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1

Окончание таблицы 1

Раздел/пункт *ГОСТ 31610.0*			Применение разделов *ГОСТ 31610.0* к настоящему стандарту		
			Искробезопасное устройство		Связанное устройство
ГОСТ 31610.0—2014 (справочные сведения)	*ГОСТ 31610.0—2019* (справочные сведения)	Название раздела/пункта (обязательные требования)	Группы I и II	Группа III	
Приложение A	Приложение A	Дополнительные требования к кабельным вводам	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1	Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1
Приложение B	Приложение B	Требования для Ex-компонентов	Применяется	Применяется	Применяется
Приложение C	Приложение C	Пример установки для испытаний на ударостойкость	Справочное приложение	Справочное приложение	Справочное приложение
Приложение D	Приложение D	Вращающиеся электрические машины, подключенные к преобразователям	Справочное приложение	Справочное приложение	Справочное приложение
Приложение E	Приложение E	Тепловые испытания вращающихся электрических машин	Справочное приложение	Справочное приложение	Справочное приложение
Приложение F	Приложение F	Схема испытаний неметаллических оболочек или неметаллических частей оболочек (26.4)	Справочное приложение	Справочное приложение	Справочное приложение
—	Приложение G	Порядок испытаний кабельных вводов	Справочное приложение	Справочное приложение	Справочное приложение
—	Приложение H	Напряжение на концах вала, вызывающее искрение в подшипнике двигателя или на шейке. Расчет энергии разряда	Справочное приложение	Справочное приложение	Справочное приложение

Применяется — Данное требование *ГОСТ 31610.0* применяется без изменения.

Не применяется — Данное требование *ГОСТ 31610.0* не применяется.

Изменено — Требование настоящего стандарта изменяет требование *ГОСТ 31610.0*.

Примечания

1 Применимые требования разделов/подразделов *ГОСТ 31610.0* определены названиями разделов, которые являются обязательными. Настоящая таблица была составлена с учетом специальных требований *ГОСТ 31610.0—2019*. Нумерация разделов *ГОСТ 31610.0—2019* и предыдущего издания приведена только для информации, что позволяет, при необходимости, применять с настоящим стандартом требования *ГОСТ 31610.0—2014*. При отсутствии требования (в таблице 1 — «отсутствуют») или противоречии между требованиями необходимо руководствоваться требованиями последнего издания.

2 Заштрихованная строка в приведенной выше таблице обозначает заголовок раздела или подраздела. В случаях, когда применимость одинакова для всех подпунктов, в строке заголовка указывается «Применимо» или «Исключено» и подразделы не указывают. Если применение отдельных подразделов может различаться, то они подробно описаны в приведенной выше таблице и указана применимость каждого из них.

[a] Не применяется, за исключением случаев, когда применяется 6.2.5.1 или в соответствии с 9.4.1 или 9.11.

[b] Не применяется для простого устройства. См. 3.1.5 и 5.5.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 14254 (IEC 60529: 2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 22765 Трансформаторы питания низкой частоты, импульсные и дроссели фильтров выпрямителей. Методы измерения электрических параметров

ГОСТ 27473 (МЭК 112-79) Материалы электроизоляционные твердые. Метод определения сравнительного и контрольного индексов трекингостойкости во влажной среде

ГОСТ 31610.0 (IEC 60079-0:2017) Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования

ГОСТ 31610.7 (IEC 60079-7:2015) Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «е»

ГОСТ 31610.19 (IEC 60079-19:2019) Взрывоопасные среды. Часть 19. Текущий ремонт, капитальный ремонт и восстановление оборудования

ГОСТ 31610.25 (IEC 60079-25:2020) Взрывоопасные среды. Часть 25. Искробезопасные системы

ГОСТ 31610.28 (IEC 60079-28:2015) Взрывоопасные среды. Часть 28. Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение

ГОСТ IEC 60079-14 Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок

ГОСТ IEC 60127-1 Миниатюрные плавкие предохранители. Часть 1. Терминология для миниатюрных плавких предохранителей и общие требования к миниатюрным плавким вставкам

ГОСТ IEC 60127-2 Предохранители миниатюрные плавкие. Часть 2. Трубчатые плавкие вставки

ГОСТ IEC 60127-3 Предохранители миниатюрные плавкие. Часть 3. Субминиатюрные плавкие вставки

ГОСТ IEC 60127-4 Миниатюрные плавкие предохранители. Часть 4. Универсальные модульные плавкие вставки для объемного и поверхностного монтажа

ГОСТ IEC 60127-7 Предохранители плавкие миниатюрные. Часть 7. Миниатюрные плавкие вставки для специального применения

ГОСТ IEC 60664-1 Координация изоляции для оборудования низковольтных систем питания. Часть 1. Принципы, требования и испытания

ГОСТ IEC 60664-3 Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 3. Использование покрытий, герметизации и формовки для защиты от загрязнения

ГОСТ IEC 60691 Вставки плавкие. Требования и руководство по применению

ГОСТ IEC 60851-5 Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 5. Электрические свойства

ГОСТ IEC 61010-1 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного устройства. Часть 1. Общие требования

ГОСТ IEC 61810-1 Реле логические электромеханические с ненормируемым временем срабатывания. Часть 1. Общие требования

ГОСТ IEC 62368-1 Аудио-, видеоаппаратура, оборудование информационных технологий и техники связи. Часть 1. Требования безопасности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (gost.e-ecolog.ru по указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ 31610.0*, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 Термины и определения

3.1.1 **искробезопасность «i»** (intrinsic safety «i»): Вид взрывозащиты, основанный на ограничении электрической энергии внутри оборудования и соединительной проводке, которые подвергаются воздействию потенциально взрывоопасной среды, до значения ниже уровня, вызывающего воспламенение в результате искрения или нагрева.

3.1.2 **искробезопасное устройство** (intrinsically safe apparatus): Электрооборудование, предназначенное для установки во взрывоопасной зоне, в котором все цепи искробезопасны.

3.1.3 **связанное устройство** (associated apparatus): Электрооборудование, которое содержит искробезопасные и искроопасные цепи и сконструировано таким образом, что искроопасные цепи не могут оказывать отрицательного влияния на искробезопасные цепи.

Примечания

1 Связанное устройство может быть:

a) дополнительно защищено видом взрывозащиты, применимым для использования в соответствующей взрывоопасной среде, или

b) не защищено видом взрывозащиты, применимым для использования в соответствующей взрывоопасной среде, и не должно использоваться во взрывоопасной среде.

2 См. [1], 426-11-03.

3.1.4 **искробезопасная цепь** (intrinsically safe circuit): Электрическая цепь, в которой любые искрения или любые тепловые режимы, возникающие в условиях, предписанных настоящим стандартом, представляющих собой нормальные условия эксплуатации и определенные условия неисправности, не могут вызывать воспламенения данной взрывоопасной среды

3.1.5 **простое устройство** (simple apparatus): Электрический компонент или комбинация компонентов простой конструкции с точно определенными электрическими параметрами, совместимыми с параметрами искробезопасной цепи, в которой они используются.

3.1.6 **контрольный чертеж** (control drawing): Документ, подготовленный изготовителем для искробезопасного или связанного устройства, содержащий подробные электрические параметры для подключения к другим электрическим цепям или устройствам.

3.1.7 **диодный барьер безопасности** (diode safety barrier): Связанное устройство, не обеспечивающее гальваническую развязку, состоящее из шунтирующих диодов или цепей диодов (в том числе стабилитронов), защищенных предохранителями или резисторами или их сочетанием, изготовленные в виде отдельного устройства, а не как часть более крупного устройства.

3.1.8 **номинальный ток предохранителя I_n** (fuse rating I_n): Наибольшее значение тока, который предохранитель может проводить неограниченно длительное время в установленных условиях без повреждений.

3.1.9 **концепция искробезопасной системы полевой шины (FISCO)**

Архитектура искробезопасной системы, которая питается от шины и разработана в соответствии с определенными требованиями.

Примечание — Требования определены в [2].

3.1.9.1 **неповреждаемое соединение** (infallible connection): Соединения, включая все возможные виды стыковок и соединительной электропроводки и печатных проводников плат, которые не подвержены обрыву при эксплуатации или хранении.

Примечание — Специальные условия, которые следует учитывать, указаны в настоящем стандарте.

3.1.10 **внутренняя проводка** (internal wiring): Проводка и электрические соединения внутри устройства, выполненные его изготовителем.

3.1.11 **техобслуживание оборудования под напряжением** (live maintenance): Техобслуживание, выполняемое в то время, когда связанные устройства, искробезопасные устройства и цепи находятся под напряжением.

3.1.12 **искробезопасные параметры** (intrinsic safety parameters)

Примечания

1 Настоящим стандартом допускаются кратковременные переходные процессы, при которых происходит превышение указанных значений напряжения, тока и мощности соединительных контактных средств.

2 Устройство может иметь несколько наборов искробезопасных параметров.

3.1.12.1 **максимальное входное напряжение U_i** (maximum input voltage U_i): Максимальное (пиковое) значение напряжения, которое допускается прикладывать к соединительным контактным средствам для подключения внешних цепей искробезопасного электрооборудования без нарушения его искробезопасности.

3.1.12.2 **максимальный входной ток I_i** (maximum input current I_i): Максимальное (пиковое) значение тока, полученное от внешних цепей, которое протекает через соединительные контактные средства искробезопасных цепей электрооборудования без нарушения его искробезопасности.

3.1.12.3 **максимальная входная мощность P_i** (maximum input power P_i): Максимальное значение мощности, которую можно подать от внешних цепей на соединительные контактные средства искробезопасных цепей электрооборудования без нарушения его искробезопасности.

3.1.12.4 **максимальная внутренняя емкость C_i** (maximum internal capacitance C_i): Максимальное эквивалентное значение внутренней емкости устройства, которое рассматривается как возникающее на искробезопасных соединительных контактных средствах этого устройства.

3.1.12.5 **максимальная внутренняя индуктивность L_i** (maximum internal inductance L_i): Максимальное эквивалентное значение внутренней индуктивности устройства, которое рассматривается как возникающее на искробезопасных соединительных контактных средствах этого устройства.

3.1.12.6 **максимальное отношение внутренних индуктивности и сопротивления L_i/R_i** (maximum internal inductance to resistance ratio L_i/R_i): Максимальное значение отношения максимальной внутренней индуктивности к максимальному внутреннему сопротивлению, которое рассматривается как возникающее на искробезопасных соединительных контактных средствах этого устройства.

3.1.12.7 **максимальное выходное напряжение U_o** (maximum output voltage U_o): Максимальное (*амплитудное*) значение напряжения в цепи, которое может присутствовать на выходных искробезопасных соединительных контактных средствах устройства.

3.1.12.8 **максимальный выходной ток I_o** (maximum output current I_o): Максимальное (*амплитудное*) значение тока в цепи, которое может протекать через выходные искробезопасные соединительные контактные средства устройства.

3.1.12.9 **максимальная выходная мощность P_o** (maximum output power P_o): Максимальное (пиковое) значение мощности, которую можно получить от искробезопасных соединительных контактных средств устройства.

3.1.12.10 **максимальная внешняя емкость C_o** (maximum external capacitance C_o): Максимальное значение эквивалентной емкости, которую допускается подключать к искробезопасным соединительным контактным средствам устройства без нарушения искробезопасности.

3.1.12.11 **максимальная внешняя индуктивность L_o** (maximum external inductance L_o): Максимальное значение эквивалентной индуктивности, которую допускается подключать к искробезопасным соединительным контактным средствам устройства без нарушения искробезопасности.

3.1.12.12 **максимальное отношение внешней индуктивности к активному сопротивлению L_o/R_o** (maximum external inductance to resistance ratio L_o/R_o)*:* Максимальное значение отношения индуктивности к активному сопротивлению в цепи, допускаемое к подключению к выходным искробезопасным соединительным контактным средствам устройства без нарушения искробезопасности.

3.1.12.13 **максимальное значение напряжения постоянного или действующее значение переменного тока U_m** (maximum r.m.s. a.c. or d.c. voltage U_m): Максимальное напряжение, которое может быть приложено к соединительным контактным средствам искроопасных цепей связанного устройства или соединительным контактным средствам искробезопасного устройства, предназначенным для применения только во взрывобезопасной среде, без нарушения искробезопасности «i».

Пример — Примерами соединительных контактных средств искробезопасных устройств, предназначенных для применения только во взрывобезопасной среде, являются контакты зарядки аккумулятора и интерфейсы передачи данных.

Примечания

1 Значение U_m может быть различным для разных соединительных контактных средств в одном устройстве, а также для напряжений переменного и постоянного тока.

2 Могут возникать переходные процессы, при которых значение напряжения может быть выше указанного параметра.

3.1.13 **формовка** (moulding): Процесс размещения заготовки в приспособление с формообразующей полостью и введения пластичного материала вокруг помещенного компонента под давлением для частичного или полного покрытия помещенного компонента.

Примечание — Данный процесс может также называться литьем под давлением, многослойным литьем или литьем со вставками.

3.1.14 **искрообразующее устройство** (spark test apparatus): Устройство, используемое для экспериментальной проверки того, что электрические искры в цепи не способны воспламенить определенную взрывоопасную газовую среду.

3.1.15 **ионистор (электрохимический конденсатор, суперконденсатор)** (supercapacitor electrochemical capacitor): Устройство, накапливающее электрическую энергию с использованием двойного слоя в электрохимической ячейке.

Примечания

1 Электрохимический конденсатор не следует путать с электролитическим конденсатором.

2 См. [3], 114-03-03.

3.1.16 **переходные процессы** (transients)

3.1.16.1 **переходная характеристика** (transient rating): Характеристика компонента, связанная с воздействиями переходного процесса.

Пример — Примером переходной характеристики является значение I^2t для предохранителей или пиковый неповторяющийся импульсный ток.

3.1.16.2 **энергия переходного процесса** (transient energy): Энергия, которая может выделиться за время перехода между установившимися состояниями.

3.1.17 **аксессуар для невзрывоопасной зоны** (non-hazardous area accessory) <искробезопасность> (<intrinsic safety>): Электрооборудование, к которому конечный пользователь подключает искробезопасное устройство, только когда оно находится во взрывобезопасной зоне.

Пример — Примерами являются зарядные устройства для аккумуляторов и считыватели данных.

3.1.18 **управляемый полупроводник** (controlled semiconductor): Полупроводниковый компонент с выходом, который можно переключать или регулировать, используя отдельный электрический вход.

Пример — Транзистор или тиристор.

3.2 Сокращения

Список сокращений приведен в таблице 2.

Таблица 2 — Список используемых сокращенных терминов

Сокращение на английском языке	Сокращение в настоящем стандарте	Полное наименование	Дополнительная информация
CTI	СИТ	Сравнительный индекс трекингостойкости	Измеряется в соответствии с *ГОСТ 27473*
DUT	ИУ	Испытываемое устройство	—
ES1	ИЭЭ1	Источник электрической энергии 1-го класса	Согласно *ГОСТ IEC 62368-1*
FISCO	FISCO	Концепция искробезопасной полевой шины	См. 3.1.9
PELV	PELV	Защитное сверхнизкое напряжение	Например, в соответствии с *[4]*
SELV	SELV	Безопасное сверхнизкое напряжение	Например, в соответствии с *[4]*

4 Классификация оборудования по группам, подгруппам, температурным классам и уровням вида взрывозащиты устройств

Искробезопасное устройство и искробезопасные цепи связанного устройства должны подразделяться на группы в соответствии с требованиями к классификации оборудования по группам согласно *ГОСТ 31610.0*.

Искробезопасное устройство должно классифицироваться по максимальной температуре поверхности или температурному классу согласно требованиям к температуре *ГОСТ 31610.0*. К связанным устройствам классификацию по температуре не применяют.

Примечание — Оборудованию, содержащему связанное устройство, защищенное другим видом взрывозащиты, будут присвоены температурный класс и группа оборудования в соответствии с требованиями примененного вида взрывозащиты. Подгруппа оборудования такого оборудования может отличаться от подгруппы по искробезопасности, например, оборудование с маркировкой *1*Ex db [ia IIC Ga] IIB T4 Gb.

Искробезопасному устройству и искробезопасным цепям связанного устройства должен быть присвоен один или несколько из следующих уровней вида взрывозащиты:

- уровень вида взрывозащиты «ia» (для уровней взрывозащиты оборудования Ma, Ga, Da);
- уровень вида взрывозащиты «ib» (для уровней взрывозащиты оборудования Mb, Gb, Db);
- уровень вида взрывозащиты «ic» (для уровней взрывозащиты оборудования *Mc*, Gc, Dc).

Требования настоящего стандарта распространяются на все уровни вида взрывозащиты, если не указано иное.

Устройство может иметь более одного уровня вида взрывозащиты, подгруппы оборудования или температурного класса и может иметь разные параметры искробезопасности для этих различных случаев.

5 Соответствие требованиям в отношении воспламенения

5.1 Общие требования

Соответствие настоящему стандарту требует выполнения двух основных критериев:

1) искробезопасные цепи должны соответствовать требованиям в отношении искрового воспламенения, указанным в 5.3;

2) искробезопасное устройство должно соответствовать требованиям в отношении теплового воспламенения, указанным в 5.4.

Соответствие указанным критериям должно быть оценено в условиях, указанных в 5.2 для примененного уровня вида взрывозащиты, группы оборудования и только для искробезопасного устройства, максимальной температуры поверхности.

Выполнение указанных требований достигается путем следования настоящему стандарту, учитывая следующее:

- разделения между токопроводящими частями в соответствии с 6.5;
- внешние соединительные контактные средства в соответствии с 6.3 и внутренние соединительные контактные средства в соответствии с 6.4;
- номинальные характеристики компонентов в соответствии с разделом 7.

Параметры искробезопасности, U_m и, если это требуется по 5.2.5, максимальное номинальное напряжение устройства могут быть присвоены для каждого из соединительных контактных средств.

Примечание — *ГОСТ IEC 60079-14* определяет типы цепей или источников питания, которые подходят для связанных устройств с напряжением U_m менее 250 В.

Если изготовитель предоставляет руководство по процедурам технического обслуживания под напряжением, то влияние такого обслуживания под напряжением не должно нарушать искробезопасность. См. 12.1 d) .

За исключением перечисления а) 9.6, где указано, что соответствие требованиям общепромышленных стандартов, распространяющихся на конкретные виды продукции, является достаточным для выполнения требований настоящего стандарта, настоящий стандарт не требует проверки соответствия этим общепромышленным стандартам.

5.2 Условия при оценке

5.2.1 Общие требования

Искробезопасные цепи не должны вызывать воспламенение в самых опасных условиях, за исключением случаев, когда это допускается отдельными положениями настоящего стандарта, включая, но не ограничиваясь, следующим:

a) при условиях, указанных в 5.2.2, 5.2.3 или 5.2.4 в зависимости от уровня вида взрывозащиты;

b) при любом напряжении до U_m *включительно*, приложенном к искроопасным соединительным контактным средствам, за исключением условий, установленных 5.2.5;

c) с любым напряжением до U_i, током до I_i *включительно*, или мощностью до P_i, в зависимости от применимости, приложенном к искробезопасным соединительным контактным средствам;

d) при любом значении емкости до максимального значения, обозначаемого C_o, *включительно*, в зависимости от применимости, приложенном к искробезопасным соединительным контактным средствам;

e) при любом значении индуктивности до максимального значения, обозначаемого L_o, *включительно*, или отношения индуктивности к *активному* сопротивлению, указанного как L_o/R_o, в зависимости от применимости, приложенном к искробезопасным соединительным контактным средствам;

f) при подключении наиболее опасной нагрузки к любым искробезопасным соединительным контактным средствам устройства, включая холостой ход, короткое замыкание цепей между собой и на землю;

g) при наиболее опасной температуре в пределах указанного диапазона рабочих температур для соответствующих частей устройства. Для оценки компонентов согласно разделу 7 и соответствия по тепловому воспламенению для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» необходимо учитывать влияние условий монтажа компонента и эксплуатационной температуры непосредственной близости к компоненту. При рассмотрении необходимо учитывать возможность нагрева от других компонентов из-за сопутствующих неисправностей.

Примеры

1 Обычно необходимо учитывать нагрев от близко расположенных последовательно и параллельно подключенных компонентов, через которые проходит тот же ток при внесенном повреждении.

2 Обычно не требуется учитывать нагрев выше эксплуатационной температуры, вызванный независимыми повреждениями в других частях устройства.

Примечание — Номинальные параметры компонента оцениваются без учета внесенных повреждений компонента, тогда как его соответствие по тепловому воспламенению оценивается при внесенных повреждениях компонента, создающих наиболее опасные условия согласно разделу 7;

h) при наиболее опасных значениях любых влияющих параметров, применяемых в пределах производственных допусков устройств (см. 7.3).

Если какое-либо повреждение может повлечь за собой другое повреждение или несколько повреждений, то первичное и последующие повреждения должны рассматриваться как одно повреждение. В рамках сценария одного повреждения все учитываемые и неучитываемые повреждения следует считать статическими. Например, если возникнет повреждение компонента при коротком замыкании, этот вид повреждения должен сохраняться на протяжении всего сценария повреждения.

Для определения максимальной температуры поверхности к напряжению и мощности должен быть применен коэффициент безопасности 1,0.

5.2.2 Уровень вида взрывозащиты «ia»

Искробезопасные цепи с уровнем вида взрывозащиты «ia» должны оцениваться в каждом из следующих случаев:

a) в наиболее опасных условиях без учета повреждений;

b) с введением всех неучитываемых повреждений;

c) с введением одного учитываемого и всех неучитываемых повреждений;

d) с введением двух учитываемых и всех неучитываемых повреждений.

В каждом из вышеуказанных случаев повреждения могут быть различными.

При оценке цепей на искровое воспламенение необходимо использовать *коэффициент безопасности 1,5 в соответствии с 5.3.4.*

Если может возникнуть только одно учитываемое повреждение, то требования перечисления d) учитывать не нужно.

Если учитываемые повреждения не могут возникнуть, то требования перечислений c) и d) не учитываются.

Исполнения, соответствующие требованиям уровня вида взрывозащиты «ia», также подходят для уровней вида взрывозащиты «ib» и «ic».

5.2.3 Уровень вида взрывозащиты «ib»

Искробезопасные цепи с уровнем вида взрывозащиты «ib» должны оцениваться в каждом из следующих случаев:

a) в наиболее опасных условиях без учета повреждений;

b) с введением всех неучитываемых повреждений;

c) с введением одного учитываемого и всех неучитываемых повреждений.

В каждом из вышеуказанных случаев повреждения могут быть различными.

При оценке цепей на искровое воспламенение необходимо использовать коэффициент безопасности 1,5 в соответствии с 5.3.4.

Если учитываемые повреждения не могут возникнуть, то требования перечисления c) не учитываются.

Исполнения, соответствующие требованиям уровня вида взрывозащиты «ib», также подходят для уровня вида взрывозащиты «ic».

5.2.4 Уровень вида взрывозащиты «ic»

Искробезопасные цепи с уровнем вида взрывозащиты «ic» должны оцениваться в каждом из следующих случаев:

a) в наиболее опасных условиях без учета повреждений;

b) для оценки соответствия требованиям в отношении искрового воспламенения согласно 5.3 и при определении *искробезопасных* параметров U_o, I_o, L_i, C_i и L_i/R_i, в зависимости от ситуации, вносят неучитываемые повреждения, создающие наиболее опасные условия.

Примечание — Повреждения не вносят при определении соответствия в отношении теплового воспламенения согласно 5.4.

Учитываемые повреждения не вносят.

Только компоненты, которые:

- устанавливают напряжение или ток на уровне, который обеспечивает соответствие требованиям в отношении искрового воспламенения, включая компоненты, применяемые для защиты других компонентов, от которых зависит искробезопасность,
- устанавливают U_o или I_o;
- обеспечивают защиту от перемены полярности в соответствии с 6.8, должны соответствовать 7.1.

Если предписано, P_o и P_i должны определяться при наиболее опасных условиях в нормальном режиме эксплуатации.

При оценке цепей на искровое воспламенение необходимо использовать коэффициент безопасности 1,0 в соответствии с 5.3.4.

5.2.5 Оборудование или системы, не опасные по поражению электрическим током

Оборудование или системы с ограниченным сверхнизким напряжением и спроектированные в соответствии с другими стандартами или правилами по предотвращению риска поражения электрическим током, который может быть опасен для здоровья человека, могут считаться оборудованием или системами, не опасными по поражению электрическим током.

Пример — К таким стандартам относятся SELV, PELV, ИЭЭ1.

Если в соответствии с настоящим стандартом требуется приложение U_m между соединительными контактными средствами без гальванической развязки относительно друг друга, то допускается учитывать только максимальное номинальное напряжение, указанное изготовителем, при условии соблюдения следующих требований.

Примечание — Номинальное напряжение (действующее значение переменного или постоянного тока), указанное изготовителем:

a) соединительные контактные средства должны быть подключены только к оборудованию или системам, не опасным по поражению электрическим током;

b) если в соответствии с настоящим стандартом напряжение U_m требуется подключать между соединительными контактными средствами цепей с гальванической развязкой между искробезопасной и другими цепями, приложенное напряжение должно быть наибольшим из:

- значения U_m или
- напряжения, полученного из номинального напряжения или U_m, например, если в цепи имеются компоненты, увеличивающие напряжение до уровня, превышающего U_m в нормальном режиме эксплуатации;

Примечания

1 В этом случае напряжение на гальванической развязке обычно называют синфазным.

2 Требования к аксессуарам для невзрывоопасных зон подробно описаны в 6.3.5;

c) *в маркировке* должен быть указан знак «X» согласно требованиям к маркировке *ГОСТ 31610.0*. Специальные условия применения должны содержать:

- подробное описание требований, которые применяются к оборудованию или системам, подключаемым к соединительным контактным средствам, например, что они должны быть SELV, PELV, ИЭЭ1 или эквивалентными; и
- допустимое максимальное напряжение, которое может быть приложено между искроопасными соединительными контактными средствами, образующими цепь внутри оборудования.

Примечание — Положениями настоящего стандарта не установлена необходимость указывать тип или модель источника питания.

Пример — Заявлено, что последовательный порт данных имеет U_m 250 В действующего напряжения переменного тока, но с максимальным напряжением 6 В между любыми двумя контактами порта данных. Схема оценивается с дифференциальным режимом 6 В, применяемым между любыми двумя контактами порта данных, но при 250 В синфазного действующего напряжения переменного тока, приложенного между портом данных и гальванически разделенными цепями (например, землей или искробезопасными цепями). В специальных условиях применения должно быть указано, что напряжение, подаваемое на последовательно подключенные соединительные контактные средства порта данных, составляет максимум 6 В и что можно использовать только оборудование, соответствующее ГОСТ IEC 62368-1. Любая гальваническая развязка между цепью порта данных и искробезопасной цепью требует разделения для U_m (в данном примере — 250 В действующего напряжения переменного тока).

5.3 Соответствие требованиям в отношении искрового воспламенения

5.3.1 Общие требования

Искробезопасные цепи должны быть оценены, чтобы гарантировать, что в каждой точке, где предполагается возникновение разъединения или соединения, подверженной воздействию взрывоопасной среды, имеющаяся энергия искры не способна вызвать воспламенение взрывоопасной среды для указанной группы оборудования при условиях и коэффициентах безопасности, указанных в 5.2 для уровня вида взрывозащиты цепи.

Примечание — Термин «искра» используется в настоящем стандарте для обозначения замыкания или размыкания испытуемой цепи. При таком замыкании или размыкании не обязательно возникает видимая искра.

Если иное не указано в настоящем стандарте, то искровое воспламенение должно быть оценено следующим образом:

a) на контактах, размыкающихся и замыкающихся в нормальном режиме эксплуатации.

Пример — Примерами контактов, размыкающихся и замыкающихся в нормальном режиме эксплуатации, являются штекеры и гнезда, выключатели, кнопки и потенциометры, которые используются без инструментов и управляются вручную;

b) на соединительных контактных средствах искробезопасных цепей, включая подключение соответствующих C_o, L_o и L_o/R_o, подходящих для соединительных контактных средств. Если в руководстве по эксплуатации не указано иное, то C_o и L_o прикладывают по отдельности при оценке соединительных контактных средств.

Искровое воспламенение не учитывают:

1) через неповреждаемые разделения, соответствующие 6.5.4.2;

2) при последовательном соединении, *используя* неповреждаемые соединения, соответствующие 6.4.2;

3) при герметизации, отвечающей требованиям по защите от искрового воспламенения, указанным в 6.6.1 и 6.6.2.1;

4) внутри связанного устройства, за исключением соединительных контактных средств его искробезопасных цепей;

5) между контактными выводами отдельных цепей, соответствующих 6.3.1.

Цепи оборудования группы III оценивают, используя предельные значения, установленные для оборудования подгруппы IIB.

Для оценки соответствия требованиями в отношении искрового воспламенения могут использоваться представительные образцы цепей *(макеты),* которые, по крайней мере, столь же опасны с точки зрения возникновения искрового воспламенения, как и реальная оцениваемая цепь.

Примеры

1 Оценку конденсатора, ограниченного резистором, соответствующим 7.4.2, на соответствие требованиям в отношении искрового воспламенения, можно проводить как для резистивной цепи с постоянным напряжением.

2 Все конденсаторы в рассматриваемой части цепи могут быть представлены как один конденсатор с эквивалентной суммарной емкостью.

Испытание на искровое воспламенение проводят в соответствии с 9.1 при нормальной температуре окружающей среды, и могут быть использованы данные по воспламенению из приложения A и приложения G, если эксплуатационная температура находится в пределах от минус 60 °C до плюс 100 °C. Никаких дополнительных коэффициентов безопасности или учета нагрева из-за повреждений внутри устройства не требуется. Оборудование, разработанное для использования при эксплуатационных температурах, выходящих за пределы этого диапазона, должно быть дополнительно проанализировано.

5.3.2 Уровни вида взрывозащиты «ia» и «ib»

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» оценка искрового воспламенения должна проводиться, если в настоящем стандарте не указано иное, в отношении следующего:

a) в месте любого разъединения или соединения (включая повреждение разделения) цепи, которое считают учитываемым или неучитываемым повреждением;

b) в месте любого повреждения заземления, которое считают учитываемым или неучитываемым повреждением.

Оценка искрового воспламенения (например, с применением искрообразующего устройства) должна быть проведена после введения повреждений, указанных в 5.2.2 и 5.2.3, и не должна увеличивать число повреждений.

5.3.3 Уровень вида взрывозащиты «ic»

Для уровня вида взрывозащиты «ic» оценка искрового воспламенения, если в настоящем стандарте не указано иное, должна проводиться в отношении следующего:

a) через любые разделения токопроводящих частей, если их повреждение считают неучитываемым повреждением согласно 6.5.4;

b) вместо всех или любой части компонентов, для которых при нормальной эксплуатации превышаются эксплуатационные параметры, указанные изготовителем.

Переходные процессы, возникающие в результате приложения U_m, которые не возникают при нормальной эксплуатации (например, в результате сбоя в электропитании), не должны учитываться при оценке соответствия по искровому воспламенению.

5.3.4 Применение коэффициентов безопасности

5.3.4.1 Коэффициент безопасности 1,0

Если в соответствии с 5.2 для оценки искрового воспламенение требуется коэффициент безопасности 1,0, то он должен быть достигнут одним из следующих методов:

a) используя графы для коэффициента безопасности 1,0 в таблицах приложения A;

b) используя характеристики искробезопасности приложения A;

c) используя приложение G без исключения коэффициента безопасности 1,5; или

d) испытанием по 9.1, используя испытательные смеси, соответствующие 9.1.3.1.

5.3.4.2 Коэффициент безопасности 1,5

Если в соответствии с 5.2 для оценки искрового воспламенения требуется коэффициент безопасности 1,5, то он должен быть достигнут одним из следующих методов:

a) используя графы для коэффициента безопасности 1,5 в таблицах приложения A;

b) используя характеристики искробезопасности в приложении A или графы для коэффициента безопасности 1,0 в таблицах приложения A, где перед применением характеристик искробезопасности или таблиц:

1) для индуктивных цепей увеличивая в 1,5 раза ток;

2) для емкостных цепей увеличивая в 1,5 раза напряжение; или

3) для резистивных цепей увеличивая в 1,5 раза ток или, в качестве альтернативы, может быть увеличено в 1,5 раза напряжение;

c) используя приложение G (предельные характеристики искробезопасности которого уже включают коэффициент безопасности 1,5);

d) проведя испытание в соответствии с 9.1 с применением одного из следующих методов:

1) начиная с тока и напряжения при условиях, указанных в 5.2, и используя испытательные смеси, указанные в 9.1.3.1:

- для индуктивных и резистивных цепей, насколько это практически возможно; ток увеличивают в 1,5 раза от расчетного за счет уменьшения значений ограничивающего сопротивления; там, где получить коэффициент безопасности 1,5 таким способом нецелесообразно, напряжение повышают до получения необходимого тока; или

- для емкостных цепей напряжение увеличивают в 1,5 раза;

2) если метод, указанный в перечислении 1) d) 5.3.4.2 не применим, то используют более легко воспламеняемые испытательные смеси по 9.1.3 с более низким порогом воспламенения;

e) используя приложение F (в котором коэффициент безопасности применяется к газовой смеси).

Примечание — Целью применения коэффициента безопасности является обеспечение того, чтобы либо типовое испытание или теоретическая оценка проводились с цепью, которая с очевидной большей вероятностью вызовет воспламенение, чем исходная, либо чтобы исходную цепь испытать в более легко воспламеняемой газовой смеси. В общем, невозможно получить точную эквивалентность между различными методами достижения заданного коэффициента безопасности, но методы, изложенные в этом стандарте, предоставляют приемлемые альтернативы.

5.3.5 Цепи, в которых не применяют ограничение с помощью управляемых полупроводниковых приборов

Оценка цепей, искробезопасность которых не зависит от ограничений с помощью управляемых полупроводниковых приборов, должна выполняться одним из следующих методов:

a) испытанием на искровое воспламенение согласно 9.1;

b) на соединительных контактных средствах оборудования FISCO: путем соблюдения предельных параметров искробезопасности, указанных в приложении E;

c) оценкой согласно 9.2.

Пример — Для трапециевидной выходной характеристики, состоящей из источника напряжения, за которым следует резистор, за которым следует стабилитрон, можно использовать 9.2, оценивая, когда стабилитрон удален из схемы, оставляя линейную характеристику;

d) для линейной выходной характеристики — по приложению G для линейных источников питания; или

e) для трапециевидной выходной характеристики — по приложению G для прямоугольных источников питания.

5.3.6 Цепи с управляемыми полупроводниковыми ограничителями

Цепи, искробезопасность которых зависит от срабатывания управляемого полупроводникового ограничителя, должны быть оценены на предмет обеспечения соответствия в отношении искрового воспламенения как в установившемся состоянии, когда ограничение не активно, так и при переходном процессе, когда ограничение активно.

В обоих этих случаях при оценке должна учитываться наихудшая нагрузка, с которой ожидается применение в условиях, указанных в 5.2, как для ограничивающей цепи, так и для нагрузки. Эта нагрузка может представлять собой активное сопротивление, нагрузку с фиксированным напряжением (например, стабилитрон) или нагрузку от источника постоянного тока в сочетании с индуктивностью и емкостью, которые могут присутствовать в этих условиях.

Если проверка переходной характеристики ограничителя осуществляется с использованием искрообразующего устройства (либо с использованием 9.1, либо приложения F), то цепь должна быть настроена таким образом, чтобы она полностью восстанавливалась во время испытания в период между размыканием и последующим замыканием, создаваемым искрообразующим устройством. Замыкания

и размыкания, возникающие при соприкосновении вольфрамовой проволочки о кадмиевый диск, можно не учитывать. Испытание может проводиться на представительной цепи, время восстановления которой меньше, чем у реальной.

Если электрические параметры на контактных средствах с выходными цепями ограничены цепями с управляемыми полупроводниковыми ограничителями, то U_o и I_o должны рассчитываться по пределам установившегося режима, а не по пиковому значению при переходном процессе.

Подтверждение соответствия установившемуся и переходному режиму, в зависимости от применения, может включать одно или несколько из следующих действий:

a) испытание на искровое воспламенение согласно 9.1;

b) на соединительных контактных средствах оборудования FISCO: соблюдение предельных параметров искробезопасности, указанных в приложении E;

c) если нецелесообразно применение коэффициента безопасности к напряжению или току, то в этом случае необходимо соблюдение требований приложения F;

d) оценку линейной выходной характеристики, приведенную в 9.2;

e) соответствие установившемуся режиму может быть подтверждено, если выходная характеристика установившегося режима расположена полностью в пределах линейной характеристики, соответствующей таблице A.1; соответствие переходному режиму также может быть подтверждено, если характеристики переходного режима полностью расположены в пределах линейной характеристики, соответствующей таблице A.1;

f) если в цепи применяется не более одного источника с управляемым полупроводниковым ограничителем тока, соответствие в установившемся режиме может быть подтверждено использованием приложения G для нелинейных источников питания; и

g) соответствие переходному режиму может быть оценено согласно приложению D.

Для установившегося и переходного режима могут использоваться различные методы. Во время любого испытания, выполняемого для подтверждения соответствия установившемуся режиму, управляемый полупроводниковый ограничитель не должен срабатывать или переключаться.

5.4 Соответствие требованиям в отношении теплового воспламенения

5.4.1 Общие требования

Необходимо оценить все поверхности искробезопасного устройства, которые могут контактировать со взрывоопасной средой, чтобы гарантировать, что в условиях, указанных в 5.2, устройство соответствует требованиям к максимальной температуре поверхности по ГОСТ 31610.0 с учетом следующих дополнений:

a) 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4 для групп I и II; и

b) 5.4.5 для групп I и III.

Оценка должна проводиться без каких-либо дополнительных коэффициентов, требуемых *ГОСТ 31610.0* для входного напряжения, тока или мощности, кроме тех, которые требуются в соответствии с настоящим стандартом.

Температурную классификацию можно оценить с помощью тепловых моделей на основании имеющейся информации о тепловых характеристиках компонентов. При необходимости испытания должны проводиться в соответствии с 9.3.

Если максимальная рассеиваемая мощность на печатных дорожках или проводке не превышает 1,3 Вт, то они считаются приемлемыми для температурной классификации T4 или группы I при максимальной температуре окружающей среды 40 °C. Если присутствие пыли исключено и максимальная рассеиваемая мощность на печатных дорожках или проводке не превышает 3,3 Вт, то их следует считать подходящими для группы I при максимальной температуре окружающей среды 40 °C. При использовании этой оценки для температуры окружающей среды, превышающей 40 °C, указанные пределы мощности должны быть уменьшены, как указано в *ГОСТ 31610.0* для оценки температурной классификации компонентов с площадью поверхности ≥ 20 мм^2.

5.4.2 Температура малых компонентов оборудования групп I и II

Применяют требования *ГОСТ 31610.0* по температуре малых компонентов электрооборудования группы I или II и требования к испытаниям малых компонентов на воспламенение *ГОСТ 31610.0*.

Запас по температуре 5 К и 10 К, требуемый согласно *ГОСТ 31610.0* при типовых испытаниях для определения максимальной температуры поверхности, применяется к требованиям к температуре поверхности согласно 7.16.2.4b) и для уровня вида взрывозащиты «ic».

Запас по температуре 5 К и 10 К, требуемый согласно *ГОСТ 31610.0*, для уровней вида взрывозащиты «ia» или «ib» не применяется при использовании таблицы для оценки температурного класса в зависимости от размера компонента для малых компонентов согласно *ГОСТ 31610.0*. В других случаях запас по температуре применяется.

5.4.3 Проводка внутри искробезопасных устройств для групп I и II

Максимально допустимый ток, соответствующий максимальной температуре провода вследствие самонагрева, берут из таблицы 3 для медных проводов или вычисляют по следующей формуле для всех металлов:

$$I = I_f \sqrt{\frac{(t - T_a)\left(1 + \alpha(T - T_a)\right)}{(T - T_a)\left(1 + \alpha(t - T_a)\right)}}, \qquad (1)$$

где α — температурный коэффициент сопротивления материала проводника при T_a в K^{-1};

I — максимально допустимое значение действующего тока, А;

I_f — ток плавления проводки при максимальной указанной температуре окружающей среды T_a, А;

T — температура плавления материала проводника, °С (для меди — 1083 °С, для золота — 1064 °С);

$$\alpha_a = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_r} + (T_a - T_r)\right)}, \qquad (2)$$

где T_a — максимальная температура окружающей среды, °С;

t — пороговая температура для данного температурного класса, а также температура проводки вследствие самонагрева и нагрева от окружающей среды, °С.

Если температурный коэффициент сопротивления материала указан при прочих условиях, отличающихся от T_a, то α_a при T_a может быть определена следующим образом:

T_r — известная эталонная температура окружающей среды, °С (например, 20 °С);

α_r — коэффициент сопротивления при T_r, $К^{-1}$ (например, для меди 0,004·27 $К^{-1}$, 0,004·201 $К^{-1}$ для золота при 20 °С)[1)].

Если ток плавления провода известен при температуре окружающей среды, отличной от T_a (например, изготовитель проводки указывает ток плавления в проводке при температуре окружающей среды 20 °С),

$$I_f = I_r \sqrt{\frac{(T - T_a)}{(T - T_r)}}, \qquad (3)$$

где I_r — ток, при котором проводка плавится при эталонной температуре окружающей среды T_r, А,

тогда I_f можно определить следующим образом.

Пример — Тонкий медный провод с площадью поверхности менее 20 мм^2 (температурный класс — Т4)

a = 0,004·27 K^{-1}

I_f = 1,6 А (определяется экспериментально или указан изготовителем провода)

T = ***1083 °С***

T_a = 40 °С

t для Т4 (малый компонент, t ≤ 275 °С)

Применив формулу, получают:

I = 1,3 А (это максимально допустимый ток в нормальных условиях или в условиях повреждения, при котором температура провода не превысит 275 °С).

---

1) Температурный коэффициент сопротивления меди Д. Х. Деллинджера, Бюллетень Бюро стандартов, том 7, № 1, с. 89, ноябрь 1910 г.

Таблица 3 — Температурная классификация медной проводки (для $T_a \leq 40$ °С)

Диаметр[a], мм	Площадь поперечного сечения[a], мм^2	Максимально допустимый ток, А, для температурной классификации		
		Т1 — Т4 и группа I	Т5	Т6
0,035	0,000962	0,53	0,48	0,43
0,05	0,00196	1,04	0,93	0,84
0,1	0,00785	2,1	1,9	1,7
0,2	0,0314	3,7	3,3	3,0
0,35	0,0962	6,4	5,6	5,0
0,5	0,196	7,7	6,9	6,7

[a] В качестве диаметра и площади поперечного сечения принимают номинальные значения, приведенные изготовителем провода.

Указаны максимально допустимые значения постоянного или действующие значения переменного тока в амперах.

Для многожильных проводников в качестве площади поперечного сечения принимают общую площадь всех жил проводника.

Таблица также относится к гибким печатным платам и гибким плоским проводникам, например, ленточным кабелям, но не распространяется на твердые проводники.

5.4.4 Дорожки печатных плат для групп I и II

Температурная классификация дорожек печатных плат, контактирующих со взрывоопасной средой, должна определяться с использованием доступных аналитических методов и данных или путем испытаний. Во всех случаях максимальный длительно протекающий ток должен использоваться для определения температурной классификации дорожек. Дорожки длиной 10 мм и менее не учитываются при классификации по температуре. Производственные допуски не должны уменьшать значения ширины дорожек, толщины платы или толщины проводника, определенные в соответствии с настоящими требованиями, более чем на 10 % или 1 мм, в зависимости от того, что меньше.

Примечание — *[5]* и *[6]* являются примерами доступных данных.

Температурный класс медных дорожек можно определять по таблице 4. Значения, указанные в таблице, следует корректировать в зависимости от фактической толщины платы, количества слоев с дорожками, толщины медного проводника, температуры окружающей среды и того, проходит ли дорожка под компонентами, рассеивающими мощность более 0,25 Вт. При применении таблицы 4 и связанных с ней поправочных коэффициентов допускается линейная интерполяция между значениями тока, ширины дорожки, толщины дорожки, температуры окружающей среды и толщины платы. Экстраполяция каких-либо значений или поправочных коэффициентов не допускается. Максимально допустимый ток IP рассчитывается, как показано ниже:

$$I_P = I \cdot \lambda_B \cdot \lambda_L \cdot \lambda_T \cdot \lambda_C \cdot \lambda_A, \quad (4)$$

где I — максимально допустимый ток для температурной классификации, указанной в таблице 4;

λ_B — коэффициент толщины платы;

λ_L — коэффициент количества слоев;

λ_T — коэффициент толщины меди;

λ_C — коэффициент прохождения дорожки под компонентом;

λ_A — коэффициент температуры окружающей среды.

Пример — Определяет максимально допустимый ток для Т5 (T_a = 60 °С) для дорожки шириной 1 мм и длиной более 10 мм на двухслойной печатной плате с толщиной платы 1,55 мм и толщиной медного проводника 18 мкм, который не располагается под рассеивающими компонентами.

Максимально допустимый ток по таблице 4 для Т5 (T_a = 40 °С) дорожки шириной 1 мм составит I = 4,8 А

$\lambda_B = 1{,}00$; $\lambda_L = 0{,}67$; $\lambda_T = 0{,}67$; $\lambda_C = 1{,}00$; $\lambda_A = 0{,}83$

$I_P = 4{,}8\ А \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}67 \cdot 0{,}67 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}83 = 1{,}79\ А$

Таблица 4 — Температурная классификация дорожек печатных плат

Минимальная ширина дорожки, мм	Максимальный допустимый ток для температурных классов, А (при максимальной температуре окружающей среды 40 °С)		
	Т1—Т4 и группа I	Т5	Т6
0,075	0,8	0,6	0,5
0,100	1,0	0,8	0,7
0,125	1,2	1,0	0,8
0,150	1,4	1,1	1,0
0,200	1,8	1,4	1,2
0,300	2,4	1,9	1,7
0,400	3,0	2,4	2,1
0,500	3,5	2,8	2,5
0,700	4,6	3,5	3,2
1,000	5,9	4,8	4,1
1,500	8,0	6,4	5,6
2,000	9,9	7,9	6,9
2,500	11,6	9,3	8,1
3,000	13,3	10,7	9,3
4,000	16,4	13,2	11,4
5,000	19,3	15,5	13,5
6,000	22,0	17,7	15,4

Указаны максимально допустимые значения постоянного или действующие значения переменного тока в амперах.

Таблица распространяется на печатные платы толщиной не менее 1,55 мм со слоем меди толщиной не менее 33 мкм. Указанные в таблице значения максимально допустимого тока следует умножать на каждый из указанных ниже коэффициентов.

Толщина платы, мм	Коэффициент (λ_B)
1,55	1,0
1,00	0,91
0,75	0,87
0,50	0,83

Прохождение дорожки под компонентом [a]	Коэффициент (λ_C)
Нет	1,00
Да	0,67

Количество слоев с дорожками	Коэффициент (λ_L)
1	1,00
2	0,67
> 2	0,50

Температура окружающей среды (°С)	Коэффициент (λ_A)		
	Т4	Т5	Т5
40	1,00	1,00	1,00
60	0,83	0,83	0,83
80	0,77	0,64	0,40
100	0,66	—	—

Толщина меди (мкм)	Коэффициент (λ_T)
70	1,30
51	1,20
33	1,00
18	0,67

[a] Применяется к дорожкам, проходящим под компонентами, рассеивающими мощность не менее 0,25 Вт как в нормальном режиме, так и в условиях неисправностей, когда длина участка дорожки, проходящей под компонентом, превышает 10 мм.

5.4.5 Температура искробезопасного устройства и компонентов для пыли

При определении соответствия по тепловому воспламенению следует учитывать температуру поверхности искробезопасного устройства, которая контактирует с пылью.

Примеры

1 Для искробезопасного устройства, защищенного оболочкой со степенью защиты не ниже IP5X, температуру поверхности корпуса измеряют независимо от применения к оболочке требований ГОСТ 31610.0, указанных в таблице 1.

2 Для уровня взрывозащиты оборудования Da или Db с заданным слоем пыли, с оболочкой, не отвечающей требованиям 6.2.4 а), испытание по 9.14.3.3 проводят с оболочкой, заполненной пылью, со слоем пыли снаружи корпуса толщиной 200 мм. Температура измеряется на поверхности компонента.

В качестве альтернативы оценке температуры поверхности, с целью установления соответствия по тепловому воспламенению для группы I или III, искробезопасное устройство должно считаться пригодным для полного погружения в пыль или образования слоя пыли неконтролируемой толщины, если максимальная рассеиваемая мощность любого компонента в условиях, указанных в 5.2, соответствует таблице 5, а непрерывный ток короткого замыкания составляет менее 250 мА. В этом случае в маркировке искробезопасных устройств группы III должна быть указана максимальная температура поверхности 135 °С при неконтролируемой толщине слоя пыли.

Примечание — Уровень 250 мА обусловлен риском термического воспламенения от проводов или дорожек.

Таблица 5 — Максимальное допустимое значение рассеиваемой мощности компонентом, погруженным в пыль

Максимальная температура окружающей среды, °С	40	70	100
Допустимая мощность, мВт	750	650	550

Допускается линейная интерполяция между этими значениями.

5.5 Простое устройство

К простым устройствам относят:

a) пассивные компоненты, например, выключатели, соединительные коробки, резисторы и простые полупроводниковые приборы;

b) источники, накапливающие энергию, состоящие из единичных компонентов, накапливающих энергию, установленных в простых цепях с точно установленными параметрами, например, конденсаторы или катушки индуктивности, значения которых должны учитываться при определении общей безопасности системы;

c) источники, генерирующие энергию, например, термопары и фотоэлементы, в которых генерируемые величины не превышают 1,5 В,100 мА и 25 мВт.

Простое устройство должно соответствовать всем требованиям настоящего стандарта, кроме раздела 11 и требований об ответственности изготовителя по *ГОСТ 31610.0*. Изготовитель или проектировщик искробезопасной системы должен подтвердить соответствие, включая предоставление спецификаций материалов и протоколы испытаний (если применяются).

Всегда необходимо учитывать следующие аспекты:

1) Безопасность простого устройства не должна обеспечиваться применением в нем:

- ограничителей напряжения;
- ограничителей тока, или
- гасящих устройств.

2) Простое устройство не должно содержать средства, повышающие значения тока или напряжения, например, DC/DC преобразователи.

3) Когда простое устройство должно сохранять целостность изоляции искробезопасной цепи от земли, оно должно выдерживать испытательное напряжение относительно земли в соответствии с 6.9. Его контакты должны отвечать требованиям 6.3.1.

4) Неметаллические оболочки должны удовлетворять требованиям по электростатическим зарядам на внешних неметаллических материалах *ГОСТ 31610.0*.

5) Металлические оболочки и металлические части оболочек должны соответствовать применимым требованиям *ГОСТ 31610.0*.

6) Считают, что для выключателей, штекеров, гнезд и контактов при использовании в искробезопасной цепи в пределах своих нормальных номинальных значений повышение температуры составляет менее 40 К. Для других видов простых устройств максимальную температуру следует оценивать в соответствии с 5.4.

Если простое устройство является частью устройства, содержащего другие электрические цепи, то необходимо оценивать все в совокупности в соответствии с требованиями настоящего стандарта, включая оборудование, соответствующее перечислению с) 5.5.

Примечания

1 Датчики, в которых используется каталитическая реакция или другие электрохимические принципы, не являются простыми устройствами.

2 Настоящий стандарт не устанавливает требования о необходимости проверки соответствия параметров простого устройства, таких как электрические или тепловые, спецификациям изготовителя.

6 Требования к конструкции устройств

6.1 Общие требования

Требования, приведенные в данном пункте, применяются, если иное не указано в соответствующих подпунктах, только к тем характеристикам оборудования, от которых зависит искробезопасность.

Пример — Требования по герметизации заливочным компаундом применяют только в случае, если герметизация необходима для выполнения требований 6.5.6.2 или 6.6.

6.2 Оболочки

6.2.1 Общие требования

Если искробезопасность может быть нарушена в результате попадания влаги, пыли или доступа к токопроводящим частям, например, когда требуется разделение частей устройства, то необходимо использовать оболочку, подходящую для предполагаемых условий применения и окружающей среды.

Требуемая степень защиты будет варьироваться в зависимости от предполагаемых условий применения; например, для оборудования групп I и III может потребоваться оболочка, обеспечивающая степень защиты не ниже IP54 в соответствии с *ГОСТ 14254*.

Примечание — Настоящий стандарт не устанавливает требования о необходимости проверки соответствия предполагаемым условиям применения и окружающей среды.

Конструкция оболочки для защиты от доступа к токопроводящим частям, находящимся под напряжением, может отличаться от конструкции для защиты от попадания внутрь внешних твердых предметов и воды.

Обозначение расположений поверхностей корпуса, имеющих отношение к искробезопасности, должны быть указаны в документации в соответствии с требованиями *ГОСТ 31610.0* и эксплуатационной документации (см. 12.1 f).

Любые специальные требования к вводам в оболочку, например, степень IP, должны быть указаны в документации изготовителя.

Примечание — ГОСТ IEC 60079-14 определяет возможность использования Ex-кабельных вводов, Ex-переходников и Ex-заглушек в оболочках.

Оболочки искробезопасных устройств групп I и II и подгрупп IIIA и IIIB, для которых применяются требования к разделению, указанные в таблице 7, или уменьшенные разделительные расстояния, указанные в таблице 8 или 9, должны соответствовать требованиям 6.2.2 или 6.2.3, если применимо. См. приложение I для получения дополнительной информации.

Оболочки искробезопасных устройств подгруппы IIIC должны отвечать требованиям 6.2.4.

Оболочки связанного устройства (или его частей) для всех групп оборудования, для которых применяются требования к разделению, указанные в таблице 7, или уменьшенные разделительные расстояния, указанные в таблицах 8 или 9, должны соответствовать требованиям 6.2.2 или 6.2.3, если применимо.

6.2.2 Устройство, соответствующее таблице 7

Части устройства, на которые распространяются требования к разделению согласно таблице 7, должны быть защищены оболочкой, обеспечивающей степень защиты не ниже IP2X в соответствии с *ГОСТ 14254*.

Оболочка не подлежит испытаниям оболочек на соответствие требованиям *ГОСТ 31610.0*, за исключением испытания сбрасыванием по *ГОСТ 31610.0* для переносного и персонального оборудования.

6.2.3 Устройство, соответствующее таблице 8 или 9

Части устройства, на которых распространяются уменьшенные разделительные расстояния, указанные в таблице 8 или 9, должны быть снабжены защитой разделений, от которых зависит искробезопасность, одним из следующих способов:

a) оболочка должна обеспечивать степень защиты не ниже IP54 по *ГОСТ 14254* и соответствовать требованиям 6.2.5.1;

b) разделения должны быть защищены в соответствии с 6.2.5.2;

c) для стационарных установок — оболочка, обеспечивающая степень защиты не ниже IP2X в соответствии с *ГОСТ 14254* и предназначенная только для установки и использования в средах со степенью загрязнения 2 или 1 в соответствии с *ГОСТ IEC 60664.1*. Оболочка не подлежит испытаниям оболочек на соответствие требованиям *ГОСТ 31610.0*. В *маркировке* должен быть указан знак «X» согласно требованиям к маркировке *ГОСТ 31610.0*. Специальные условия применения должны содержать подробное описание ограничений условий монтажа.

Пример — «Оборудование должно использоваться только в контролируемых средах со степенью загрязнения 2, как определено в ГОСТ IEC 60664.1». (Возможно только непроводящее загрязнение, за исключением временной проводимости, вызванной появлением конденсата).

6.2.4 Оболочки для искробезопасных устройств подгруппы IIIC

Части устройства, на которые распространяются требования к разделению, указанные в таблицах 7, 8 или 9, должны быть обеспечены защитой разделений, от которых зависит искробезопасность, одним из следующих способов:

a) оболочка должна обеспечивать как минимум степень защиты, указанную в перечислениях 1) или 2), приведенных ниже, и отвечать требованиям 6.2.5.1;

1) не менее IP5X в соответствии с *ГОСТ 14254*, если разделение достигается путем соответствия требованиям к электрическому зазору или путям утечки, указанным в таблице 7;

2) не менее IP54 в соответствии с *ГОСТ 14254*, если разделение достигается путем соответствия требованиям к электрическому зазору или путям утечки, указанным в таблице 8 или 9;

b) разделения должны быть защищены согласно 6.2.5.2.

6.2.5 Защита разделений

6.2.5.1 Защита с помощью оболочки

Для обеспечения соответствия требованиям 6.2.3 a) или 6.2.4 a) разделения могут быть защищены с помощью оболочки, обеспечивающей указанную степень защиты IP после применения требований *ГОСТ 31610.0* с учетом таблицы 1.

Если целостность оболочки зависит от уплотнений отверстий, которые могут быть использованы для проводки, то в *маркировке* должен быть указан знак «X» согласно требованиям *ГОСТ 31610.0*, а специальные условия применения должны содержать сведения, что с оборудованием можно использовать только кабельные вводы, резьбовые переходники и заглушки, соответствующие требованиям *ГОСТ 31610.0*.

6.2.5.2 Защита другими средствами

Для обеспечения соответствия требованиям 6.2.3 b) или 6.2.4 b) разделения могут быть защищены путем использования оболочки, обеспечивающей степень защиты не ниже IP2X в соответствии с *ГОСТ 14254*, при условии, что разделения:

a) защищены покрытием, соответствующим 6.5.6.5;

b) защищены герметизацией или заливкой компаундом в соответствии с 6.5.6.2;

c) через твердую изоляцию соответствуют 6.5.6.3;

d) расположены на внутренних слоях многослойной печатной платы.

Такие оболочки не должны подвергаться испытаниям оболочек по *ГОСТ 31610.0*, за исключением испытания сбрасыванием по *ГОСТ 31610.0* для переносного и персонального оборудования.

6.3 Соединительные контактные средства для подключения внешних цепей

6.3.1 Контакты

В дополнение к тому, что контакты для искробезопасных цепей должны отвечать требованиям 6.5.1, они должны быть отделены от контактов искроопасных цепей одним или несколькими способами, указанными в перечислениях a) или b):

a) электрический зазор между неизолированными токопроводящими частями искробезопасных контактов и неизолированными токопроводящими частями искроопасных контактов должен быть не менее 50 мм.

Расположение контактов и метод монтажа проводки должны быть такими, чтобы *исключить возможность* замыкания между цепями в случае смещения проводки;

b) если разделение выполнено размещением контактов искробезопасных и искроопасных цепей в раздельных оболочках или за счет использования изоляционной перегородки или заземленной металлической перегородки между контактами под общей крышкой, то должны быть выполнены следующие условия:

1) перегородки, используемые для разделения контактов, должны отступать от стенок оболочки не более чем на 1,5 мм или должно обеспечиваться расстояние не менее 50 мм между неизолированными токопроводящими частями контактов в любом направлении вокруг перегородки;

2) металлические перегородки должны быть заземлены и иметь достаточную прочность и жесткость, чтобы не разрушаться при монтаже. Толщина таких перегородок должна быть не менее 0,45 мм. Перегородки меньшей толщины должны соответствовать требованиям 9.4.3. Заземленные металлические перегородки также должны обладать достаточной токопроводностью, предотвращающей прогорание перегородки или нарушение целостности цепи заземления в аварийных режимах;

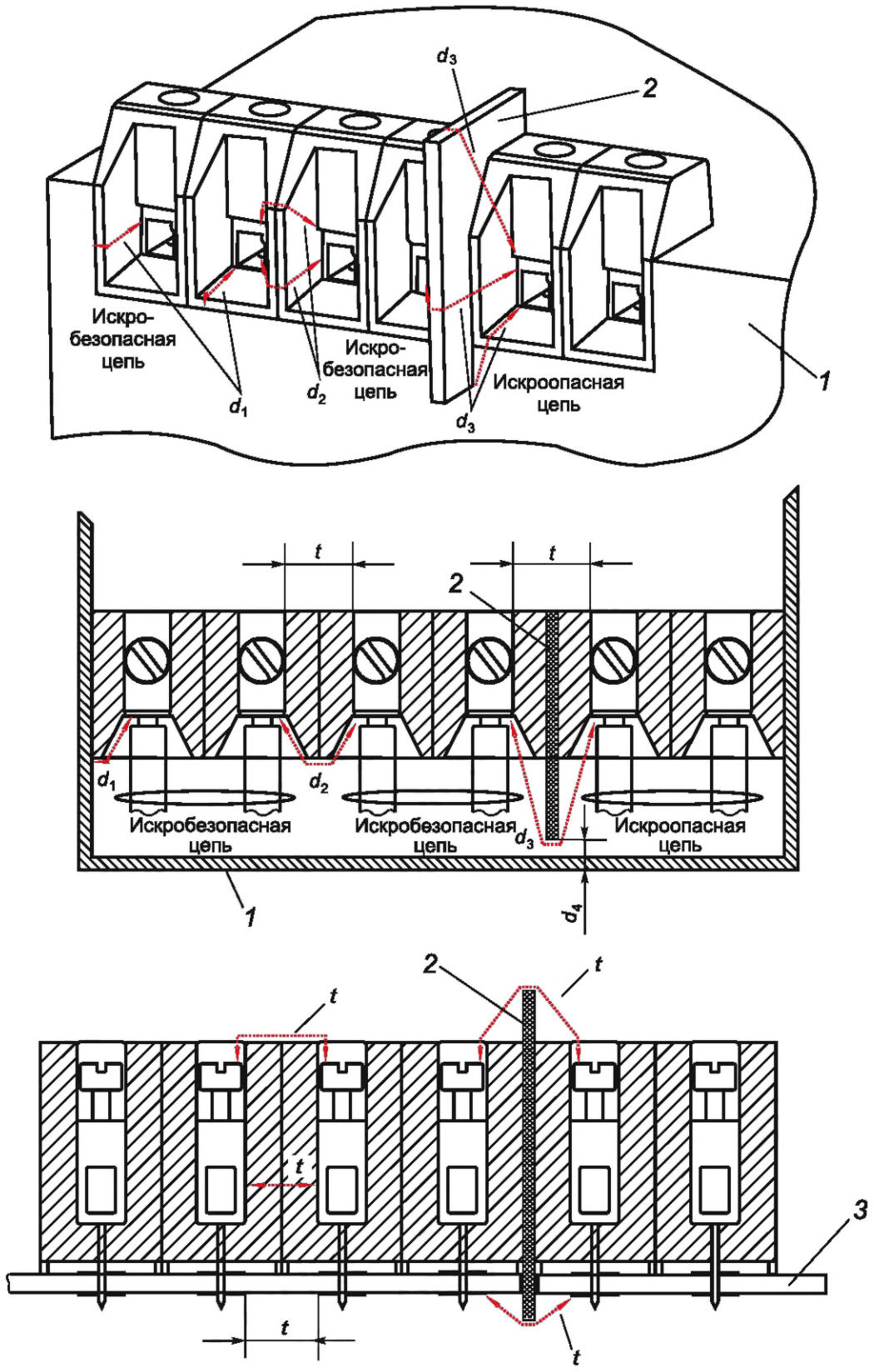
3) неметаллические изоляционные перегородки должны крепиться таким образом, чтобы быть устойчивыми к деформациям, нарушающим их применение по назначению. Толщина таких перегородок должна быть не менее 0,9 мм. Перегородки меньшей толщины должны соответствовать требованиям 9.4.3.

Помимо соответствия требованиям 6.5.1, электрический зазор и пути утечки между неизолированными токопроводящими частями соединительных контактных средств, предназначенных для подключения внешних цепей (см. d_1 и d_2 на рисунке 1), должны соответствовать следующим требованиям:

- не менее 6 мм между различными искробезопасными цепями;
- не менее 3 мм между искробезопасными цепями и заземленными частями, если замыкание на землю может нарушить искробезопасность.

Вышеуказанные методы разделения также должны применяться в случаях, когда искробезопасность может быть нарушена внешней проводкой, которая, в случае ее отключения от контакта, может замкнуться с проводниками или компонентами, которые не защищены оболочкой со степенью защиты не ниже IP2X согласно *ГОСТ 14254*.

Необходимо учитывать возможность смещения металлических частей, которые не закреплены жестко. На рисунке 1 показаны расстояния, которые следует учитывать на контактах.



1 — крышка/оболочка; *2* — перегородка в соответствии с 6.3.1, в данном примере перегородка — единое целое с основанием или прочно соединенная с ним; *3* — печатная плата; *t* — расстояния для разделений в соответствии с 6.5.1; $d_1 \geq 3$ мм, если крышка/оболочка является токопроводящей и заземлена; $d_2 \geq 6$ мм; $d_3 \geq 50$ мм или $d_4 \leq 1{,}5$ мм

Рисунок 1 — Разделение на контактах

6.3.2 Контакты заземления

Если заземление требуется для обеспечения искробезопасности, то должны выполняться следующие условия:

a) применяемые для указанной цели контакты должны быть защищены от самоотвинчивания, и их конструкция должна предотвращать выскальзывания проводников из предусмотренного для них места;

b) должно быть обеспечено надежное соединение без повреждений проводников, даже если используются многопроволочные жилы в клеммах, предназначенных для их непосредственного зажима;

c) соединение не должно нарушаться при изменениях температуры в нормальных условиях работы;

d) контакты, предназначенные для подсоединения многожильных проводников, должны содержать упругий промежуточный компонент;

e) контакты для проводников с площадью сечения до 4 мм^2 должны быть рассчитаны на подключение проводников с меньшей площадью сечения.

Контакты, которые соответствуют требованиям *ГОСТ 31610.7* к электрическим соединениям, считаются соответствующими вышеприведенным требованиям.

Недопустимо следующее:

- использовать контакты с острыми кромками, которые могут повредить проводники;
- использовать контакты, которые при затягивании обычным способом могут вращаться, скручиваться или деформироваться;
- использовать изоляционные материалы, передающие прижимное давление на контакты.

6.3.3 Штекеры и гнезда

Если в устройстве используют несколько штекеров и гнезд для внешних соединений и неправильное соединение может отрицательно повлиять на искробезопасность, то применяют следующие требования:

a) штекеры и гнезда, используемые для подключения внешних искробезопасных цепей, должны быть отделены от искроопасных цепей и не допускать взаимозаменяемости;

b) штекеры и гнезда, используемые для подключения отдельных искробезопасных цепей или отдельных искроопасных цепей, должны:

1) быть устроены таким образом, чтобы исключалась возможность их неправильного соединения, например, при помощи ключа;

2) быть идентифицированы маркировкой или цветовым кодом, чтобы неправильное подключение ответных частей соединителей было очевидным.

Если к штекерам и гнездам не присоединены провода на их заводе-изготовителе, то должно выполняться требование 6.3.1. Если присоединение выполнено на их заводе-изготовителе или есть необходимость использования специального инструмента, например, с помощью обжимки, исключающей возможность отсоединения жилы проводника, то разъемы должны отвечать только требованиям таблиц 7, 8 или 9 при выполнении условий 6.2.2, 6.2.3 или 6.2.4 соответственно.

Если через соединитель проходят цепи заземления и искробезопасность зависит от заземления, то соединитель должен быть выполнен в соответствии с 6.4.4.

6.3.4 Постоянно подсоединенные кабели

Устройство, сконструированное с постоянно подсоединенным кабелем для подключения внешних цепей, должно пройти испытание на закрепление кабеля в соответствии с 9.4.4 при условии, что повреждение выводов в устройстве может привести к нарушению искробезопасности, например, если в кабеле несколько искробезопасных цепей и повреждение может вызвать опасное замыкание.

6.3.5 Соединения и аксессуары для искробезопасных устройств для невзрывоопасных зон

6.3.5.1 Общие требования

Искробезопасное устройство может иметь соединительные контактные средства, предназначенные исключительно для подключения аксессуаров для невзрывоопасных зон, например, для зарядки аккумулятора или загрузки информации. Эти соединения должны соответствовать 6.3.5.2 и 6.3.5.3.

Требования 6.3.5 не распространяются на *соединительные контактные средства*:

- используемые *как технологические* при изготовлении, испытаниях, ремонте или капитальном ремонте; или
- недоступные конечному пользователю.

Примечание — Требования к ремонту и капитальному ремонту установлены *ГОСТ 31610.19*.

6.3.5.2 Защита от искрового воспламенения во взрывоопасной зоне

Указанные соединения должны быть защищены *от возможного возникновения искры, способной воспламенить взрывоопасную среду*, когда устройство находится во взрывоопасной зоне, одним из следующих способов:

- ограничением выходных электрических параметров согласно требованиям данного стандарта;
- для искробезопасных устройств группы II соединительные контактные средства, предназначенные для применения вне взрывоопасной зоны, должны быть защищены оболочкой со степенью защиты не ниже IP3X. На устройстве должна быть нанесена маркировка с предупредительной надписью в соответствии с 11.2 d), а расстояния между контактами должны соответствовать 6.5.1 с учетом напряжения расположенной внутри разомкнутой цепи, например батареи.

6.3.5.3 Защита компонентов, от которых зависит искробезопасность

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» соединительные контактные средства должны быть обеспечены защитой, чтобы гарантировать, что номинальные характеристики компонентов, от которых зависит искробезопасность внутри искробезопасного устройства, соответствуют 7.1, при этом подключение осуществляется вне взрывоопасной зоны, в том числе через гальваническую развязку.

Пример — Беспроводная зарядка выполняет гальваническую развязку соединения.

В зависимости от расположения схем защиты и компонентов либо в искробезопасном устройстве, либо в аксессуаре для невзрывоопасной зоны, применяется одно из следующих условий:

a) если подключение к соединительным контактным средствам искробезопасных устройств не ограничивается использованием аксессуаров для невзрывоопасной зоны, указанных в сертификате, то максимальное напряжение U_m, которое может быть приложено к этим контактным средствам, должно быть указано в сертификате и промаркировано на устройстве;

b) если какая-либо часть искрозащитной цепи расположена в аксессуаре для невзрывоопасной зоны, то такой аксессуар должен быть указан в сертификате. В сертификате должно быть указано максимальное номинальное входное напряжение U_m, которое может быть приложено к соединительным контактным средствам аксессуара для невзрывоопасных зон, который подключают к искроопасному оборудованию, а маркировка аксессуара должна соответствовать 11.1.5.

Примечание — Настоящий стандарт не устанавливает требование о необходимости указывать параметры соединения между аксессуарами для невзрывоопасной зоны и искробезопасным устройствами.

В отношении аксессуаров для невзрывоопасной зоны не требуется выполнять анализ учитываемых повреждений по 5.2, проводить оценку разделительных расстояний, теплового или искрового воспламенения, но защитные компоненты должны соответствовать требованиям 7.1 после применения к компонентам неучитываемых повреждений.

Пример — Предохранитель и один стабилитрон, соответствующий 7.1, удовлетворяют этому требованию.

Примечание — *ГОСТ IEC 60079-14* определяет типы цепей или источников питания, которые допускается применять со связанным устройством с U_m менее 250 В.

Зарядка вторичных элементов и батарей должна производиться только в пределах, установленных изготовителем элементов или батарей и в соответствии с таблицей *ГОСТ 31610.0*, относящейся к вторичным элементам.

6.4 Внутренние соединения и разъемы

6.4.1 Общие требования

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если не выполняются требования 6.4.2, повреждение на обрыв цепи любого проводника, разъема или дорожки печатной платы, включая их соединения, должно рассматриваться как:

- учитываемое повреждение, если оно рассчитано на максимальный ток исходя из доступных данных;
- неучитываемое повреждение.

Примечания

1 Настоящий стандарт не требует проверки соответствия спецификации изготовителя оборудования номинального тока проводников, разъема или дорожек печатной платы.

2 *[5]* и *[6]* являются примерами доступных данных.

Если после обрыва цепи соединение может свободно перемещаться, то короткое замыкание в любой части цепи в пределах диапазона перемещения должно рассматриваться как учитываемое повреждение в дополнение к повреждению, которое привело к обрыву.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» соединение должно быть рассчитано на максимальный ток при нормальных условиях эксплуатации, включая 5.2.1 f), при этом не должны вводиться повреждения в виде обрыва цепи.

Для всех уровней вида взрывозащиты, при которых может произойти полное отсоединение разъема, цепи должны оставаться искробезопасными.

6.4.2 Неповреждаемые соединения

6.4.2.1 Общие требования

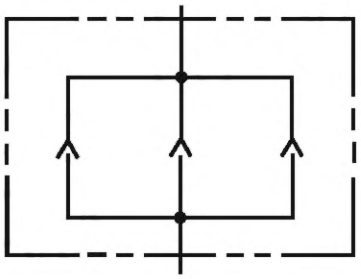
Соединения, выполняемые с помощью разъемов, проводов, печатных плат или других средств, соответствующих 6.4.2.2, 6.4.2.3, 6.4.2.4 и 6.4.2.5, если применимо, и защищенные оболочкой со степенью защиты не менее IP2X, в том числе при оголении соединительных контактных устройств, считаются неповреждаемыми с точки зрения обрыва цепи.

6.4.2.2 Разъемы

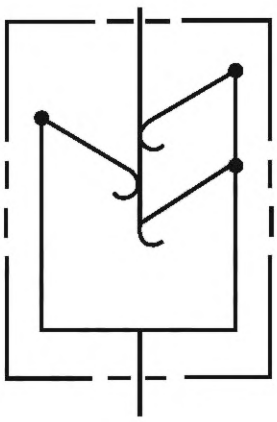
Разъемы считаются неповреждаемыми, если соединение содержит не менее трех независимых соединительных компонентов для цепей уровня вида взрывозащиты «ia» и не менее двух для цепей уровня вида взрывозащиты «ib» (см. рисунок 2). Эти компоненты должны быть соединены параллельно. Если соединитель может смещаться под углом, то на каждом конце соединителя или рядом с ним должно быть по одному соединению.

Либо:

- каждый соединительный компонент должен выдерживать протекание тока в полном объеме в условиях, указанных в 5.2; или
- если для протекания тока в полном объеме требуется более одного проводника, то при условиях, указанных в 5.2, остальные проводники должны быть способны пропускать ток в полном объеме.



a — три независимых соединительных компонента



b — три соединительных компонента, не являющихся независимыми

Рисунок 2 — Примеры независимых и не являющихся независимыми компонентов

6.4.2.3 Проводка

Считается, что проводка обеспечивает неповреждаемое соединение:

a) если два провода соединены параллельно и каждый из них отдельно рассчитан на протекание тока в полном объеме в условиях, указанных в 5.2, с использованием доступных данных, и в этом случае считается, что только один из проводов может быть отключен.

Примечание — Повторное подключение отключенного провода рассматривают в соответствии с 6.4.1;

b) если одиночный провод имеет диаметр проводника не менее 0,5 мм и свободную длину менее 50 мм или механически закреплен рядом с точкой соединения; или

c) если одиночный многожильный или гибкий провод ленточного типа имеет сечение не менее 0,125 мм^2 (диаметр 0,4 мм), не изгибается при эксплуатации и имеет длину менее 50 мм, или надежно закреплен в точке соединения.

6.4.2.4 Печатные платы

Следующие дорожки и межслойные отверстия печатной платы считаются неповреждаемыми соединениями:

a) медные дорожки и межслойные отверстия, соответствующие таблице 6;

b) одиночные дорожки и межслойные отверстия, минимальная ширина дорожки или длина по окружности межслойного отверстия которых составляет 1 мм и которые:

1) соответствуют требованиям по испытаниям 9.5; или

2) с использованием имеющихся данных можно показать, что они имеют достаточные размеры, чтобы выдерживать максимальный ток.

Таблица 6 — Требования к неповреждаемым дорожкам и межслойным отверстиям печатной платы

Уровень вида взрывозащиты	Минимальное количество дорожек и межслойных отверстий	Минимальная толщина проводника, мкм	Минимальная ширина проводника или длина по окружности межслойного отверстия, мм
«ia»	1	30 (внешние слои) 24 (внутренние слои)	2
	2	30 (внешние слои) 24 (внутренние слои)	1
	3	Подходящий размер	Подходящий размер
«ib»	1	30 (внешние слои) 24 (внутренние слои)	
	2	Подходящий размер	Подходящий размер

Пример — [5] и [6] являются примерами доступных данных для демонстрации адекватного размера.

6.4.2.5 Другие соединения

Другие соединения считаются неповреждаемыми, если:

a) имеются два соединения в параллели, каждый из которых рассчитан на передачу полного тока в условиях, указанных в 5.2;

b) имеется одно паяное соединение, в котором провод проходит через плату (включая сквозные отверстия) и:

- припаивается к отверстию или рядом с ним;
- имеет обжатое соединение;
- паяно или сварено;

c) имеется паяное соединение компонента поверхностного монтажа, установленное в соответствии с рекомендациями изготовителя компонента или применимым промышленным стандартом.

Примечание — *[7]* и *[8]* являются примерами применимых промышленных стандартов;

d) имеется одно соединение, соответствующее уровню вида взрывозащиты «eb» *ГОСТ 31610.7.*

6.4.3 Разъемы для внутренних соединений, сменных плат и компонентов

Данные разъемы должны быть спроектированы таким образом, чтобы неправильное соединение или взаимозаменяемость с другими разъемами в том же устройстве были невозможны, если только не нарушается искробезопасность или разъемы идентифицируются таким образом, что неправильное соединение становится очевидным.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» это применимо только в том случае, если доступ к цепи осуществляется в нормальном режиме эксплуатации.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» применяются требования 6.4.2.2, если соединение, обеспечиваемое разъемом, требуется для обеспечения искробезопасности.

6.4.4 Заземляющие проводники и соединения

Если для поддержания искробезопасности требуется заземление, то любой проводник, разъем и дорожка печатной платы, используемые для этой цели, должны соответствовать требованиям 6.4.2 при условиях, указанных в 5.2.

Примечание — Для поддержания искробезопасности может потребоваться заземление оболочек, проводников, металлических экранов, дорожек на печатной плате, разделительных контактов вставных соединителей и диодных барьеров.

6.5 Разделение токопроводящих частей

6.5.1 Разделения, от которых зависит искробезопасность

Если искробезопасность зависит от разделения между токопроводящими частями:

- искробезопасных и искроопасных цепей;
- разных искробезопасных цепей;
- разных частей искробезопасной цепи, например между токоограничительными компонентами;
- между цепью и заземленными или изолированными металлическими частями,

то разделения должны обеспечиваться, при необходимости, в соответствии с 6.5.2 и 6.5.3 после анализа неисправностей, указанного в 6.5.4.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» данное требование применяется к внутренним разделениям внутри компонентов, если иное не предусмотрено настоящим стандартом.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» данное требование не распространяется на внутренние разделения внутри компонентов, если иное не предусмотрено настоящим стандартом.

Примечания

1 *ГОСТ 31610.0* дополнительно требует разделения для выполнения применимых требований безопасности соответствующих промышленных стандартов.

2 Подробности о различных типах разделения приведены в 6.5.6.

Разделительные расстояния должны быть измерены или оценены с учетом любого возможного перемещения проводников или токопроводящих частей. Производственные допуски не должны уменьшать расстояния ниже минимального требуемого более чем на 10 % или 1 мм, в зависимости от того, что меньше.

Примечание — Методы оценки приведены в приложении С.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», когда для обеспечения искробезопасности требуется расстояние до корпусов фабрично изготовленной модульной сборки из электронных компонентов, изоляция компонентов для обеспечения разделения не учитывается, если только толщина этой изоляции не указана изготовителем компонента.

Примеры

1 Если компонент установлен над дорожками на печатной плате или рядом с ними, то рассматривается расстояние между токопроводящей частью внутри компонента и дорожкой.

2 Между изолированным резистором и соседним компонентом или токопроводящей частью.

Короткие замыкания между любыми внутренними токопроводящими частями компонента и его контактными площадками не нужно учитывать, если площадка для пайки сконструирована в соответствии с рекомендациями изготовителя компонента.

6.5.2 Разделительные расстояния согласно таблице 7

Разделительные расстояния согласно таблице 7 представляют собой стандартные разделительные расстояния при условиях 6.2.2 или применимых требованиях 6.2.4.

Примечание — Требования к разделительным расстояниям, указанные в таблице 7, аналогичны требованиям, указанным в *ГОСТ IEC 60664-1* для степени загрязнения 3 и категории перенапряжения III.

6.5.3 Уменьшенные разделительные расстояния

6.5.3.1 Общие требования

Таблица 8 или 9 в условиях 6.2.3 или 6.2.4 обеспечивают уменьшенные требования к разделению по сравнению с таблицей 7 для:

- собранных печатных плат;
- изоляционных материалов, за исключением случаев, когда настоящим стандартом допускается применять только таблицу 7;
- компонентов с гальванической развязкой, таких как реле и изоляторы сигналов, за исключением трансформаторов.

Примечание — Для применения уменьшенных разделительных расстояний, полученных из *ГОСТ IEC 60664-1*, в таблицах 8 и 9 используются преимущества пониженной степени загрязнения и установленной категория перенапряжения.

6.5.3.2 Уменьшенные разделительные расстояния в соответствии с таблицей 8

Устройство, отвечающее требованиям к разделению, указанным в таблице 8, должно соответствовать следующим условиям.

Для питающегося от сети связанного устройства предполагается, что сетевое питание соответствует требованиям категории перенапряжения III, как определено в *ГОСТ IEC 60664-1*, если изготовителем не установлены дополнительные ограничения. Если категория перенапряжения ограничивается I или II, то это должно быть отражено в документации, предоставляемой изготовителем в качестве условий монтажа.

Такое оборудование должно иметь в *маркировке* «X» в соответствии с требованиями к маркировке по *ГОСТ 31610.0*, а в специальных условиях применения должны быть подробно описаны требования к установке.

Для цепей, которые либо не подключены к сети электропитания, либо на которых возникают пониженные кратковременные перенапряжения, как указано для категории перенапряжения I или II, благодаря соответствующей внутренней защите устройства, с точки зрения ограничения должны использоваться графы «Категория перенапряжения I или II» таблицы 8.

6.5.3.3 Уменьшенные разделительные расстояния для уровня вида взрывозащиты «ic»

Таблицу 9 можно использовать для уровня вида взрывозащиты «ic» до 250 В (действующего значения переменного тока/постоянного тока) или 375 В пикового значения напряжения при условии, что соблюдаются следующие требования:

a) цепи, которые либо не подключены к сети электропитания, либо на которых возникают пониженные кратковременные перенапряжения, как указано для категории перенапряжения I или II, благодаря соответствующей внутренней защите устройства, с точки зрения ограничения относят к категории перенапряжения цепи I или II;

b) для питающегося от сети связанного устройства без соответствующей внутренней защиты питание от сети должно быть ограничено до уровня категории перенапряжения I или II, согласно *ГОСТ IEC 60664-1*, что должно быть отражено в документации, предоставляемой изготовителем в качестве условий монтажа. Такое оборудование должно иметь в *маркировке* «X» в соответствии с требованиями к маркировке по *ГОСТ 31610.0*, а в специальных условиях применения должны быть подробно описаны требования к установке;

c) если номинальное напряжение устройства или номинальное напряжение любой части оцениваемого устройства не превышает 60 В действующего значения переменного тока или 85 В постоянного тока, то никакие требования к разделительным расстояниям, помимо требований общепромышленных стандартов, не применяются.

6.5.4 Повреждение разделений

6.5.4.1 Общие требования

Повреждение разделений внутри оболочки, соответствующей 6.2, должно рассматриваться в соответствии с 6.5.4.2, 6.5.4.3, 6.5.4.4 или 6.5.4.5. Разделения следует рассматривать только как повреждающиеся на короткое замыкание.

6.5.4.2 Неповреждаемые разделения

Разделительные расстояния, соответствующие значениям таблиц 7, 8 или 9, при выполнении условий 6.2.2, 6.2.3 или 6.2.4 считаются неповреждаемыми.

Если к соединительным контактным средствам имеет доступ конечный пользователь, то разделительные расстояния считаются неповреждаемыми только в том случае, если разделение:

a) обеспечивается твердой изоляцией, включая расположение дорожек на внутренних слоях многослойной печатной платы;

b) герметизировано;

c) имеет покрытие в соответствии с настоящим стандартом; или

d) защищено оболочкой, обеспечивающей степень защиты не ниже IP2X согласно *ГОСТ 14254*.

6.5.4.3 Расстояния в соответствии с таблицей 7

Для уровней защиты «ia» и «ib» разделительные расстояния, соответствующие не менее 1/3 от значений, приведенных в таблице 7, должны рассматриваться как подверженные учитываемому повреждению.

Для уровня вида взрывозащиты «ia», где общее значение расстояния по таблице 7 состоит из двух частей, объединенных в соответствии с 6.5.7, при оценке разделения введенное учитываемое повреждение должно применяться к любой из частей, но не к обеим.

Для уровней защиты «ia» и «ib» разделительные расстояния, соответствующие менее 1/3 от значений, приведенных в таблице 7, должны рассматриваться как подверженные неучитываемому повреждению.

Для уровня защиты «ic», за исключением разрешенных случаев в соответствии с 6.5.7, разделительные расстояния, которые меньше значений, указанных в таблице 7, должны рассматриваться как подверженные неучитываемому повреждению.

6.5.4.4 Расстояния, в соответствии с таблицей 8

Для уровней защиты «ia» и «ib», за исключением случаев, когда они используются в соответствии с 6.5.7, разделительные расстояния, которые меньше значений, указанных в таблице 8, но больше или равны половине указанных значений, должны рассматриваться как подверженные учитываемому повреждению. Испытание диэлектрической прочности проводят с приложением напряжения согласно указанным в 9.7 и 9.8, в зависимости от применимости.

Для уровня вида взрывозащиты «ia», где полное значение расстояния по таблице 8 состоит из двух частей, объединенных в соответствии с 6.5.7, при оценке разделения в целом учитываемое повреждение должно применяться к любой из частей, но не к обеим.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» разделительные расстояния, составляющие менее одной половины, указанных в таблице 7, должны подвергаться вводу неучитываемого повреждения.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» разделительные расстояния, составляющие менее значений, указанных в таблице 8, должны подвергаться вводу неучитываемого повреждения.

Пример — К цепи категории перенапряжения III уровня вида взрывозащиты «ic» не может быть применена таблица 9, но допускается применять таблицы 7 и 8.

6.5.4.5 Расстояния в соответствии с таблицей 9

Для уровня вида взрывозащиты «ic», за исключением случаев, разрешенных 6.5.7, разделительные расстояния, составляющие менее значений, указанных в таблице 9, должны подвергаться вводу неучитываемого повреждения.

Таблица 7 — Длина электрических зазоров, путей утечки и разделений

1	2		3		4		5		6		7	
Напряжение (амплитудное значение)[a], В	Электрический зазор, мм		Разделительное расстояние через заливку компаундом, мм		Разделительное расстояние через твердую изоляцию, мм		Путь утечки, мм		Разделительное расстояние, защищенное покрытием, мм		СИТ[b]	
Уровень вида взрывозащиты	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	Ia, ib	ic
10	1,5	0,4	0,5	0,2	0,5	0,2	1,5	1,0	0,5	0,3	—	—
30	2,0	0,8	0,7	0,2	0,5	0,2	2,0	1,3	0,7	0,3	100	100
60	3,0	0,8	1,0	0,3	0,5	0,3	3,0	1,9	1,0	0,6	100	100
90	4,0	0,8	1,3	0,3	0,7	0,3	4,0	2,1	1,3	0,6	100	100
190	5,0	1,5	1,7	0,6	0,8	0,6	8,0	2,5	2,6	1,1	175	175
375	6,0	2,5	2,0	0,6	1,0	0,6	10,0	4,0	3,3	1,7	175	175
550	7,0	4,0	2,4	0,8	1,2	0,8	15,0	6,3	5,0	2,4	275	175
750	8,0	5,0	2,7	0,9	1,4	0,9	18,0	10,0	6,0	2,9	275	175
1000	10,0	7,0	3,3	1,1	1,7	1,1	25,0	12,5	8,3	4,0	275	175
1300	14,0	8,0	4,6	1,7	2,3	1,7	36,0	13,0	12,0	5,8	275	175
1575	16,0	10,0	5,3	—	2,7	—	49,0	15,0	16,3	—	275	175
3000	—	18,0	9,0	—	4,5	—	—	32,0	—	—	—	—
4700	—	22,0	12,0	—	6,0	—	—	50,0	—	—	—	—
9500	—	45,0	20,0	—	10,0	—	—	100,0	—	—	—	—
15600	—	70,0	33,0	—	16,5	—	—	150,0	—	—	—	—

[a] Включая повторяющееся пиковое напряжение, но переходные процессы можно игнорировать.

[b] См. 6.5.6.4. При напряжении до 10 В СИТ электроизоляционных материалов указывать не требуется.

Таблица 8 — Уменьшенные расстояния

1	2		3				4		5		6	7	
Номинальное напряжение изоляции (действующее значение переменного или постоянного тока[a]), В	Электрический зазор		Путь утечки				Разделительное расстояние при защите типа 1[c]		Разделительное расстояние при защите типа 2[c] или разделительное расстояние через заливочный компаунд		Твердая изоляция, мм	Значения напряжения для испытаний на диэлектрическую прочность для защиты типов 1 и 2, твердой изоляции и заливочного компаунда	
	Категория перенапряжения III, мм	Категория перенапряжения I или II, мм	Печатная плата[d], мм	Группа материала[b]			Категория перенапряжения III, мм	Категория перенапряжения I или II, мм	Категория перенапряжения III, мм	Категория перенапряжения I или II, мм		Категория перенапряжения III	Категория перенапряжения I или II
				I (СИТ ≥ 600), мм	II (СИТ ≥ 400), мм	III (СИТ ≥ 100), мм							
10	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	840 В действующее значение переменного тока	620 В действующее значение переменного тока
32	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	840 В действующее значение переменного тока	620 В действующее значение переменного тока
50	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	840 В действующее значение переменного тока	620 В действующее значение переменного тока
63	1,50	0,32	0,32	1,26[h]	1,80[h]	2,50[h]	0,75	0,32	0,45 0,20[f]	0,20	0,20	1390 В действующее значение переменного тока	840 В действующее значение переменного тока
100	1,50	0,32	0,32	1,42[h]	2,00[h]	2,80[h]	0,75	0,32	0,45 0,20[f]	0,20	0,20	2600 В действующее значение переменного тока	2600 В действующее значение переменного тока

Продолжение таблицы 8

1	2		3				4		5		6	7	
Номинальное напряжение изоляции (действующее значение переменного или постоянного тока[a]), В	Электрический зазор		Путь утечки				Разделительное расстояние при защите типа 1[c]		Разделительное расстояние при защите типа 2[c] или разделительное расстояние через заливочный компаунд		Твердая изоляция, мм	Значения напряжения для испытаний на диэлектрическую прочность для защиты типов 1 и 2, твердой изоляции и заливочного компаунда	
	Категория перенапряжения III, мм	Категория перенапряжения I или II, мм	Печатная плата[d], мм	Группа материала[b]			Категория перенапряжения III, мм	Категория перенапряжения I или II, мм	Категория перенапряжения III, мм	Категория перенапряжения I или II, мм		Категория перенапряжения III	Категория перенапряжения I или II
				I (СИТ ≥ 600), мм	II (СИТ ≥ 400), мм	III (СИТ ≥ 100), мм							
150	3,00	1,50 1,30[e]	1,50 1,30[e]	1,57[h]	2,17[h]	3,14[h]	1,50	0,65	1,20 0,20[f]	0,45 0,20[f]	0,20[g]	2830 В действующее значение переменного тока Напряжение частичного разряда: 849 Впик	2700 В действующее значение переменного тока Напряжение частичного разряда: 849 Впик
300	5,50	3,00	3,00	3,00[h]	4,13[h]	6,00[h]	2,75	1,50	1,50 0,20[f]	1,20 0,20[f]	0,20[g]	4240 В действующее значение переменного тока Напряжение частичного разряда:1167 Впик	3000 В действующее значение переменного тока Напряжение частичного разряда: 1167 Впик
600	8,00	5,50	6,10	6,10[h]	8,60[h]	12,00[h]	4,00	3,20	3,00 0,20[f]	1,50 0,20[f]	0,20[g]	5660 В действующее значение переменного тока Напряжение частичного разряда:1803 Впик	4240 В действующее значение переменного тока Напряжение частичного разряда: 1803 Впик

Окончание таблицы 8

[a] Включая повторяющееся пиковое напряжение, но переходные процессы можно игнорировать.

[b] Группы материалов согласно *ГОСТ IEC 60664-1*. См. 6.5.6.4.

[c] Тип согласно *ГОСТ IEC 60664-3*, см. также 6.5.6.5.

[d] СИТ для печатной платы должен быть: ≥ 100 для напряжений от 10 до 100 В; ≥ 175 для напряжений от *100* до 400 В и ≥ 275 для напряжений более 400 В.

[e] Меньшее значение допускается, если типовое испытание на диэлектрическую прочность проводится при U = 2065 В действующего значения переменного тока.

[f] Требуются контрольные испытания диэлектрической прочности согласно 10.1.

[g] Требуются типовые испытания согласно 9.7 (см 6.5.6.3).

[h] Применяется только к компонентам и частям, которые обеспечивают гальваническую развязку или расположены на ней. Если гальваническая развязка отсутствует, то допускается использовать графу «Печатная плата».

[i] Требования к диэлектрику необходимы для проверки пригодности применения материала заливочного компаунда. Следует убедиться в отсутствии токопроводящего пути, проходящего параллельно изоляции, который мог бы повлиять на результаты испытаний.

Таблица 9 — Уменьшенные расстояния для уровня вида взрывозащиты «ic»

1		2	3			4			5	6
Напряжение [a] (действующее значение переменного или постоянного тока), В	Пиковое напряжение, В	Электрический зазор, мм	Путь утечки, мм			Разделительные расстояния, защищенные покрытием, мм			Разделительное расстояние через твердую изоляцию и заливочный компаунд, мм	Действующее значение напряжения переменного тока для испытаний на диэлектрическую прочность для защиты типов 1 и 2, В
			Группа материала [b]							
			I (СИТ ≥ 600)	II (СИТ ≥ 400)	III (СИТ ≥ 100)	Конформное покрытие	Защита типа 1	Защита типа 2		
60 [f]	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63 [c]	—	0,40	0,63	0,90	1,25	0,30	0,20	0,10	0,15	780
—	90 [d]	0,40	—	—	1,25	0,30	—	—	0,15	—
80 [c]	—	0,40	0,67	0,95	1,30	0,40	0,22	0,10	0,30	780
100 [c]	—	0,50	0,71	1,00	1,40	0,40	0,25	0,10	0,30	1300
125 [c]	—	0,50	0,75	1,05	1,50	0,40	0,28	0,20	0,30	1325
—	190 [d]	0,50	—	—	1,50 [e]	0,40	—	—	0,30	—
160 [c]	—	1,25	0,80	1,10	1,60	0,85	0,63	0,20	0,30	1360
200 [c]	—	1,25	1,50	1,50	2,00	0,85	0,63	0,45	0,30	1768
250 [c]	—	1,25	1,50	1,80	2,50	0,85	0,63	0,45	0,30	1768
	375 [d]	1,25	—	—	2,50 [e]	0,85	—	—	0,30	—

[a] Включая повторяющееся пиковое напряжение, но переходные процессы можно игнорировать.

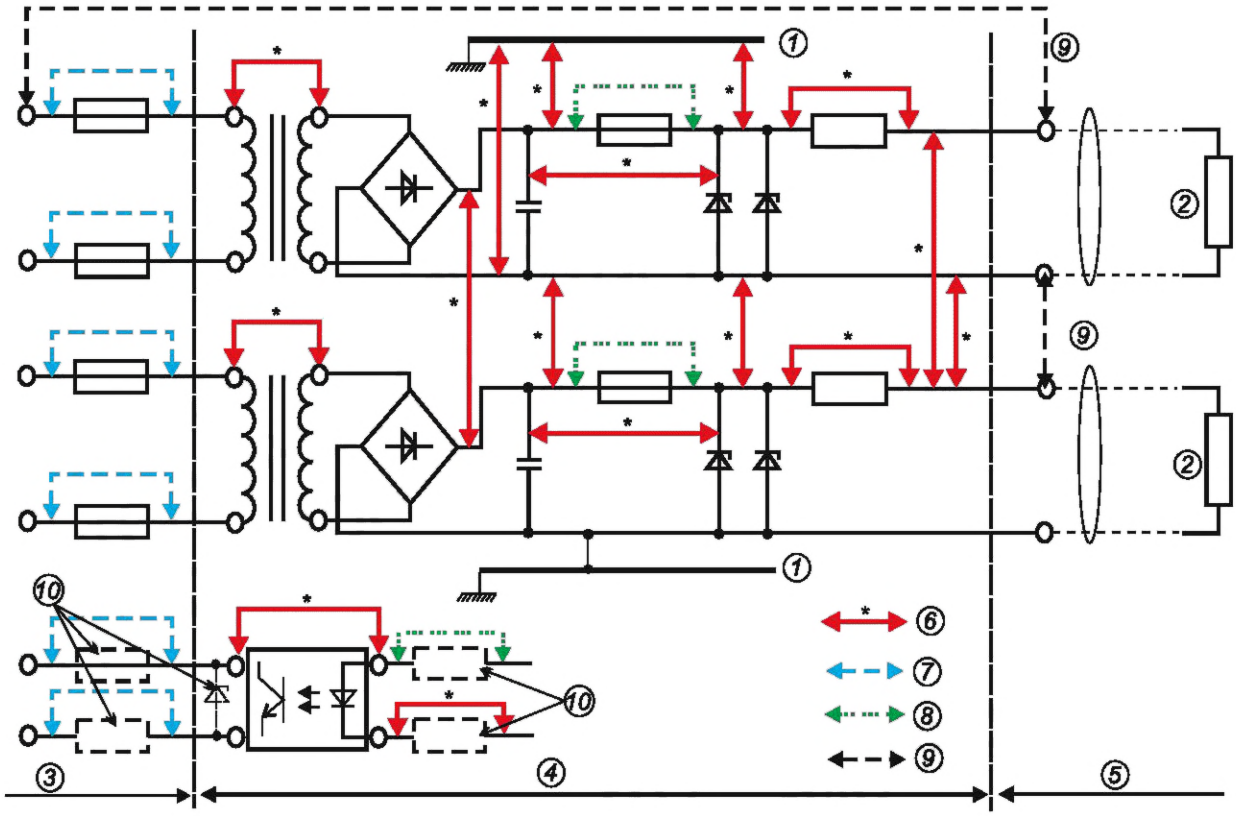
[b] Группы материалов согласно *ГОСТ IEC 60664-1*. См 6.5.6.4.

[c] Для печатных плат без изоляции и между различными компонентами на печатной плате минимальный путь утечки может быть уменьшен до величины электрического зазора. Данное условие не применяется для компонентов, расположенных параллельно. СИТ для печатной платы должен быть: ≥ 100 для напряжений от 10 до 100 В включительно; ≥ 175 для напряжений выше 100 В до максимального напряжения, указанного в таблице.

[d] Указаны для сравнения с предыдущим изданием настоящего стандарта.

[e] СИТ ≥ 175, группа материала не ниже IIIa.

[f] Никаких дополнительных расстояний, помимо предусмотренных общепромышленными стандартами, не требуется.



1 — заземленная часть; *2* — нагрузка; *3* — искроопасная цепь с U_m ; *4* — часть искробезопасной цепи, не являющаяся искробезопасной; *5* — искробезопасная цепь; *6* — размеры, определяемые по таблицам 7, 8 или 9; *7* — размеры, определяемые по общим промышленным стандартам; *8* — размеры в соответствии с 7.11; *9* — размеры в соответствии с 6.3.1 для выходных контактов между различными искробезопасными цепями и между искробезопасными и искроопасными цепями; *10* — защитные компоненты согласно 7.8.4.2 или 7.10.2

Рисунок 3 — Примеры разделений между токопроводящими частями

6.5.5 Напряжение между токоведущими частями

При использовании таблиц 7, 8 или 9 значение напряжения, принимаемое между любыми двумя токоведущими частями, в зависимости от применимости, должно быть одним из следующих:

a) для гальванически развязанных цепей внутри устройств: наибольшее напряжение, которое может возникнуть через разделение, когда две цепи соединены вместе в любой одной точке, получаемое исходя из:

- максимального напряжения цепей; или
- любых напряжений, создаваемых внутри одного и того же устройства.

Если одно из напряжений составляет менее 20 % другого, то его не учитывают. Напряжение питания сети следует принимать без учета стандартных допустимых отклонений. Для таких синусоидальных напряжений пиковое напряжение следует считать равным $\sqrt{2}$, умноженным на действующее значение номинального напряжения;

b) между частями цепи: максимальное пиковое значение напряжения, которое может возникнуть между двумя токопроводящими частями. Обычно это максимальное напряжение в этой цепи, но оно может быть суммой напряжений различных источников, подключенных к этой цепи. Если это сумма напряжений и одно из напряжений составляет менее 20 % другого, то его следует игнорировать.

Во всех случаях для определения максимального напряжения должны применяться условия, указанные в 5.2.

Предполагается, что любое *получаемое* внешнее напряжение имеет значение U_m или номинальное напряжение при применении 5.2.5, или U_i, заявленное для соединительных контактных средств, через которые оно поступает, или максимальное напряжение, допускаемое защитными компонентами указанного аксессуара для невзрывоопасной зоны.

Пример разделения токопроводящих частей приведен на рисунке 3.

6.5.6 Типы разделений

6.5.6.1 Электрический зазор

Расстояния электрических зазоров указаны в графе 2 таблиц 7, 8 или 9 и применимы для:

- искробезопасных устройств для использования при атмосферном давлении от 60 до 110 кПа; и
- связанных устройств для использования при атмосферном давлении от 80 до 110 кПа.

Для связанных устройств, предназначенных для использования при атмосферном давлении от 60 до 80 кПа, электрический зазор, указанный в графе 2, умножают на поправочный коэффициент атмосферного давления 1,34 для критичных разделений в искроопасных цепях и разделений между искробезопасными и искроопасными цепями.

Примечание — Для разных давлений можно указать разные входные напряжения или категории перенапряжения. Например U_m = 250 В для использования в диапазоне от 80 до 110 кПа и U_m = 125 В для использования в диапазоне от 60 до 110 кПа.

Маркировка связанных устройств, предназначенных для использования в диапазоне давления окружающей среды от 60 до 80 кПа, должна включать либо символ P_a или P_{amb} вместе с верхним и нижним давлением окружающей среды. Если это практически невозможно, то оборудование должно иметь *маркировку* «X» в соответствии с требованиями к маркировке по *ГОСТ 31610.0*, а специальные условия применения в сертификате должны содержать подробное описание ограничений, которые необходимо соблюдать.

Если для увеличения электрического зазора используется изолирующая перегородка, то она должна соответствовать требованиям 6.5.10. Другие изолирующие части должны соответствовать графе 4 таблицы 7, графе 6 таблицы 8 или графе 5 таблицы 9, в зависимости от применимости.

6.5.6.2 Разделительные расстояния через заливочный компаунд

Если заливочный компаунд соответствует требованиям 6.6.1 и 6.6.5, то применяются разделительные расстояния, соответствующие графе 3 таблицы 7 или графе 5 таблицы 8 или 9. Данные разделения также можно применять на границе между заливочным компаундом и твердой изоляцией при условии, что заливочный компаунд сцеплен как с токопроводящими частями, так и с твердой изоляцией (например, дорожками на печатной плате).

Диэлектрические свойства заливочного компаунда должны соответствовать требованиям графы 7 таблицы 8. Для подтверждения соответствия этому требованию могут быть использованы технические характеристики, предоставленные изготовителем материала, или проводят испытания по 9.7.

Примечание — Исключение требований к пути утечки через заливочный компаунд обусловлено устранением вероятности загрязнения.

6.5.6.3 Разделительные расстояния через твердую изоляцию

Разделительное расстояние через твердую изоляцию должно соответствовать:

- графе 4 таблицы 7,
- графе 6 таблицы 8 или
- графе 5 таблицы 9.

Диэлектрические свойства твердой изоляции по таблице 8 должны соответствовать требованиям графы 7 таблицы 8. Для подтверждения соответствия этому требованию могут быть использованы технические характеристики, предоставленные изготовителем материала, или проводят испытания по 9.7.

Если в соответствии с таблицей 8 однозначно требуются типовые испытания уменьшенных расстояний через твердую изоляцию, то типовое испытание должно проводиться в соответствии с 9.7 с применением испытательного напряжения в соответствии с графой 7 таблицы 8. Испытание на частичный разряд требуется только в том случае, если в графе 7 таблицы 8 указано напряжение частичного разряда.

Если изолятор изготовлен сборкой двух или более частей электроизоляционного материала, которые надежно соединены между собой, то такую композитную изоляцию можно рассматривать как твердую.

В настоящем стандарте под твердой изоляцией подразумевается изоляция заводского изготовления (например, пластина, изолирующие трубки или изоляция на проводке) или формовка.

Лак и подобные покрытия, *наносимые в процессе изготовления устройств*, твердой изоляцией не считают.

Разделение между соседними дорожками на промежуточных слоях печатных плат следует рассматривать как разделительное расстояние через твердую изоляцию.

6.5.6.4 Путь утечки

Для путей утечки, указанных в графе 5 таблицы 7, изоляционный материал должен соответствовать графе 7 таблицы 7.

Для путей утечки, указанных в графе 3 таблицы 8 или 9, изоляционный материал должен иметь соответствующую группу материала или значение СИТ.

Для подтверждения соответствия требованиям может использоваться спецификация СИТ, предоставленная изготовителем материала.

Для изоляционных материалов, значение СИТ которых неизвестно, предполагается, что СИТ равен 100. Для стекла, керамики или других неорганических изоляционных материалов, не вызывающих трекинга, требования к путям утечки не предъявляются.

В таблице 8 пути утечки, указанные для групп материалов, должны применяться к компонентам и частям, расположенным на гальванической развязке, для напряжений выше 50 В (действующего значения). В противном случае расстояние, указанное в графе «Печатная плата», применяется также к компонентам и частям.

Электрический зазор или путь утечки через соединение не учитывают, если изоляционные свойства герметика, применяемого для герметизированного соединения, не хуже, чем у прилегающего к нему материала.

Метод измерения или оценки этих расстояний должен соответствовать рисунку 4. Значения расстояния *X*, применяемые в таблице 7, 8 или 9, а также уровень вида взрывозащиты показаны в таблице 10. При оценке путей утечки применяют следующее:

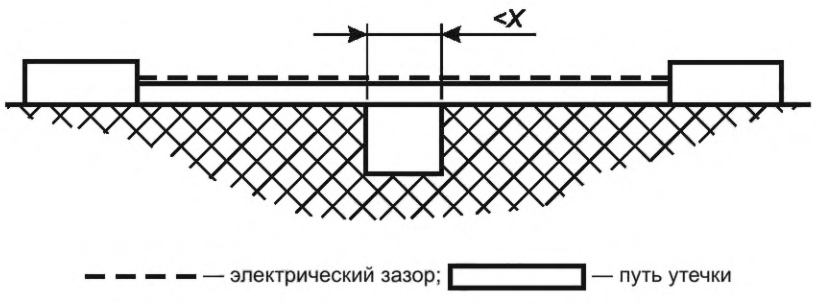
- если расстояние равно или больше установленного значения *X*, путь утечки должен измеряться вдоль контуров; и
- любое расстояние, меньшее указанного значения *X*, считается пройденным изолирующей перемычкой, расположенной в наиболее неблагоприятном положении. См. рисунок 4, примеры 1 и 3.

Таблица 10 — Путь утечки и зазор *X* на рисунке 4

Уровень вида взрывозащиты	Расстояние *X*, мм		
	Таблица 7	Таблица 8	Таблица 9
«ia» и «ib»	3,0	2,0	Не применяется
«ic»	1,5	1,0	1,0

Если путь утечки складывается из более коротких отрезков пути, например, разделен токопроводящей частью, то длина пути должна рассчитываться как сумма отрезков пути в соответствии с 6.5.7.

Пример 1

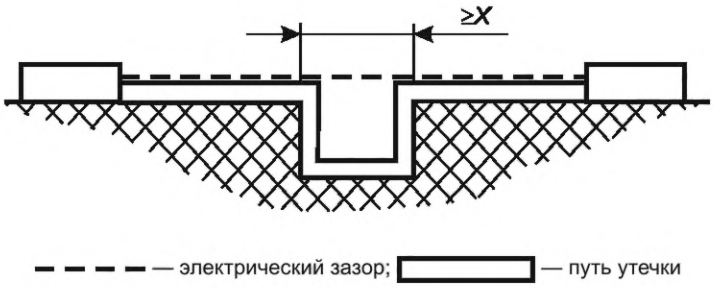


Условие: данный отрезок содержит паз с параллельными или сходящимися краями любой глубины и шириной менее *x* мм.

Правило: путь утечки и электрический зазор измеряют непосредственно поперек паза, как показано на рисунке.

Рисунок 4 — Определение путей утечки и электрических зазоров

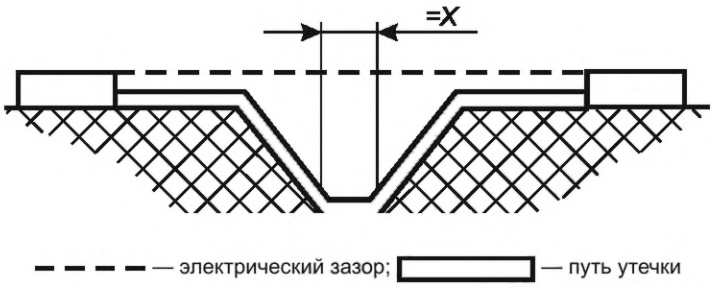
Пример 2



Условие: данный отрезок содержит паз с параллельными краями глубиной *d*, равной или более *X* мм. Путь утечки повторяет контуры паза.

Правило: электрический зазор — это расстояние «прямой видимости». Путь утечки повторяет контур паза.

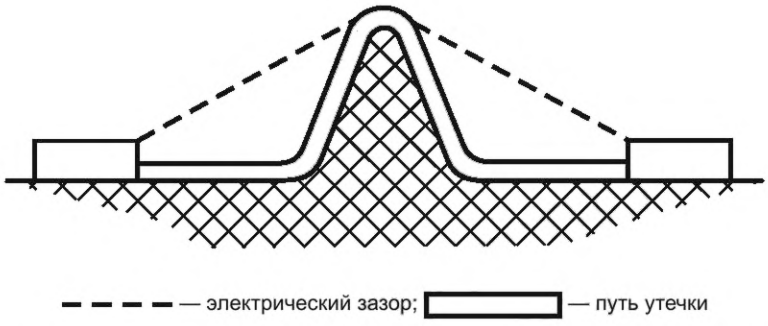
Пример 3



Условие: данный отрезок содержит V-образный паз шириной более X мм.

Правило: электрический зазор является линией «прямой видимости». Путь утечки повторяет контуры паза, но «укорачивает» низ паза за счет отрезка X мм.

Пример 4

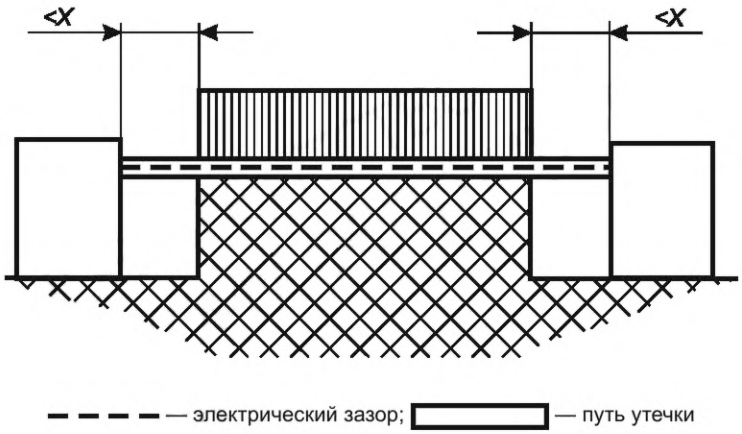


Условие: рассматриваемый отрезок имеет форму выступа.

Правило: электрическим зазором является кратчайшее расстояние через вершину выступа по воздуху. Путь утечки повторяет контуры выступа.

Рисунок 4, лист 1

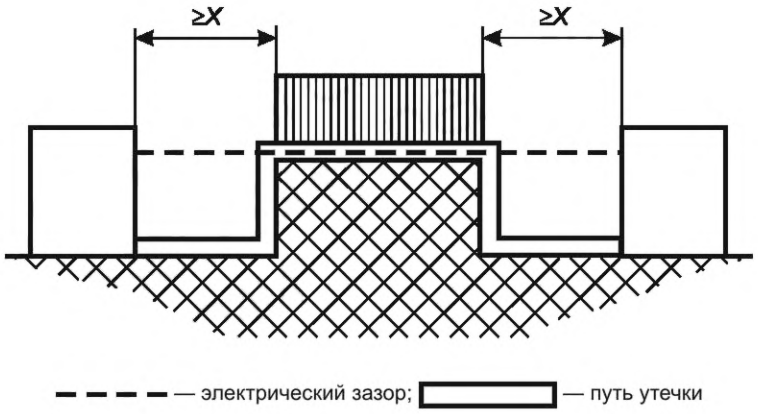
Пример 5



Условие: рассматриваемый отрезок содержит негерметизированное соединение с пазами с двух сторон шириной менее *X* мм.

Правило: электрические зазор и путь утечки находятся по линии «прямой видимости».

Пример 6

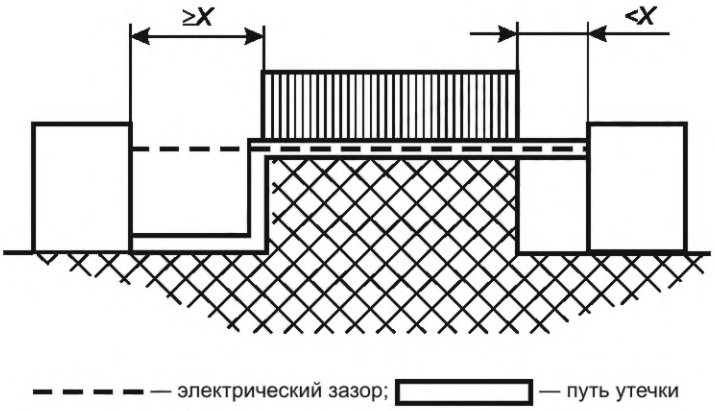


Условие: рассматриваемый отрезок содержит негерметизированное соединение с пазами с двух сторон шириной менее X мм.

Правило: электрические зазоры находятся по линии «прямой видимости». Путь утечки повторяет очертания паза

Рисунок 4, лист 2

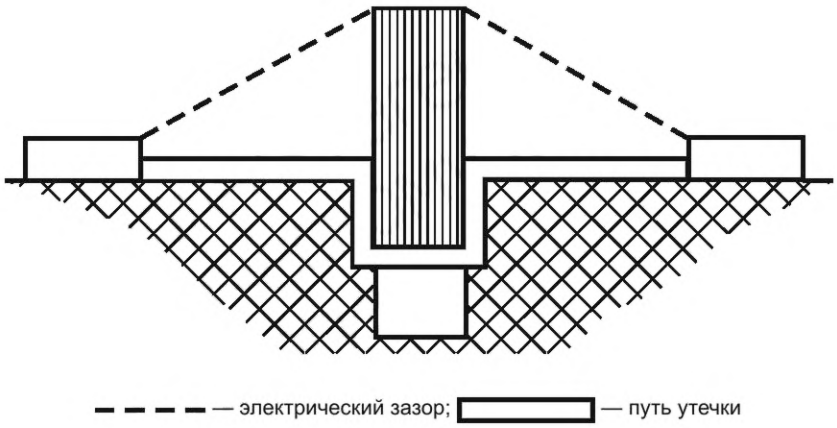
Пример 7



Условие: рассматриваемый отрезок содержит негерметизированное соединение с пазом с одной стороны шириной менее X мм и канавку на другой стороне шириной, равной или более X мм.

Правило: электрические зазоры и пути утечки измеряют, как показано на рисунке.

Пример 8

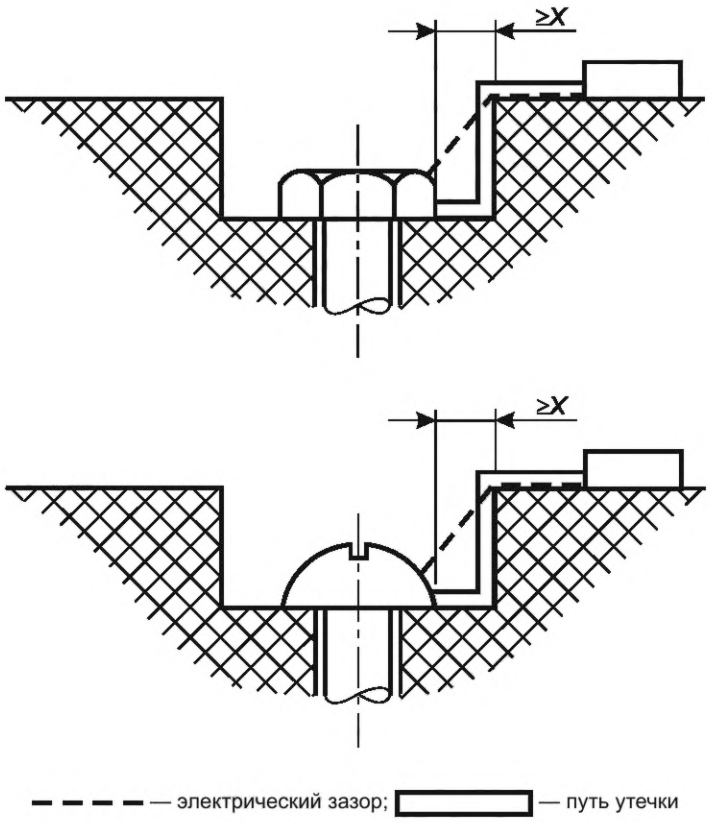


Условие: путь утечки через негерметизированное соединение меньше пути утечки через перегородку

Правило: электрический зазор — кратчайшее прямое расстояние по воздуху через верх перегородки

Рисунок 4, лист 3

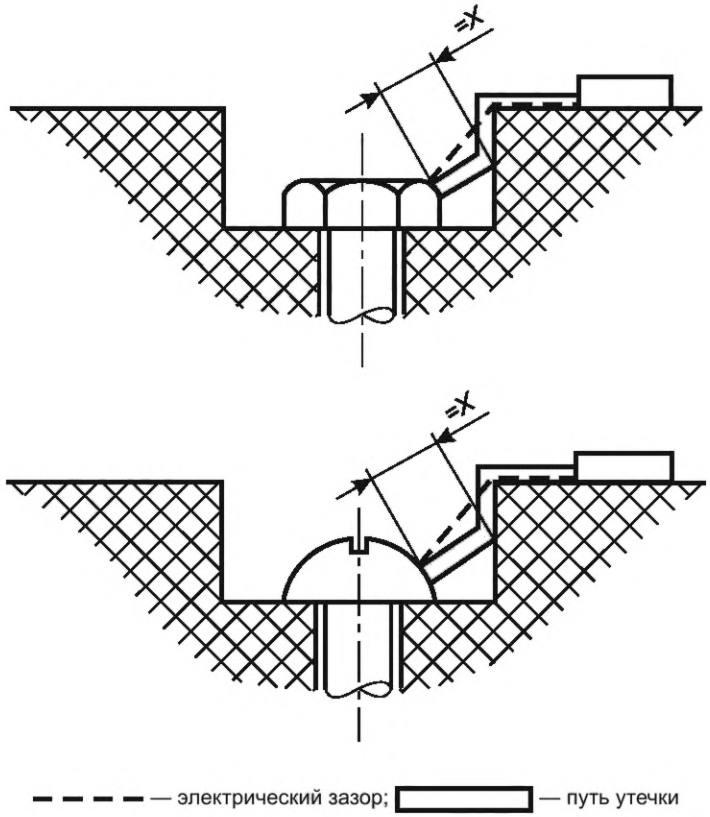
Пример 9



Зазор между головкой винта и стенкой углубления достаточно широкий, и его следует учитывать.

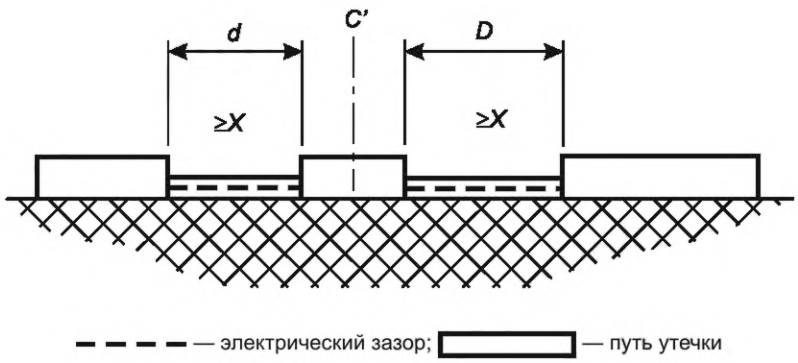
Рисунок 4, лист 4

Пример 10



Электрический зазор между головкой винта и стенкой углубления слишком узкий, и его не учитывают. Измерение пути утечки — от винта до стенки, если это расстояние равно *X*.

Пример 11



Электрический зазор равен *d* + *D*.
Путь утечки также равен *d* + *D*.
C' — токопроводящая часть, помещенная в изоляционном отрезке между проводниками.

Рисунок 4, лист 5

6.5.6.5 Разделительные расстояния, защищенные покрытием

Разделения, защищенные покрытием, должны соответствовать графе 6 таблицы 7, графе 4 или 5 таблицы 8 или графе 4 таблицы 9, в зависимости от применимости.

Покрытие должно герметизировать отрезок между проводниками, требующими защиты от проникновения влаги и загрязнений, и обеспечивать эффективность, долговечность, целостность и однородность герметизации. У покрытия должна быть адгезия как с токопроводящими частями, так и с изоляционным материалом.

Нанесение покрытия, а также его последующий контроль согласно 10.4 должны гарантировать целостность и однородность покрытия.

Температура при продолжительной работе покрытия, указанная изготовителем *материала* покрытия, должна быть как минимум равна максимальной и минимальной температуре эксплуатации любого компонента или части с конформным покрытием.

Для достижения однородного надежного покрытия следует соблюдать рекомендации изготовителя материала покрытия и, при необходимости, внедрить подходящий метод проверки.

Пример — Вариант метода проверки описан в [8].

Покрытие, используемое для достижения защиты типа 1 или 2, должно быть подвергнуто типовым испытаниям, указанным в 9.8.

Для разделительных расстояний на печатной плате паяльная маска, отвечающая требованиям защиты типа 1 или 2 в соответствии с *ГОСТ IEC 60664-3*, может рассматриваться как конформное покрытие при условии, что во время пайки не произойдет никаких повреждений.

Покрытия в соответствии с *ГОСТ IEC 61010-1* или *[9]* могут применяться для достижения защиты типа 1 без испытаний в соответствии с *ГОСТ IEC 60664-3*, как указано выше, принимая во внимание, что существуют ограничения по применению, которые указанные стандарты требуют учитывать.

Примечание — Настоящий стандарт не требует проверки соответствия покрытия спецификации изготовителя.

Метод нанесения покрытия и меры контроля, если применимо, должны быть указаны в документации в соответствии с требованиями к документации по *ГОСТ 31610.0*. Если покрытие считается достаточным для предотвращения выступания токопроводящих частей, например, паяных соединений и выводов компонентов, сквозь покрытие, то это должно быть указано в документации и подтверждено типовой проверкой.

Если оголенные проводники или токопроводящие части выступают из-под покрытия, то СИТ покрытия должен соответствовать графе 7 таблицы 7 или соответствовать определенной группе материалов или значению СИТ таблицы 8 или 9.

6.5.7 Комбинированные разделения

Если разделения состоят из комбинации различных типов разделений, например, электрического зазора и твердой изоляции, участков разделения одинакового типа или пути утечки на печатной плате, прерываемого токопроводящим материалом, то эквивалентное общее разделение должно рассчитываться следующим образом.

Разделения должны быть преобразованы в процент от минимально необходимого разделения для соответствующей графы таблицы.

Эквивалентное общее разделение представляет собой сумму всех рассчитанных процентов.

Для разделения в соответствии с таблицей 7:

- для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» любое разделение менее 33,3 % должно игнорироваться; для того, чтобы общее разделение было неповреждаемым, сумма должна быть не менее 100 %; и
- для уровня вида взрывозащиты «ic» сумма должна составлять не менее 100 %.

Для разделений в соответствии с таблицей 8 или 9:

- для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» любое расстояние менее 0,2 мм или менее 50 % должно игнорироваться; чтобы общее разделение было неповреждаемым, сумма должна быть не менее 100 %;
- для уровня вида взрывозащиты «ic» сумма должна быть не менее 100 %; и
- к комбинированному разделению должны быть приложены напряжения согласно графе 7 таблицы 8 и графе 6 таблицы 9.

Примечание — Дальнейшие указания приведены в приложении С.

Если для связанного устройства требуется использовать поправочный коэффициент давления окружающей среды в соответствии с 6.5.6.1, то он должен применяться только к значениям электрических зазоров, когда проверяют, достигает ли сумма комбинированного разделения 100 % от требуемого значения. Поправочный коэффициент не используется при определении того, достаточно ли велик зазор, чтобы его можно было учитывать в отношении комбинированного разделения.

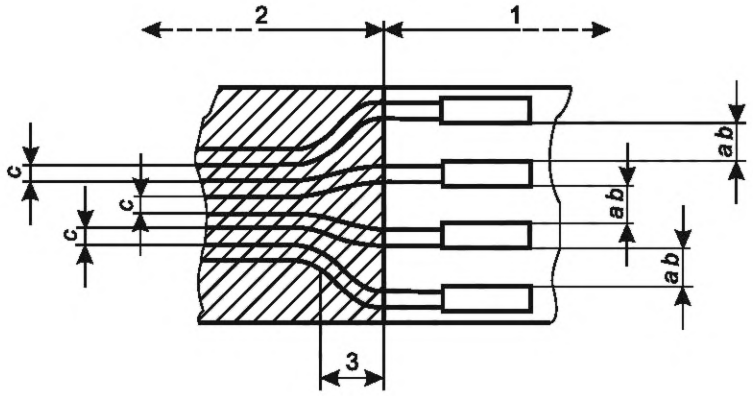
6.5.8 Сборка на печатной плате

Пути утечки и электрические зазоры сборок печатных плат должны соответствовать следующему (см. рисунок 5):

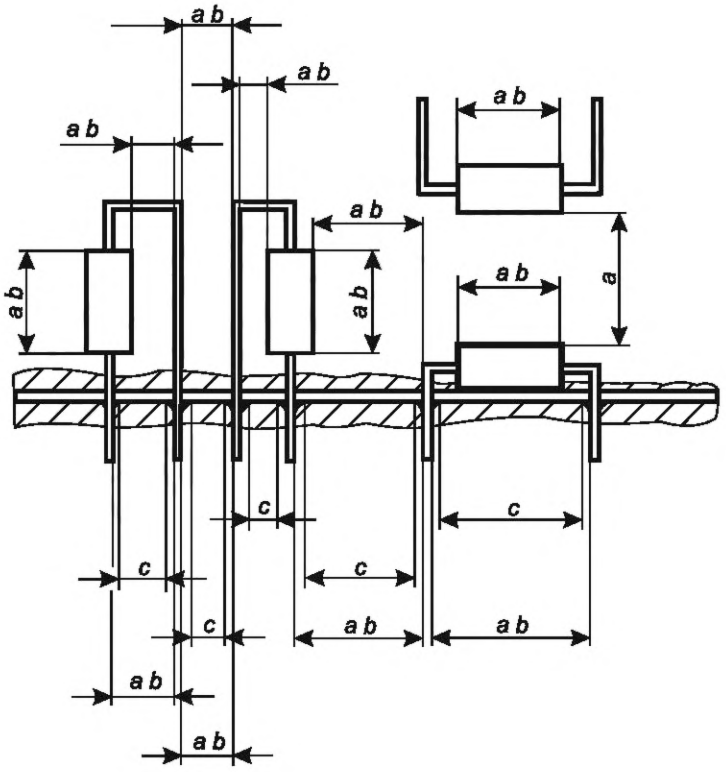
a) если сборка на печатной плате покрыта конформным покрытием в соответствии с 6.5.6.5, то требования к путям утечки и электрическим зазорам должны применяться только к токопроводящим частям, находящимся вне покрытия, включая, например:

- дорожки, выходящие за пределы покрытия;
- свободную поверхность сборки на печатных платах, имеющую покрытие только на одной стороне; или
- оголенные части компонентов, которые могут выступать сквозь покрытие;

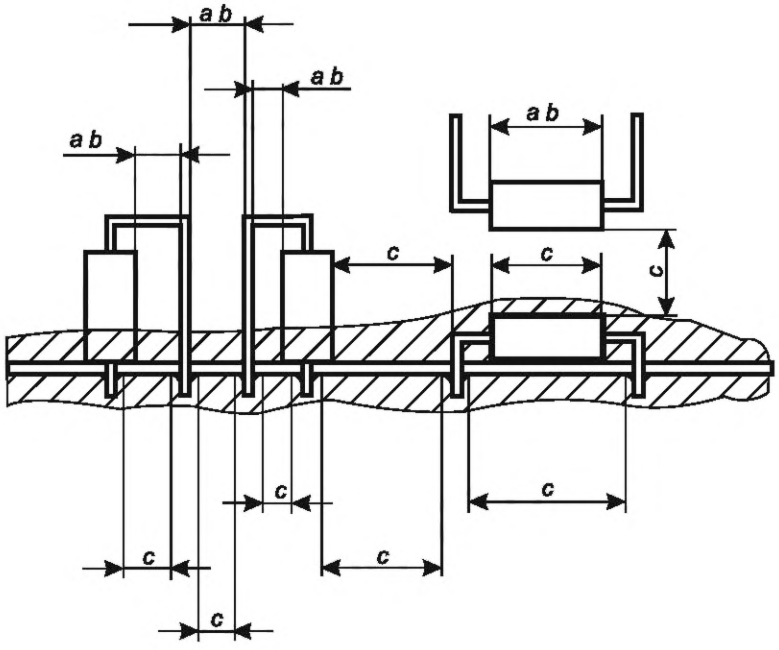
b) требования 6.5.6.5 должны применяться к цепям или частям цепей и их неподвижным компонентам, когда покрытие покрывает соединительные штыри, паяные соединения и токопроводящие части любых компонентов.



a) Сборка на печатной плате с частичным покрытием платы



b) Сборка на печатной плате с выступающими из покрытия припаянными выводами



c) Сборка на печатной плате с выводами, сложенными или обрезанными с полным покрытием

Примечание — Толщина покрытия указана не в масштабе.

a — применяются требования к электрическим зазорам согласно 6.5.6.1;
b — применяются требования к путям утечки согласно 6.5.6.4;
c — применяются требования к расстояниям под покрытием 6.5.6.5;
1 — область без покрытия; *2* — область с покрытием;
3 — переходная область, применяются комбинированные разделения для *a*, *b*, *c*

Рисунок 5 — Пути утечки и электрические зазоры для сборок на печатных платах

6.5.9 Разделение металлическими частями

6.5.9.1 Общие требования

Разделение металлическими частями должно использоваться только в том случае, если пробой на металлическую часть приводит к возникновению потенциала (например, землей или контактным выводом батареи), который не нарушает искробезопасность. В этом случае требования разделительным расстояниям металлической части не применяют.

Если соединение с металлической частью приводит к потере изоляции между искробезопасной цепью и корпусом или землей, что может нарушить искробезопасность, то в *маркировке* должен быть указан знак «X» согласно требованиям к маркировке *ГОСТ 31610.0*, а в специальных условиях применения должны быть указаны ограничения согласно 6.9.

Пример — Если токоограничительный резистор можно обойти путем короткого замыкания между цепью и заземленной металлической частью, то искробезопасность зависит от разделения до заземленных металлических частей.

Если промежуточные дорожки печатной платы (например, заземленная дорожка) разделяют рассматриваемые токопроводящие дорожки, то требования к путям утечки не применяются, но применяют требования к зазорам. Требования к зазорам не применяются, если металлическая перегородка имеет достаточный размер, не позволяющий возникать разряду между компонентами, требующими разделения.

Металлическая часть, используемая для разделения, должна обладать прочностью и жесткостью, исключающими вероятность ее повреждения, а также иметь достаточную толщину и достаточную токопроводящую способность для предотвращения прогорания или потери соединения в условиях, указанных в 5.2.

6.5.9.2 Уровни вида взрывозащиты «ia» и «ib»

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib»:

a) если металлическая часть (например, дорожка печатной платы, экран или перегородка) отделяет искробезопасную цепь от других цепей, то металлическая часть, а также любые соединение с ней должны соответствовать 6.4.2;

b) если соединение осуществляется через соединитель, то соединитель должен быть сконструирован в соответствии с 6.4.2.2;

c) если искробезопасность зависит от металлической перегородки, то она должна быть либо толщиной не менее 0,45 мм, либо соответствовать 9.4.3, если ее толщина меньше.

6.5.9.3 Уровень вида взрывозащиты «ic»

Для уровня вида взрывозащиты «ic», в случаях, когда разделительные расстояния до металлической части, подключенной к контролируемому потенциалу, не соответствуют требуемым расстояниям, металлическая часть должна быть способна выдерживать максимальный ток, которому она может длительно подвергаться.

6.5.10 Разделения неметаллическими изолирующими перегородками

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» неметаллическая изолирующая перегородка, используемая для обеспечения разделения, должна соответствовать применимым требованиям к разделению, а также:

a) быть толщиной не менее 0,9 мм; или

b) соответствовать 9.4.3.

На неметаллические изолирующие перегородки для уровня вида взрывозащиты «ic» не распространяются требования к минимальной толщине, кроме применимых требований к разделению, а также не применяется 9.4.3.

6.5.11 Изоляция внутренней проводки

6.5.11.1 Общие требования

За исключением лака и подобных покрытий, изоляция, покрывающая проводники внутренней проводки, может рассматриваться как твердая изоляция (см. 6.5.6.3).

Размер разделения проводников изолированных проводов определяют путем сложения радиальной толщины изоляции проводов, выполненной методом экструзии, которые могут соприкасаться либо как отдельные провода, либо в виде кабеля, либо в кабеле.

Максимальный ток, протекающий через изолированную проводку, не должен вызывать превышения номинальной температуры, указанной изготовителем провода.

Изоляция проводов, соответствующая разделительному расстоянию через твердую изоляцию, считается неповреждаемой или не уменьшающей толщину изоляции в случае обрыва проводника.

6.5.11.2 Изоляция между искробезопасными и искроопасными цепями

Расстояние между проводниками любой жилы искробезопасной цепи и любой жилы искроопасной цепи должно соответствовать графе 4 таблицы 7 с учетом требования 6.5.7, за исключением случаев, когда применяется одно из следующих условий:

- жилы искробезопасной или искроопасной цепи защищены заземленным экраном, соответствующим 6.4.4; или
- в устройствах с уровнями вида взрывозащиты «ib» и «ic» с максимальным напряжением 375 В (пиковое значение) между проводниками изоляция искробезопасных жил должна выдерживать испытание в соответствии с 9.6 с приложением испытательного напряжения 2000 В (действующего значения).

Примечание — Одним из методов обеспечения изоляции, способной выдержать такое испытательное напряжение, является установка изолирующей трубки поверх жилы.

6.5.11.3 Изоляция между раздельными искробезопасными цепями

Расстояние между проводниками любой жилы раздельных искробезопасных цепей должно соответствовать графе 4 таблицы 7 с учетом требований 6.5.7, за исключением случаев, когда применяется одно из следующих условий:

- жилы обеих искробезопасных цепей заключены в заземленный экран; или
- изоляция между раздельными искробезопасными цепями с максимальным напряжением 90 В (пиковое значение) между проводниками способна выдержать испытание в соответствии с 9.6, с приложением к изоляции действующего значения испытательного напряжения 1000 В (или 500 В действующего значения напряжения приложением к изоляции жилы).

6.6 Герметизация

6.6.1 Общие требования

Герметизация может использоваться, но не ограничиваясь, для реализации одной или комбинации следующих целей:

- предотвращения доступа взрывоопасных сред:
  - защиты от искрового воспламенения (см. 6.6.2.1);
  - защиты от теплового воспламенения (см. 6.6.2.2);
- обеспечения механической защиты от доступа к токопроводящим частям (см. 6.6.3);
- защиты предохранителей согласно требованиям 7.11 (см. 6.6.4);
- обеспечения разделительных расстояний согласно 6.5.6.2 (см. 6.6.5);
- установления номинала защитных компонентов (см. 6.6.6).

Герметизация может быть проведена путем литья, заливки или формования. В случае применения герметизации в документации должен быть указан метод проверки в соответствии с требованиями проведения контрольных проверок согласно 10.4.

Повреждение перегородок и компонентов в компаунде должно оцениваться при условиях, указанных в 5.2.

Для искробезопасного устройства все цепи, подключенные к герметизированным токопроводящим частям, а также компонентам или оголенным токопроводящим частям, выступающим из компаунда, должны быть либо искробезопасными, либо защищены другим видом взрывозащиты, указанным в *ГОСТ 31610.0*. Возможность искрового воспламенения внутри герметизированного узла не учитывается, если герметизация соответствует 6.6.2.1.

К герметизирующему компаунду и, где это применимо, к любому контейнеру для герметизации или части оболочки применяются следующие требования:

а) температура компаунда при продолжительной работе, указанная его изготовителем, должна быть как минимум равна максимальной и минимальной температуре на границе между компаундом и любым герметизированным компонентом или его частью при нормальных условиях эксплуатации. Допускаются температуры выше номинального значения температуры при продолжительной работе компаунда, если в условиях, указанных в 5.2, отсутствуют повреждения компаунда как внутри, так и снаружи, которые могут нарушить искробезопасность.

Пример — Повреждениями, которые могут привести к нарушению искробезопасности, являются трещины в компаунде, обнажение герметизированных частей, отслаивание, недопустимая усадка, набухание, разложение, размягчение или признаки перегрева;

b) если какие-либо оголенные токопроводящие части выступают из компаунда, то значение СИТ свободной поверхности компаунда должно соответствовать, по крайней мере, значениям, указанным в таблице 7, 8 или 9, в зависимости от применимости;

c) только материалы, прошедшие испытание по 9.4.1, должны иметь открытую и незащищенную свободную поверхность, образующую, таким образом, часть оболочки;

d) компаунд должен быть сцеплен со всеми токопроводящими частями, компонентами и подложками, за исключением случаев, когда они полностью покрыты компаундом. Герметизация должна сохраняться там, где какая-либо часть цепи, например оголенный или изолированный проводник или компонент или подложка печатной платы, выступает из-под герметизации, и, следовательно, компаунд должен быть сцеплен с этими контактами;

e) меры по предотвращению образования пустот в компаунде во время процесса герметизации должны быть определены в документации в соответствии с требованиями к документации по *ГОСТ 31610.0*.

Свободное пространство допускается внутри герметизации при условии, что оно соответствует 6.6.7.

6.6.2 Герметизация, используемая для предотвращения доступа взрывоопасных сред

6.6.2.1 Защита от искрового воспламенения

Если литье или заливку используют для исключения доступа взрывоопасной среды к компонентам и токопроводящим частям, то минимальная толщина до свободной поверхности герметизирующего компаунда должна быть не менее половины значений, указанных в графе 3 таблицы 7 или графе 5 таблиц 8 и 9, но не менее 1 мм (см. рисунок 6).

Когда герметизирующий компаунд находится в непосредственном контакте и сцеплен с оболочкой из твердого изоляционного материала, соответствующего графе 4 таблицы 7, никакого другого разделения не требуется (см. рисунки 7—9).

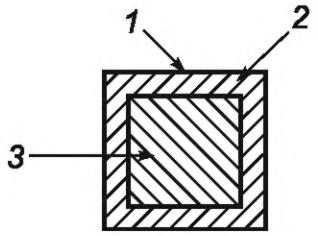
Если герметизирующий компаунд находится в непосредственном контакте с металлическим корпусом и сцеплен с ним, то:

a) требования к минимальной толщине не применяются при условии отсутствия свободного пространства (см. 6.6.7) и если повреждение разделения до металлической оболочки не нарушает искробезопасность;

b) требования к минимальной толщине не применяются, если оболочка является металлической;

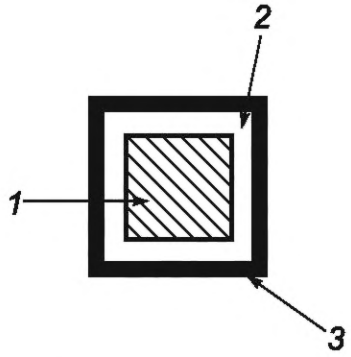
c) если эта оболочка также образует внешнюю оболочку устройства, она также должна соответствовать 6.2 (см. рисунок 9).

Примечание — Требования 6.2 и 6.9 остаются применимыми.



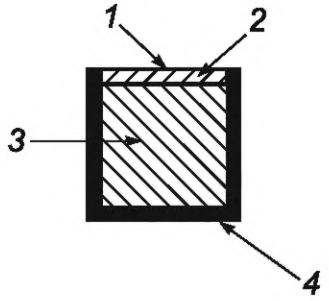
1 — свободная поверхность, внешняя стенка; *2* — компаунд;
3 — компонент — компаунд не должен проникать в компонент

Рисунок 6 — Герметизация, используемая без отдельной внешней оболочки



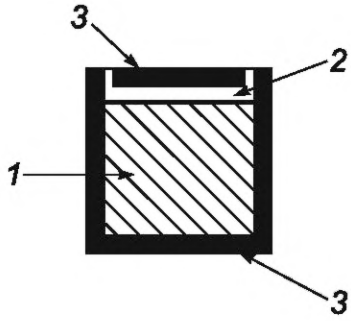
1 — компонент — компаунд не должен проникать в компонент; *2* — компаунд без нормирования толщины;
3 — металлическая или изолирующая оболочка

Рисунок 7 — Оболочка целиком без отверстий и крышек, снимаемых пользователем



1 — свободная поверхность, внешняя стенка; *2* — компаунд; *3* — компонент — компаунд не должен проникать в компонент;
4 — металлическая или изолирующая оболочка

Рисунок 8 — Корпус, в котором соединение образует одну из внешних стенок

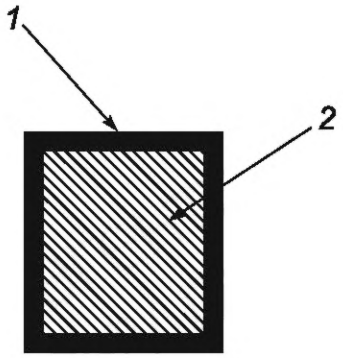


1 — компонент — компаунд не должен проникать в компонент; *2* — компаунд;
3 — металлическая или изолирующая оболочка

Рисунок 9 — Корпус с крышкой

Если для исключения взрывоопасной среды из компонентов и искробезопасных цепей используется формование, то минимальная толщина свободной поверхности должна соответствовать графе 4 таблицы 7 с минимальной толщиной 0,5 мм (см. рисунки 10 и 11). Никакого другого разделения не требуется, когда пластик находится в непосредственном контакте и сцеплен с твердым изоляционным материалом, соответствующим графе 4 таблицы 7, с минимальной толщиной 0,5 мм.

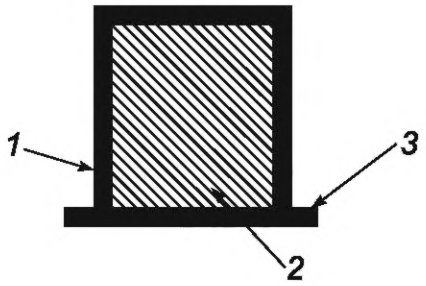
На рисунке 10 показана формовка поверх несмонтированного компонента.



1 — формовка; *2* — компоненты

Рисунок 10 — Формовка поверх несмонтированных компонентов

На рисунке 11 показаны компоненты, которые сначала монтируются на печатную плату (поз. *3*), а затем подвергаются формованию под давлением, которое иногда называют формованием со вставкой.



1 — формовка; *2* — компоненты; *3* — печатная плата минимальной толщиной 0,5 мм

Рисунок 11 — Формовка компонентов, установленных на печатной плате

Пример — Примерами применения формования компонентов являются предохранители, пьезоэлектрические устройства с их компонентами подавления и устройства накопления энергии с их компонентами подавления.

6.6.2.2 Дополнительные требования к защите от теплового воспламенения

В искробезопасном устройстве, где для снижения воспламеняемости от горячих компонентов, например диодов и резисторов, используется компаунд, объем и толщина компаунда должны соответствовать 5.4.

6.6.3 Механическая защита от доступа к деталям

Если для предотвращения доступа к деталям используется герметизация, то минимальная толщина свободной поверхности должна составлять не менее половины значения, указанного в графе 3 таблицы 7, но не менее 1 мм.

6.6.4 Герметизация, используемая для защиты предохранителя

Минимальная толщина свободной поверхности при отливке или заливке компаундом должна составлять не менее половины значения, указанного в графе 3 таблицы 7, но не менее 1 мм. Минимальная толщина свободной поверхности при формовании должна быть не менее значения, указанного в графе 4 таблицы 7, но не менее 0,5 мм. Компаунд не должен попадать в свободное пространство внутри корпуса предохранителя.

6.6.5 Герметизация, используемая для обеспечения разделения

Если требуется герметизация для обеспечения разделения в соответствии с 6.5.6.2, то минимальное расстояние между свободной поверхностью герметизирующего состава и герметизированными токопроводящими частями или компонентами должно составлять не менее половины значений, указанных в графе 3 таблицы 7 или графе 5 таблицы 8 или 9, в зависимости от обстоятельств, минимум 1 мм. Когда герметизирующий компаунд находится в непосредственном контакте и прикреплен к оболочке

из твердого изоляционного материала, соответствующей графе 4 таблицы 7, графе 6 таблицы 8 или графе 5 таблицы 9, в зависимости от случая, никакого другого разделения не требуется.

6.6.6 Герметизация, используемая для повышения номинальных характеристик защитных компонентов

Герметизация может использоваться для повышения номинальных характеристик защитных компонентов, например стабилитронов, с использованием повышенной теплопроводности при условии, что можно продемонстрировать, что устройство достаточно эффективно в условиях, указанных в 5.2.

6.6.7 Свободное пространство внутри герметизированного объема

6.6.7.1 Общие требования

Если герметизация используется для исключения доступа взрывоопасных сред, то свободное пространство внутри герметизированного объема должно соответствовать 6.6.7.2 и 6.6.7.3, если применимо, за исключением того, что свободное пространство внутри компонентов (например, транзисторов, реле, предохранителей) не нужно учитывать, если объем компонента менее 1 $см^3$.

Свободное пространство внутри герметизации не должно использоваться для защиты компаунда от повреждения компонентами внутри него.

6.6.7.2 Объем свободного пространства

Для оборудования групп I и II отдельное свободное пространство должно соответствовать значениям объема и толщины компаунда, указанным в таблице 11, а сумма отдельных свободных пространств в одном герметизированном объеме не должна превышать:

a) 100 $см^3$ для уровней вида взрывозащиты «ib» и «ic»;

b) 10 $см^3$ для уровня вида взрывозащиты «ia».

Для оборудования группы III сумма свободных пространств не ограничена, но объем каждого отдельного свободного пространства должен соответствовать значениям объема и толщины компаунда, указанным в таблице 12.

6.6.7.3 Защита свободного пространства

Доступ к свободным пространствам внутри узла должен быть ограничен герметизацией или оболочкой, которые образуют невосстанавливаемый блок и образуют единое целое.

За исключением свободных пространств внутри компонентов, указанных в 6.6.7.2, толщина компаунда, необходимая для защиты свободных пространств, должна соответствовать таблице 11 для групп оборудования I и II и таблице 12 для группы оборудования III.

Таблица 11 — Минимальная толщина компаунда, граничащего с отдельным свободным пространством для групп оборудования I и II

Уровень вида взрывозащиты	Минимальная толщина слоя компаунда, граничащего со свободным пространством	Свободное пространство ≤ 1 $см^3$	Свободное пространство > 1 $см^3$ ≤ 10 $см^3$	Свободное пространство > 10 $см^3$
«ia»	До свободного пространства или свободной поверхности	3 мм	Не допускается	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки со сцеплением с компаундом	3 мм, включая стенку оболочки[a]	Не допускается	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки без сцепления с компаундом	3 мм без учета стенки оболочки	Не допускается	Не допускается
«ib»	До свободного пространства или свободной поверхности	1 мм	3 мм	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки со сцеплением с компаундом	1 мм, включая стенку оболочки[a]	3 мм, включая стенку оболочки[a]	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки без сцепления с компаундом	1 мм без учета стенки оболочки	3 мм	Не допускается

Окончание таблицы 11

Уровень вида взрывозащиты	Минимальная толщина слоя компаунда, граничащего со свободным пространством	Свободное пространство ≤ 1 см^3	Свободное пространство > 1 см^3 ≤ 10 см^3	Свободное пространство > 10 см^3
«ic»	До свободного пространства или свободной поверхности	1 мм	3 мм	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки со сцеплением с компаундом	1 мм, включая стенку оболочки[b]	3 мм, включая стенку оболочки[b]	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки без сцепления с компаундом	1 мм	3 мм	Не допускается

[a] При условии, что толщина стенки оболочки ≥ 1 мм, толщина компаунда должна быть достаточной, чтобы обеспечивать сцепление.

[b] Для уровня вида взрывозащиты «ic» отсутствуют требования к минимальной толщине стенки.

Соответствие толщины материалов значениям, указанным в настоящей таблице, не означает, что материал выдержит другие испытания механических свойств, требуемых по *ГОСТ 31610.0*.

Таблица 12 — Минимальная толщина компаунда, граничащего с отдельным свободным пространством для группы оборудования III

Уровень вида взрывозащиты	Минимальная толщина слоя компаунда, граничащего со свободным пространством	Свободное пространство ≤ 1 см^3	Свободное пространство > 1 см^3 ≤ 100 см^3	Свободное пространство > 100 см^3
«ia»	До свободного пространства или свободной поверхности	3 мм	3 мм	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки со сцеплением с компаундом	3 мм, включая стенку оболочки[a)]	3 мм, включая стенку оболочки[a)]	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки без сцепления с компаундом	3 мм	3 мм	Не допускается
	До свободного пространства или свободной поверхности	1 мм	3 мм	Не допускается
«ib»	До неметаллической или металлической оболочки со сцеплением с компаундом	1 мм, включая стенку оболочки[a]	3 мм, включая стенку оболочки[a]	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки без сцепления с компаундом	1 мм	3 мм	Не допускается
«ic»	До свободного пространства или свободной поверхности	1 мм	1 мм	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки со сцеплением с компаундом	1 мм, включая стенку оболочки[b]	1 мм, включая стенку оболочки[b]	Не допускается
	До неметаллической или металлической оболочки без сцепления с компаундом	1 мм	1 мм	Не допускается

[a] При условии, что толщина стенки оболочки ≥ 1 мм, толщина компаунда должна быть достаточной, чтобы обеспечивать сцепление.

[b] Для уровня вида взрывозащиты «ic» отсутствуют требования к минимальной толщине стенки.

Соответствие толщины материалов значениям, указанным в настоящей таблице, не означает, что материал выдержит другие испытания механических свойств, требуемых по *ГОСТ 31610.0*.

6.7 Требования к материалам, применяемым для покрытия и герметизации

В документах, согласно требованиям соответствующего раздела *ГОСТ 31610.0*, должны быть указаны материалы, используемые для конформного покрытия и герметизации, когда они применяются для достижения искробезопасности. Должны быть указаны следующие параметры материала:

a) температура при продолжительной работе;

b) если применимо, значение СИТ;

c) для материалов покрытий при применении таблицы 8 или 9: классификация их покрытия по типу защиты 1 или 2;

d) для материалов покрытия: если применимо, требуемая обработка поверхности, такая как очистка, выдерживание при определенной температуре и т. д.;

e) для материалов, используемых для герметизации, где это применимо для обеспечения правильного сцепления компаунда с компонентом: любые требования по предварительной обработке компонента, например очистке, травлению.

Если материал подвергают типовым испытаниям, то также необходимо контролировать следующее:

1) название или зарегистрированный товарный знак изготовителя материала покрытия;

2) идентификацию материала, включая его типовое обозначение и цвет.

Должен быть указан источник данных о характеристиках материала.

Примечания

1 Изменения типа и процентного содержания наполнителей, антипиренов, стабилизаторов ультрафиолетового света и т. п. могут оказывать существенное влияние на свойства материала.

2 Настоящий стандарт не требует проверки соответствия материалов спецификации изготовителя.

6.8 Защита от перемены полярности

В искробезопасном устройстве должна быть предусмотрена защита для предотвращения нарушения искробезопасности в результате перемены полярности, где это может произойти, в отношении:

- источников питания такого искробезопасного устройства;
- соединений между элементами батареи или ионистора.

Для этой цели допускается использование одного диода, рассчитанного в соответствии с 7.1.

6.9 Требования к диэлектрической прочности

Если требуется обеспечить искробезопасность, то изоляция между искробезопасной цепью и корпусом устройства или частями, которые могут быть заземлены, должна выдерживать испытание, описанное в 9.6, при испытательном напряжении не менее удвоенного напряжения искробезопасной цепи или действующего значения 500 В переменного тока, в зависимости от того, что больше. Если цепь не удовлетворяет этому требованию, то в *маркировке* должен быть указан знак «X» согласно требованиям *ГОСТ 31610.0*, а в сертификате в специальных условиях применения должны быть подробно описаны требования к установке.

Изоляция между гальванически развязанными между собой искробезопасной и искроопасной цепями должна выдерживать испытательное напряжение не менее $2U$ + 1000 В при минимальном действующем значении 1500 В переменного тока, где U — напряжение, применимое в соответствии с 6.5.5.

Если пробой между отдельными искробезопасными цепями может создать небезопасное состояние, то изоляция между этими цепями должна выдерживать испытательное напряжение не менее $2U$ при действующем значении не менее 500 В переменного тока, где U — напряжение, применимое в соответствии с 6.5.5.

Соответствие этому требованию может быть подтверждено спецификацией изготовителя компонента или материала.

7 Требования к компонентам и сборкам, от которых зависит искробезопасность

В целях подтверждения соответствия требованиям настоящего стандарта изготовитель должен предоставить в орган по сертификации расчеты параметров нормального и аварийных режимов работы компонентов, от которых зависит искробезопасность, спецификации на такие компоненты, а также подтверждение выполнения требований соответствующих стандартов на изделия общего назначения.

7.1 Нагрузка компонентов, от которых зависит искробезопасность

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если иное не указано в настоящем стандарте, при условиях, указанных в 5.2.2 и 5.2.3, компоненты, от которых зависит искробезопасность, не должны быть нагружены на более чем две трети максимального тока, напряжения и мощности, указанных изготовителем компонента.

Для уровня вида взрывозащиты «ic», если иное не указано в настоящем стандарте, при условиях, указанных в 5.2.4, компоненты, от которых зависит искробезопасность, не должны работать при номинальном токе и напряжении, превышающем максимальные значения, указанные их изготовителем компонента, а также при следующих показателях мощности:

a) при максимальном значении мощности, указанной изготовителем, с внесением неучитываемых повреждений;

b) при значениях, превышающих две трети номинальной мощности в режиме нормальной эксплуатации.

Для всех уровней вида взрывозащиты не требуется выполнять испытание или анализ компонентов и сборок компонентов для определения параметров, например, напряжения и тока, к которым применяются коэффициенты безопасности, если параметры предоставляются изготовителем компонента, поскольку коэффициенты безопасности по 5.2 исключают необходимость испытаний или анализа.

Примеры

1 Коэффициент безопасности применим к номинальной мощности стабилитрона, но не к напряжению стабилитрона, поскольку стабилитрон ограничивает свое собственное напряжение, но не может ограничивать свою мощность.

2 Для полупроводникового компонента, установленного на печатной плате, максимально допустимая рассеиваемая мощность составляет две трети мощности, необходимой для достижения максимально допустимой температуры перехода, с учетом конкретных условий монтажа и условий окружающей среды полупроводника.

3 У стабилитрона, заявленного изготовителем на напряжение 10 В + 10 %, за максимальное напряжение принимается 11 В без необходимости учитывать такие эффекты, как повышение напряжения из-за повышения температуры.

Необходимо также учитывать влияние условий монтажа и колебаний температуры окружающей среды, указанных изготовителем оборудования и в требованиях к влиянию окружающей среды и к эксплуатационной температуре по ГОСТ 31610.0. Например, для полупроводника рассеиваемая мощность не должна превышать 2/3 значения мощности, которая определяет максимально допустимую температуру перехода в данных условиях монтажа.

7.2 Повреждение компонентов

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», когда характеристики компонента соответствуют 7.1, его повреждение должно считаться учитываемым повреждением, если только компонент не считается неповреждаемым в отношении этого вида повреждения. Повреждение компонента, характеристики которого не соответствуют 7.1, считается неучитываемым повреждением, если иное не указано в настоящем стандарте.

Для уровня вида взрывозащиты «ic», если в указанных в 5.2.4 условиях компонент работает за пределами номинальных значений, установленных изготовителем, то повреждение в виде короткого замыкания или обрыва цепи считается неучитываемым повреждением, если иное не указано в настоящем стандарте. При всех других условиях и видах повреждений повреждение компонентов не учитывают.

7.3 Учет требований искробезопасности при изготовлении

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» и для оценки искрового воспламенения для уровня вида взрывозащиты «ic» при оценке применения условий 5.2 должны учитываться наиболее опасные значения, возникающие в результате процесса производства. В каждом рассматриваемом случае они могут быть разными.

Для компонентов допуски на значения могут соответствовать значениям, указанным изготовителем компонента. В качестве альтернативы изготовитель оборудования может указать абсолютные максимумы или минимумы (в зависимости от условий *оценки, например, максимум для емкости и минимум для сопротивления*), которые обеспечиваются производственным процессом.

Примеры

1 Для целей оценки изготовитель использует абсолютное минимальное значение сопротивления резистора, от которого зависит искробезопасность. Тогда в производстве допускается изменение номинального значения используемого резистора без дальнейшей оценки при условии, что номинальное значение за вычетом допуска составляет, по крайней мере, абсолютный минимум, используемый для оценки.

2 Компоненты для производства выбирают на основе контрольного измерения их значения, влияющего на искробезопасность.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» соответствие по тепловому воспламенению можно оценить на представительном образце оборудования, что на практике считается наихудшим случаем, без необходимости учитывать наихудшие отклонения характеристик, заявленных изготовителем для каждого компонента.

7.4 Резисторы

7.4.1 Общие требования

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если резисторы не соответствуют 7.4.2, обрыв цепи, короткое замыкание и принятие любого значения сопротивления между обрывом цепи и коротким замыканием считается неучитываемым повреждением.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» резисторы, не соответствующие 7.4.2, считаются повреждаемыми, как указано в 7.2.

7.4.2 Резисторы, от которых зависит искробезопасность

Резисторы, рассчитанные в соответствии с требованиями 7.1 и соответствующие следующим требованиям, считаются неповреждаемыми в соответствии с таблицей 13.

Резисторы должны быть одного из следующих типов:

a) пленочного типа;

b) проволочного типа с защитой от разматывания провода в случае его обрыва;

c) печатные резисторы, используемые в гибридных и подобных схемах, с покрытием в соответствии с 6.5.6.5 или герметизированные в соответствии с 6.6.

Таблица 13 — Номинальные характеристики и виды повреждений резисторов

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам[a]			Вид повреждения			Режим нормальной эксплуатации
	U[b]	I[c]	P	Обрыв цепи	Короткое замыкание	< (R — допустимое отклонение) или > (R + допустимое отклонение)	
«ia» и «ib»	1,5	1,5	1,5	Учитываемое повреждение	Не применяется	Не применяется	R ± допустимое отклонение
«ic»	1,0	1,0	1,5[d] 1,0[d]	Не применяется	Не применяется	Не применяется	R ± допустимое отклонение

Окончание таблицы 13

[a] Коэффициент безопасности 1,0, применяемый к номинальной характеристике для оценки соответствия по тепловому воспламенению в соответствии с 5.4.

[b] Номинальное напряжение для оценки резистора должно соответствовать указанному значению для серии резисторов, а не уменьшенному напряжению за счет допустимых отклонений сопротивления.

[c] Номинальный ток обычно не указывается, но может присутствовать для резисторов с низким значением сопротивления.

[d] См. 7.1.

Внешние соединения резистора должны соответствовать 6.5.1, за исключением случаев, когда резистор обеспечивает только собственную устойчивость к тепловому воспламенению. Требования об обеспечении разделений не должны применяться к внутренней части резистора. Не следует учитывать неисправности между витками проволочного резистора с правильным номиналом и обмотками с покрытием, нанесенным изготовителем резистора. Предполагается, что изолирующая поверхность резистора соответствует требуемому значению СИТ, указанному в графе 7 таблицы 7 или сноске d) в таблице 8 при номинальном напряжении, определенном изготовителем резистора. При применении таблицы 9 изолирующую поверхность резистора следует считать материалом группы IIIa, если изготовителем резистора не указано иное.

Если резистор и конденсатор или ионистор последовательно соединены для ограничения заряда или разряда конденсатора или ионистора, то номинальная мощность резистора должна основываться на меньшем из значений мощности, рассчитанной с использованием напряжения на емкости (как если бы конденсатор был батареей) или общая доступная мощность в ваттах, эквивалентная CU^2 *(Вт·с)*, где *C* — максимальная емкость, а *U* — максимальное напряжение.

Резисторы, соответствующие данному пункту, считаются способными выдерживать любые ожидаемые переходные процессы, за исключением номинальной мощности последовательно соединенных резисторов во время заряда или разряда конденсаторов или ионисторов.

Для ограничения при оценке искробезопасности может использоваться внутреннее сопротивление батареи или ионистора. В этом случае минимальное значение сопротивления должно быть указано изготовителем элемента или определено в соответствии с 9.14.5.

Сопротивление:

- предохранителя;
- нити накаливания в ручных или головных светильниках; или
- инфракрасных источников в детекторах газа

применяется для ограничения тока при условии, что эти компоненты используются в пределах их номинальных характеристик. Должно использоваться сопротивление в холодном состоянии при минимальной эксплуатационной температуре, определяемой либо в соответствии с 9.8, либо согласно указаниям изготовителя компонента.

Примечание — Для лампы может потребоваться другой вид взрывозащиты, кроме искробезопасности.

7.5 Конденсаторы

7.5.1 Общие требования

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если они не соответствуют 7.5.2, 7.5.3 или 7.5.4, повреждение конденсаторов в виде обрыва цепи, короткого замыкания и любого значения емкости ниже максимального следует считать неучитываемым повреждением. Считается, что емкость не увеличивается по сравнению с максимальным номинальным значением.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» конденсаторы, не соответствующие 7.5.2, считаются повреждаемыми, как указано в 7.2.

Конденсаторы следует рассматривать как компоненты, накапливающие энергию.

Саморазогрев конденсаторов учитывать не нужно.

Примечание — Требования к ионисторам приведены в 7.15.

7.5.2 Конденсаторы, от которых зависит искробезопасность

Конденсаторы, характеристики которых соответствуют 7.1, а также следующим требованиям, считаются повреждаемыми в соответствии с таблицей 14.

Таблица 14 — Номинальные характеристики и виды повреждений конденсаторов

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам			Вид повреждения			Режим нормальной эксплуатации
	U	I	P	Обрыв цепи	Короткое замыкание	$C < (C_{ном}$ — допустимое отклонение)	
«ia» и «ib»	1,5	Не применяется	Не применяется	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение [a]	Учитываемое повреждение	$C_{ном}$ ± допустимое отклонение
«ic»	1,0	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	$C_{ном}$ ± допустимое отклонение

[a] Конденсаторы с внутренними и внешними разделениями, отвечающие требованиям 6.5.4.2, должны считаться неспособными к короткому замыканию цепи.

Внешние соединения конденсаторов должны соответствовать 6.5.1. Требования к разделению не должны применяться к внутренней части конденсаторов в случаях, когда повреждение конденсатора в форме короткого замыкания (в случаях короткого замыкания конденсатора) является учитываемым повреждением, и для уровня вида взрывозащиты «ic».

Если конденсаторы расположены между цепями, требующими для обеспечения искробезопасности гальванической развязки, то изоляция каждого конденсатора должна соответствовать требованиям по диэлектрической прочности, указанным в 6.9, применяемым между его электродами, а также между каждым электродом и внешними токопроводящими частями конденсатора.

7.5.3 Блокирующие конденсаторы

Электролитические конденсаторы, в том числе танталовые, не должны использоваться там, где искробезопасность зависит от блокировки постоянного тока.

Следует учитывать эффект емкостной связи. Должен учитываться ток, вызванный самой высокой номинальной рабочей частотой в этой части цепи (как указано изготовителем). Энергия переходного процесса от искроопасной цепи к искробезопасной цепи (например, в результате применения пикового значения U_m) должна соответствовать допустимой энергии воспламенения по 9.11.

Для уровня вида взрывозащиты «ia» блокировка постоянного тока может быть достигнута с помощью двух последовательно соединенных конденсаторов при условии, что конденсаторы:

- соответствуют 7.5.2;
- с твердым диэлектриком;
- каждый из них соответствует требованиям к диэлектрической прочности согласно 6.9.

В качестве учитываемого повреждения любой из двух конденсаторов должен рассматриваться как повреждаемый на короткое замыкание или обрыв. Однако второе учитываемое повреждение к сборке конденсаторов не применяют, если общее расстояние между крайними узлами сборки соответствует 6.5.4.2 и расстояние между узлами каждого конденсатора составляет по крайней мере половину значения, необходимого для надежного разделения.

Примечание — Требуется только один конденсатор, если его внутреннее и внешнее разделения соответствуют 6.5.4.2.

7.5.4 Неповреждаемые конденсаторы фильтра

Конденсаторы, подключаемые между корпусом устройства и искробезопасной цепью, должны соответствовать 6.9. Если в результате повреждения на короткое замыкание произойдет обход компонента, от которого зависит искробезопасность цепи, то они также должны:

a) сохранять соответствие требованиям к неповреждаемым внутренним и внешним разделениям согласно 6.5.4.2;

b) соответствовать требованиям к блокирующим конденсаторам, указанным в 7.5.3.

Примечание — Обычное назначение конденсаторов, подключаемых между общей точкой и цепью, — подавление ВЧ пульсаций, например проходные конденсаторы.

7.6 Катушки индуктивности и обмотки

7.6.1 Общие требования

Катушки индуктивности и обмотки должны соответствовать 7.6, за исключением обмоток трансформаторов, описанных в 7.8.

Примечание — Значения R или L/R для обмоток трансформатора можно определить с помощью 7.6. К обмоткам трансформатора может быть применима оценка, описанная в 7.6.3.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если не выполняются требования 7.6.2, 7.6.3, 7.6.4 или 7.6.5.2, повреждение катушек индуктивности на любое значение сопротивления между разомкнутой цепью и коротким замыканием считается неучитываемым повреждением в соответствии с 7.2. Должны учитываться только отношения индуктивности к сопротивлению, меньшие или равные значению, указанному в технических характеристиках катушки индуктивности. Считается, что по сравнению с максимальным номинальным значением индуктивность не увеличивается.

Индуктивность синфазной катушки индуктивности оценивают по 7.6.5.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» катушки индуктивности, не соответствующие 7.6.2 или 7.6.4, считаются повреждаемыми, как указано в 7.2.

Катушки индуктивности следует рассматривать как компоненты, накапливающие энергию.

Примечание — Для целей 7.6 обмотки считаются катушками индуктивности.

7.6.2 Катушки индуктивности, от которых зависит искробезопасность

Катушки индуктивности, характеристики которых соответствуют 7.1 и следующим требованиям, должны рассматриваться как повреждаемые в соответствии с таблицей 15.

Таблица 15 — Номинальные характеристики и виды повреждений катушек индуктивности

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам			Вид повреждения					Режим нормальной эксплуатации
	U	I	P	Обрыв цепи	Короткое замыкание	$R < (R_{ном}$ — допустимое отклонение)	$L < (L_{ном}$ — допустимое отклонение)	$L/R >$ макс	
«ia» и «ib»	Не применяется	1,5	Не применяется	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение [a]	Учитываемое повреждение [a]	Учитываемое повреждение [a]	Не применяется	$L_{ном}$ ± допустимое отклонение; $R_{ном}$ ± допустимое отклонение
«ic»	Не применяется	1,0	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	$L_{ном}$ ± допустимое отклонение; $R_{ном}$ ± допустимое отклонение

[a] Катушки индуктивности, соответствующие 7.6.3, не считаются повреждаемыми при сопротивлении ниже их номинального значения.

Требования к разделениям согласно 6.5.1 распространяются на внешние соединения катушек индуктивности и не применяются к соединениям внутри них.

7.6.3 Неповреждаемые катушки индуктивности, состоящие из изолированных проводников

Катушки индуктивности, состоящие из изолированных проводников, считают неповреждаемыми на изменение сопротивления ниже номинального значения (с учетом допустимых отклонений), если они соответствуют всем следующим условиям:

a) катушка индуктивности должна соответствовать 7.6.2;

b) номинальный диаметр проводников провода, используемых для обмотки катушки индуктивности, должен быть не менее 0,05 мм;

c) проводник должен быть покрыт по крайней мере двумя слоями изоляции или одним слоем твердой изоляции толщиной более 0,5 мм между соседними проводниками, или быть изготовлен из эмалированного провода круглого сечения в соответствии с одним из следующих требований:

1) круглый эмалированный провод типа 1, который соответствует минимальным требованиям к диэлектрическому пробою для типа 2 и имеет не более шести повреждений на 30 м провода независимо от диаметра при испытании на целостность изоляции по *ГОСТ IEC 60851-5*; или

2) круглый эмалированный провод типа 2.

Примечания

1 Необходимость проверки соответствия характеристик изоляции, указанных изготовителем, типам 1 и 2 настоящим стандартом не регламентируется.

2 Типы проводов установлены [10].

d) обмотки должны быть пропитаны соответствующим веществом, например путем окунания, капельной или вакуумной пропитки, принимая во внимание следующее:

1) пропитка должна проводиться после закрепления или намотки, а также после сушки для удаления влаги;

2) пропитка осуществляется с соблюдением специальных инструкций изготовителя соответствующего вида пропиточного вещества;

3) пропитка должна обеспечивать максимально полное заполнение промежутков между проводниками и достижение хорошего сцепления между проводниками;

4) если используются пропиточные вещества, содержащие растворители, процесс пропитки и сушки должен осуществляться не менее двух раз; и

5) покрытие путем окраски или напыления не считается пропиткой.

7.6.4 Демпферные обмотки

Демпферные обмотки, выполненные в виде короткозамкнутых витков для снижения влияния индуктивности, считают неповреждаемыми на размыкание, если они имеют надежную механическую конструкцию, выполненную, например, в виде бесшовных металлических трубок или обмоток из неизолированного постоянно короткозамкнутого провода, соединенных пайкой.

7.6.5 Синфазные катушки индуктивности (фильтры подавления электромагнитных помех)

7.6.5.1 Общие требования

Если суммарная энергия переходного процесса, создаваемая цепью и запасенная в синфазной катушке индуктивности, при испытаниях по 9.15 не превышает пределы энергии, указанные в таблице D.1, то считается, что индуктивность синфазной катушки соответствует индуктивности рассеяния. Если вышеизложенное не выполняется, то применяются следующие правила:

a) для уровней вида взрывозащиты «ia» или «ib», если синфазная катушка индуктивности не соответствует 7.6.5.2, ее индуктивность должна быть равна индуктивности одной обмотки при разомкнутой цепи другой;

b) для уровня вида взрывозащиты «ic», где обратный путь тока может проходить только через катушку индуктивности, считается, что синфазные катушки индуктивности имеют индуктивность, соответствующую индуктивности рассеяния. В противном случае индуктивность должна быть равна индуктивности одной обмотки при разомкнутой цепи другой.

Примечание — Синфазные катушки индуктивности обычно работают в дифференциальном режиме *и предназначены* для уменьшения электромагнитных помех.

7.6.5.2 Неповреждаемые синфазные катушки индуктивности

Синфазные катушки индуктивности для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» можно считать имеющими значение индуктивности, равное индуктивности рассеяния, если они соответствуют следующему:

a) катушки индуктивности должны иметь номинальные значения в соответствии с требованиями 7.6.2;

b) обратный путь тока должен проходить только через синфазную катушку индуктивности;

c) либо:

1) они должны соответствовать требованиям 7.6.3;

2) они должны соответствовать требованиям диэлектрической прочности в соответствии с 6.9;

3) разделение входов и выходов должно соответствовать 6.5.4.2, но требования к разделению не должны применяться к внутренней части;

4) конструкция должна обеспечивать разделение обмоток и их соединений в соответствии с 6.5.4.2.

7.7 Полупроводники

7.7.1 Повреждение полупроводников

Данным стандартом не допускается проводить анализ интегральных схем на основе интенсивности повреждений в определенных режимах повреждений, отличных от указанных.

При испытаниях и производстве устройств может использоваться программное обеспечение.

Пример — Анализ согласно ГОСТ IEC 61508 недостаточен для подтверждения искробезопасности.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» или «ib» полупроводники считаются повреждаемыми при следующих условиях:

a) если не соответствует 7.7.2 и 7.7.3, обрыв цепи или короткое замыкание считается неучитываемым повреждением;

b) интегральные схемы считаются повреждаемыми, поскольку между их внешними контактными средствами может иметь место любая комбинация замыканий (размыканий). Несмотря на то, что может быть принята любая комбинация, после ввода повреждения его нельзя менять, например, путем ввода второго повреждения неисправности. В условиях повреждения любая емкость и индуктивность, подключенные к устройству, должны рассматриваться в их наиболее опасном соединении в результате примененного повреждения;

c) при рассмотрении напряжения, имеющегося на внешних выводах интегральной схемы, включающей преобразователи напряжения (например, для повышения напряжения или инверсии напряжения во флэш-памяти), внутренние напряжения учитывать не нужно, при условии, что при нормальной работе повышенное напряжение не присутствует ни на одном внешнем выводе, и для преобразования не используются внешние компоненты, такие как конденсаторы или катушки индуктивности. Если при нормальных условиях эксплуатации на каком-либо внешнем выводе интегральной схемы присутствует повышенное напряжение, то считают, что повышенное напряжение присутствует только на этом выводе и любых выводах того же корпуса.

Примечание — Настоящий стандарт не требует проверки спецификации изготовителя полупроводника;

d) при оценке теплового воспламенения для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» повреждение полупроводника следует рассматривать как неучитываемое повреждение, при котором он рассеивает максимальную мощность, возможную в месте его установки при указанных в 5.2 условиях, если не применяется одно из следующих условий:

1) диоды (включая светодиоды и стабилитроны), работающие в соответствии с требованиями 7.7.2, должны учитываться только по мощности, которую они могут рассеивать в режиме прямой проводимости или режиме стабилитрона, если применимо;

2) несложные управляемые полупроводники, такие как транзисторы, тиристоры и симисторы, работающие в пределах требований 7.7.2, должны рассматриваться как неспособные к повреждению коротким замыканием или обрывом цепи. Кроме того, оценка по тепловому воспламенению управляемого полупроводника должна включать его работу без сбоев в любом активном или ключевом режиме работы, а также в любом состоянии, в которое он может быть переведен при повреждении других компонентов в цепи, в которой он установлен. Например, повреждение в цепи управления затвором полевого транзистора может привести к нагреву из-за высокого сопротивления открытого канала сток-исток.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» полупроводники, не соответствующие 7.7.2, считаются повреждаемыми, как указано в 7.2.

7.7.2 Полупроводники, от которых зависит искробезопасность

Полупроводники с характеристиками согласно 7.1 и соответствующие следующим требованиям, считаются повреждаемыми в соответствии с таблицей 16.

Таблица 16 — Номинальные характеристики и виды повреждений полупроводников

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам			Вид повреждения		
	U^b	I^b	P^b	Обрыв цепи	Короткое замыкание	Другие повреждения[a]
«ia» и «ib»	1,5	1,5	1,5	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение
«ic»	1,0	1,0	1,5[c] 1,0[c]	Не применяется	Не применяется	Не применяется

[a] Повреждения по 7.7.1.

[b] Коэффициент безопасности не применим к номинальным параметрам полупроводников, включая интегральные схемы, которые обеспечивают внутреннее ограничение, соответствующее этому параметру, например номинальное напряжение проводимости диодов и номинальный ток встроенных цепей ограничения тока.

[c] См. 7.1.

Внешние соединения полупроводника должны соответствовать требованиям 6.5.1, если это применимо, но требования к разделению не должны применяться к внутренней части герметичного полупроводника.

7.7.3 Воздействия переходных процессов на полупроводники, от которых зависит искробезопасность

Полупроводники, от которых зависит искробезопасность, защищенные плавким предохранителем или с ограничением тока управляемым полупроводниковым ограничителем, должны рассчитываться с коэффициентом безопасности 1,0 для максимального импульса переходного тока, возникающего во время переключения ограничения (например, при срабатывании предохранителя или время срабатывания ограничения тока управляемым полупроводниковым ограничителем). Это должно быть продемонстрировано в соответствии с 9.16.

Полупроводники, от которых зависит искробезопасность и которые защищены управляемым полупроводниковым ограничителем напряжения (например, закорачивающим на землю шунтом), должны быть рассчитаны с коэффициентом безопасности 1,0 на максимальное напряжение, которому они подвергаются во время срабатывания ограничения. Для снижения максимального напряжения во время этого переходного процесса можно использовать соответствующим образом защищенное одиночное шунтирующее устройство, ограничивающее переходные процессы, такое как стабилитрон.

Любые другие переходные процессы, включая переходные процессы перенапряжения на U_m и U_i, не должны учитываться при расчете переходных характеристик полупроводников.

Пример — Переходные процессы, создаваемые переключаемыми источниками питания, не нужно учитывать при оценке полупроводников.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» вышеуказанные требования применяются только к диодным барьерам безопасности.

7.7.4 Полупроводники в шунтах, ограничивающих напряжение

Полупроводники могут использоваться в качестве шунтирующих устройств ограничения напряжения при условии, что они соответствуют 7.7.2 и 7.7.3 с применимым коэффициентом безопасности для следующего:

a) диодов, транзисторов с диодным соединением, тиристоров и эквивалентных им полупроводниковых устройств: номинальный ток в прямом направлении больше или равен току короткого замыкания, который будет протекать в месте их установки;

b) стабилитронов:

1) рассчитанных на мощность, которая будет рассеиваться в режиме стабилизации,

2) имеющих номинальный ток в прямом направлении, превышающий или равный току короткого замыкания, который будет протекать в месте их установки.

Примечание — Максимальный ток в прямом направлении необходим для обеспечения способности всей конструкции стабилитрона выдерживать любой ток, *который будет протекать в месте их установки при* повреждении.

В нормальном режиме работы шунтирующие устройства могут проводить ток.

7.7.5 Сборка шунтов, от которой зависит искробезопасность

Цепь или сборка компонентов, включающая управляемый шунтирующий полупроводник, может использоваться в качестве шунтирующего ограничителя при условии, что выполняются следующие требования:

a) все компоненты должны иметь номиналы в соответствии с 7.7.2, 7.7.3 и 7.7.4;

b) при наличии нескольких независимых шунтирующих цепей напряжение сборки должно соответствовать напряжению шунта с самым высоким напряжением;

c) если шунтирующий узел, не обеспечивающий гальванической развязки, изготавливается как отдельное устройство, а не как часть более крупного устройства, конструкция сборки должна соответствовать 8.1.2.

Примечание — Если шунтирующий компонент используется для предотвращения искрового воспламенения компонента, например, катушки индуктивности, то может потребоваться применение герметизации в соответствии с 6.6.2.

7.7.6 Защитные сборки, не допускающие превышения предельного напряжения

Для уровня вида взрывозащиты «ia» в части способности ограничения выходного напряжения считаются неповреждаемыми следующие конструкции шунтирующих сборок, если они соответствуют 7.7.5:

a) две раздельные параллельно включенные дорожки диодов или стабилитронов или диодных цепочек; выход из строя только одного диода или стабилитрона из-за размыкания цепи или короткого замыкания считается единичным учитываемым повреждением;

b) диодная сборка, соединенная по мостовой схеме;

c) две независимые управляемые полупроводниковые цепи ограничения напряжения, если и входная, и выходная цепи являются искробезопасными цепями или если можно доказать, что они не могут подвергаться воздействию напряжения при переходном процессе;

d) для связанного устройства — три независимые управляемые полупроводниковые цепи ограничения напряжения, которые могут подвергаться воздействию напряжения при переходном процессе.

7.7.7 Полупроводниковые ограничители тока

Управляемые и неуправляемые полупроводники могут использоваться для коммутации или ограничения тока при условии, что они соответствуют 7.7.2 и 7.7.3.

7.7.8 Использование программируемых компонентов

Программируемыми компонентами, рассматриваемыми в данном разделе, являются микроконтроллеры, микропроцессоры, схемы с программируемой логикой и компоненты, основной функцией которых является обеспечение энергозависимой и энергонезависимой памяти. Компоненты более высокой степени интеграции, содержащие микроконтроллеры, микропроцессоры или схемы с программируемой логикой в качестве подфункции, также считаются программируемыми компонентами.

Примечание — Микроконтроллеры и микропроцессоры предназначены для выполнения программного кода, тогда как программируемые логические компоненты могут быть сконфигурированы с помощью языка описания аппаратуры.

Для всех уровней защиты при определении эксплуатационных температур предполагается, что программируемые компоненты работают в номинальном режиме.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» повреждение программируемого компонента считают неучитываемым повреждением.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» программируемые компоненты:

a) могут использоваться для установки уровней аппаратного управления цепями (например, для управления напряжением, током, температурой), где искробезопасность зависит от контролируемого уровня;

b) может составлять часть контура управления цепями с целью обеспечения соответствия по тепловому воспламенению и номинальных характеристик компонентов;

c) не должны применяться для срабатывания при изменении условий, которые представляют риск искрового воспламенения.

Примеры

Для уровня вида взрывозащиты «ic»

- если для обеспечения защиты от искрового воспламенения используется закорачивающий на землю шунт, то программируемые компоненты могут использоваться для управления порогом срабатывания аппаратного триггера этого шунта, но не для срабатывания этого шунта;

- программируемые компоненты не могут использоваться в контуре управления регулятора напряжения, который определяет U_o, если данный параметр необходим для предотвращения искры, способной привести к воспламенению, но программируемые компоненты могут использоваться для установки уставки регулятора напряжения;

- программируемые компоненты не могут использоваться в контуре управления выходными параметрами, которые ограничивают I_o, если от него зависит сохранение I_o в пределах, не вызывающих искрового воспламенения при коротком замыкании, но программируемые компоненты могут использоваться для установки уставки регулятора тока.

Цифровой потенциометр (или другое подобное устройство), который для установки значения сопротивления использует считывание из памяти или внутреннего регистра только во время инициализации, не может использоваться в качестве компонента, от которого зависит искробезопасность при уровнях вида взрывозащиты «ia» и «ib», поскольку считается программируемым компонентом в соответствии с 7.7.8, и его режимы сбоев должны учитываться соответствующим образом. Память имеет основополагающее значение для основной функции компонента.

К цифровым потенциометрам (или другим подобным устройствам), которые могут использоваться в качестве компонентов, от которых зависит искробезопасность в соответствии с 7.7.2, относятся те, у которых:

1) сопротивление (или другое значение) устанавливается при изготовлении оборудования или компонента (например, конфигурационные наконечники плавких предохранителей или лазерная регулировка);

2) срабатывание не зависит от считывания из памяти или внутренних регистров, которые предназначены для перепрограммирования для установки сопротивления;

3) не могут быть изменены конечным пользователем оборудования.

7.8 Трансформаторы

7.8.1 Общие требования

Не должна учитываться комбинация неисправностей внутри трансформатора, которая может привести к увеличению выходного напряжения или тока.

Трансформаторы следует рассматривать как компоненты, накапливающие энергию.

Трансформаторы, не соответствующие 7.8.2, оценивают следующим образом:

a) короткое замыкание гальванической развязки между обмотками трансформатора считают неучитываемым повреждением;

b) для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» выход из строя обмоток при любом значении сопротивления между разомкнутой цепью и коротким замыканием считается неучитываемым повреждением, за исключением случаев, когда обмотка соответствует 7.6.2 или 7.6.3;

c) для уровня вида взрывозащиты «ic» необходимо учитывать появление коротких замыканий или обрывов внутри обмоток, за исключением случаев, когда трансформатор сконструирован в соответствии с соответствующим промышленным стандартом для данного типа оборудования.

7.8.2 Трансформаторы, от которых зависит искробезопасность

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» трансформаторы, используемые в пределах своих нормальных номинальных характеристик и отвечающие требованиям 7.8.3 и 7.8.4, если применимо, должны рассматриваться как обеспечивающие надежную гальваническую развязку между применимыми обмотками.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» трансформаторы, от которых зависит искробезопасность, должны пройти типовые испытания в соответствии с 9.17.2 или 9.17.3, в зависимости от обстоятельств.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» трансформаторы, рассчитанные на нормальное рабочее напряжение, ток и мощность в цепи и отвечающие требованиям 7.8.5, если применимо, должны рассматриваться как обеспечивающие надежную гальваническую развязку между применимыми обмотками.

Трансформаторы, от которых зависит искробезопасность, должны подвергаться контрольным испытаниям в соответствии с 10.3.

7.8.3 Конструкция трансформаторов, от которых зависит искробезопасность

Конструктивно обмотки трансформатора должны быть объединены в единую конструкцию, например, путем пропитки или герметизации.

Примечание — Использование пропитки для закрепления обмоток не обеспечивает соответствия требованиям к разделениям.

Все обмотки питания искробезопасных цепей должны быть отделены от всех остальных обмоток путем применения одного из следующих типов конструкции.

Для конструкции типа 1 обмотки должны располагаться либо:

рядом — тип 1a); или

на разных стержнях сердечника — тип 1b).

Обмотки должны быть разделены в соответствии с таблицей 7.

Для конструкции типа 2 обмотки должны быть намотаны одна на другую с использованием:

сплошной изоляции в соответствии с таблицей 7 между обмотками — тип 2a); или

экрана из медной фольги, соответствующего 6.5.9, между обмотками или эквивалентной проволочной обмотки (проволочный экран) — тип 2b). Толщина медной фольги или проволочного экрана должна соответствовать таблице 17.

Примечание — Данная конструкция гарантирует, что для типа 2b) в случае короткого замыкания между любой обмоткой и экраном экран выдержит без пробоя ток, который протекает до тех пор, пока не сработает предохранитель или автоматический выключатель.

Допуски изготовителя не должны уменьшать значения, приведенные в таблице 17, более чем на 10 % или 0,1 мм, в зависимости от того, что меньше.

Таблица 17 — Минимальная толщина фольги или минимальный диаметр проволоки экрана

Номинал предохранителя, А	0,1	0,5	1	2	3	5	10
Максимальный ток, А	0,17	0,85	1,7	3,4	5,1	8,5	17
Минимальная толщина экрана из фольги, мм	0,05	0,05	0,075	0,15	0,25	0,3	0,5
Минимальный диаметр проволоки экрана, мм	0,2	0,45	0,63	0,9	1,12	1,4	1,8

Экран из фольги должен иметь два независимых вывода к опорному потенциалу, например земле или отрицательной клемме батареи, каждый из которых рассчитан на максимальный длительный ток, который может протекать.

Пример — Примерами максимального длительного тока являются ток до срабатывания автоматического выключателя или $1{,}7 \cdot I_n$ для предохранителя.

Проволочный экран должен состоять как минимум из двух электрически независимых слоев проволоки, каждый из которых снабжен соединением, рассчитанным на протекание максимального длительного тока, который может протекать. Единственное требование к изоляции между слоями состоит в том, что она должна выдерживать испытание действующим напряжением 500 В для всех соседних слоев в соответствии с 9.6.

Для трансформаторов с ферритовыми сердечниками не требуется заземление сердечника, но феррит следует считать токопроводящим для целей разделения, если только не имеется достаточной информации, подтверждающей, что материал сердечника является изолирующим.

7.8.4 Защитные меры для трансформаторов, от которых зависит искробезопасность для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib»

7.8.4.1 Сетевые трансформаторы

Сердечники всех сетевых трансформаторов, включая трансформаторы, у которых хотя бы одна обмотка не изолирована гальванически от сети, должны быть снабжены выводом для подключения заземления, за исключением случаев, когда заземление не требуется в целях искробезопасности, например, когда используются трансформаторы с изолированными сердечниками.

Входная обмотка сетевых трансформаторов, предназначенных для питания искробезопасных цепей, должна быть защищена либо предохранителем, соответствующим 7.11, либо автоматическим выключателем соответствующего номинала.

Если входные и выходные обмотки разделены заземленным металлическим экраном (конструкция типа 2b), то каждая незаземленная входная линия должна быть защищена предохранителем или автоматическим выключателем.

Если помимо предохранителя или автоматического выключателя для защиты от перегрева трансформатора применяется встроенное устройство, используемое для ограничения температуры, соответствующее 7.16.2.1 и 7.16.2.3, то достаточно одного устройства.

Предохранители, держатели предохранителей, автоматические выключатели и устройства, используемые для ограничения температуры, должны соответствовать применимому промышленному стандарту.

Трансформаторы промышленной частоты должны быть испытаны в соответствии с 9.17.2.1, а остальные трансформаторы — в соответствии с 9.17.2.2.

Примечание — Настоящий стандарт не требует проверки спецификаций изготовителя предохранителей, держателей предохранителей, автоматических выключателей и устройств, используемых для ограничения температуры.

7.8.4.2 Трансформаторы, гальванически разделенные от сети питания

Поскольку трансформаторы, гальванически разделенные от сети питания, не подключаются напрямую к сетевому напряжению, применяются пониженные требования к испытаниям согласно 9.17.3.

Примечание — Трансформаторы, не подключенные напрямую к сети питания, считаются подключенными к вторичным цепям более низкой категории перенапряжения. Такие трансформаторы могут быть трансформаторами связи, например используемыми в сигнальных цепях или импульсных источниках питания.

Если такие трансформаторы подключаются к искроопасным цепям, питаемым от сети, то должны быть применены либо защитные меры в соответствии с 7.8.4.1, либо в подключение питания должен быть включен одиночный шунтирующий стабилитрон, защищенный с коэффициентом безопасности 1,0 предохранителем соответствующего номинала в соответствии с 7.11, чтобы неуказанная мощность не нарушала надежность гальванической развязки, обеспечиваемой трансформатором. Номинальное входное напряжение, указанное в 9.17.3, должно соответствовать напряжению стабилитрона.

Если такие трансформаторы подключаются только к искробезопасным цепям и предохранитель отсутствует, то на каждую обмотку должен воздействовать максимальный ток, который может протекать при условиях, указанных в 5.2.

7.8.5 Требования к трансформаторам уровня вида взрывозащиты «ic»

Для уровня вида взрывозащиты «ic» трансформаторы, от которых зависит искробезопасность, должны иметь номинальное входное напряжение, эквивалентное U_m или U_i, и соответствовать применимым требованиям безопасности соответствующих промышленных стандартов, обеспечивающих базовую изоляцию. Требования таблицы 7 или 9, в зависимости от обстоятельств, применяются к внешним соединениям трансформаторов, но не применяются к внутренним разделениям между обмотками.

Трансформаторы уровня вида взрывозащиты «ic» должны выдержать типовые испытания в соответствии с 9.17.4.

7.9 Реле

7.9.1 Общие требования

Катушку реле следует рассматривать как компонент накопления энергии. Должны учитываться только отношения индуктивности к сопротивлению, меньшие или равные значению, полученному из технических характеристик катушки индуктивности. Считается, что индуктивность не увеличивается по сравнению с максимальным номинальным значением. Если реле не соответствуют 7.9.2, то их оценивают следующим образом:

- короткое замыкание через изоляцию реле между обмоткой и любым контактом, и между контактами считают неучитываемым повреждением;
- для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» отклонение номинального сопротивления обмотки катушки от обрыва до короткого замыкания считают неучитываемым повреждением;
- для уровня вида взрывозащиты «ic» обрыв обмотки катушки на и короткое замыкание считают неучитываемым повреждением.

7.9.2 Реле, от которых зависит искробезопасность

Реле, от которых зависит искробезопасность, должны соответствовать требованиям диэлектрической прочности, указанным в 6.9. Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» реле, от которых зависит искробезопасность, которые работают в пределах своих технических характеристик при нормальной работе и соответствуют всем следующим требованиям, если применимо, должны рассматриваться как обеспечивающие надежную гальваническую развязку между катушкой и контактами или между разными контактами:

а) расстояние между катушкой и контактами должно соответствовать 6.5.4.2;

b) катушка должна быть способна рассеивать максимальную мощность, которой она может подвергаться в условиях, указанных в 5.2;

c) если катушка подключена к искробезопасной цепи, то в нормальном режиме эксплуатации на контактах не должно возникать значений, превышающих номинальные значения, указанные изготовителем;

d) если номинальный контактный ток составляет от 5 А (действующее значение) до 10 А (действующее значение), или полная мощность находится в пределах от 100 В·А до 500 В·А, или напряжение превышает 250 В переменного тока (действующего значения), то применяется одно из следующих условий:

1) требуемые путь утечки и зазор внутри реле должны быть увеличены вдвое,

2) если для реле используются уменьшенные расстояния разделения согласно 6.5.3, реле, соответствующие *ГОСТ IEC 61810-1*, допускаются при условии, что:

- реле соответствует усиленной изоляции согласно *ГОСТ IEC 61810-1* с номинальным напряжением изоляции не ниже напряжения, требуемого 6.5.5,
- оценка реле в соответствии с *ГОСТ IEC 61810-1* на номинальное напряжение изоляции проводится, по крайней мере, для той же категории перенапряжения, в которой используется реле в контексте данного стандарта,
- оценка реле согласно *ГОСТ IEC 61810-1* на номинальное напряжение изоляции проводится как минимум для степени загрязнения 2,
- контакты в нормальном режиме работы используются в пределах номинальных значений оценки *ГОСТ IEC 61810-1* для этого реле.

Требования к разделению и диэлектрической прочности согласно данному стандарту по-прежнему применяются к таким реле, за исключением того, что для таких реле не требуется испытание на частичный разряд;

e) при значениях тока или мощности, превышающих указанные в d), искробезопасные и искроопасные цепи должны быть подключены к одному и тому же реле только в том случае, если применяется одно из следующих условий:

1) они разделены металлической перегородкой, соответствующей 6.5.9, или изолирующей перегородкой, соответствующей 6.5.10. Размеры такой изолирующей перегородки должны учитывать ионизацию, возникающую при работе реле, для чего обычно требуются пути утечки и электрические зазоры, превышающие указанные в 6.5.4.2,

2) при использовании для реле уменьшенных разделительных расстояний в соответствии с 6.5.3 допускается применять реле, соответствующие *ГОСТ IEC 61810-1*, при условии, что:

- реле соответствует требованиям к усиленной изоляции согласно *ГОСТ IEC 61810-1* с номинальным напряжением изоляции, рассчитанным на напряжение, по крайней мере, требуемое 6.5.5,
- выполнена оценка реле в соответствии с *ГОСТ IEC 61810-1* для номинального напряжения изоляции, по крайней мере, для той же категории перенапряжения, что и реле, используемое в контексте настоящего стандарта,
- выполнена оценка реле согласно *ГОСТ IEC 61810-1* на номинальное напряжение изоляции как минимум для степени загрязнения 3.

Примечание — Хотя реле используется при степени загрязнения 2, внутренние расстояния реле рассчитаны на степень загрязнения 3, чтобы учесть ионизацию, возникающую при работе реле;

- в режиме нормальной работы контакты используются в пределах номиналов оценки *ГОСТ IEC 61810-1* для этого реле.

Требования к разделению и диэлектрической прочности согласно данному стандарту по-прежнему применяются к таким реле, за исключением того, что для таких реле не требуется испытание на частичный разряд;

f) если реле имеет контакты в искробезопасных цепях и другие контакты в искроопасных цепях, то искробезопасные и искроопасные контакты должны быть разделены изолирующей перегородкой, соответствующей 6.5.10, или металлической перегородкой, соответствующей 6.5.9 в дополнение к таблице 7. Реле должно быть спроектировано таким образом, чтобы сломанные или поврежденные контакты не могли сместиться и нарушить целостность разделения между искробезопасными и искроопасными цепями;

g) если изолирующая или заземленная металлическая перегородка встроена в закрытый корпус реле, то 9.4.3 должен применяться к закрытому корпусу реле, а не к самой изолирующей или заземленной металлической перегородке.

Для уровня вида взрывозащиты «ic», когда реле сконструировано в соответствии с соответствующим промышленным стандартом для устройства, за исключением диэлектрических и разделительных расстояний, никаких дополнительных повышенных требований к конструкции не предъявляют.

7.10 Изоляторы сигналов

7.10.1 Общие требования

К изоляторам сигналов, использующим оптические, магнитные, емкостные связи и гальванически разделяющие компоненты, применяются требования 7.10, кроме трансформаторов (см. 7.8), реле (см. 7.9) или одиночных конденсаторов (см. 7.5).

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если они не соответствуют 7.10.2 и 7.10.3 или 7.10.4, выход из строя изоляторов сигнала из-за короткого замыкания гальванической развязки и любого значения сопротивления считается неучитываемым повреждением.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» изоляторы сигналов, не соответствующие 7.10.2, а также 7.10.3 или 7.10.4, должны считаться повреждаемыми, как указано в 7.2, в том числе по их гальванической развязке.

Для соответствия настоящему стандарту к автономным оптическим изоляторам не обязательно должны применяться требования *ГОСТ 31610.28*.

7.10.2 Изоляторы сигналов, от которых зависит искробезопасность

Изоляторы сигналов, рассчитанные в соответствии с требованиями 7.1 и соответствующие следующим требованиям, считаются повреждаемыми в соответствии с таблицей 18.

Таблица 18 — Номинальные характеристики и виды повреждений изоляторов сигналов

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам			Вид повреждения	
	U	*I*	*P*	Замыкание через гальваническую развязку	Другие повреждения
«ia» и «ib»	1,0	1,0	1,0	Учитываемое повреждение[a]	Учитываемое повреждение
«ic»	1,0	1,0	1,0	Не применяется	Не применяется

[a] Изоляторы сигналов, соответствующие 7.10.3 или 7.10.4, считаются неповреждаемыми на короткое замыкание изоляции.

Если внешние защитные компоненты должны соответствовать номинальным характеристикам изолятора сигналов, то к защитным компонентам не должны применяться учитываемые повреждения, а номинальные характеристики защитного компонента должны иметь коэффициент безопасности 1,0. Например, достаточной защитой считается один шунтирующий стабилитрон, защищенный с коэффициентом безопасности 1,0 предохранителем соответствующего номинала в соответствии с 7.11. Для таких компонентов должно применяться разделение по общепромышленным стандартам (см. рисунок 3).

Внешние соединения через изоляцию изолятора сигналов должны соответствовать 6.5.1, но требования к разделению не должны применяться к внутренней части герметизированных или герметичных изоляторов сигналов, за исключением случаев, предусмотренных 7.10.3.

Изоляторы сигналов должны соответствовать требованиям диэлектрической прочности согласно 6.9 по гальванической развязке. Номинальное напряжение изоляции, указанное изготовителем, для надежного разделения компонента должно быть не менее испытательного напряжения, требуемого 6.9.

Неоптические изоляторы сигналов и оптические изоляторы с преднамеренной передачей мощности должны соответствовать пределу передачи дифференциального тока утечки 50 мкА при наиболее опасных условиях скорости передачи данных для рассматриваемого применения, которые определены согласно 9.9 или представлены изготовителем изолятора сигнала. При оценке оборудования нет необходимости учитывать передачу тока через изолятор сигналов.

Примечание — Оптические изоляторы сигналов исключаются из оценки передаваемого тока на основании предположения, что энергия, передаваемая оптически с помощью известных архитектур, не способна нарушить предел передачи тока.

7.10.3 Изоляторы сигналов между искробезопасными и искроопасными цепями

Считается, что изоляторы сигналов обеспечивают надежное разделение между искробезопасными и искроопасными цепями, если они соответствуют одному или нескольким из следующих требований:

a) оптические изоляторы сигналов с номиналом изоляции не ниже напряжения, требуемого 6.5.5. Изолятор сигнала дополнительно должен соответствовать 7.10.2;

b) неоптические изоляторы сигналов с номиналом изоляции не менее напряжения, требуемого 6.5.5. Изолятор сигнала дополнительно должен соответствовать 7.10.2;

c) изоляторы сигналов, соответствующие 7.10.2, а также требованиям к разделению 6.5.4.2, применяемым к внутренней части устройства, за исключением случаев, что требования граф 5, 6 и 7 таблицы 7 или граф 3 и 4 таблиц 8 и 9 не применяются к внутренним частям герметичных устройств;

d) изоляторы оптических сигналов, соответствующие требованиям 6.9 по гальванической развязке и для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», прошли испытания по 9.10. Номинальные характеристики изолятора оптического сигнала не обязательно должны соответствовать требованиям 7.1 или 7.10.2, за исключением того, что требования к разделению 6.5.4.2 должны применяться к внешним соединениям через изоляцию и к внутренней части изолятора оптического сигнала. Требования граф 5, 6 и 7 таблицы 7 или граф 3, 4 и 5 таблицы 8, а также граф 3 и 4 таблицы 9 не распространяются на внутреннюю часть герметичных устройств.

Примечание — *Оптические и неоптические изоляторы сигналов изготавливают с усиленной изоляцией в соответствии с [11] и [12].* Настоящий стандарт не требует проверки соответствия спецификации изготовителя изолятора сигналов применимым промышленным стандартам, например *[11], [12] или [13].*

7.10.4 Изоляторы сигналов между отдельными искробезопасными цепями

Следует считать, что изоляторы сигналов обеспечивают надежное разделение отдельных искробезопасных цепей, если они соответствуют 7.10.2 или 7.10.3 d). Могут потребоваться защитные методы (например, указанные в 7.10.2), чтобы избежать превышения номинальных характеристик изолирующего компонента.

7.11 Предохранители

Если искробезопасность зависит от размыкания предохранителя, то для целей оценки следует считать, что предохранитель способен непрерывно проводить ток силой $1{,}7I_n$. Для обеспечения защиты достаточно одного предохранителя подходящего номинала.

Для искробезопасного оборудования с уровнями вида взрывозащиты «ia» и «ib» предохранители, которые могут проводить ток при расположении во взрывоопасных средах, должны быть герметизированы в соответствии с 6.6.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» размыкание предохранителя должно рассматриваться как риск воспламенения только в том случае, если такое размыкание является ожидаемым событием, например когда короткое замыкание или перегрузка в соединительных контактных средствах может привести к срабатыванию предохранителя.

Если предохранители герметизированы или имеют покрытие, то компаунд или покрытие не должны попадать внутрь предохранителя. Это должно быть подтверждено одним из следующих методов:

a) испытаниями образцов в соответствии с 9.4.2;

b) декларацией изготовителя предохранителя, подтверждающей пригодность предохранителя к герметизации или нанесению покрытия;

c) уплотнением предохранителя перед герметизацией или нанесением покрытия.

Замена предохранителей, используемых для защиты компонентов, должна выполняться только путем открытия корпуса устройства. Рядом со сменными предохранителями должны быть указаны обозначение типа и номинал предохранителя I_n или характеристики, важные для искробезопасности.

Номинальное напряжение предохранителей должно быть не ниже максимального напряжения, которому они могут подвергаться в условиях, указанных в 5.2 при разомкнутой цепи, хотя они не обязаны соответствовать 6.5.4.2. Предохранители и их держатели должны быть изготовлены в соответствии с общими промышленными стандартами, а метод их монтажа, включая соединительную проводку, не должен уменьшать зазоры, пути утечки и другие разделения, обеспечиваемые предохранителем и его

держателем. Если требуется для обеспечения искробезопасности, то расстояния до других частей цепи должны соответствовать 6.5.1.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» срабатывание предохранителей не является учитываемым повреждением и должно быть рассмотрено.

Предохранитель должен иметь отключающую способность (переменного или постоянного тока, в зависимости от обстоятельств) не менее максимального ожидаемого тока цепи, в которой он установлен. Для систем электроснабжения, действующее напряжение которых не превышает 250 В переменного тока, ожидаемый ток обычно считается равным 1500 А переменного тока. Размыкающая способность предохранителя определяется в соответствии с *ГОСТ IEC 60127-1 — ГОСТ IEC 60127-4, ГОСТ IEC 60127-7* или *[14]* и должна быть указана изготовителем предохранителей. Холодное сопротивление не должно учитываться при оценке требований к обеспечению отключающей способности предохранителя.

Примечание — Данное требование не исключает использования холодного сопротивления для ограничения тока в остальной части цепи или для защиты других компонентов. См. 7.4.2.

Для соединительных контактных средств, у которых указано U_m, отключающая способность предохранителя может быть ниже 1500 А. В таком случае изготовитель должен указать в руководстве по эксплуатации максимальный ожидаемый ток, допустимый для цепи.

Если для ограничения ожидаемого тока до значения, не превышающего номинальную отключающую способность предохранителя, необходимы токоограничивающий компонент или устройство, то он(о) должен (должно) быть компонентом, от которого зависит искробезопасность с номинальными характеристиками не менее:

- номинальный ток $1{,}7 \cdot I_n$ с учетом применимых коэффициентов безопасности;
- номинальное напряжение с применением коэффициента безопасности 1,0, например U_m или U_i; и
- номинальная мощность $(1{,}7 \cdot I_n)^2$, умноженная на максимальное сопротивление ограничительного устройства с учетом применяемых коэффициентов безопасности.

Разделительные расстояния между резисторами следует определять с использованием напряжения $(1{,}7 \cdot I_n)$, умноженного на максимальное сопротивление резистора.

7.12 Первичные элементы, батареи, аккумуляторы и аккумуляторные батареи

7.12.1 Общие требования

Вопреки требованиям *ГОСТ 31610.0* к элементам и батареям, в искробезопасных устройствах элементы и батареи разрешается подключать параллельно при условии, что искробезопасность не нарушается. Например в 5.3, 5.4.4, 7.12.3 и 9.14.3.3 рассматриваются в условиях короткого замыкания одного или нескольких параллельных элементов или ионисторов.

Примечание — Требование *ГОСТ 31610.0* о параллельном подключении батарей применяется к элементам и батареям в связанных устройствах, которые защищены другим видом взрывозащиты, указанным в *ГОСТ 31610.0.*

Некоторые типы элементов и батарей, например некоторые из литиевых, могут взорваться при коротком замыкании или обратной зарядке. Такие типы элементов должны соответствовать применимым требованиям безопасности соответствующих промышленных стандартов, например *[15], [16]* или *[17].*

Руководства по эксплуатации и, если это возможно, маркировка устройства должны отображать любые меры предосторожности в отношении элементов и батарей, которые должен соблюдать пользователь.

Если батареи предназначены для замены пользователем (например, если применимы 7.12.7 или 7.12.8), то на устройство должна быть нанесена предупредительная надпись, как указано в перечислении а) 11.2.

Если используются аккумуляторные батареи, но их нельзя заряжать в опасной зоне, то на устройство должна быть нанесена предупредительная надпись, как указано в перечислении с) 11.2.

Если элементы или батареи заряжают в опасных зонах, то при оценке устройства цепи зарядки должны быть полностью определены и оценены. Система зарядки должна быть такой, чтобы в условиях, указанных в 5.2, напряжение и ток зарядного устройства не превышали пределов, установленных изготовителем элемента или батареи.

Если в искробезопасном оборудовании для уровней взрывозащиты оборудования Da или Db применяются элементы и батареи, которые заряжают во взрывоопасных зонах, то при их испытаниях на повышение температуры и утечку электролита, указанных в 9.14, также необходимо учитывать условия зарядки.

7.12.2 Конструкция элементов и батарей, используемых в искробезопасных устройствах

Элементы и батареи, используемые в искробезопасных устройствах, должны быть испытаны или оценены в соответствии с 9.14.3 на способность к искровому воспламенению и нагреву поверхности. Конструкция элемента или батареи должна быть одного из следующих типов:

a) герметичные элементы;

b) элементы или батареи с регулируемым клапаном;

c) элементы или батареи, которые предназначены для герметизации аналогично a) и b), за исключением устройства сброса давления.

Для таких элементов или батарей не должно требоваться добавления электролита в течение срока их службы, и они должны быть снабжены герметичным металлическим или пластиковым аккумуляторным контейнером со следующей конструкцией:

1) цельнотянутой (бесшовной), штампованной или литой, выполненной плавлением, сваркой или склейкой и уплотненной резиновыми или пластмассовыми герметизирующими устройствами, фиксируемыми конструкцией оболочки и обеспечивающими постоянное уплотнение, такими как прокладки (шайбы) и кольцевые уплотнения;

2) части оболочки, выполненные методом обжатия, гофрирования, усадки, а также складчатые конструкции, не удовлетворяющие перечисленным выше требованиям, или части оболочек, в которых используют материалы, проницаемые для газа, например на бумажной основе, не считаются герметичными;

3) уплотнение вокруг выводов должно быть сконструировано, как описано выше, или достигаться заливкой термоусаживающимся или термопластичным компаундом;

d) элементы или батареи, герметизированные компаундом, изготовитель которого гарантирует возможность его использования с данным электролитом и его соответствие 6.6.

Соответствие a) или b) подтверждается декларацией изготовителя элемента или батареи. Соответствие перечислениям c) или d) оценивается проверкой непосредственно элемента или батареи и, где необходимо, их конструкторских чертежей.

Примечание — Декларацией о соответствии считается спецификация изготовителя, в которой указано соответствие применимым стандартам для герметичных элементов или элементов с регулируемым клапаном. Необходимость проверки соответствия элемента или батареи спецификации изготовителя настоящим стандартом не регламентируется.

Если батарея состоит из нескольких отдельных элементов или батарей меньшего размера, объединенных в законченную конструкцию с соблюдением требований к разделению и других требований данного стандарта, то каждый тип отдельных элементов или батарей меньшего размера должен быть подвергнут испытаниям, указанным в 9.14.3. Для батарей, сконструированных с внутренними разделениями, отвечающими требованиям 6.5.4.2, короткое замыкание между элементами не учитывается. Однако повреждение коротким замыканием одного элемента следует рассматривать как неучитываемое повреждение, за исключением того, что при испытании по определению температуры поверхности учитывается только один элемент, не имеющий короткого замыкания.

Если точные сведения о конструкции отсутствуют, то считают, что между внешними клеммами батареи возникает короткое замыкание.

7.12.3 Утечка электролита

Элементы и батареи должны быть либо такого типа, из которого не может быть утечки электролита, либо они должны быть закрыты, чтобы предотвратить повреждение электролитом компонентов, от которых зависит искробезопасность. Элементы и батареи, не закрытые для предотвращения повреждения искробезопасной цепи электролитом, должны быть испытаны в соответствии с 9.14.2 или должно быть получено письменное подтверждение от изготовителя элемента/батареи о том, что изделие соответствует 9.14.2. Если элементы и батареи, из которых протекает электролит, герметизированы в соответствии с 6.6, то после герметизации они должны быть испытаны в соответствии с 9.14.2.

7.12.4 Вентиляция

Если искробезопасное устройство содержит заряженные элементы или батареи, то изготовитель должен продемонстрировать, что концентрация водорода не может превышать 2 % по объему в любом

свободном объеме устройства, содержащего электрические или электронные компоненты или соединения. В качестве альтернативы, если устройство соответствует требованиям уровней вида взрывозащиты «ia» или «ib» и подгруппы IIC, требование наличия отверстий для дегазации или ограничения концентрации водорода не применяется.

Примечание — Настоящий стандарт не требует проверки соответствия концентрации водорода техническим характеристикам изготовителя батареи.

Контейнеры для батарей для первичных элементов и батарей и аккумуляторных элементов и батарей с регулируемым клапаном в искробезопасных устройствах, которые герметично закрыты (без видимых вентиляционных отверстий, таких как отверстия, протечки или щели), должны быть испытаны в соответствии с 9.14.4, а давление внутри контейнера для батарей должно быть выше атмосферного, но не превышать 30 кПа (0,3 бар).

Герметичные элементы, из которых явно не происходит утечка газа во время испытаний, указанных в 9.14, и контейнеры для батарей, в которых заключены такие элементы, не подлежат испытаниям в соответствии с 9.14.4.

Примечание — Более высокие давления могут возникнуть в герметичных элементах и с регулируемым клапаном. Элементы с регулируемым клапаном ограничивают давление до значения, которое может выдержать элемент, как указано изготовителем.

7.12.5 Напряжение на элементах

Для оценки и испытаний напряжение на элементах должно соответствовать значению, указанному в таблицах *ГОСТ 31610.0*, относящихся к первичным элементам и аккумуляторам. Если элемент не указан в этих таблицах, то его необходимо испытать в соответствии с 9.13 для определения максимального напряжения холостого хода при температуре (23 ± 5) °С и после зарядки по указанному изготовителем устройства методу. Номинальное напряжение должно соответствовать значению, указанному изготовителем элемента.

7.12.6 Батареи в оборудовании, защищенном различными видами взрывозащиты

Пример — Данный подпункт может применяться к оборудованию с другим видом взрывозащиты (например, взрывонепроницаемой оболочкой), в состав которого входит батарея и цепи, требующие применения вида взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь», которые применяются, когда внешний источник питания отключают и открывают корпус во взрывоопасной среде.

Данные требования дополняют требования других видов взрывозащиты.

Батарейный отсек или средства крепления батарейного отсека к оборудованию должны быть сконструированы так, чтобы можно было установить и заменить батарею или весь батарейный отсек, не нарушая искробезопасность оборудования.

При применении резистора для ограничения тока батареи его номинал должен соответствовать 7.4.2.

Токоограничивающие резисторы, включенные последовательно с элементами или батареями, должны быть рассчитаны на максимальное напряжение U_m, если не предусмотрена иная защита. В этом случае защита может быть достигнута использованием одного стабилитрона, рассчитанного в соответствии с 7.7.2.

Токоограничивающие устройства, необходимые для обеспечения безопасности батареи, не обязательно должны быть неотъемлемой частью батареи.

7.12.7 Батареи, используемые и заменяемые во взрывоопасных средах

Если батарея предназначена для использования и замены во взрывоопасной среде и для обеспечения ее безопасности требуется применение токоограничивающего устройства, то батарея и токоограничивающие устройства должны представлять собой полностью заменяемый блок. Этот блок должен быть герметизирован или закрыт таким образом, чтобы были доступны только искробезопасные выходные клеммы или искробезопасные клеммы, защищенные соответствующим образом для целей зарядки.

Блок должен быть подвергнут испытанию сбрасыванием по *ГОСТ 31610.0*, при этом предшествующее ему испытание на ударостойкость не проводят. Конструкцию считают выдержавшей испытание, если при испытании не происходит выпадения или отсоединения токоограничивающего устройства или элементов питания от блока таким образом, чтобы нарушить искробезопасность блока.

7.12.8 Сменные батареи, используемые, но не заменяемые во взрывоопасных средах

Если для элемента или батареи требуются устройства ограничения тока для обеспечения безопасности самой батареи и они не предназначены для замены во взрывоопасной среде, то они должны быть защищены согласно 7.12.7 или, в качестве альтернативы, помещены в корпус, который можно открыть только с помощью инструмента или блокировочного устройства в соответствии с *ГОСТ 31610.0*. Устройство также должно соответствовать следующим условиям:

a) батарейный отсек или средства крепления должны быть устроены так, чтобы элемент или батарею можно было устанавливать и заменять, не нарушая искробезопасность устройства;

b) переносные готовые к использованию устройства, такие как радиоприемники и приемопередатчики, должны быть испытаны сбрасыванием по *ГОСТ 31610.0*, при этом предшествующее ему испытание на ударостойкость не проводят. Конструкцию считают приемлемой, если при испытании не происходит выпадения или отсоединения батареи или элементов от устройства, в результате которых может быть нарушена искробезопасность устройства или батареи;

c) устройство должно быть снабжено предупредительной надписью, как указано в 11.2 b).

7.12.9 Внешние контакты для зарядки батарей

Внешние зарядные контакты батарей должны отвечать требованиям по 6.3.5.

7.13 Пьезоэлектрические устройства

Пьезоэлектрические устройства, кроме кварцевых генераторов (например, тактовых генераторов), должны быть испытаны в соответствии с 9.11.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» испытание по 9.11 выполняют только в том случае, если пьезоэлектрическая цепь может быть закорочена напрямую, например из-за несоответствующих расстояний или прямого подключения искровых контактов. Разделительные расстояния определяют с приложением напряжения, которое зависит от условий эксплуатации:

a) нормального рабочего напряжения цепи, когда пьезоэлектрический элемент не подвергается ударам в нормальном режиме эксплуатации;

b) максимального напряжения, создаваемого при испытании по 9.11, когда пьезоэлектрический элемент подвержен ударам в нормальном режиме эксплуатации.

7.14 Элементы для обнаружения газов

7.14.1 Электрохимические

При оценке соответствия по искровому воспламенению следует учитывать влияние электрохимических элементов для обнаружения газов на напряжение и ток. Однако не нужно учитывать их влияние на мощность при оценке теплового воспламенения.

7.14.2 Каталитические

Каталитические датчики допускается применять только для искробезопасного оборудования групп I и III и подгрупп IIA и IIB.

При оценке теплового воспламенения следует учитывать повышение температуры вследствие нагрева при каталитической реакции согласно 5.4. Это можно сделать путем применения испытания на воспламенение малых компонентов, приведенного в *ГОСТ 31610.0*.

7.15 Ионисторы (суперконденсаторы)

Ионисторы разрешается подключать параллельно в искробезопасном оборудовании при условии, что искробезопасность не нарушается.

Напряжение, подаваемое на ионистор, не должно превышать предел, указанный изготовителем, даже при наличии неисправностей в соответствии с 5.2. Эксплуатационная температура ионисторов не должна превышать допустимые пределы, установленные изготовителем ионисторов.

При рассмотрении влияния ионистора на номинальную мощность компонентов, от которых зависит искробезопасность, а также на опасность термического воспламенения, можно предположить, что он имеет запасенную энергию, ограниченную указанной емкостью.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib»:

a) повреждение ионисторов в форме короткого замыкания должно быть неучитываемым повреждением;

b) если к ионисторам может быть применена обратная полярность, должна быть предусмотрена защита в соответствии с 7.7.2; и

c) ионисторы должны быть подвергнуты испытанию на утечку электролита по 9.14.2 или соответствовать требованиям к конструкции и характеристикам по *[18]*. Кроме того, ионисторы должны подвергаться испытаниям на искровое воспламенение и температуру поверхности, указанным в 9.14.

Примечание — Настоящий стандарт не требует проверки соответствия спецификации изготовителя ионистора *[18]*.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» ионисторы считают повреждаемыми, как указано в 7.2.

7.16 Устройства, используемые для ограничения температуры

7.16.1 Общие требования

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если они не соответствуют 7.16.2 или 7.16.3, повреждение устройств, используемых для ограничения температуры, при любом значении сопротивления между разомкнутой цепью и коротким замыканием должно считаться неучитываемым повреждением.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» резистивные устройства, используемые для ограничения температуры, не соответствующие 7.16.2 или 7.16.3, считаются вышедшими из строя, как указано в 7.2.

Требования 7.16 не распространяются на резисторы, указанные в 7.4, или предохранители, указанные в 7.11.

7.16.2 Устройства, используемые для ограничения температуры

7.16.2.1 Общие требования

Устройства, используемые для ограничения температуры, включая датчики температуры, могут использоваться для ограничения температуры в целях обеспечения искробезопасности, если они соответствуют 7.16.2.2 или 7.16.2.3, или 7.16.2.4, а также при следующих условиях:

a) они оценены в соответствии с требованиями 7.1;

b) имеется достаточный тепловой контакт между устройством, используемым для ограничения температуры, и защищаемыми частями, который необходимо проверить в соответствии с 9.3;

c) внешние соединения устройств, используемых для ограничения температуры, соответствуют 6.5.1, но требования к разделению не должны применяться к внутренней части устройств, используемых для ограничения температуры.

7.16.2.2 Датчики температуры

Датчики температуры должны соответствовать следующим требованиям:

a) использоваться в цепи управления (например, использоваться в сочетании с управляемым ограничительным полупроводником); и

b) рассматриваться как способные к повреждению в соответствии с таблицей 19.

Таблица 19 — Номинальные характеристики и виды повреждений датчиков температуры

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам[a]			Вид повреждения		
	U	I [a]	P [a]	Обрыв цепи	Короткое замыкание	$0 < R_T$ [c] $< \infty$
«ia» и «ib»	1,0	1,5	1,5	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение
«ic»	1,0	1,0	1,5[b] 1,0[b]	Не применяется	Не применяется	Не применяется

[a] Где указано.

[b] См. 7.1.

[c] Наиболее опасное сопротивление или его эквивалент (например, напряжение термопары) при требуемой максимальной температуре.

7.16.2.3 Коммутационные устройства, используемые для ограничения температуры

Невосстанавливающиеся термопредохранители, а также самовосстанавливающиеся термовыключатели или тепловые расцепители должны рассматриваться как способные к повреждению в соответствии с таблицей 20.

Таблица 20 — Номинальные характеристики и виды повреждений коммутационных устройств, используемых для ограничения температуры

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам			Вид повреждения	
	U	*I*	*P*	Обрыв цепи [a]	$0 < R < \infty$
«ia» и «ib»	1,0	1,0	Не применяется	Учитываемое [b, c] повреждение	Не применяется
«ic»	1,0	1,0	Не применяется	Не применяется	Не применяется

[a] При максимальной температуре открывания.

[b] Считают, что на устройстве, соответствующем *ГОСТ IEC 60691*, не произойдет обрыв цепи.

[c] За исключением случаев, когда допускается использование одного устройства в соответствии с 7.8.4.1 или 7.10.2, когда повреждение в форме обрыва цепи не учитывается.

7.16.2.4 Устройства с положительным температурным коэффициентом, используемые для ограничения температуры

Устройства с положительным температурным коэффициентом, включая полимерные устройства с положительным температурным коэффициентом, могут использоваться для ограничения температуры без использования дополнительных цепей управления при условии, что:

a) они выдерживают испытания по 9.12;

b) применяются запасы по температуре, требуемые *ГОСТ 31610.0* при испытаниях на максимальную температуру поверхности;

c) учитывается влияние скорости переключения на защищаемые компоненты;

d) они считаются способными к повреждению в соответствии с таблицей 21.

Таблица 21 — Номинальные характеристики и виды повреждений устройств с положительным температурным коэффициентом, используемых для ограничения температуры

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам			Вид повреждения		
	U	*I*	*P*	Обрыв цепи	Короткое замыкание	$0 < R < \infty$
«ia» и «ib»	1,5	Не применяется	Не применяется	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение
«ic»	1,0	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется

7.16.3 Полимерные устройства с положительным температурным коэффициентом, используемые для ограничения тока

Полимерные устройства с положительным температурным коэффициентом с номинальными параметрами в соответствии с требованиями 7.1 могут использовать самонагрев для ограничения тока в целях соответствия по тепловому воспламенению, номинальных параметров компонентов и определения P_o при условии, что они соответствуют всем следующим условиям:

a) при тепловой оценке учитывается максимальная мощность, доступная для устройства, и она не должна зависеть от температуры срабатывания;

b) внешние соединения полимерных устройств с положительным температурным коэффициентом соответствуют 6.5.1, но требования к разделению не должны распространяться на внутренние части;

c) они считаются способными к повреждению в соответствии с таблицей 22.

Таблица 22 — Номинальные характеристики и виды повреждений полимерных устройств с положительным температурным коэффициентом, используемых для ограничения тока

Уровень вида взрывозащиты	Коэффициент безопасности, применяемый к номинальным характеристикам[a]			Вид повреждения		
	U	$I_{срраб}$[a]	I_{max}[b]	Обрыв цепи	Короткое замыкание	$0 < R < \infty$
«ia» и «ib»	1,5	1,0	1,5	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение	Учитываемое повреждение
«ic»	1,0	1,0	1,0[d]	Не применяется	Не применяется	Не применяется

[a] Максимальный ток, при котором устройство перейдет в режим высокого импеданса при минимальной температуре окружающей среды.

[b] Максимальный ток, который устройство может выдержать без повреждений. Его необходимо сравнить с максимальным переходным током, доступным в условиях, указанных в 5.2, когда все соответствующие полимерные устройства с положительным температурным коэффициентом закорочены.

7.17 Механические выключатели

Механические выключатели, являющиеся частью устройства, работающие в соответствии со спецификациями изготовителя и в условиях, указанных в 5.2, должны рассматриваться только как разомкнутые или замкнутые.

8 Дополнительные требования к особым устройствам

8.1 Диодные барьеры безопасности

8.1.1 Общие требования

Диоды внутри диодного барьера безопасности ограничивают напряжение, приложенное к искробезопасной цепи, а последовательно включенный резистор ограничивает ток, который может протекать в цепи. Диоды должны быть защищены предохранителем или резистором(ами). Эти сборки предназначены для использования в качестве средств сопряжения между искробезопасными и искроопасными цепями и должны подвергаться стандартным испытаниям по 10.2.

Способность диодного защитного барьера выдерживать переходные процессы должна быть проверена в соответствии с 9.16.

Диодные барьеры безопасности, содержащие только два диода или диодные цепи и используемые для уровня вида взрывозащиты «ia», допускается применять как неповреждаемые сборки в соответствии с 7.7.6 при условии, что диоды выдержали типовые испытания, указанные в 10.2.2. В этом случае при применении 5.2 следует учитывать выход из строя только одного диода.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» диодные барьеры безопасности должны иметь как минимум один диод и токоограничивающий резистор, работающий в соответствии с 7.1.

8.1.2 Конструкция

8.1.2.1 Монтаж

При установке группы барьеров конструкция должна исключать возможность неправильного монтажа, например, с помощью асимметричности формы крепления элемента барьера или цветовой маркировки.

8.1.2.2 Средства для подключения заземления

В дополнение к любому средству подключения к цепи, которое может иметь потенциал земли, барьер должен быть оснащен по крайней мере одним из следующих устройств для подключения заземления:

- контактными выводами в соответствии с 6.3.2,
- двумя отдельными изолированными проводами, каждый из которых рассчитан на максимальный ток, который может протекать непрерывно, каждый с минимальным сечением 1,5 мм^2 меди,
- изолированный провод с минимальным сечением 4 мм^2 меди.

8.1.2.3 Защита компонентов

Сборка должна быть защищена от доступа, чтобы предотвратить ремонт или замену любых компонентов, от которых зависит искробезопасность, либо путем герметизации в соответствии с 6.6, либо с помощью оболочки, образующей не поддающийся восстановлению блок. Вся сборка должна составлять единое целое.

8.2 Устройства FISCO

Устройства, которые будут использоваться в системе FISCO, должны соответствовать приложению Е и быть маркированы в соответствии с 11.1.3.

9 Типовые проверки и испытания

9.1 Испытания на искровое воспламенение

9.1.1 Общие требования

Испытание на искровое воспламенение необходимо проводить на представительной цепи, которая по крайней мере имеет такую же воспламеняющую способность как самая неблагоприятная рассматриваемая цепь с позиции искробезопасности. Если не представляется возможным использовать компоненты в пределах их допуска, установленного изготовителем (например, стабилитрон), *то необходимо использовать схему с эквивалентными значениями расчетных характеристик с учетом допусков изготовителя компонента для самого неблагоприятный случая (с максимальной индуктивностью/емкостью).*

Необходимо учитывать коэффициент безопасности согласно перечислению d) 5.3.4.1 или перечислению d) 5.3.4.2, в зависимости от применимости.

При проведении испытания представительной цепи согласно 9.1.2 не должно возникать воспламенения.

9.1.2 Искрообразующее устройство

Искрообразующее устройство должно соответствовать приведенному в приложении В, за исключением случаев, когда в приложении В указано, что оно может быть неподходящим. В этих случаях следует использовать другое искрообразующее устройство, обеспечивающее одинаковую со стандартным устройством чувствительность. При этом должно быть обоснование его использования.

Чувствительность искрообразующего устройства должна быть проверена согласно 9.1.3 перед каждой серией проводимых испытаний. Для этого искрообразующее устройство должно быть включено в цепь постоянного тока с напряжением (24 ± 0,24) В, содержащую катушку индуктивности без сердечника и индуктивностью (95 ± 5) мГн. Ток в цепи должен быть установлен на значениях, приведенных в таблицах 23 и 24 в зависимости от применимости, используя графу с воспламеняющим током для соответствующей группы/подгруппы оборудования и коэффициента безопасности испытательной смеси. Чувствительность считается удовлетворительной, если воспламенение взрывоопасной испытательной смеси происходит не более чем за 440 оборотов держателя проволочек при его положительной полярности. При недостаточном уровне чувствительности необходимо руководствоваться положениями В.3.

Каждая цепь должна быть испытана на указанное ниже число оборотов держателя проволочек в искрообразующем устройстве, при этом воспламенение не должно происходить:

a) для цепей постоянного тока и емкостных цепей — 400^{+40} оборотов (5^{+30c} мин), по 200^{+20} оборотов на каждой полярности;

b) для цепей переменного тока — 1000^{+100} оборотов ($12{,}5^{+75c}$ мин).

Необходимо обеспечить, чтобы между каждым размыканием и последующим замыканием цепи было достаточно времени для восстановления (не менее трехкратной постоянной времени емкостной цепи). Нормальное время восстановления цепи должно составлять менее 20 мс при нормальной скорости вращения искрообразующего устройства и использовании четырех проволочек.

Если этого недостаточно для восстановления цепи, то продолжительность между размыканием и последующим замыканием проволочки и диска должна быть увеличена путем удаления одной или нескольких проволочек, а число оборотов должно быть соответственно увеличено. Если время, достаточное для восстановления цепи, невозможно получить, удалив все проволочки, кроме одной, тогда допускается уменьшить скорость вращения искрообразующего устройства, но для емкостных цепей не ниже, чем необходима для достижения четырех постоянных времени, обеспечивая при этом достаточную чувствительность искрообразующего устройства.

После каждого испытания в соответствии с перечислением a) или b) необходимо проверить чувствительность искрообразующего устройства. Если чувствительность не соответствует 9.1.3, то результаты испытания на воспламенение испытываемой цепи должны быть признаны недействительными и испытание необходимо повторить.

При испытании индуктивных цепей необходимо учитывать влияние эксплуатационной температуры на сопротивление катушки индуктивности, чтобы обеспечить протекание через нее тока для наихудшего случая. Влияние самонагревания во время испытания не учитывается.

Если есть подозрение в том, что устройство имеет слишком большую чувствительность (например, если при испытании произошло неожиданное воспламенение), то чувствительность можно проверить по графе со значениями невоспламеняющих токов таблицы 23 или 24, в зависимости от применимости. Если воспламенение происходит в течение 400 оборотов, то необходимо определить источник, вызывающий повышенную чувствительность, а результаты испытания на воспламенение должны быть признаны недействительными и повторены *после устранения повышенной чувствительности.*

Примечание — Согнутые, изношенные или покрытые кадмием вольфрамовые проволочки искрообразующего устройства могут изменить его чувствительность. Этот может привести к неверным результатам испытания.

9.1.3 Испытательные газовые смеси и токи контрольной цепи искрообразующего устройства

9.1.3.1 Взрывоопасные испытательные смеси и токи контрольной цепи искрообразующего устройства для испытаний с коэффициентом безопасности 1,0

Взрывоопасные испытательные смеси, указанные в таблице 23, должны использоваться в соответствии с указанной группой/подгруппой испытуемого оборудования.

Таблица 23 — Составы взрывоопасных испытательных смесей, обеспечивающих коэффициент безопасности 1,0

Группа или подгруппа оборудования	Состав взрывоопасных испытательных смесей, об.% в воздухе	Ток контрольной цепи (воспламеняющий), мА	Минимальный ток контрольной цепи (невоспламеняющий), мА
I	(8,3 ± 0,3) % метана	110—111	87
IIA	(5,25 ± 0,25) % пропана	100—101	79
IIB	(7,8 ± 0,5) % этилена	65—66	51
IIC	(21 ± 2) % водорода	30—30,5	23

В случаях, если оборудование испытывают и маркируют для применения в среде определенного газа или пара, его испытание проводят при наиболее легко воспламеняемой концентрации этого газа или пара в воздухе.

Не допускается использовать горючие газы или пары с чистотой менее 95 %.

Примечание — Влияние изменений нормальных условий (значений температуры, давления и влажности воздуха во взрывоопасной смеси) считают незначительным. Любое значительное влияние этих отклонений будет выявлено при проведении калибровки искрообразующего устройства.

9.1.3.2 Взрывоопасные испытательные смеси и ток контрольной цепи искрообразующего устройства для испытаний с коэффициентом безопасности 1,5

Для проведения испытания по 9.1.2 рекомендуется использовать испытательные смеси, указанные в 9.1.3.1, а коэффициент безопасности достигается с помощью увеличения напряжения или тока согласно 5.3.4.2 d) 1) в зависимости от применимости. Для получения коэффициента безопасности 1,5 может использоваться более агрессивная испытательная смесь, состав которой должен соответствовать таблице 24.

Таблица 24 — Составы взрывоопасных испытательных смесей, обеспечивающих коэффициент безопасности 1,5

Группа или подгруппа электрооборудования	Составы взрывоопасных испытательных смесей, объем, %					Ток контрольной цепи (воспламеняющий), мА	Минимальный ток контрольной цепи (невоспламеняющий), мА
	Кислородно-водородно-воздушная смесь			Кислородно-водородная смесь			
	Водород	Воздух	Кислород	Водород	Кислород		
I	52 ± 0,5	48 ± 0,5	—	85 ± 0,5	15 ± 0,5	73—74	57
IIA	48 ± 0,5	52 ± 0,5	—	81 ± 0,5	19 ± 0,5	66—67	51
IIB	38 ± 0,5	62 ± 0,5	—	75 ± 0,5	25 ± 0,5	43—44	33
IIC	30 ± 0,5	53 ± 0,5	17 ± 0,5	60 ± 0,5	40 ± 0,5	20—21	16

9.2 Оценка искрового воспламенения по характеристикам искробезопасности и табличным значениям

9.2.1 Общие требования

Если цепь, оцениваемая на соответствие зажиганию, приближена к простой цепи, на основе которой получена характеристика искробезопасности, то при оценке можно использовать рисунки А.1—А.6 или таблицы А.1 и А.2.

Необходимо использовать следующую методику:

- определить наиболее сложную конфигурацию цепи с учетом допусков компонентов, колебаний напряжения источника питания, неисправностей разделения и неисправностей компонентов в условиях, указанных в 5.2;
- применить коэффициенты безопасности по 5.2, используя методики, указанные в 5.3.4;

и проверить, что соответствующие параметры полученной цепи находятся в пределах применимых характеристик искробезопасности на рисунках А.1—А.6 или значений, указанных в таблицах А.1 и А.2.

9.2.2 Оценка простых резистивных цепей

9.2.2.1 Общие требования

Простая резистивная цепь показана на рисунке 12. Она состоит из источника напряжения, ограниченного резистором с постоянным значением сопротивления, и не включает в себя емкостные или индуктивные элементы, способные накопить энергию. Оценка искрового воспламенения таких цепей может быть выполнена на основе значений на рисунке А.1 или в таблице А.1.

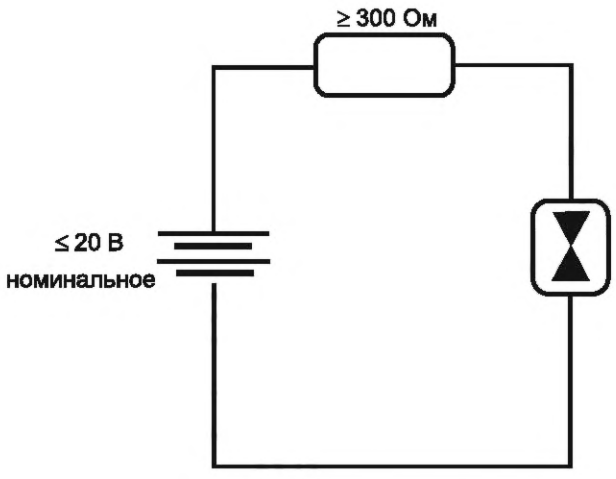


Рисунок 12 — Пример простой резистивной цепи

9.2.2.2 Пример оценки простой резистивной цепи

Принципиальная схема простой резистивной цепи приведена на рисунке 12. Оценка искрового воспламенения данной цепи проводится следующим образом:

a) определяют значение сопротивления. Резистор соответствует 7.4.2 и его значение задано минимум 300 Ом, поэтому не нужно учитывать допустимые отклонения;

b) определяют максимальное напряжение холостого хода в цепи согласно 7.12.5. В данном примере для оценки искрового воспламенения за максимальное напряжение принимают 23,5 В;

c) определяют максимальный ток короткого замыкания. Для расчета максимального тока короткого замыкания необходимо максимальное напряжение разделить на минимальное сопротивление: 23,5 В/300 Ом = 78,3 мА. Поскольку цепь является резистивной, необходимо применять требования, указанные в 5.2 и 5.3.4, в результате чего ток короткого замыкания с учетом коэффициента безопасности составит: 1,5 · 78,3 мА = 117,5 мА;

d) подтверждают соответствие требованиям к искровому воспламенению. Согласно таблице А.1 для подгруппы IIC минимальный воспламеняющий ток для резистивной цепи при 23,5 В составляет 275 мА. Следовательно, цепь может быть признана искробезопасной в отношении искрового воспламенения.

9.2.3 Оценка простых емкостных цепей

9.2.3.1 Общие требования

Простая емкостная цепь показана на рисунке 13. Если сочетание напряжения и сопротивления ограничивает ток короткого замыкания на уровне, значение которого соответствует группе/подгруппе оборудования, учитывая коэффициент безопасности при оценке согласно 9.2.2, то допускается использовать искробезопасные характеристики согласно рисункам А.2 и А.3 или значения таблицы А.2.

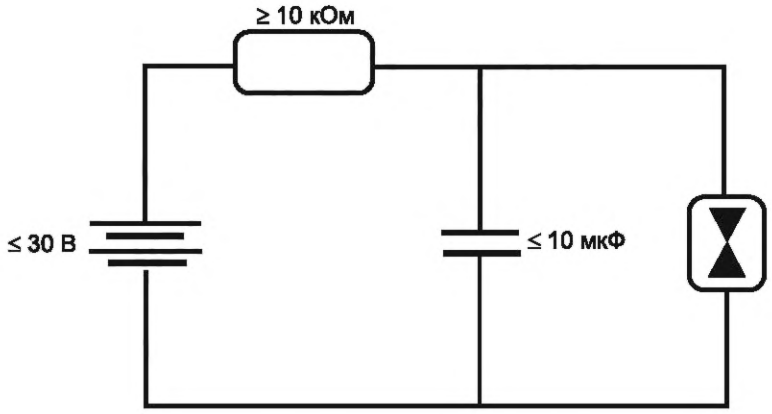


Рисунок 13 — Пример простой емкостной цепи

Примечание — Благодаря развязке источника напряжения, обеспечиваемой заведомо искробезопасной резистивной цепью, и высоким коэффициентом безопасности, на основе которых были получены данные о воспламенении, указанные на рисунках А.2 и А.3 и в таблице А.2, нет необходимости учитывать влияние энергии резистивного ограничения при оценке емкостного воспламенения в соответствии с заданными условиями.

9.2.3.2 Пример оценки простой емкостной цепи

Рассмотрим цепь на рисунке 13, которая предназначена для оборудования группы I. Она состоит из 30 В источника питания, подключенного к конденсатору емкостью 10 мкФ через резистор сопротивлением 10 кОм. В данном примере значения 30 В и 10 мкФ принимаются за максимальные значения, а значение 10 кОм — за минимальное значение.

Оценка искрового воспламенения данной цепи проводится следующим образом:

a) выполняют оценку возможности в воспламенения с резистивным ограничением согласно 9.2.2;

b) определяют максимальное напряжение. В данном примере заданное максимальное напряжение составляет 30 В. Внесение повреждений не рассматривается, поскольку резистор 10 кОм соответствует требованиям 7.4.2, а короткое замыкание или обрыв конденсатора приводит к образованию простой резистивной цепи, как описано в 9.2.2. Если требуется коэффициент безопасности 1,5, то необходимо руководствоваться:

- графой для коэффициента безопасности 1,5 из таблицы А.2 при 30 В; или
- искробезопасными характеристиками согласно рисунку А.2; или
- графой для коэффициента безопасности 1,0 при умноженном на 1,5 значении напряжения (30 В · 1,5 = 45 В);

c) определяют максимальную емкость. В данном примере 10 мкФ — это заданное максимальное значение емкости. Если задано номинальное значение емкости, то необходимо добавить допустимое отклонение;

d) подтверждают соответствие требованиям к искровому воспламенению. На рисунке А.2 для группы I показано, что при напряжении 45 В максимально допустимое значение емкости — 3 мкФ. Приведенная в примере схема содержит максимальную емкость 10 мкФ и поэтому не может считаться искробезопасной.

Примечание — Существует несколько способов изменения цепи, чтобы ее можно было считать искробезопасной. Можно уменьшить значения напряжения или емкости в цепи или установить последовательно с конденсатором 10 мкФ резистор, соответствующий 7.4.2, в соответствии с 9.2.3.3 или использовать герметизацию в соответствии с 6.6.2.

9.2.3.3 Допустимое уменьшение эффективной емкости при последовательной защите сопротивлением

Когда сопротивление используется последовательно с емкостью для ограничения энергии, которая может разрядиться из-за сочетания этих компонентов (энергия между узлами А и В на рисунке 14), оценку эффективной емкости между этими двумя узлами можно упростить, исключив сопротивление и умножив емкость на понижающий коэффициент. Понижающий коэффициент определяется на основе данных таблицы 25, а если значение сопротивления превышает 40 Ом, можно использовать следующую формулу:

$$\beta = \frac{1}{\left(1+\frac{R}{28}\right)}, \tag{5}$$

где β — понижающий коэффициент;

R — сопротивление.

В качестве альтернативы можно испытать цепь или, для группы I, использовать рисунок А.2 для определения эффективной емкости с резисторами, значения которых указаны на данном рисунке.

Резистор должен соответствовать 7.4.2, а узел X должен иметь разделение от всех остальных токопроводящих частей по 6.5.4.2.

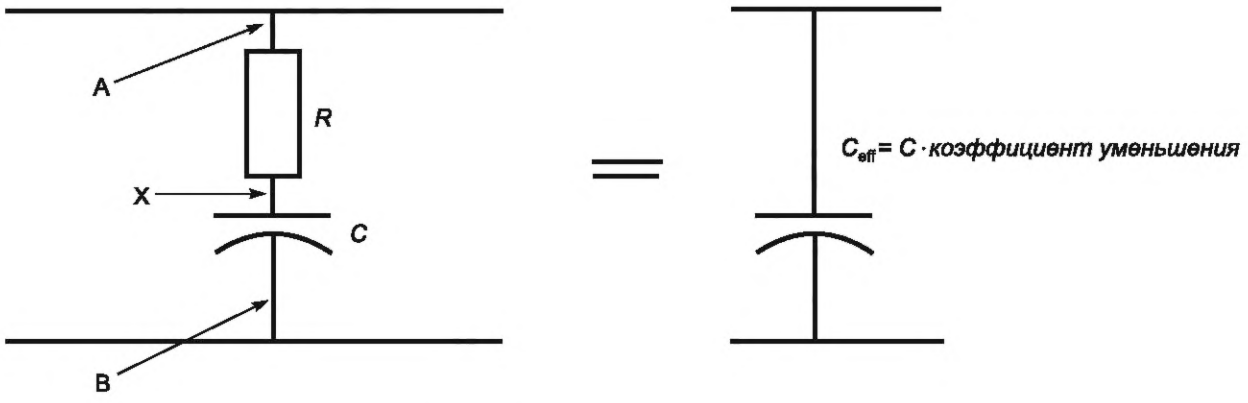


Рисунок 14 — Эффективная емкость

Таблица 25 — Допустимое снижение эффективной емкости при защите последовательно включенным резистором

Сопротивление R, Ом	Коэффициент уменьшения β
0	1,0
1	0,97
2	0,94
3	0,91
4	0,87
5	0,85
6	0,83
7	0,80
8	0,79
9	0,77
10	0,74
12	0,70
14	0,66
16	0,63
18	0,61
20	0,57
25	0,54
30	0,49
40	0,41

9.2.4 Оценка простых индуктивных цепей

9.2.4.1 Общие требования

На рисунке 15 приведен пример простой индуктивной цепи. Такие простые индуктивные цепи могут быть оценены на искровое воспламенение с помощью рисунков А.4, А.5 или А.6.

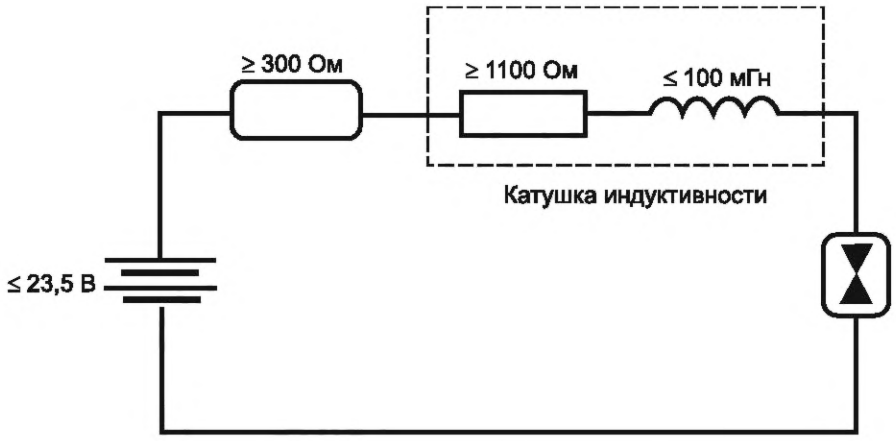


Рисунок 15 — Пример простой индуктивной цепи

9.2.4.2 Пример оценки простой индуктивной цепи

Рассмотрим цепь для подгруппы IIC, для которой необходим коэффициент безопасности 1,5, состоящую из источника питания 23,5 В с установленным соответствующим образом токоограничивающим резистором 300 Ом, питающим катушку индуктивности 1100 Ом, 100 мГн, как показано на рисунке 15. В данном примере значения 300 Ом и 1100 Ом указаны как минимальные значения, а 100 мГн — максимальное значение.

Оценка искрового воспламенения данной цепи проводится следующим образом:

a) определяют максимальное значение напряжения в соответствии с 7.12.5. В этом примере для оценки искрового воспламенения принимают максимальное напряжение 23,5 В;

b) выполняют оценку искрового воспламенения резистивной цепи в соответствии с 9.2.2. В данном примере резистивная часть цепи считается искробезопасной, т.к. максимальный ток короткого замыкания, включая коэффициент безопасности, составляет 118 мА, а предельное значение, указанное в таблице А.1, составляет 275 мА;

c) определяют максимальный ток, протекающий через катушку индуктивности. Так как значения 300 Ом и 1100 Ом указаны как минимальные, максимально возможный ток в нагрузке 23,5 В/(300 Ом + 1100 Ом) = 16,8 мА. Внесение повреждений не рассматривается, поскольку резистор 300 Ом рассчитан на значения, указанные в 7.4.2, и короткое замыкание катушки индуктивности приводит к замыканию, рассмотренному в пункте b) выше. Согласно требованиям 5.2 при коэффициенте запаса 1,5 ток в цепи необходимо увеличить до 1,5 · 16,8 мА = 25,2 мА;

d) подтверждают соответствие требованиям к искровому воспламенению. Согласно рисунку А.4 для подгруппы IIC для катушки индуктивности 100 мГн, минимальный ток воспламенения для источника 24 В составляет 28,3 мА. Цепь может быть признана как искробезопасная в отношении искрового воспламенения для подгруппы IIC.

Примечание — Рисунки А.4—А.6 получены с использованием катушек индуктивности с воздушным сердечником. Обычно данные пределы следует использовать для катушек индуктивности с невоздушным сердечником, хотя иногда вместо этого необходимо использовать испытание на искровое воспламенение по 9.1.

9.2.5 Определение L_o/R_o для источника питания с ограничением по сопротивлению

Для линейных цепей максимальное отношение внешней индуктивности к сопротивлению (L_o/R_o), которое может быть подключено к источнику питания с ограничением по сопротивлению, можно рассчитать по следующей формуле.

Примечание — Требования настоящего стандарта не задают значения L_o/R_o.

Данная формула учитывает коэффициент безопасности по току 1,5 и не должна использоваться там, где максимальная емкость на выходе источника питания превышает 1 % от C_o.

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{8eR_s + \sqrt{\left(64e^2R_s^2 - 72U_o^2eL_s\right)}}{4{,}5U_o^2}, \tag{6}$$

где L_o/R_o — максимальное отношение внешней индуктивности к сопротивлению, Гн/Ом;

e — минимальная энергия воспламенения в джоулях, для устройства:

- группы I: 525 мкДж;
- подгруппы IIA: 320 мкДж;
- подгруппы IIB: 160 мкДж;
- подгруппы IIC: 40 мкДж;

R_s — минимальное выходное сопротивление источника питания, Ом;

U_o — максимальное напряжение холостого хода, В;

L_s — максимальная индуктивность на клеммах источника питания, Гн.

Если $L_s = 0$,
тогда

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{32eR_s}{9U_o^2}. \tag{7}$$

Если необходимо использовать коэффициент безопасности 1,0, то полученное значение для L_o/R_o следует умножить на 2,25.

Примечание — Обычно соотношение L_o/R_o применяется к распределенным параметрам, например кабелям. Его использование для сосредоточенных значений индуктивности и сопротивления требует особого рассмотрения.

Другим вариантом определения допустимого L_o/R_o является экспериментальный способ для нелинейных источников питания, заключающийся в проведениях испытаний на искровое воспламенение цепи согласно 9.1 для нескольких дискретных значений L_o и R_o. Используемые значения R_o должны варьироваться от короткого замыкания (когда I_o максимально) до практически разомкнутой цепи (когда I_o почти равно нулю), и установлена закономерность, гарантирующая, что значение L_o/R_o не приведет к отрицательным результатам при испытании на искровое воспламенение.

9.2.6 Цепи, содержащие как индуктивность, так и емкость

Для цепей, содержащих катушки индуктивности и конденсаторы, где емкостная запасенная энергия может усилить энергетическую способность источника питания, питающего катушку индуктивности, или наоборот, соответствие цепи должно быть подтверждено одним из следующих способов:

a) испытана в соответствии с 9.1 или приложением F с комбинацией емкости и индуктивности;

b) оценкой того, что комбинация емкости и индуктивности сохраняет требуемый коэффициент безопасности при подключении к источнику питания.

Пример — Конденсатор шунтирует энергию от катушки индуктивности при всех условиях, указанных в 5.2;

c) используя приложение G; или

d) если рассматриваются линейные (с резистивным ограничением тока) цепи, то может использоваться одно из перечислений 1) или 2):

1) значения индуктивности и емкости, определенные согласно 9.2.3 и 9.2.4, допустимы, когда:

- вся индуктивность и емкость распределены, например, как в кабеле; или
- общая индуктивность цепи (без учета кабеля) составляет менее 1 % от допустимого значения индуктивности; или
- общая емкость цепи (исключая кабель) составляет менее 1 % от допустимого значения емкости;

2) где общая индуктивность и емкость цепи (исключая кабель) больше или равны 1 % допустимых значений индуктивности и емкости, определяемых по 9.2.3 и 9.2.4, допустимые значения уменьшают вдвое.

Пониженная емкость цепи (включая соединяющий кабель) для групп I, III и подгрупп IIA, IIB не должна превышать 1 мкФ, а для подгруппы IIC не должна превышать 600 нФ.

Значения допускаемой индуктивности и емкости, определенные в соответствии с данными методами, не должны превышать суммарное значение всех сосредоточенных и распределенных индуктивностей и суммарное значение всех сосредоточенных и распределенных емкостей в цепи соответственно.

В качестве альтернативы оценке с использованием допустимого значения индуктивности, допускается использовать отношение индуктивности к сопротивлению.

Если применение вышеизложенного приводит к уменьшению значений L_o и C_o для использования с сосредоточенными индуктивностью и емкостью, то это должно быть указано в руководстве или сертификате производителя, чтобы сосредоточенные индуктивность и емкость могли быть подключены без дополнительного понижения.

9.3 Температурные испытания

За исключением элементов, *батарей*, аккумуляторов и ионисторов, испытанных по 9.14, для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если тепловая характеристика компонента нелинейная, испытания должны проводиться при максимальной температуре окружающей среды или, если известна достаточная информация о тепловых характеристиках компонента, экстраполироваться на температуру испытаний.

Температуру можно измерять любым способом. Измерительный компонент не должен значительно снижать измеряемую температуру.

Допустимым методом определения повышения температуры обмоток является:

- измеряют сопротивление обмотки и регистрируют температуру окружающей среды;

- прикладывают испытательный ток или токи, измеряют максимальное сопротивление обмотки и регистрируют температуру окружающей среды при измерениях;
- рассчитывают превышение температуры по следующей формуле:

$$\Delta T = \frac{R}{r}(k + t_1) - (k + t_2), \quad (8)$$

где ΔT — повышение температуры, К;
r — сопротивление обмотки при температуре окружающей среды t_1, Ом;
R — максимальное сопротивление обмотки после приложения испытательного тока, Ом;
t_1 — температура окружающей среды при измерениях r, °С;
t_2 — температура окружающей среды при измерениях R, °С;
k — величина, обратная температурному коэффициенту сопротивления обмотки при 0 °С, которая, например, для меди равна 234,5 К.

Примечание — Подробная методика изложена в ГОСТ 22765.

9.4 Механические испытания

9.4.1 Заливочный компаунд

Для уровня вида взрывозащиты «ia» и «ib» перпендикулярно к открытой поверхности заливочного компаунда с помощью круглого металлического стержня диаметром (6 ± 0,2) мм с гладким плоским концом в течение не менее 10 с должна быть приложена сила не менее 30 Н. Не должны наблюдаться повреждения, остаточная деформация или перемещения компаунда более чем на 1 мм.

Для всех видов взрывозащиты, если открытая поверхность заливочного компаунда является частью оболочки, обеспечивающей искробезопасность, то испытанию на ударостойкость должна подвергаться поверхность компаунда по *ГОСТ 31610.0* с высотой сбрасывания h для оболочек и внешних частей оболочек (кроме светопропускающих частей), которую определяют согласно таблице в соответствующем разделе *ГОСТ 31610.0.*

Примечание — Требование к проведению испытания на ударостойкость не означает применения других требований по *ГОСТ 31610.0*, например теплостойкость и холодостойкость.

9.4.2 Испытания предохранителей с заливкой компаундом или покрытием

Если необходима заливка предохранителей компаундом или его покрытие и материал может попасть внутрь предохранителя и нарушить безопасность, то необходимо выполнить следующее испытание на пяти образцах каждого предохранителя до заливки или покрытия.

Испытываемые образцы с исходной температурой (25 ± 2) °С необходимо мгновенно погрузить в воду с температурой (50 ± 2) °С на глубину не менее 25 мм не менее чем на 1 мин. Устройства считаются выдержавшими испытания, если во время испытания из образца не выделяются пузырьки.

В альтернативном случае испытание проводят путем проверки пяти образцов предохранителей после герметизации или покрытия в соответствии с документацией, чтобы убедиться в отсутствии попадания компаунда или покрытия внутрь.

9.4.3 Перегородки

Для уровня вида взрывозащиты «ia» и «ib» перегородки должны выдерживать минимальное усилие 30 Н, приложенное твердым испытательным стержнем диаметром (6 ± 0.2) мм. Усилие прикладывают примерно по центру перегородки в течение не менее 10 с. Не должно быть деформации перегородки, которая могла бы нарушить ее пригодность для последующего использования по назначению.

Для уровня вида взрывозащиты «ic» не требуется проводить испытание перегородок.

9.4.4 Испытания на закрепление кабеля

Испытание на закрепление кабеля должно проводиться путем приложения к кабелю растягивающего усилия минимальной величины 30 Н в направлении от ввода кабеля в устройство. Продолжительность испытания должна составлять не менее 1 ч.

Допускается смещение оболочки кабеля, но не должно наблюдаться видимого смещения выводов.

Данное испытание не должно применяться к отдельным проводникам, которые постоянно соединены и не являются частью кабеля.

9.5 Токопроводящая способность неповреждаемых соединений печатных плат

Для уровня вида взрывозащиты «ia» и «ib» токопроводящая способность соединения испытывается в течение 1 ч при максимальной эксплуатационной температуре с током, в 1,5 раза превышающим максимальный долговременный ток, который может протекать в соединении при условиях согласно 5.2. Применение этого испытательного тока не должно вызывать размыкание соединения или его отделения от подложки в любой точке.

9.6 Испытание электрической прочности изоляции

Испытание электрической прочности должно проводиться с учетом следующего:

a) согласно соответствующему промышленному стандарту; или

b) переменным напряжением преимущественно синусоидальной формы частотой от 48 до 62 Гц; или

c) напряжением постоянного тока, имеющим пульсацию не выше 3 %, и значением, в 1,4 раза превышающим значение указанного напряжения переменного тока.

Для перечислений b) и c) напряжение должно увеличиваться постепенно до указанного значения за время не менее 10 с, а затем поддерживаться в течение не менее 60 с. Приложенное напряжение должно оставаться постоянным в течение испытаний, а ток не должен превышать действующего значения 5 мА в любой промежуток времени.

9.7 Оценка твердой изоляции и расстояния через заливочный компаунд для применения уменьшенных разделений

9.7.1 Общие требования

Данные типовые испытания позволяют оценить твердую изоляцию и расстояние через заливочный компаунд для применения уменьшенных разделений.

Данное типовое испытание состоит из следующих этапов:

a) предварительное кондиционирование по 9.7.2;

b) испытание напряжением переменного тока промышленной частоты по 9.7.3;

c) испытание на частичный разряд по 9.7.4.

Во время испытаний образцы обесточиваются.

9.7.2 Предварительное кондиционирование

9.7.2.1 Предварительное кондиционирование сухим нагревом

Шесть образцов должны быть выдержаны в воздушной печи в течение не менее 48 часов при температуре от 10 К и 15 К выше максимальной эксплуатационной температуры, но не менее 80 °С.

Примечание — Данная методика соответствует испытаниям *[19]*.

9.7.2.2 Предварительное кондиционирование сухим циклическим нагревом

Эта процедура требуется только в том случае, если применяется испытание на частичный разряд.

После предварительного кондиционирования сухим нагревом по 9.7.2.1 те же шесть образцов должны быть подвергнуты циклическому изменению температуры следующим образом:

минимальная температура:	минимальная эксплуатационная температура, сниженная на 5—10 К;
максимальная температура:	как указано в 9.7.2.1 для предварительного кондиционирования сухим нагревом;
продолжительность цикла:	24 часа, минимум 10 часов при каждой температуре;
скорость изменения:	в течение 2 часов;
количество циклов:	3

Примечание — Данная методика соответствует испытаниям *[19]*.

9.7.2.3 Предварительное кондиционирование при быстром изменении температуры

Эта процедура требуется только в том случае, если применяется испытание на частичный разряд.

После цикла сухого нагрева по 9.7.2.2 те же шесть образцов должны быть подвергнуты быстрому изменению температуры следующим образом:

минимальная температура:	минимальная эксплуатационная температура, сниженная на 5—10 К;
максимальная температура:	как указано в 9.7.2.1 для предварительного кондиционирования сухим нагревом;
продолжительность цикла:	60 мин (30 ± 2) мин при каждой температуре;
скорость изменения:	в течение 30 с;
количество циклов:	50.

Примечание — Данная методика соответствует испытаниям *[20]*.

9.7.2.4 Предварительное кондиционирование с воздействием влажности

Шесть образцов, прошедших предыдущие испытания, должны быть подвергнуты предварительному кондиционированию с воздействием влажности перед испытанием напряжением промышленной частоты переменного тока по 9.7.3.

Испытание с воздействием влажности проводят в камере при относительной влажности (93 ± 3) %. Температуру воздуха в камере поддерживают на уровне (40 ± 2) °С. Перед воздействием влажности образец нагревают до температуры (42 ± 2) °С, поддерживая ее в течение как минимум 4 ч перед предварительным кондиционированием с воздействием влажности. Воздух в камере перемешивается, а камера должна быть сконструирована таким образом, чтобы на образце не оседал конденсат. Образец остается под воздействием влажности не менее 96 часов.

Примечание — Данная методика соответствует испытаниям *[21]*.

9.7.3 Испытание напряжением переменного тока промышленной частоты

Испытание напряжением переменного тока промышленной частоты проводится и завершается в течение одного часа после окончания испытания на воздействие влажности согласно 9.7.2.4.

Испытание должно проводиться при частоте от 48 до 62 Гц. Использование напряжения постоянного тока для данного испытания не допускается.

Форма сигнала испытательного напряжения должна быть преимущественно синусоидальной. Данное требование выполнено, если отношение пикового значения к действующему значению составляет $\sqrt{2}$ ± 3 %. Испытательное напряжение указано в таблице 8, графа 7.

Источник питания должен иметь достаточную вольт-амперную мощность для поддержания испытательного напряжения, с учетом возможного тока утечки. Приложенное напряжение должно оставаться постоянным в течение испытания. Ток во время испытания не должен превышать действующего значения 100 мА в любой момент времени.

Напряжение должно постепенно увеличиваться от 0 В до заданного значения в течение 5 с, а затем сохраняться не менее 60 с.

Во время испытания не должно произойти пробоя.

9.7.4 Испытание на частичный разряд

Данное испытание должно быть проведено после испытания напряжением переменного тока промышленной частоты согласно 9.7.3. Форма синусоидального испытательного напряжения промышленной частоты должна быть преимущественно синусоидальной. Данное требование выполнено, если отношение пикового значения к действующему значению составляет $\sqrt{2}$ ± 3 %. Испытание должно проводиться при частоте от 48 до 62 Гц. Пиковое значение U_t — это указанное значение напряжения частичного разряда в таблице 8.

Примечание — Если в таблице 8 не указано значение напряжения частичного разряда, то испытание на частичный разряд не требуется в соответствии с настоящим стандартом.

Методы испытаний на частичный разряд должны быть такими, как описано в *ГОСТ IEC 60664-1*.

В соответствии с гистерезисом частичного разряда должно применяться исходное значение, в 1,25 раза превышающее испытательное напряжение U_t.

Напряжение должно повышаться равномерно от 0 В до начального испытательного напряжения в 1,25 раза U_t. Заданное напряжение должно поддерживаться постоянным в течение заданного времени t_1, равного 5 с. Если частичных разрядов не произошло, то испытательное напряжение должно быть уменьшено до нуля после t_1. Если произошел частичный разряд, напряжение должно быть умень-

шено до испытательного напряжения U_t, которое должно оставаться постоянным в течение определенного времени t_2 15 с, пока не будет измерена величина частичного разряда (см. рисунок 16).

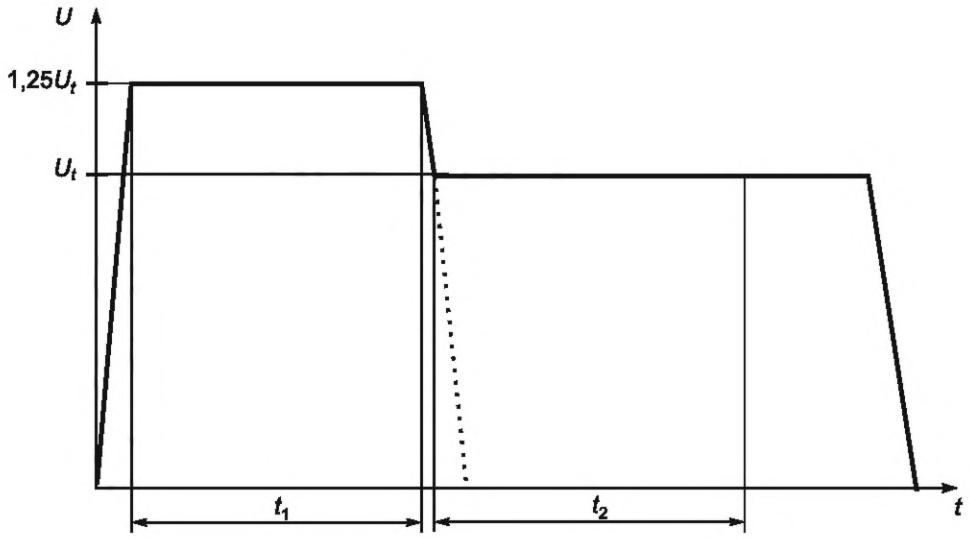


Рисунок 16 — Испытательное напряжение

Изоляция соответствует требованиям, если:

- пробоя изоляции не произошло; и
- во время подачи испытательного напряжения частичных разрядов не произошло или после t_2 величина разряда не превышает 5 пКл.

Уровень шума не должен вычитаться из показаний средства измерения частичных разрядов.

9.8 Типовые испытания покрытий печатных плат

Покрытия, используемые для обеспечения защиты класса 1 или 2, должны подвергаться типовым испытаниям, указанным в последовательности испытаний 1 *ГОСТ IEC 60664-3,* приложение А, таблица А.1.

Типовые испытания должны проводиться с применением следующего:

- минимальная эксплуатационная температура должна быть снижена как минимум на 5 К в качестве минимальной температуры для предварительного кондиционирования на холодостойкость и быстрого изменения температуры;
- для защиты класса 1 испытательное напряжение для испытания импульсным напряжением должно быть напряжением переменного тока, указанным в графе 7 таблицы 8 или графе 6 таблицы 9, при необходимости умноженным на $\sqrt{2}$. Для защиты класса 1 испытание на частичный разряд не требуется; и
- для защиты класса 2 испытательное напряжение для испытания напряжением промышленной частоты переменного тока (см. 9.7.3) и U_t для испытания на частичный разряд (см. 9.7.4) должно быть такими, как указано в графе 7 таблицы 8 или графе 6 таблицы 9 соответственно. Испытание на частичный разряд требуется только в том случае, если в данных таблицах указано значение для печатных плат.

9.9 Испытания на дифференциальный ток утечки для изоляторов сигналов

Три образца изолятора сигнала, имеющего клеммы питания и заземления на выходе сигналов, должны быть подвергнуты испытанию на дифференциальный ток утечки. Сторона входа сигнала изолятора должна работать при номинальном эксплуатационном напряжении. Входные сигналы высокого логического уровня, низкого логического уровня и переключения при максимальной скорости передачи данных приложения или выше и с коэффициентом загрузки 50 % должны применяться ко всем входам на стороне питания изолятора сигналов. Напряжение, генерируемое на выходной стороне для каждого условия испытания, должно оставаться менее 0,5 В при нагрузке 10 кОм. Нагрузка 1 % установлена между клеммами питания компонента и заземления, как показано на рисунке 17.

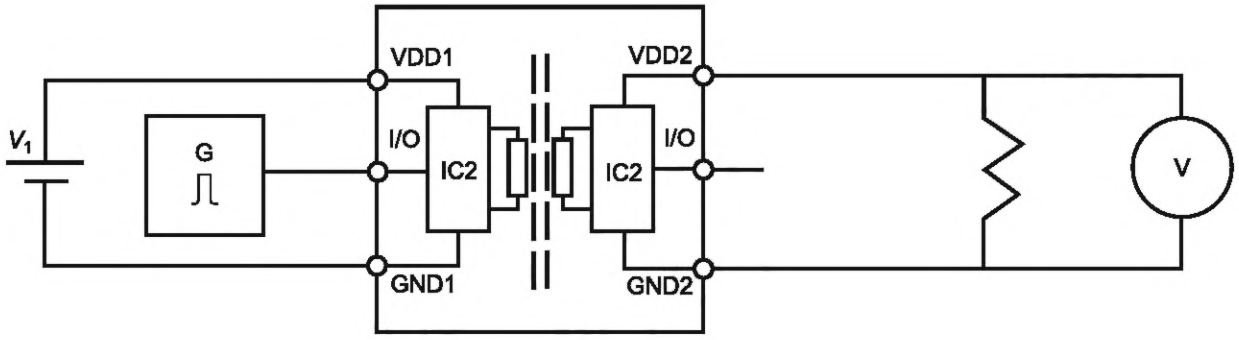


Рисунок 17 — Рекомендуемая схема смещения для измерения дифференциальной утечки

Примечание — Значения резистивной нагрузки на выходе и порога напряжения выбраны для простоты измерения и не имеют другого значения.

9.10 Испытания разделительных устройств

9.10.1 Общие требования

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» данные испытания проводят, если оптические разделительные устройства используют для разделения искробезопасных и искроопасных цепей.

Образцы должны пройти испытания, указанные в 9.10.2 и 9.10.3.

9.10.2 Тепловое кондиционирование и испытание на электрическую прочность

9.10.2.1 Общие требования

Максимальная температура для теплового кондиционирования определяется путем проведения испытаний на перегрузку на пяти образцах для приемной стороны и пяти образцах для передающей стороны. Затем все 10 образцов должны быть подвергнуты тепловому кондиционированию и испытаниям на электрическую прочность.

9.10.2.2 Испытание на перегрузку на приемной стороне

Передающая сторона разделительного устройства должна работать с номинальными значениями нагрузки (например, $I_f = I_N$).

Приемная сторона должна работать с установленной мощностью (например, между токоприемником и излучателем), которая не должна повреждать компоненты. Данные значения должны быть определены при предварительных испытаниях или взяты из спецификации изготовителя разделительного устройства.

После достижения термического равновесия должна быть увеличена мощность. После повторного достижения термического равновесия мощность должна увеличиваться ступенчато, пока не будет термического равновесия и так далее, пока:

a) приемный полупроводник не будет поврежден. Это ограничит или значительно снизит рассеивание мощности;

b) мощность на полупроводниковом приемнике не достигнет значения, до которого она ограничена защитным компонентом или узлом, являющимся частью цепи.

Необходимо зарегистрировать максимальную температуру поверхности приемной стороны для каждого образца вместе с температурой окружающей среды.

9.10.2.3 Испытание на перегрузку на передающей стороне

Приемная сторона разделительного устройства должна быть подключена к источнику напряжения U с последовательным резистором R, где:

$$U = 4 \cdot \frac{P_{max}}{I_{max}}; \tag{9}$$

$$R = \frac{U}{I_{max}}, \tag{10}$$

где P_{max} — максимальная допустимая мощность в приемнике;

I_{max} — максимальный допустимый ток в приемнике.

Передающая сторона должна работать с установленной мощностью, которая не должна повреждать компоненты. Данное значение должно быть определено при предварительных испытаниях или взято из спецификации изготовителя разделительного устройства.

После достижения термического равновесия должна быть увеличена мощность. После повторного достижения термического равновесия мощность должна увеличиваться ступенчато, пока не будет термического равновесия и так далее, пока:

a) передающий полупроводник не будет поврежден. Это ограничит или значительно снизит рассеивание мощности; или

b) мощность на полупроводниковом передатчике не достигнет значения, до которого она ограничена защитным компонентом или узлом, являющимся частью цепи.

Необходимо зарегистрировать максимальную температуру поверхности передающей стороны для каждого образца вместе с температурой окружающей среды.

9.10.2.4 Тепловое кондиционирование и испытание на электрическую прочность

Все образцы, используемые в 9.10.2.1 и 9.10.2.2, должны быть помещены в печь на $6^{+0,2}$ часов при максимальной температуре поверхности, записанной при проведении испытаний по 9.10.2.2 и 9.10.2.3, увеличенной не менее чем на 10 K, но не более чем на 15 K.

После разделительные устройства должны остыть до (23 ± 5) °C. Затем они должны быть подвержены испытанию электрической прочности изоляции напряжением 1,5 кВ (переменного тока от 48 до 62 Гц), приложенным между клеммами искробезопасных и искроопасных цепей, и в течение 10 с оно должно быть увеличено до $3^{+0,15}$ кВ. Данное напряжение должно быть приложено в течение (65 ± 5) с.

Во время данного испытания не должно быть пробоя изоляции между приемником и передатчиком и ток утечки не должен превышать действующего значения 5 мА.

9.10.3 Испытание на электрическую прочность и короткое замыкание

9.10.3.1 Общие требования

Для проведения данных испытаний необходимы три новых образца, не использовавшихся в испытаниях 9.10.2.

Оптические разделительные устройства должны быть подвергнуты предварительному испытанию на электрическую прочность (9.10.3.2), затем испытанию током короткого замыкания (9.10.3.3) и затем испытанию на электрическую прочность (9.10.3.4).

9.10.3.2 Предварительное испытание на электрическую прочность

До проведения испытаний током короткого замыкания образцы должны выдержать без пробоя испытание на электрическую прочность в соответствии с 9.6 b) действующим значением напряжения $4^{+0,2}$ кВ, приложенного между искробезопасной и искроопасной сторонами разделительного устройства. Во время данного испытания на электрическую прочность согласно 9.6 b) измеренный ток утечки не должен превышать 1 мА действующего значения.

9.10.3.3 Испытание током короткого замыкания

Все образцы должны быть испытаны током короткого замыкания. Напряжение в разомкнутой испытательной цепи должно быть максимальным напряжением для оптического разделительного устройства при условиях, указанных в 5.2 (например, пиковое значение U_m). Доступная мгновенная нагрузочная способность испытательной цепи должна быть не менее 200 А. Испытательная цепь должна быть соединена с оптическим разделительным устройством так, чтобы испытательный ток проходил через искроопасную сторону оптического разделительного устройства. При испытании допускается оставить подключенными защитные компоненты или узлы, являющиеся частью цепи. Оптические разделительные устройства не должны взрываться или загореться при испытании током короткого замыкания.

9.10.3.4 Испытание на электрическую прочность

Каждый образец должен выдерживать без пробоя испытание на электрическую прочность согласно 9.6 b) напряжением $2U$ + 1000 В или 1500 В действующего значения, в зависимости от того, какая из величин больше, приложенного между искробезопасной и искроопасной сторонами оптического разделительного устройства. Во время данного испытания на электрическую прочность измеренный ток утечки согласно 9.6 b) не должен превышать 1 мА действующего значения.

9.11 Испытания искробезопасных устройств, содержащих пьезоэлектрические устройства

Необходимо провести измерение на одном образце:

a) емкости устройства;

b) напряжения, возникающего в нем, когда доступную при эксплуатации часть искробезопасного устройства испытывают ударом в соответствии с параметрами, приведенными в таблице по испыта-

ниям на ударостойкость (графа «Высокая») по *ГОСТ 31610.0* при температуре (20 ± 10) °С с использованием испытательного оборудования по *ГОСТ 31610.0*. Испытание необходимо проводить на одном образце, но он может быть поврежден при испытании, поэтому может потребоваться второй образец.

Если искробезопасное устройство, содержащее пьезоэлектрическое устройство, предохранено от прямого механического воздействия, то испытывают ударом предохранительное устройство при расположении искробезопасного устройства и предохранительного устройства в положении, предусмотренном изготовителем.

Максимальная энергия, накопленная емкостью кристалла при максимальном измеренном напряжении, не должна превышать для оборудования:

- группы I — 1500 мкДж,
- подгруппы IIA — 950 мкДж,
- подгруппы IIB — 250 мкДж,
- подгруппы IIC — 50 мкДж.

Если электрический выход пьезоэлектрического устройства ограничен защитными компонентами или предохранительным устройством, эти компоненты или предохранительные устройства не должны быть повреждены в результате удара таким образом, чтобы нарушалась искробезопасность.

Если искробезопасное оборудование необходимо защитить от внешнего механического воздействия, чтобы не допустить превышения указанных значений ударной энергии, то *маркировка* должна содержать знак «X» согласно требованиям к маркировке по *ГОСТ 31610.0*. Специальные условия применения должны содержать подробные требования к установке.

9.12 Испытания устройств с положительным температурным коэффициентом

Не менее 10 образцов для уровня вида взрывозащиты «ia» и «ib» и не менее одного образца для уровня вида взрывозащиты «ic» должны быть испытаны на способность управлять защищаемыми компонентами и устройствами с учетом температуры поверхности устройств с положительным температурным коэффициентом. Температурная зависимость должна быть принята за наихудший случай, выявленный в результате испытаний этих образцов.

9.13 Определение параметров компонентов, имеющих неопределенные характеристики

Десять неиспользованных образцов компонентов должны быть получены и их соответствующие параметры должны быть измерены. За исключением случаев определения тепловой характеристики, испытания обычно проводятся в наихудших условиях температуры эксплуатации или соотносятся с ними, но при необходимости чувствительные к температуре компоненты должны быть испытаны при более низких температурах, чтобы создать наиболее неблагоприятные условия для компонентов.

Наиболее неблагоприятные значения параметров, полученные во время испытаний на десяти образцах, должны рассматриваться как представительные параметры компонента. Параметры должны быть документально оформлены в соответствии с требованиями *ГОСТ 31610.0*.

9.14 Испытания элементов, батарей и ионисторов

9.14.1 Условия проведения испытаний

9.14.1.1 Общие требования

До проведения любых испытаний вторичные элементы или батареи, или ионисторы нужно не менее двух раз полностью зарядить и разрядить. При второй и, если это потребуется, последующих разрядках необходимо убедиться, что емкость элемента или батареи, или ионистора находится в пределах характеристик, указанных изготовителем, что гарантирует проведение испытания на полностью заряженном образце в пределах характеристик, указанных изготовителем.

Испытания необходимо проводить на новых и неиспользованных первичных элементах.

Если иное не предусмотрено в соответствии с 9.14.3.3 b), когда для проведения испытаний требуется короткое замыкание, то собственное сопротивление закорачивающей перемычки, за исключением соединений с ней, должно быть не более 3 мОм, или падение напряжения на клеммах подключенной перемычки должно быть не более 200 мВ, либо не более 15 % от ЭДС элемента. Короткое замыкание необходимо осуществлять максимально близко от клемм элемента или батареи, или ионистора.

Во время разряда ток и напряжение должны быть непрерывными. Не должно быть внезапного падения тока или напряжения до нуля.

Примечание — Ожидается, что напряжение и ток будут уменьшаться по естественной кривой для элемента или ионистора без прерываний.

Испытания на короткое замыкание для утечки электролита по 9.14.2 и определение температуры поверхности по 9.14.3 должны проводиться при снятых, обойденных или иным образом отключенных всех токоограничивающих устройствах, внутренних или внешних по отношению к корпусу элемента или корпусу батареи. Образцы, имеющие внутреннее токоограничивающее устройство, снятые, исключенные или иным образом отключенные, должны быть получены от изготовителя вместе со всеми специальными руководствами по эксплуатации или мерами предосторожности, необходимыми для безопасного использования и испытаний образцов. Особенности элемента или ионистора, обеспечивающего основные функции, такие как сепаратор с функцией отключения или омическое сопротивление электролита, не считаются токоограничивающими устройствами в соответствии с данным пунктом и не требуют удаления, исключения или отключения. Такие элементы или ионисторы могут рассматриваться для уровня вида взрывозащиты «ia» или «ib».

Если при испытании на короткое замыкание происходит взрыв или возгорание элемента или батареи, то его нельзя использовать для уровней защиты «ia» или «ib».

9.14.1.2 Испытания без слоев пыли

Для уровней взрывозащиты оборудования Ma, Mb, Ga, Gb и Db, где не указан слой пыли, испытания, указанные в 9.14.2 и 9.14.3.3, проводятся следующим образом:

a) на трех образцах для испытаний при минимальной эксплуатационной температуре или минус 20 °C, с допуском ±2 °C;

b) на трех образцах для испытаний при максимальной эксплуатационной температуре ±2 °C; и

c) на трех образцах для испытаний при температуре (23 ± 5) °C.

9.14.1.3 Испытания со слоями пыли

Для уровня взрывозащиты оборудования Db, где элемент или ионистор может находиться в прямом контакте с пылью, а также для уровня взрывозащиты оборудования Da, испытания согласно 9.14.3.3 должны проводиться с соответствующей толщиной слоя пыли в соответствии с *ГОСТ 31610.0* либо:

1) три образца для испытаний при максимальной эксплуатационной температуре ±2 °C и три образца для испытаний при (23 ± 5) °C; или

2) при отсутствии возможности возникновения температурного разгона три образца для испытаний при температуре (23 ± 5) °C. В этом случае к максимальному увеличению температуры, полученному в воздухе, прибавляется максимальное повышение температуры, полученное под слоем пыли. Для испытаний элементов или ионисторов на воздухе испытания по 9.14.2 и 9.14.3.3 необходимо проводить следующим образом:

- на трех образцах для испытаний при минимальной эксплуатационной температуре или минус 20 °C, с допуском ±2 °C;
- на трех образцах для испытаний при максимальной эксплуатационной температуре ±2 °C; и
- на трех образцах для испытаний при температуре (23 ± 5) °C.

Для уровня взрывозащиты оборудования Da или Db испытания по 9.14.2 и 9.14.3.3 должны проводиться в соответствии с заданными слоями пыли внутри или снаружи корпуса устройства.

9.14.1.4 Дополнительные испытания

После испытаний по 9.14.1.2 и 9.14.1.3 еще семь образцов должны быть испытаны при температуре согласно a), b) или c), выше которой достигается максимальная температура поверхности элемента или ионистора.

9.14.2 Испытания элементов, батарей и ионисторов на утечку электролита

Во вторичных литий-ионных элементах, испытанных с использованием альтернативного сопротивления закорачивающей перемычки в соответствии с 9.14.3.3 b), предполагается наличие утечки электролита и применяются требования 7.12.3, в противном случае образцы для испытаний, указанные в 9.14.1, должны быть подвергнуты наиболее жестким из следующих испытаний:

a) для уровня вида взрывозащиты «ia» и «ib» короткому замыканию до полной разрядки элемента или батареи. Для уровня вида взрывозащиты «ic» не применяется, но тем не менее достаточное для подтверждения соответствия требованиям 9.14.2 элементов, батарей или ионисторов; или

b) приложением входного или зарядного токов в пределах, рекомендованных изготовителем; или

c) заряду батареи в соответствии с руководством по эксплуатации изготовителя с одним полностью разряженным или с нарушением полярности элементом.

Приведенные выше режимы испытаний включают любую переполюсовку при зарядке, имеющую место в случаях, указанных в 5.2. Они исключают использование внешнего зарядного устройства с зарядными характеристиками, превышающими рекомендованные изготовителем элемента или батареи, или ионистора.

После выполнения указанных испытаний испытуемые образцы должны быть помещены не менее чем на 12 часов на промокательную бумагу таким образом, чтобы соединения корпуса, например места уплотнения, были расположены внизу или установлены в соответствии с указаниями изготовителя. По окончании испытаний на промокательной бумаге или внешних поверхностях испытуемых образцов не должно быть видимых следов электролита.

Если для достижения соответствия требованиям 7.12.2 была применена герметизация, то по окончании испытаний при осмотре не должно быть обнаружено повреждений, которые могли бы нарушить соответствие требованиям 7.4.2. В качестве альтернативы совместимость электролита с герметиком можно проверить путем нанесения электролита непосредственно на образец герметика. Толщина образца должна соответствовать толщине используемого герметика. По истечении как минимум 12 часов не должно быть видимых повреждений на герметике, которые приведут к несоответствию 7.12.2.

Для уровня взрывозащиты оборудования Da и Db, где элемент может вступать в прямой контакт с пылью, испытание на утечку электролита допускается проводить без слоя пыли, но при максимальной температуре, полученной согласно 9.14.1.

Примечание — Возможно, потребуется обратиться к изготовителю элементов для определения пригодности элементов для данного испытания.

9.14.3 Искровое воспламенение и температура поверхности элементов, батарей и ионисторов

9.14.3.1 Общие требования

В 9.14.3 термин «элемент» также относится к ионисторам.

Примечания

1 Некоторые типы элементов, например никель-кадмиевые, могут выделять максимальный ток короткого замыкания при температурах ниже, чем нормальная окружающая среда.

2 Некоторые элементы, батареи или ионисторы могут загореться или взорваться во время испытания на короткое замыкание.

Элементы и батареи должны быть испытаны или оценены в соответствии с 9.14.3.2 и 9.14.3.3, с учетом требований 9.14.1.

9.14.3.2 Оценка на искровое воспламенение

Оценку или испытания на искровое воспламенение следует проводить на внешних выводах элемента или батареи, за исключением случаев, когда включено устройство ограничения тока и цепь между данным устройством и элементом или батареей:

- обеспечивает неповреждаемое разделение, в том числе между токопроводящими частями разной полярности на самом корпусе элемента; или
- герметизирован согласно 6.6,

в этом случае испытание или оценка может включать в себя токоограничивающее устройство.

Если устройство содержит один или несколько элементов, которые не должны заменяться во взрывоопасной среде, то испытание искрового разряда на выводах единичного элемента не проводится при условии, что максимальное напряжение холостого хода единичного элемента менее 4,5 В, за исключением ионисторов, литий-ионных элементов и батарей с высоким током короткого замыкания, где следует учитывать риск искрового воспламенения.

Примечания

1 Исключение испытания на искровое воспламенение для единичных элементов с пиковым напряжением короткого замыкания менее 4,5 В основано на наличии незначительной индуктивности между клеммами элемента, что приводит к полностью резистивной цепи с напряжением ниже необходимого, чтобы вызвать искровой пробой между электродами в воздухе. Данное обоснование не относится к испытаниям на искровое воспламенение в любом другом случае, предусмотренном настоящим стандартом, поскольку любые соединительные проводники будут иметь индуктивность в цепи.

2 Для литий-ионных элементов индуктивностью между выводами элемента нельзя пренебрегать, поскольку некоторые элементы могут обеспечивать очень высокое значение тока короткого замыкания и искровое воспламенение от элементов с напряжением короткого замыкания ниже 4,5 В, доказано на основе испытаний.

3 Одним из методов достижения необходимых коэффициентов безопасности при испытаниях на искровое воспламенение отдельных элементов или ионисторов является применение сборки элементов: двух элементов, соединенных последовательно по напряжению, или двух элементов, соединенных параллельно по току.

9.14.3.3 Оценка теплового воспламенения

Указанное количество элементов или батарей должно иметь короткое замыкание в соответствии с 9.14.1, и измеренное значение температуры следует использовать при оценке теплового воспламенения.

Примечание — Для измерения максимальной температуры поверхности для группы II применяется температурный запас 5 К или 10 К, требуемый согласно *ГОСТ 31610.0*.

При монтаже элементов должно моделироваться тепловое воздействие их заданного расположения в законченном устройстве. В качестве значения температуры принимают максимальное значение, измеренное на внешней оболочке каждого элемента или батареи, который может подвергаться воздействию взрывоопасной среды. При испытании единичных элементов достаточно измерить температуру в середине элемента относительно его продольной оси. Если установлен внешний кожух, то температуру измеряют на поверхности кожуха и на металлической поверхности элемента или батареи.

Максимальная температура поверхности должна определяться следующим образом:

a) для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib», если утечка электролита происходит при испытании максимальной температуры поверхности, то следует также учитывать требования 7.12.3.

При определении максимальной температуры поверхности батареи, состоящей из нескольких элементов, если элементы соответствующим образом разделены между собой, только один элемент должен быть закорочен в данный момент времени для определения максимальной температуры поверхности.

Примечание — Это основано на том, что крайне маловероятно, чтобы произошло короткое замыкание более чем одного элемента одновременно;

b) для уровня вида взрывозащиты «ib», если:

- при испытании на короткое замыкание, которое проводится с сопротивлением перемычки короткого замыкания в соответствии с 9.14.1, происходит прерывание или резкое падение тока и напряжения; и
- испытание на устойчивость к короткому замыканию в соответствии с 9.14.1 не привело к взрыву или возгоранию элемента или батареи;
- образцы с удаленными, исключенными или иным образом отключенными внутренними токоограничивающими устройствами не могут быть получены,

то вторичные литий-ионные элементы можно альтернативно испытать с помощью короткозамкнутой цепи сопротивлением (80 ± 20) мОм в соответствии с испытанием на короткое замыкание в соответствии с *применяемым промышленным стандартом* при других идентичных условиях согласно 9.14.1. Данное альтернативное испытание на короткое замыкание не должно использоваться для подтверждения соответствия 9.14.2.

Примечание — Примером промышленного стандарта является [16];

c) для уровня вида взрывозащиты «ic» максимальная температура поверхности определяется при испытании одного образца в нормальных условиях эксплуатации со всеми установленными защитными устройствами.

9.14.4 Испытание оболочки батареи под давлением

Пять образцов оболочки батареи испытывают под давлением для определения давления сброса. Давление прикладывают внутри оболочки и постепенно увеличивают, пока не произойдет сброс. Максимальное давление сброса регистрируют. Оно не должно превышать 30 кПа.

Максимальное зарегистрированное давление сброса прикладывают к образцу оболочки батареи в течение не менее 60 с. После испытания образец должен пройти визуальный осмотр. Образец не должен иметь видимых повреждений или остаточной деформации.

Если зазоры внутри оболочки батареи соответствуют значениям по таблице 5, то испытание давлением образца, который прошел испытание на теплостойкость по *ГОСТ 31610.0*, не требуется. Если зазор на печатной плате в сборе внутри оболочки соответствует значениям таблицы 8 или 9, то необходимо провести испытание давлением на образце, который прошел испытание на теплостойкость, и дополнительно, если это переносное устройство, провести испытание сбрасыванием по *ГОСТ 31610.0*.

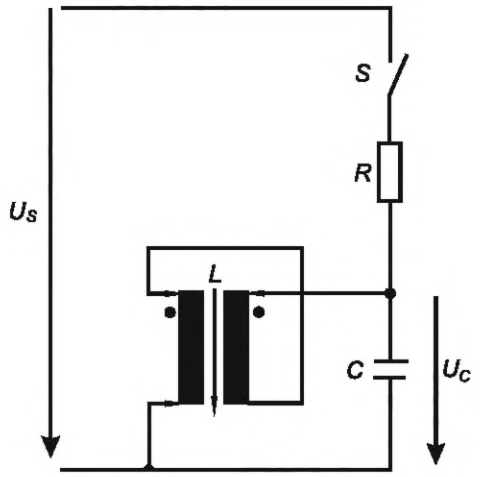
9.14.5 Сопротивление батареи

Для определения тока короткого замыкания необходимо провести испытания 10 образцов элементов или батарей.

Минимальное внутреннее сопротивление рассчитывается при пиковом напряжении короткого замыкания согласно 7.12.5 и наибольшем измеренном значении тока короткого замыкания.

9.15 Определение запасаемой энергии в синфазных дросселях

Для измерения максимальной энергии, которая может накопиться в синфазном дросселе, следует использовать установку на рисунке 18.



L — испытываемый синфазный дроссель, обмотки которого соединены последовательно;
U_S — максимальное напряжение в оцениваемой цепи; *R* — резистор, который в сочетании с U_S определяет испытательный ток;
S — механический контакт с противодребезговой защитой или переключатель транзистора.
При использовании транзистора его внутренняя емкость должна быть добавлена к *C* при расчете результата;
C — конденсатор, используемый для измерения энергии, возвращаемой дросселем

Рисунок 18 — Испытательная цепь с индуктором

C должен быть конденсатором полимерного или пленочного типа. Для минимизации ошибок измерения используется переключатель с эффективной емкостью менее 10 % значения емкости *C*. Емкость должна быть такой, чтобы при замкнутом переключателе энергия, запасенная в конденсаторе, была менее 1 % энергии, запасенной в дросселе

$$E = \frac{0{,}5LU_S^2}{\left(R + R_{\text{дрос}}\right)^2}, \tag{11}$$

где $R_{\text{дрос}}$ — сопротивление испытываемого дросселя.

U_C необходимо контролировать с помощью осциллографа.

Испытание проводится при замыкании и повторном размыкании *S* и измерении U_C, пиковое значение напряжения, достигаемое в первом полупериоде колебаний, как показано на рисунке 19. Переключатель *S* может размыкаться и замыкаться неоднократно; в этом случае цикл нагрузки должен гарантировать, что нагрев синфазного дросселя незначителен.

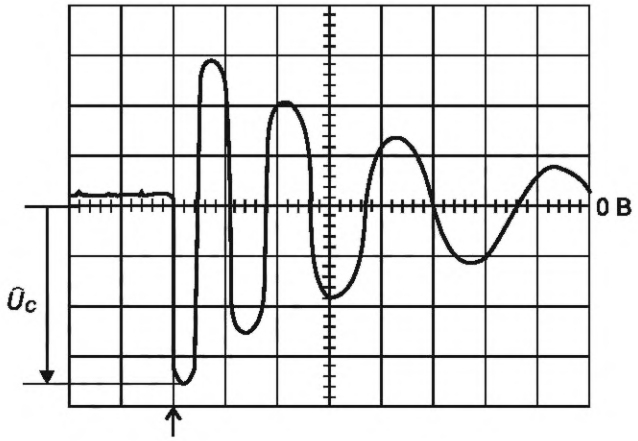


Рисунок 19 — Измеренные колебания

Энергия, запасенная в синфазном дросселе, рассчитывается как:

$$E = \frac{1}{2} C \hat{U}_C^2, \tag{12}$$

Испытание необходимо повторить на одном образце при различных температурах в диапазоне рабочих температур дросселя, чтобы определить наиболее опасный случай (наибольшее значение $\hat{U}_C$). Испытание не обязательно проводить при температуре выше температуры Кюри для ферритового материала.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» измерение должно проводиться при наиболее опасной температуре еще на девяти образцах синфазного дросселя.

9.16 Типовые испытания компонентов, защищенных устройством ограничения тока с зависимой от времени характеристикой

Если полупроводниковый компонент, от которого зависит искробезопасность, защищен плавким предохранителем или управляемым полупроводником ограничения тока, то его способность выдерживать переходные процессы в течение времени действия ограничения тока должна быть продемонстрирована, как указано далее.

При наличии соответствующих данных от изготовителей устройств можно показать, что номинальный ток защищаемого устройства превышает или равен переходной характеристике ограничительного устройства, например, если номинал предохранителя I^2t меньше, чем номинал I^2t защищаемого тиристора.

В противном случае значения переходного процесса необходимо сравнить со способностью защищаемого устройства выдержать переходный процесс. Величину переходного процесса определяют следующим образом:

a) определяют максимальный ток переходного процесса при условиях, указанных в 5.2.

Пример — Примерами максимального тока являются:

- пиковое значение U_m, U_i или напряжение батареи, разделенное на последовательное сопротивление плюс холодное сопротивление предохранителя;

- переходный ток со вторичной обмотки трансформатора, измеренный в наихудшем состоянии цепи питания;

- I_i на соединительных контактных средствах электропитания;

b) время срабатывания токоограничивающего устройства определяется одним из следующих способов:

1) по данным изготовителя токоограничивающего устройства. Например, если используется номинал предохранителя I^2t, то время срабатывания равно номиналу, разделенному на квадрат тока, определенного по перечислению a);

2) для предохранителя: наибольшее из значений — 50 мкс или максимальное время размыкания предохранителя, указанное изготовителем предохранителя, при токе, определенном по перечислению a). Если это время не указано, то максимальное время размыкания предохранителей определяют на десяти предохранителях путем подачи указанного тока;

3) при ограничении с использованием полупроводникового устройства — длительность импульса, при которой ток превышает максимальный непрерывный ток, который может протекать без применения ограничения в наиболее сложных условиях (включая значения компонентов, напряжение, ток, время и температуру). Это время должно быть либо:

- рассчитано на основе данных компонента (например, с использованием моделирования цепи), либо
- измерено в цепи, представляющей наихудший случай, и с добавлением коэффициента безопасности 1,5 к измеренному времени.

Способность защищаемого устройства выдерживать переходные процессы должна определяться одним из следующих способов:

c) сравнением с переходными характеристиками защищаемого компонента, указанными изготовителем компонента, или

d) путем испытаний следующим образом:

1) измеряют первичное(ые) значение(я) защищаемого компонента для выполнения его защитной функции.

Пример — Примерами первичных значений являются:

- ***прямое напряжение диода;***
- ***напряжение стабилизации для диода Зенера;***
- ***напряжение насыщения тиристора или биполярного транзистора;***
- ***сопротивление открытого и закрытого канала сток-исток полевого транзистора;***

2) на каждый защищаемый компонент воздействуют не менее чем пятью прямоугольными импульсами тока с максимальным переходным током, рассчитанным из 9.16 a), с длительностью импульса, равной времени срабатывания, определенного в 9.16 b), приложенного с интервалом примерно 20 мс. Для цепей, в которых применяются восстанавливаемые устройства ограничения тока, количество импульсов должно быть больше, чем расчетное максимальное потребление;

3) первичное(ые) значение(я) защищаемого компонента повторно измеряют при том же токе, что и 9.16 d) 1), и значения не должны отличаться от значений, полученных до того, как компонент подвергся воздействию импульсных токов более чем на 5 % (включая погрешности испытательного оборудования), а также не выводить компонент за пределы спецификации изготовителя компонента. После испытаний необходимо проверить соответствие основной функции компонента спецификации изготовителя.

Из общего диапазона, выпускаемого конкретным изготовителем, можно использовать наихудший случай, чтобы продемонстрировать приемлемость менее опасных случаев в общем диапазоне.

Пример — Считается, что испытание с применением тока предохранителя на стабилитроне на 12 В подтверждает пригодность стабилитрона на 5,2 В того же типа при том же токе предохранителя.

9.17 Испытания трансформатора

9.17.1 Общие требования

Требование по безопасной электрической изоляции удовлетворяется, если трансформатор выдерживает типовое испытание, описанное ниже, и после охлаждения трансформатора до (23 ± 5) °C выдерживает испытание на электрическую прочность согласно 9.6 с применяемым напряжением согласно 6.9.

Если последовательный резистор либо встроен в трансформатор, либо герметизирован вместе с трансформатором так, чтобы между трансформатором и резистором не было оголенной части под напряжением, либо установлен так, чтобы обеспечить надежное разделение в соответствии с 6.5.4.2, и если резистор остается в цепи после применения 5.2, то выходная обмотка не должна рассматриваться как подверженная короткому замыканию, кроме как через резистор.

9.17.2 Сетевые трансформаторы для уровня вида взрывозащиты «ia» и «ib»

9.17.2.1 Сетевые трансформаторы промышленной частоты

Трансформатор вместе со связанными с ним устройствами, например предохранителями, автоматическими выключателями, устройствами, используемыми для ограничения температуры, и резисто-

рами, подключенными к выводам обмоток, должны обеспечивать безопасную электрическую изоляцию между источником питания и искробезопасной цепью, даже если на какой-либо из выходных обмоток произойдет короткое замыкание, а на всех остальных выходных обмотках будет максимальная номинальная электрическая нагрузка.

Входное напряжение устанавливается равным номинальному напряжению трансформатора. Входной ток должен быть установлен в диапазоне от $1{,}70 \cdot I_n$ до $1{,}87 \cdot I_n$ предохранителя или на максимальный постоянный ток, при котором выключатель не будет срабатывать за счет увеличения нагрузки на вторичной обмотке. Если увеличение нагрузки ограничено возникновением короткого замыкания на всех вторичных обмотках, то испытание должно проводиться с использованием номинального входного напряжения и максимального входного тока, достигнутого при данных условиях.

При использовании самовосстанавливающегося термовыключателя испытание должно продолжаться не менее 12 ч если не указано иного, то испытание должно продолжаться не менее 6 ч или до тех пор, пока не сработает невозвратный термовыключатель.

9.17.2.2 Сетевые трансформаторы непромышленной частоты

Трансформаторы, не разделенные гальванически от сети и не работающие при частоте сети, должны быть испытаны в функциональной цепи, соответствующей условиям, указанным в 5.2, включая, где это практически возможно, возможные изменения диапазона частот, диапазона входного напряжения и нагрузки. Входной ток должен быть установлен до максимального значения в диапазоне от 1,70 I_n до 1,87 I_n предохранителя или максимального постоянного тока, при котором не будет срабатывать выключатель, установив входное напряжение, частоту и нагрузку в пределах диапазонов, применимых в цепи преобразователя постоянного тока, в которой используется трансформатор.

При использовании самовосстанавливающегося термовыключателя испытание должно продолжаться не менее 12 ч если не указано иного, то испытание должно продолжаться не менее 6 ч или до тех пор, пока не сработает невозвратный термовыключатель.

9.17.2.3 Критерий оценки результатов испытаний

Для трансформаторов типов 1 и 2a температура обмотки не должна превышать допустимое значение для данного класса изоляции по *[22]* или постоянной температуры эксплуатации изоляционных материалов.

Для трансформаторов типа 2b, если необходима изоляция от земли обмоток, используемых в искробезопасной цепи, применяется указанное выше требование. Однако, если изоляция от земли не требуется, трансформатор считают прошедшим испытание, если он не воспламенился. Температура обмотки должна быть измерена в соответствии с 9.3.

9.17.3 Трансформаторы, гальванически разделенные от основной сети для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib»

Трансформатор вместе со связанными с ним устройствами, например предохранителями, автоматическими выключателями, устройствами, используемыми для ограничения температуры, и резисторами, подключенными к выводам обмоток, должны обеспечивать безопасную электрическую изоляцию при нагрузке, которая дает максимальное рассеивание мощности в трансформаторе без размыкания обмоток, для обеспечения правильной нагрузки изоляции.

Трансформаторы должны быть испытаны в функциональной цепи, которая может смоделировать самые плохие условия эксплуатации с учетом требований 5.2.

Самые плохие условия эксплуатации включают возможные изменения в диапазоне частоты, входном напряжении и нагрузке.

Входное напряжение устанавливается равным максимальному напряжению трансформатора, установив входное напряжение, частоту или нагрузку в диапазонах цепи, в которой используется трансформатор. Для ограничения предохранителя входной ток должен быть установлен в диапазоне от $1{,}70 \cdot I_n$ до $1{,}87 \cdot I_n$, для выключателя ток должен быть равен максимальному постоянному току, при котором выключатель не будет срабатывать. Если исходя из практических соображений работа трансформатора невозможна при переменном токе, то на каждой обмотке должен быть постоянный ток в диапазоне от $1{,}70 \cdot I_n$ до $1{,}87 \cdot I_n$ с учетом коэффициента передачи по току, если при этом ток увеличивается.

При использовании самовосстанавливающегося термовыключателя испытание должно продолжаться не менее 12 ч если не указано иного, то испытание должно продолжаться не менее 6 ч или до тех пор, пока не сработает невозвратный термовыключатель.

Результаты испытаний должны быть оценены согласно критериям 9.17.2.3.

9.17.4 Трансформаторы уровня вида взрывозащиты «ic»

Для трансформаторов типа 2b), если не требуется изоляция от земли обмоток, используемых в искробезопасной цепи, применяется требование согласно 5.2.4, температура обмоток трансформатора не должна превышать допустимое значение класса изоляции или постоянной температуры эксплуатации изоляционных материалов.

Примечание — Класс изоляции определяют по [22].

10 Контрольные проверки и испытания

10.1 Другие допустимые уменьшенные расстояния

Если согласно требованиям к другим допустимым расстояниям графы 5 таблицы 8 требуется проведение контрольных испытаний на электрическую прочность изоляции, то испытания согласно 9.6 необходимо проводить в качестве контрольных при напряжении согласно 6.9.

Поскольку все контрольные испытания могут проводиться только при гальванически разделенных цепях, представительные испытательные проводники могут быть включены в конструкцию печатной платы для проверки правильности методики, определенной изготовителем.

10.2 Контрольные испытания диодных барьеров безопасности

10.2.1 Барьеры безопасности законченной конструкции

Контрольное испытание должно проводиться на каждом барьере безопасности законченной конструкции для проверки правильной работы всех компонентов барьера и сопротивления всех предохранителей. Разрешено использование съемных вставок для проведения данного испытания, если искробезопасность сохраняется при снятых вставках.

Примечание — Для барьеров безопасности с уровнем вида взрывозащиты «ic» обычно не требуется съемных вставок.

10.2.2 Диоды для двухдиодных барьеров уровня «ia»

Напряжение на зажимах диодов должно быть измерено, как указано их изготовителем, при температуре окружающей среды до и после следующих испытаний каждого диода:

a) воздействием температуры 150 °C в течение 2 ч;

b) импульсами тока в соответствии с 9.16.

10.3 Контрольные испытания трансформаторов

10.3.1 Уровни вида взрывозащиты «ia» и «ib»

При контрольных испытаниях прикладываемое к трансформаторам напряжение должно соответствовать значениям, приведенным в таблице 26, где U — напряжение, определенное согласно перечислению a) 6.5.5. Время приложения испытательного напряжения должно быть не менее 60 с.

В качестве альтернативы, испытание может проводиться с 1,2-кратным испытательным напряжением, но в течение более короткого периода, равного не менее 1 с.

Прилагаемое напряжение должно оставаться постоянным во время испытания. Ток во время испытания не должен возрастать выше ожидаемого значения для цепи и в любое время не должен превышать действующее значение 5 мА.

Во время этих испытаний не должно происходить пробоя изоляции между обмотками или между любой обмоткой и сердечником или экраном.

Таблица 26 — Напряжения для контрольных испытаний трансформаторов

Место приложения испытательного напряжения	Испытательное напряжение, действующее значение, В, трансформатора[a]	
	сетевого	несетевого
Между искроопасными входными и выходными обмотками	$4U$, но не менее 2500	$(2U + 1000)$, но не менее 1500
Между любой обмоткой и сердечником или экраном	$2U$, но не менее 1000	$2U$, но не менее 500

Окончание таблицы 26

Место приложения испытательного напряжения	Испытательное напряжение, действующее значение, В, трансформатора[a]	
	сетевого	несетевого
Между каждой обмоткой, питающей искробезопасную цепь, и любой другой выходной обмоткой	(2*U* + 1000) , но не менее 1500	2*U*, но не менее 500
Между каждой обмоткой искробезопасной цепи	2*U*, но не менее 500	2*U*, но не менее 500
[a] Допускается использовать напряжение постоянного тока, равное 1,4-кратному значению действующего значения переменного тока.		

10.3.2 Уровень вида взрывозащиты «ic»

Для уровня вида взрывозащиты «ic» допускается применять требования к контрольным испытаниям на прочность изоляции, приведенные в соответствующих промышленных стандартах на данный тип оборудования. Проведение контрольных испытаний не требуется согласно настоящему стандарту, если данного требования не содержится в соответствующих промышленных стандартах. При отсутствии соответствующих промышленных стандартов контрольные испытания трансформаторов необходимо проводить согласно требованиям для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib».

10.4 Контрольные испытания для защитного покрытия или герметизации

Устройство, в котором используется защитное покрытие или герметизация как часть обеспечения искробезопасности, должно подвергаться контрольной проверке.

На защитном покрытии или герметизации не должно быть очевидных повреждений (включая, но не ограничиваясь):

- трещин;
- неоднородного покрытия герметизированных или покрытых деталей;
- недопустимой усадки;
- припухлости;
- разложения;
- нарушения адгезии (отделение слипшихся частей) или отслаивания; и
- размягчения.

Контрольная проверка может быть заменена проверкой партии, если есть уверенность в производственном процессе, и в этом случае должны применяться следующие критерии:

- для производственной партии до 100 — восемь образцов должны быть проверены на предмет отсутствия повреждений;
- для производственной партии от 101 до 1000 — 32 образца должны быть проверены на предмет отсутствия повреждения;
- для производственной партии от 1001 до 10 000 — 80 образцов должны быть проверены на предмет отсутствия повреждений;
- партии свыше 10 000 должны быть разделены на более мелкие партии.

*Примечание — Критерии подробно описаны в [2**3**].*

При наличии несоответствующих результатов контроля 100 % всех оставшихся образцов в партии подлежат проверке. Последующие партии должны регулярно проверяться до тех пор, пока не будет установлено, что допускает контроль партии.

В случаях, когда для проверки процесса герметизации используются разрушающие испытания, допускается проводить проверку на меньшем количестве образцов для испытаний. Если не указано в контрольных чертежах, то разрушающие испытания должны проводиться по крайней мере в начале и в конце каждой производственной партии. Допускается использовать представительные образцы для этой проверки.

Примечание — В случае проверок, не соответствующих требованиям, орган, выдавший сертификат соответствия, может пересмотреть возможность применения данного подхода к испытаниям партии.

11 Маркировка

11.1 Искробезопасные и связанные устройства

11.1.1 Общие требования

Минимальный объем сведений, указываемых в маркировке искробезопасных и связанных устройств, должен соответствовать *ГОСТ 31610.0*. Текст предупредительных надписей, если они применяются, должен соответствовать текстам предупредительных надписей *ГОСТ 31610.0*.

Согласно требованиям 6.5.6.1 маркировка должна включать диапазон давления.

Примечание — Примеры маркировки приведены в приложении Н.

11.1.2 Искробезопасные параметры

Там, где представляется возможным, маркировка должна включать все параметры, относящиеся к искробезопасности. Если значения L_o и отношения L_o/R_o указаны в маркировке, то отношение L_o/R_o должно быть указано в качестве альтернативы использования L_o, например, через «или».

Примечание — Стандартные символы для использования в маркировке и документации приведены в разделе 3 настоящего стандарта и в *ГОСТ 31610.0*.

По практическим соображениям может быть ограничено или исключено использование курсива или подстрочных знаков и использовано упрощенное написание символов, например «Uo» вместо U_o.

11.1.3 Концепция искробезопасной системы полевой шины (FISCO)

Каждая единица устройства, которое соответствует требованиям приложения G, должна быть дополнительно промаркирована словом «FISCO» после указания его функций, например источник питания, полевое устройство или оконечное согласующее устройство.

При использовании устройства, имеющего двойную маркировку, позволяющую его использовать как в системах FISCO, так и в обычных искробезопасных системах, необходимо разделить маркировку FISCO и маркировку обычной искробезопасной системы.

Для источников питания FISCO необходимо указывать выходные параметры U_o, I_o, C_o, L_o, P_o и L_o/R_o, а для полевых устройств FISCO и ограничителей выходные и внутренние параметры U_i, I_i, C_i, L_i, P_i и L_i/R_i указывать не требуется.

11.1.4 Маркировка соединительных контактных средств

Соединительные контактные средства, клеммные коробки, штекеры и гнезда искробезопасных и связанных устройств должны быть четко промаркированы и легко идентифицироваться. При идентификации цветом искробезопасных соединений необходимо использовать голубой цвет.

Если части устройств или различные компоненты устройств соединены между собой с помощью штекеров и гнезд, то последние должны быть идентифицированы, как содержащие только искробезопасные цепи. При идентификации цветом необходимо использовать голубой цвет.

Дополнительно должна быть обеспечена достаточная и понятная маркировка для обеспечения правильного соединения для всей искробезопасной цепи в целом.

Примечание — Для этой цели могут потребоваться дополнительные таблички на штекерах и гнездах или около них. Если правильность соединения не вызывает сомнений, то достаточно таблички на устройстве.

11.1.5 Аксессуар для невзрывоопасной зоны

В соответствии с 6.3.5.3 аксессуары для невзрывоопасной зоны должны иметь, как минимум, следующую маркировку:

a) наименование изготовителя или его зарегистрированный товарный знак;

b) обозначение типа изготовителя; и

c) максимальное номинальное входное напряжение.

На аксессуары для невзрывоопасных зон не должны наноситься какая-либо Ex-маркировка, номер сертификата соответствия или выходные параметры U_o, I_o, C_o, L_o, P_o.

Примечание — Маркировка на аксессуары наносится для того, чтобы показать, что они не являются связанными устройствами.

11.2 Предупредительные надписи

Если на устройстве необходимо нанести какую-либо из следующих предупредительных надписей, то текст из таблицы 27 после слова «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ» можно заменять технически равнозначным.

Несколько предупредительных надписей можно объединять в одной эквивалентной предупредительной надписи.

Таблица 27 — Текст предупредительных надписей

Перечисление	Пункт	ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
a)	7.12.1	ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ — ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТОЛЬКО БАТАРЕИ YYYYY (где Y — наименование изготовителей элементов и тип элемента или батареи)
b)	7.12.8	ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ — НЕ ЗАМЕНЯТЬ БАТАРЕЮ ПРИ ВОЗМОЖНОМ ПРИСУТСТВИИ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДЫ
c)	7.12.1	ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ — НЕ ЗАРЯЖАТЬ БАТАРЕЮ ВО ВЗРЫВООПАСНОЙ ЗОНЕ
d)	6.3.5.2	ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ — НЕ ОТКРЫВАТЬ ПРИ ПРИСУТСТВИИ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДЫ

12 *Руководства по эксплуатации*

12.1 Общие требования

В дополнение к требованиям *ГОСТ 31610.0* эксплуатационная документация должна содержать следующую информацию, если она применима:

a) искробезопасные параметры:

1) для источников питания — выходные параметры, например U_o, I_o, P_o, C_o, L_o и допустимое отношение L_o/R_o;

2) для приемников энергии — входные параметры, например U_i, I_i, P_i, C_i, L_i и отношение L_i/R_i;

b) максимальное значение U_m, которое может быть приложено к соединительным контактным средствам искроопасных цепей;

c) максимальное номинальное напряжение согласно 5.2.5;

d) любые специальные требования по установке, техобслуживанию под напряжением и эксплуатации.

Примечание — Информацию о подключении и специальных требованиях по монтажу и эксплуатации рекомендуется разместить на контрольном чертеже;

e) любые условия, которые приняты для обеспечения вида взрывозащиты, например, что напряжение должно поступать от защитного трансформатора или через диодный барьер безопасности;

f) обозначение расположений поверхностей корпуса, имеющих отношение к искробезопасности;

g) условия окружающей среды, в которых может использоваться устройство;

h) если разделительные расстояния зависят от оболочки в соответствии с 6.2.3 a) и 6.2.4 a), степень защиты, обеспечиваемой оболочками (IP), и меры, необходимые для поддержания целостности оболочки и вводов в оболочку;

i) разрешенные аксессуары для невзрывоопасных зон;

j) соединительные контактные средства с указанием значения U_m, максимального ожидаемого тока, допустимого для цепи, если ток менее 1500 А.

Указанная информация является частью требований к документации *ГОСТ 31610.0.*

12.2 Специальные условия применения

Особые требования, которые необходимо учитывать во время установки, настоящим стандартом допускается указывать в качестве специальных условий применения. В этих случаях *Ex-маркировка* должна включать знак «X» в соответствии с требованиями к маркировке *ГОСТ 31610.0* и специальные условия применения должны содержать их подробное описание. Допускается объединять несколько специальных условий в одно. В дополнение к факторам согласно *ГОСТ 31610.0* в таблице 28 приведены факторы, опасность которых может быть учтена за счет применения специальных условий.

Таблица 28 — Факторы, опасность которых может быть учтена за счет применения специальных условий применения

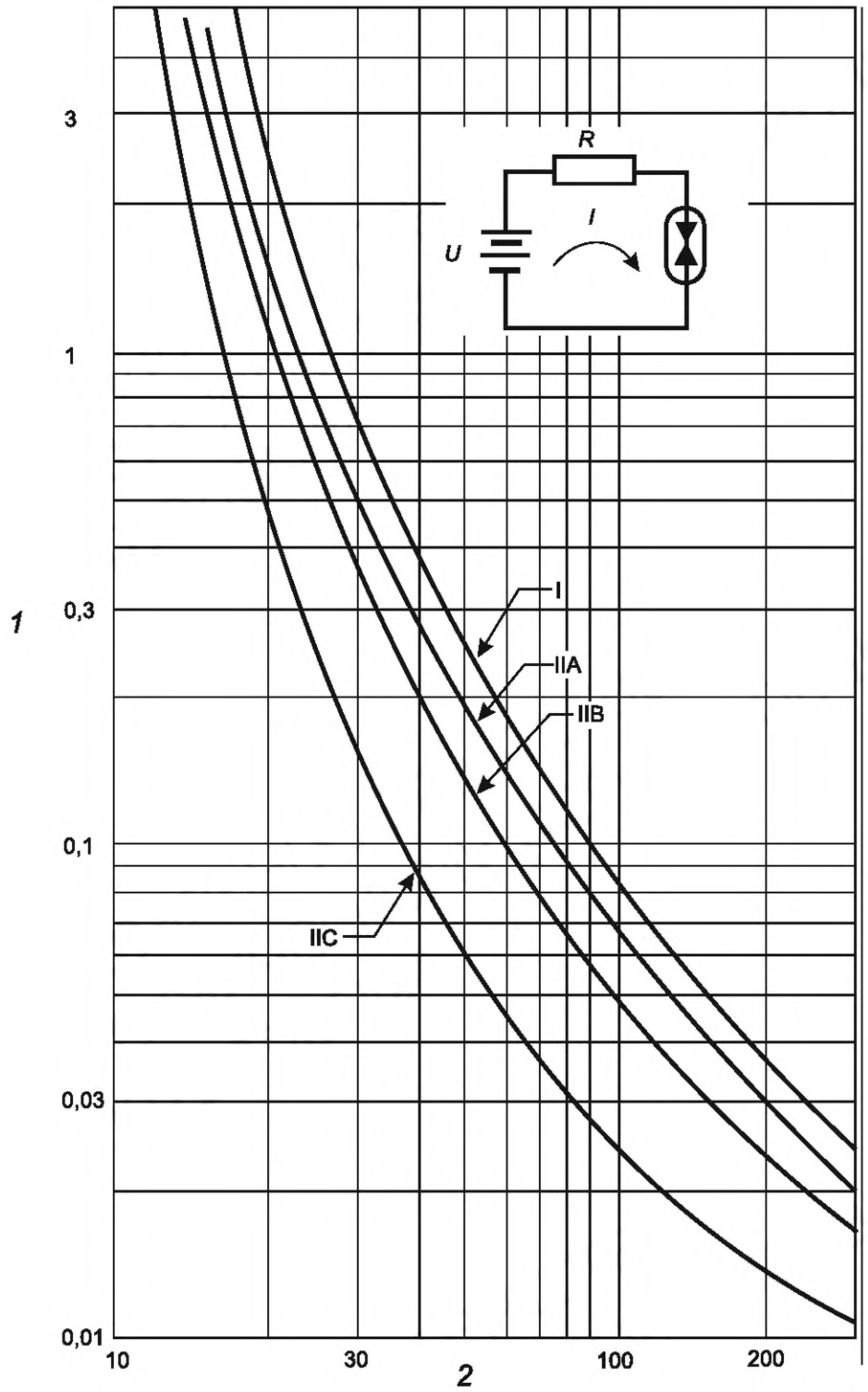
Перечисление	Пункт	Фактор, опасность которого может быть учтена за счет применения специальных условий
a)	5.2.5 c)	Требования, которые применяются к оборудованию или системам для соединения с соединительными контактными средствами, и максимальное напряжение, которое может быть между искроопасными соединительными контактными средствами
b)	6.2.3 c)	Ограниченные условия установки
c)	6.5.3.2	Ограниченные условия установки
d)	6.2.5.1	В устройствах допускается использовать только кабельные вводы, резьбовые переходники и заглушки, соответствующие требованиям *ГОСТ 31610.0*
e)	6.5.3.3	Ограниченные условия установки
f)	6.5.6.1	Допустимый диапазон давления окружающей среды
g)	6.5.9.1 6.9	Необходимая информация для правильной установки
h)	9.11	Требования к установке

Приложение А
(обязательное)

Характеристики искробезопасности

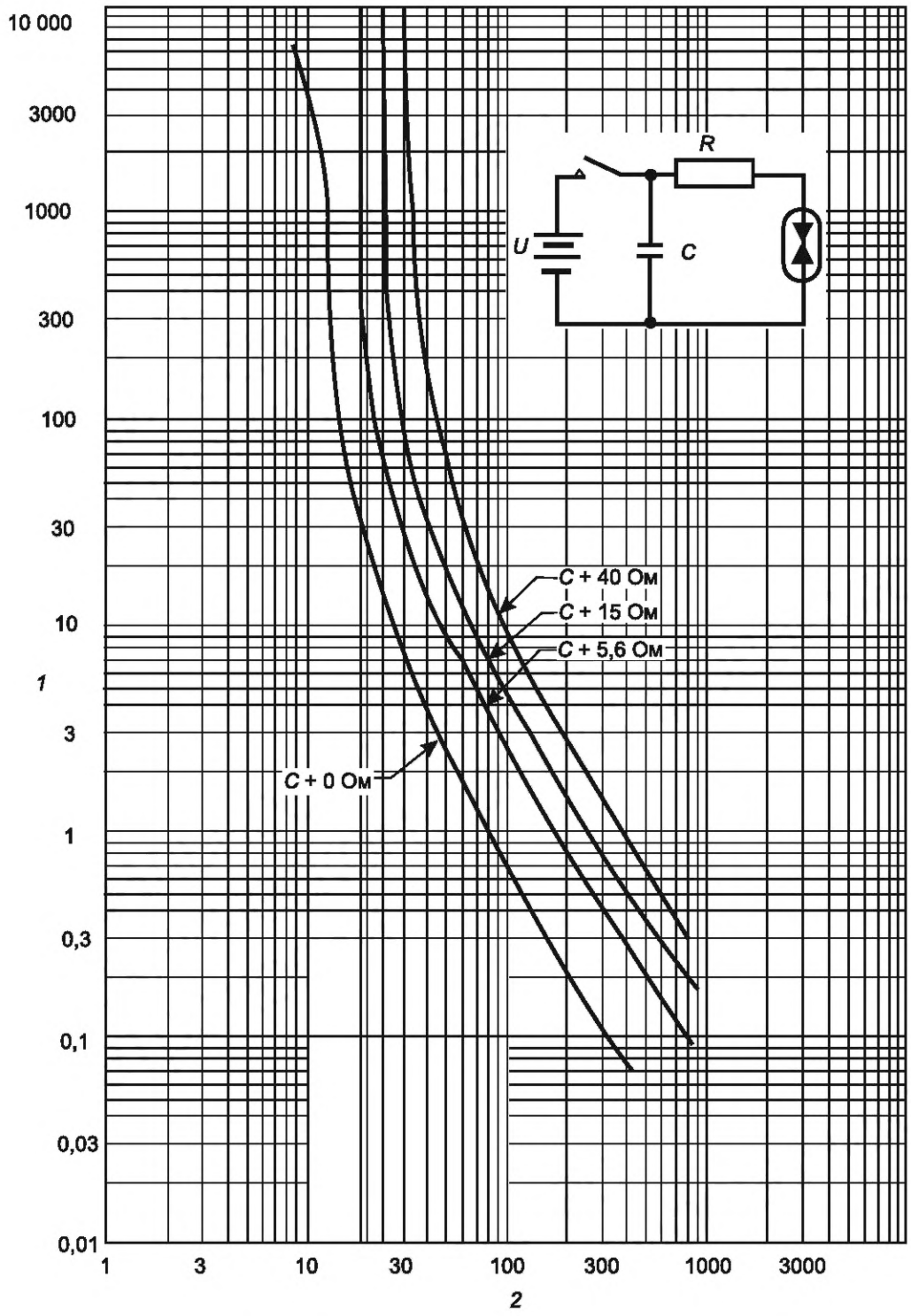
Приведенные в данном приложении характеристики искробезопасности и таблицы получены на основе искрового воспламенения простых линейных цепей. Если характеристики цепи, оцениваемой на искробезопасность, приближаются к характеристикам простых цепей, указанных на рисунках А.1—А.6, то такие цепи могут быть оценены согласно требованиям 9.2. Цепи, характеристики которых не приближаются к характеристикам простых линейных цепей, указанных на рисунках А.1—А.6, требуют альтернативной оценки: дополнительные требования приведены в 5.3. Характеристики цепей, указанные на рисунках А.1—А.6, соответствуют коэффициенту безопасности 1,0.

Следует иметь в виду, что значения минимального напряжения воспламенения для емкостных цепей на рисунках А.2 и А.3 применяют к заряженному конденсатору, который не соединен непосредственно с источником питания. На практике, при условии, что сам источник питания имеет высокий коэффициент безопасности, как в приведенном выше примере, могут быть применены характеристики искробезопасности, представленные на рисунках А.2 и А.3. Однако, если источник питания имеет минимальный коэффициент безопасности, его подключение к конденсатору может привести к ситуации, когда цепь будет искроопасной несмотря на то, что оценка по характеристикам искробезопасности на рисунках А.2 и А.3 показывает искробезопасность цепи. Оценку искробезопасности таких цепей необходимо вести с применением искрообразующего устройства (приложение В).



1 — минимальный воспламеняющий ток *I*, А; *2* — напряжение источника питания *U*, В

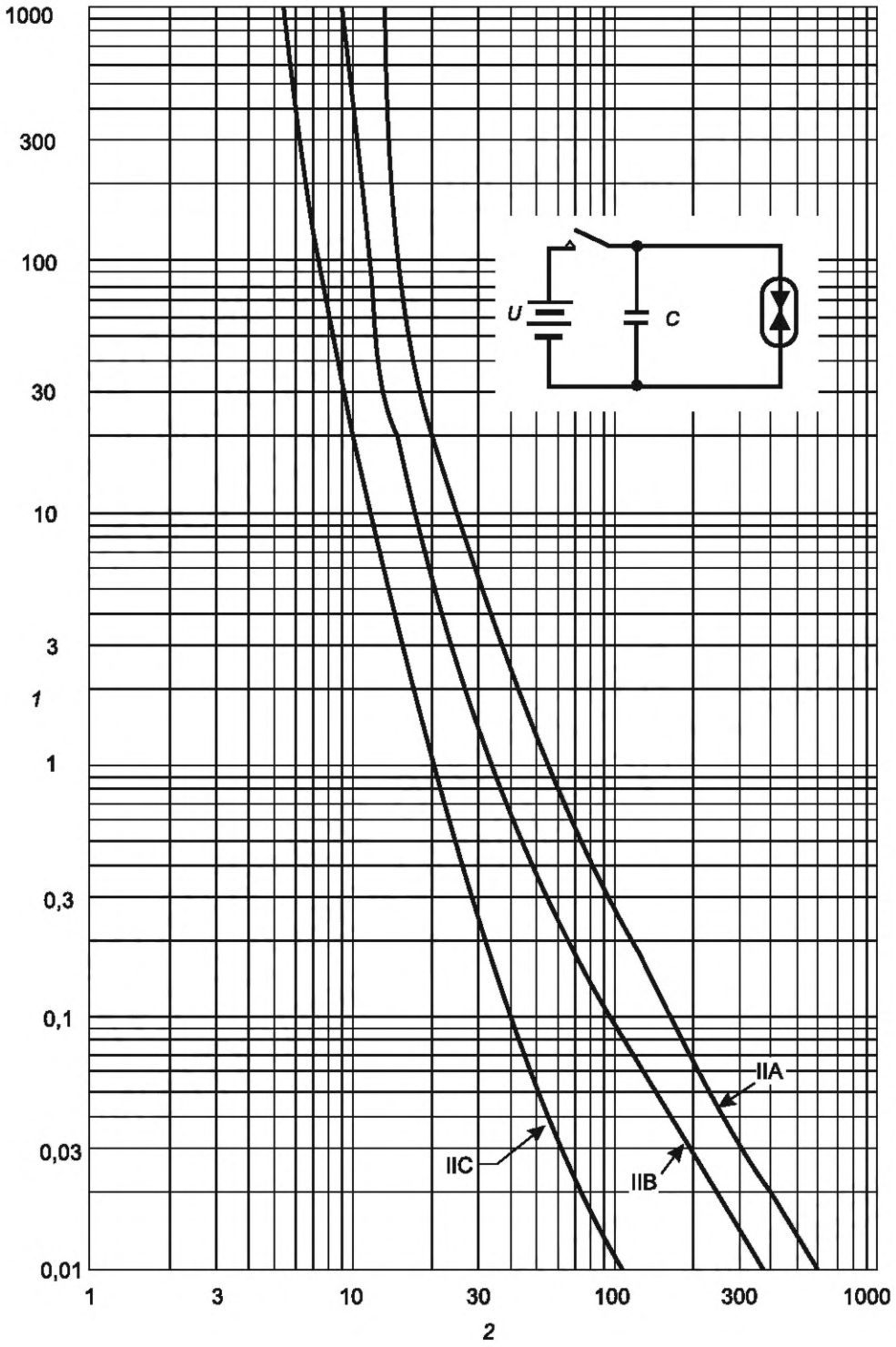
Рисунок А.1 — Омические цепи



1 — емкость *C*, мкФ; *2* — минимальное воспламеняющее напряжение *U*, В

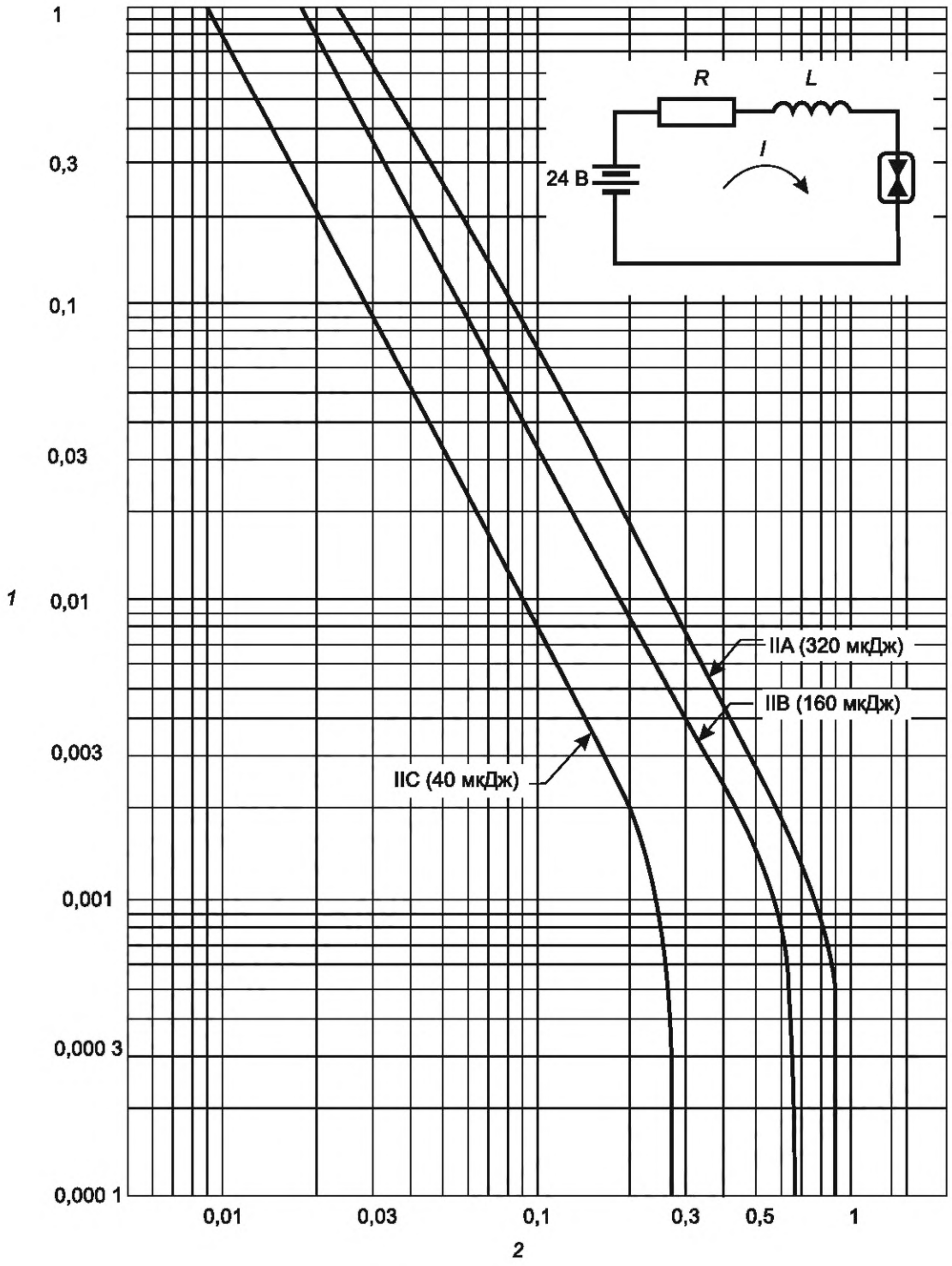
Примечание — Характеристики искробезопасности соответствуют указанным значениям токоограничительного резистора.

Рисунок А.2 — Емкостные цепи группы I



1 — емкость *C*, мкФ; *2* — минимальное воспламеняющее напряжение *U*, *В*

Рисунок А.3 — Емкостные цепи группы II



1 — индуктивность *L*, Гн; *2* — минимальный воспламеняющий ток *I*, А

Примечания

1 Испытательное напряжение цепи 24 В.

2 Указанные уровни энергии относятся к постоянному значению накопленной в индуктивности энергии.

Рисунок А.4*а* — Индуктивные цепи группы II

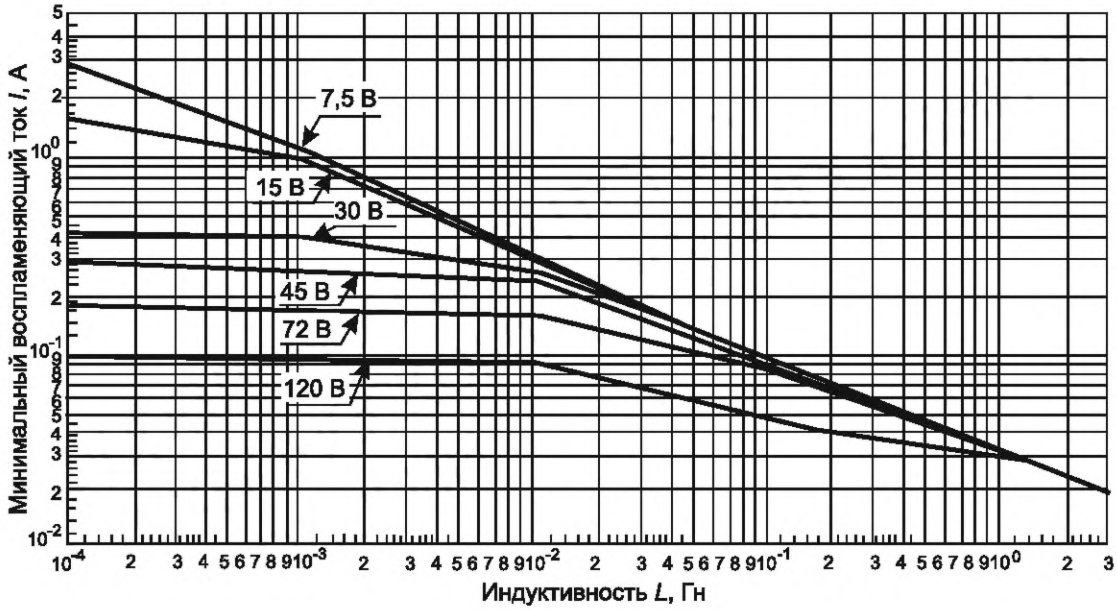


Рисунок А.4*b* — Индуктивные цепи подгруппы IIA

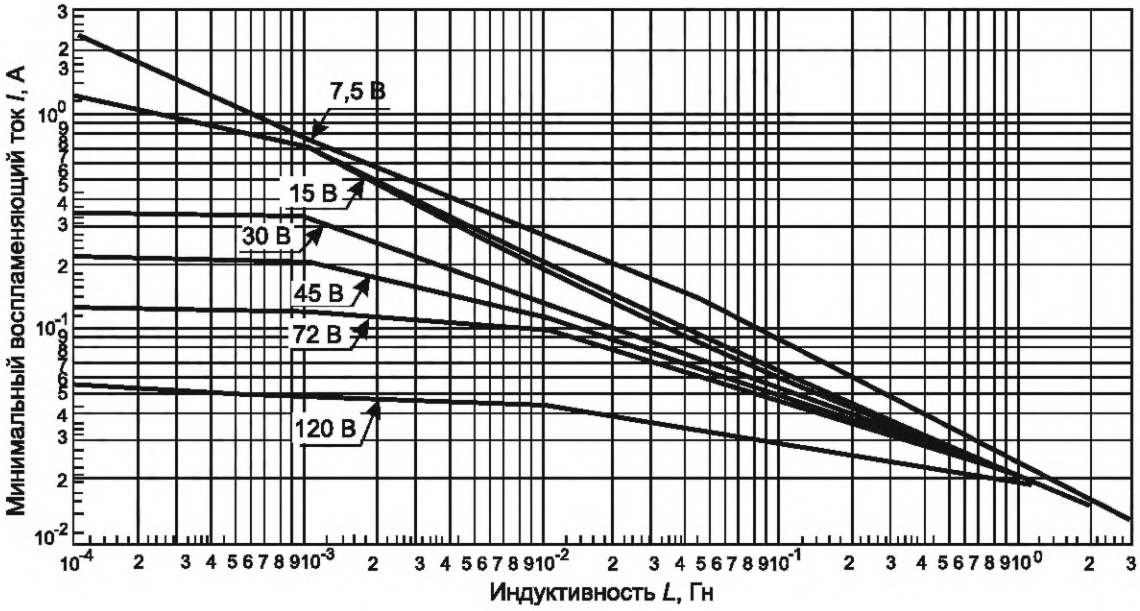


Рисунок А.4*c* — Индуктивные цепи подгруппы IIB

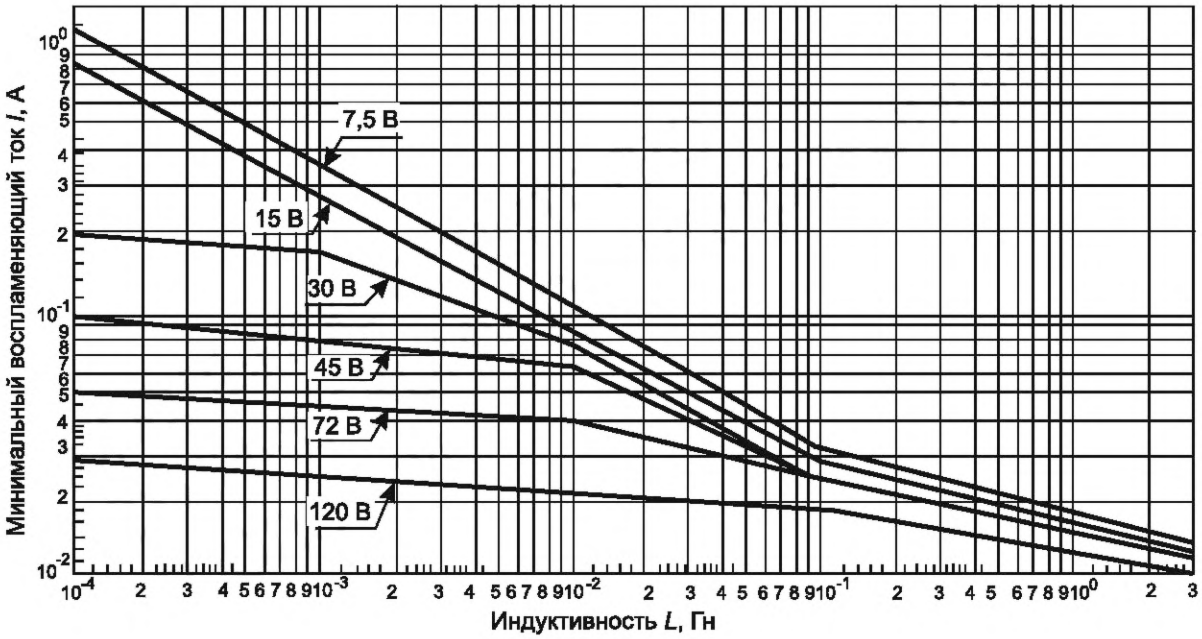
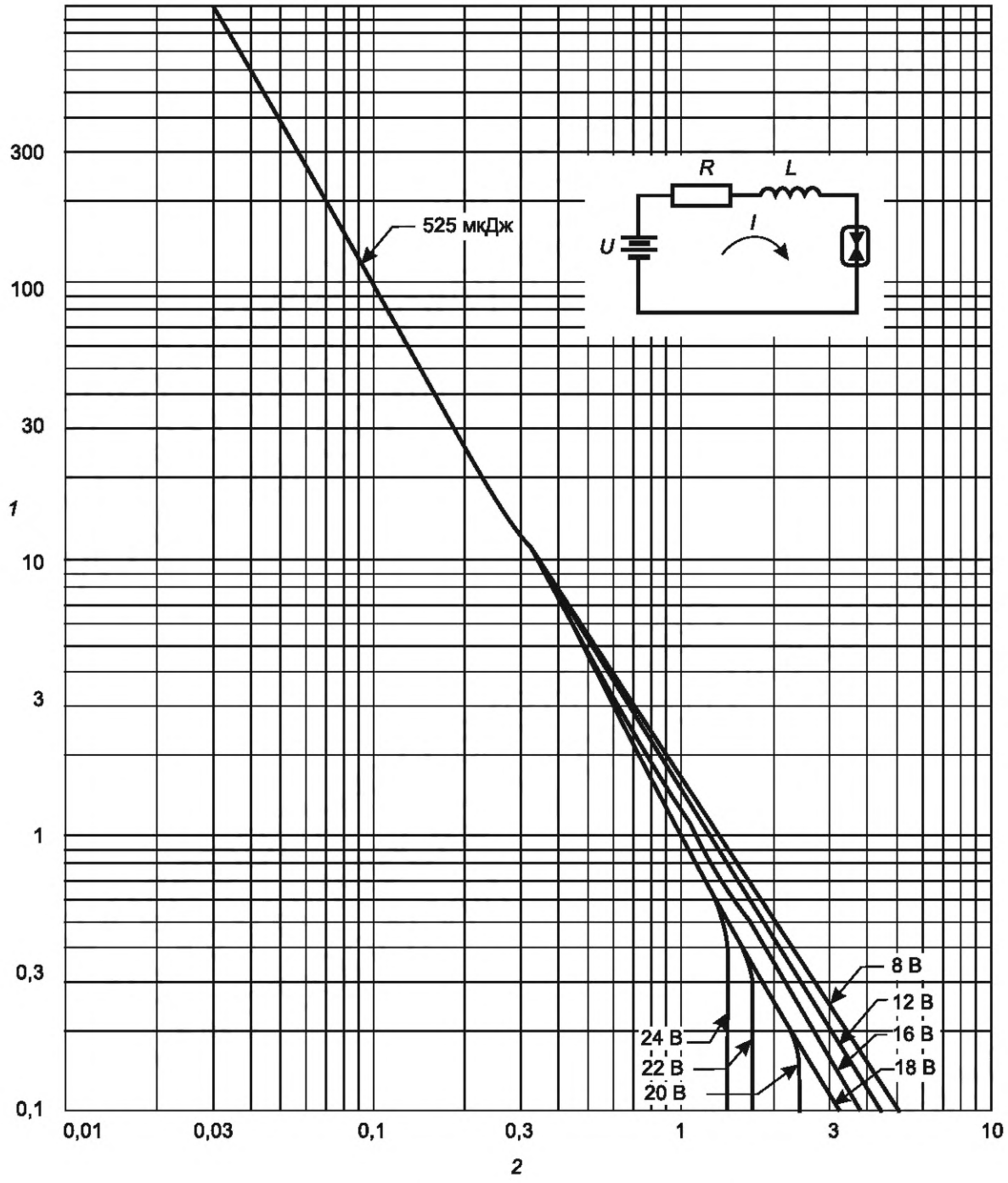


Рисунок А.4*d* — Индуктивные цепи подгруппы IIC

Рисунок А.4 — Индуктивные цепи группы II



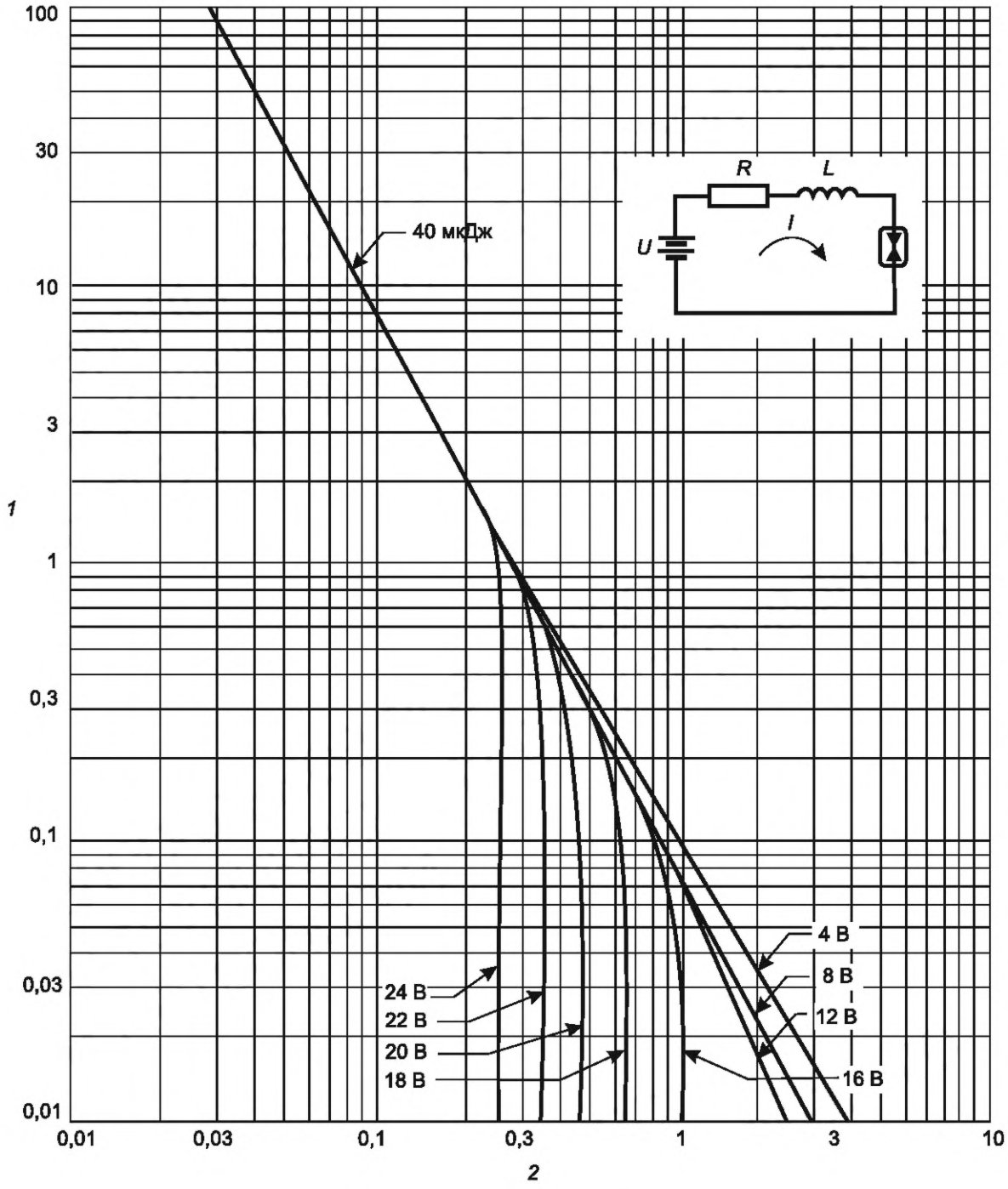
1 — индуктивность *L*, мГн; *2* — минимальный воспламеняющий ток *I*, А

Примечания

1 Характеристики искробезопасности соответствуют значениям напряжения цепи *U*, как указано на рисунке.

2 Уровень энергии 525 мкДж соответствует постоянному значению накопленной в индуктивности энергии.

Рисунок А.5 — Индуктивные цепи группы I



1 — индуктивность *L*, мГн; *2* — минимальный воспламеняющий ток *I*, А

Примечания

1 Характеристики искробезопасности соответствуют значениям напряжения цепи *U*, как указано на рисунке.

2 Уровень энергии 40 мкДж соответствует постоянному значению накопленной в индуктивности энергии.

Рисунок А.6 — Индуктивные цепи подгруппы IIC

Таблица А.1 — Допустимый ток короткого замыкания в зависимости от напряжения и группы электрооборудования

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
12,0	—	—	—	—	—	—	—	—
12,1	5000	3330	—	—	—	—	—	—
12,2	4720	3150	—	—	—	—	—	—
12,3	4460	2970	—	—	—	—	—	—
12,4	4210	2810	—	—	—	—	—	—
12,5	3980	2650	—	—	—	—	—	—
12,6	3770	2510	—	—	—	—	—	—
12.7	3560	2370	—	—	—	—	—	—
12,8	3370	2250	—	—	—	—	—	—
12,9	3190	2130	—	—	—	—	—	—
13,0	3020	2020	—	—	—	—	—	—
13,1	2870	1910	—	—	—	—	—	—
13,2	2720	1810	—	—	—	—	—	—
13,3	2580	1720	—	—	—	—	—	—
13,4	2450	1630	—	—	—	—	—	—
13,5	2320	1550	5000	3330	—	—	—	—
13,6	2210	1470	4860	3240	—	—	—	—
13,7	2090	1400	4720	3140	—	—	—	—
13,8	1990	1330	4580	3050	—	—	—	—
13,9	1890	1260	4450	2970	—	—	—	—
14,0	1800	1200	4330	2880	—	—	—	—
14,1	1750	1160	4210	2800	—	—	—	—
14,2	1700	1130	4090	2730	—	—	—	—
14,3	1650	1100	3980	2650	—	—	—	—
14,4	1600	1070	3870	2580	—	—	—	—
14,5	1550	1040	3760	2510	—	—	—	—
14,6	1510	1010	3660	2440	—	—	—	—
14,7	1470	980	3560	2380	—	—	—	—
14,8	1430	950	3470	2310	5000	3330	—	—
14,9	1390	930	3380	2250	4860	3240	—	—
15,0	1350	900	3290	2190	4730	3150	—	—
15,1	1310	875	3200	2140	4600	3070	—	—

Продолжение таблицы А.1

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
15,2	1280	851	3120	2080	4480	2990	—	—
15,3	1240	828	3040	2030	4360	2910	—	—
15,4	1210	806	2960	1980	4250	2830	—	—
15,5	1180	784	2890	1920	4140	2760	—	—
15,6	1150	769	2810	1880	4030	2690	—	—
15,7	1120	744	2740	1830	3920	2620	—	—
15,8	1090	724	2680	1780	3820	2550	—	—
15,9	1060	705	2610	1740	3720	2480	—	—
16,0	1030	687	2550	1700	3630	2420	5000	3330
16,1	1000	669	2480	1660	3540	2360	4830	3220
16,2	980	652	2420	1610	3450	2300	4660	3110
16,3	950	636	2360	1570	3360	2240	4490	2990
16,4	930	620	2310	1540	3280	2190	4320	2880
16,5	910	604	2250	1500	3200	2130	4240	2830
16,6	880	589	2200	1470	3120	2080	4160	2770
16,7	860	575	2150	1430	3040	2030	4080	2720
16,8	840	560	2100	1400	2970	1980	4000	2670
16,9	820	547	2050	1370	2900	1930	3740	2490
17,0	800	533	2000	1340	2830	1890	3480	2320
17,1	780	523	1960	1310	2760	1840	3450	2300
17,2	770	513	1930	1280	2700	1800	3420	2280
17,3	750	503	1890	1260	2630	1760	3390	2260
17,4	740	493	1850	1240	2570	1720	3360	2240
17,5	730	484	1820	1210	2510	1680	3320	2210
17,6	710	475	1790	1190	2450	1640	3300	2200
17,7	700	466	1750	1170	2400	1600	3260	2170
17,8	690	457	1720	1150	2340	1560	3230	2150
17,9	670	448	1690	1130	2290	1530	3200	2130
18,0	660	440	1660	1110	2240	1490	3170	2110
18,1	648	432	1630	1087	2188	1459	3083	2055
18,2	636	424	1601	1068	2139	1426	3000	2000
18,3	625	417	1573	1049	2091	1394	2935	1956

Продолжение таблицы А.1

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
18,4	613	409	1545	1030	2045	1363	2871	1914
18,5	602	402	1518	1012	2000	1333	2807	1871
18,6	592	394	1491	995	1967	1311	2743	1828
18,7	581	387	1466	977	1935	1290	2679	1786
18,8	571	380	1441	960	1903	1269	2615	1743
18,9	561	374	1416	944	1872	1248	2551	1700
19,0	551	367	1392	928	1842	1228	2487	1658
19,1	541	361	1368	912	1812	1208	2465	1643
19,2	532	355	1345	897	1784	1189	2444	1629
19,3	523	348	1323	882	1755	1170	2423	1615
19,4	514	342	1301	867	1727	1152	2401	1600
19,5	505	337	1279	853	1700	1134	2380	1586
19,6	496	331	1258	839	1673	1116	2359	1572
19,7	448	325	1237	825	1648	1098	2337	1558
19,8	480	320	1217	811	1622	1081	2316	1544
19,9	472	314	1197	798	1597	1065	2295	1530
20,0	464	309	1177	785	1572	1048	2274	1516
20,1	456	304	1158	772	1549	1032	2219	1479
20,2	448	299	1140	760	1525	1016	2164	1443
20,3	441	294	1122	748	1502	1001	2109	1406
20,4	434	289	1104	736	1479	986	2054	1369
20,5	427	285	1087	724	1457	971	2000	1333
20,6	420	280	1069	713	1435	957	1924	1283
20,7	413	275	1053	702	1414	943	1849	1233
20,8	406	271	1036	691	1393	929	1773	1182
20,9	400	267	1020	680	1373	915	1698	1132
21,0	394	262	1004	670	1353	902	1623	1082
21,1	387	258	989	659	1333	889	1603	1069
21,2	381	254	974	649	1314	876	1583	1055
21,3	375	250	959	639	1295	863	1564	1043
21,4	369	246	945	630	1276	851	1544	1029
21,5	364	243	930	620	1258	839	1525	1017

Продолжение таблицы А.1

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
21,6	358	239	916	611	1240	827	1505	1003
21,7	353	235	903	602	1222	815	1485	990,0
21,8	347	231	889	593	1205	804	1466	977,3
21,9	342	228	876	584	1189	792	1446	964,0
22,0	337	224	863	575	1172	781	1427	951,3
22,1	332	221	851	567	1156	770	1394	929,3
22,2	327	218	838	559	1140	760	1361	907,3
22,3	322	215	826	551	1124	749	1328	885,3
22,4	317	211	814	543	1109	739	1296	864,0
22,5	312	208	802	535	1093	729	1281	854,0
22,6	308	205	791	527	1078	719	1267	844,7
22,7	303	202	779	520	1064	709	1253	835,3
22,8	299	199	768	512	1050	700	1239	826,0
22,9	294	196	757	505	1036	690	1225	816,7
23,0	290	193	747	498	1022	681	1211	807,3
23,1	287	191	736	491	1008	672	1185	790,0
23,2	284	189	726	484	995	663	1160	773,3
23,3	281	187	716	477	982	655	1135	756,7
23,4	278	185	706	471	969	646	1110	740,0
23,5	275	183	696	464	956	638	1085	723,3
23,6	272	182	687	458	944	629	1079	719,3
23,7	270	180	677	452	932	621	1073	715,3
23,8	267	178	668	445	920	613	1068	712,0
23,9	264	176	659	439	908	605	1062	708,0
24,0	261	174	650	433	896	597	1057	704,7
24,1	259	173	644	429	885	590	1048	698,7
24,2	256	171	637	425	873	582	1040	693,3
24,3	253	169	631	421	862	575	1032	688,0
24,4	251	167	625	416	852	568	1024	682,7
24,5	248	166	618	412	841	561	1016	677,3
24,6	246	164	612	408	830	554	1008	672,0
24,7	244	163	606	404	820	547	1000	666,7

Продолжение таблицы А.1

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
24,8	241	161	601	400	810	540	991	660,7
24,9	239	159	595	396	800	533	983	655,3
25,0	237	158	589	393	790	527	975	650,0
25,1	234	156	583	389	780	520	964	642,7
25,2	232	155	578	385	771	514	953	635,3
25,3	230	153	572	381	762	508	942	628,0
25,4	228	152	567	378	752	502	931	620,7
25,5	226	150	561	374	743	496	920	613,3
25.6	223	149	556	371	734	490	916	610,7
25,7	221	148	551	367	726	484	912	608,0
25,8	219	146	546	364	717	478	908	605,3
25,9	217	145	541	360	708	472	904	602,7
26,0	215	143	536	357	700	467	900	600,0
26,1	213	142	531	354	694	463	890	593,3
26,2	211	141	526	350	688	459	881	587,3
26,3	209	139	521	347	683	455	871	580,7
26,4	207	138	516	344	677	451	862	574,7
26,5	205	137	512	341	671	447	853	568,7
26,6	203	136	507	338	666	444	847	564,7
26,7	202	134	502	335	660	440	841	560,7
26,8	200	133	498	332	655	437	835	556,7
26,9	198	132	493	329	649	433	829	552,7
27,0	196	131	489	326	644	429	824	549,3
27,1	194	130	485	323	639	426	818	545,3
27,2	193	128	480	320	634	422	813	542,0
27,3	191	127	476	317	629	419	808	538,7
27,4	189	126	472	315	624	416	803	535,3
27,5	188	125	468	312	619	412	798	532,0
27,6	186	124	464	309	614	409	793	528,7
27,7	184	123	460	306	609	406	788	525,3
27,8	183	122	456	304	604	403	783	522,0
27,9	181	121	452	301	599	399	778	518,7

Продолжение таблицы А.1

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
28,0	180	120	448	299	594	396	773	515,3
28,1	178	119	444	296	590	393	768	512,0
28,2	176	118	440	293	585	390	764	509,3
28,3	175	117	436	291	581	387	760	506,7
28,4	173	116	433	288	576	384	756	504,0
28,5	172	115	429	286	572	381	752	501,3
28,6	170	114	425	284	567	378	747	498,0
28,7	169	113	422	281	563	375	743	495,3
28,8	168	112	418	279	559	372	739	492,7
28,9	166	111	415	277	554	370	735	490,0
29,0	165	110	411	274	550	367	731	487,3
29,1	163	109	408	272	546	364	728	485,3
29,2	162	108	405	270	542	361	726	484,0
29,3	161	107	401	268	538	358	724	482,7
29,4	159	106	398	265	534	356	722	481,3
29,5	158	105	395	263	530	353	720	480,0
29,6	157	105	392	261	526	351	718	478,7
29,7	155	104	388	259	522	348	716	477,3
29,8	154	103	385	257	518	345	714	476,0
29,9	153	102	382	255	514	343	712	474,7
30,0	152	101	379	253	510	340	710	473,3
30,2	149	99,5	373	249	503	335	690	460,0
30,4	147	97,9	367	245	496	330	671	447,3
30,6	145	96,3	362	241	489	326	652	434,7
30,8	142	94,8	356	237	482	321	636	424,0
31,0	140	93,3	350	233	475	317	621	414,0
31,2	138	92,2	345	230	468	312	614	409,3
31,4	137	91,0	339	226	462	308	607	404,7
31,6	135	89,9	334	223	455	303	600	400,0
31,8	133	88,8	329	219	449	299	592	394,7
32,0	132	87,8	324	216	442	295	584	389,3
32,2	130	86,7	319	213	436	291	572	381,3

Продолжение таблицы А.1

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
32,4	129	85,7	315	210	431	287	560	373,3
32,6	127	84,7	310	207	425	283	548	365,3
32,8	126	83,7	305	204	419	279	536	357,3
33,0	124	82,7	301	201	414	276	525	350,0
33,2	123	81,7	297	198	408	272	520	346,7
33,4	121	80,8	292	195	403	268	515	343,3
33,6	120	79,8	288	192	398	265	510	340,0
33,8	118	78,9	284	189	393	262	505	336,7
34,0	117	78,0	280	187	389	259	500	333,3
34,2	116	77,2	277	185	384	256	491	327,3
34,4	114	76,3	274	183	380	253	482	321,3
34,6	113	75,4	271	181	376	251	473	315,3
34,8	112	74,6	269	179	372	248	464	309,3
35,0	111	73,8	266	177	368	245	455	303,3
35,2	109	73,0	263	175	364	242	450	300,0
35,4	108	72,2	260	174	360	240	446	297,3
35,6	107	71,4	258	172	356	237	442	294,7
35,8	106	70,6	255	170	352	235	438	292,0
36,0	105	69,9	253	168	348	232	434	289,3
36,2	104	69,1	250	167	345	230	431	287,3
36,4	103	68,4	248	165	341	227	429	286,0
36,6	102	67,7	245	164	337	225	426	284,0
36,8	100	66,9	243	162	334	223	424	282,7
37,0	99,4	66,2	241	160	330	220	422	281,3
37,2	98,3	65,6	238	159	327	218	419	279,3
37,4	97,3	64,9	236	157	324	216	417	278,0
37,6	96,3	64,2	234	156	320	214	414	276,0
37,8	95,3	63,6	231	154	317	211	412	274,7
38,0	94,4	62,9	229	153	314	209	410	273,3
38,2	93,4	62,3	227	151	311	207	408	272,0
38,4	92,5	61,6	225	150	308	205	407	271,3
38,6	91,5	61,0	223	149	304	203	405	270,0

Окончание таблицы А.1

Напряжение, В	Допустимый ток короткого замыкания, мА, для подгруппы и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
38,8	90,6	60,4	221	147	301	201	404	269,3
39,0	89,7	59,8	219	146	298	199	403	268,7
39,2	88,8	59,2	217	145	296	197	399	266,0
39,4	88,0	58,6	215	143	293	195	395	263,3
39,6	87,1	58,1	213	142	290	193	391	260,7
39,8	86,3	57,5	211	141	287	191	387	258,0
40,0	85,4	57,0	209	139	284	190	383	255,3
40,5	83,4	55,6	205	136	278	185	362	241,3
41,0	81,4	54,3	200	133	271	181	342	228,0
41,5	79,6	53,0	196	131	265	177	336	224,0
42,0	77,7	51,8	192	128	259	173	331	220,7
42,5	76,0	50,6	188	125	253	169	321	214,0
43,0	74,3	49,5	184	122	247	165	312	208,0
43,5	72,6	48,4	180	120	242	161	307	204,7
44,0	71,0	47,4	176	117	237	158	303	202,0
44,5	69,5	46,3	173	115	231	154	294	196,0
45,0	68,0	45,3	169	113	227	151	286	190,7

Таблица А.2 — Допустимая емкость в зависимости от напряжения и группы оборудования

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
5,0	—	100	—	—	—	—	—	—
5,1	—	88	—	—	—	—	—	—
5,2	—	79	—	—	—	—	—	—
5,3	—	71	—	—	—	—	—	—
5,4	—	65	—	—	—	—	—	—
5,5	—	58	—	—	—	—	—	—
5,6	1000	54	—	—	—	—	—	—
5,7	860	50	—	—	—	—	—	—
5,8	750	46	—	—	—	—	—	—
5,9	670	43	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
6,0	600	40	—	1000	—	—	—	—
6,1	535	37	—	880	—	—	—	—
6,2	475	34	—	790	—	—	—	—
6,3	420	31	—	720	—	—	—	—
6,4	370	28	—	650	—	—	—	—
6,5	325	25	—	570	—	—	—	—
6,6	285	22	—	500	—	—	—	—
6,7	250	19,6	—	430	—	—	—	—
6,8	220	17,9	—	380	—	—	—	—
6,9	200	16,8	—	335	—	—	—	—
7,0	175	15,7	—	300	—	—	—	—
7,1	155	14,6	—	268	—	—	—	—
7,2	136	13,5	—	240	—	—	—	—
7,3	120	12,7	—	216	—	—	—	—
7,4	110	11,9	—	195	—	—	—	—
7,5	100	11,1	—	174	—	—	—	—
7,6	92	10,4	—	160	—	—	—	—
7,7	85	9,8	—	145	—	—	—	—
7,8	79	9,3	—	130	—	—	—	—
7,9	74	8,8	—	115	—	—	—	—
8,0	69	8,4	—	100	—	—	—	—
8,1	65	8,0	—	90	—	—	—	—
8,2	61	7,6	—	81	—	—	—	—
8,3	56	7,2	—	73	—	—	—	—
8,4	54	6,8	—	66	—	—	—	—
8,5	51	6,5	—	60	—	—	—	—
8,6	49	6,2		55	—		—	—
8,7	47	5,9		50	—	1000	—	—
8,8	45	5,5		46	—	730	—	—
8,9	42	5,2		43	—	590	—	—
9,0	40	4,9	1000	40	—	500	—	—
9,1	38	4,6	920	37	—	446	—	—

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
9,2	36	4,3	850	34	—	390	—	—
9,3	34	4,1	790	31	—	345	—	—
9,4	32	3,9	750	29	—	300	—	—
9,5	30	3,7	700	27	—	255	—	1000
9,6	28	3,6	650	26	—	210	—	500
9,7	26	3,5	600	24	—	170	—	320
9,8	24	3,3	550	23	—	135	—	268
9,9	22	3,2	500	22	—	115	—	190
10,0	20,0	3,0	450	20,0	—	100	—	180
10,1	18,7	2,87	410	19,4	—	93	—	160
10,2	17,8	2,75	380	18,7	—	88	—	140
10,3	17,1	2,63	350	18,0	—	83	—	120
10,4	16,4	2,52	325	17,4	—	79	—	110
10,5	15,7	2,41	300	16,8	—	75	—	95
10,6	15,0	2,32	280	16,2	—	72	—	90
10,7	14,2	2,23	260	15,6	—	69	—	85
10,8	13,5	2,14	240	15,0	—	66	—	80
10,9	13,0	2,05	225	14,4	—	63	—	70
11,0	12,5	1,97	210	13,8	—	60	—	67,5
11,1	11,9	1,90	195	13,2	—	57,0	—	60
11,2	11,4	1,84	180	12,6	—	54,0	—	58
11,3	10,9	1,79	170	12,1	—	51,0	—	54
11,4	10,4	1,71	160	11,7	—	48,0	—	52
11,5	10,0	1,64	150	11,2	—	46,0	—	48
11,6	9,6	1,59	140	10,8	—	43,0	—	46
11,7	9,3	1,54	130	10,3	—	41,0	—	42
11,8	9,0	1,50	120	9,9	—	39,0	—	40
11,9	8,7	1,45	110	9,4	—	37,0	—	38,6
12,0	8,4	1,41	100	9,0	—	36,0	—	38
12,1	8,1	1,37	93	8,7	—	34,0	—	36,6
12,2	7,9	1,32	87	8,4	—	33,0	—	36
12,3	7,6	1,28	81	8,1	—	31,0	—	34,3

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
12,4	7,2	1,24	75	7,9	—	30,0	—	34
12,5	7,0	1,20	70	7,7	—	28,0	—	32,3
12,6	6,8	1,15	66	7,4	—	27,0	—	32
12,7	6,6	1,10	62	7,1	—	25,4	—	30,5
12,8	6,4	1,06	58	6,8	—	24,2	—	30
12,9	6,2	1,03	55	6,5	—	23,2	—	29
13,0	6,0	1,00	52	6,2	1000	22,5	—	28,5
13,1	5,7	0,97	49	6,0	850	21,7	—	27,5
13,2	5,4	0,94	46	5,8	730	21,0	—	27
13,3	5,3	0,91	44	5,6	630	20,2	—	26
13,4	5,1	0,88	42	5,5	560	19,5	—	25,6
13,5	4,9	0,85	40	5,3	500	19,0	—	24,8
13,6	4,6	0,82	38	5,2	450	18,6	—	24,4
13,7	4,4	0,79	36	5,0	420	18,1	—	23,5
13,8	4,2	0,76	34	4,9	390	17,7	—	23
13,9	4,1	0,74	32	4,7	360	17,3	—	22
14,0	4,0	0,73	30	4,60	330	17,0	—	21,5
14,1	3,9	0,71	29	4,49	300	16,7	—	20,5
14,2	3,8	0,70	28	4,39	270	16,4	1000	20
14,3	3,7	0,68	27	4,28	240	16,1	800	19,64
14,4	3,6	0,67	26	4,18	210	15,8	500	19,48
14,5	3,5	0,65	25	4,07	185	15,5	360	19,16
14,6	3,4	0,64	24	3,97	160	15,2	320	19
14,7	3,3	0,62	23	3,86	135	14,9	268	18,6
14,8	3,2	0,61	22	3,76	120	14,6	220	18,4
14,9	3,1	0,59	21	3,65	110	14,3	190	18
15,0	3,0	0,58	20,2	3,55	100	14,0	180	17,8
15,1	2,90	0,57	19,7	3,46	95	13,7	170	17,48
15,2	2,82	0,55	19,2	3,37	91	13,4	160	17,32
15,3	2,76	0,53	18,7	3,28	88	13,1	140	17
15,4	2,68	0,521	18,2	3,19	85	12,8	130	16,8
15,5	2,60	0,508	17,8	3,11	82	12,5	120	16,48

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
15,6	2,52	0,497	17,4	3,03	79	12,2	110	16,32
15,7	2,45	0,487	17,0	2,95	77	11,9	100	16
15,8	2,38	0,478	16,6	2,88	74	11,6	95	15,8
15,9	2,32	0,469	16,2	2,81	72	11,3	90	15,4
16,0	2,26	0,460	15,8	2,75	70	11,0	87,5	15,2
16,1	2,20	0,451	15,4	2,69	68	10,7	85	14,8
16,2	2,14	0,442	15,0	2,63	66	10,5	80	14,64
16,3	2,08	0,433	14,6	2,57	64	10,2	75	14,32
16,4	2,02	0,424	14,2	2,51	62	10,0	70	14,16
16,5	1,97	0,415	13,8	2,45	60	9,8	67,5	13,8
16,6	1,92	0,406	13,4	2,40	58	9,6	65	13,64
16,7	1,88	0.398	13,0	2,34	56	9,4	60	13,32
16,8	1,84	0,390	12,6	2,29	54	9,3	58	13,16
16,9	1,80	0,382	12,3	2,24	52	9,1	56	12,8
17,0	1,76	0,375	12,0	2,20	50	9,0	54	12,64
17,1	1,71	0,367	11,7	2,15	48	8,8	52	12,32
17,2	1,66	0,360	11,4	2,11	47	8,7	50	12,16
17,3	1,62	0,353	11,1	2,06	45	8,5	48	11,8
17,4	1,59	0,346	10,8	2,02	44	8,4	46	11,6
17,5	1,56	0,339	10,5	1,97	42	8,2	44	11,2
17,6	1,53	0,333	10,2	1,93	40	8,1	42	11
17,7	1,50	0,327	9,9	1,88	39	8,0	40	10,64
17,8	1,47	0,321	9,6	1,84	38	7,9	39,2	10,48
17,9	1,44	0,315	9,3	1,80	37	7,7	38,6	10,16
18,0	1,41	0,309	9,0	1,78	36	7,6	38	10
18,1	1,38	0,303	8,8	1,75	35	7,45	37,3	9,86
18,2	1,35	0,297	8,6	1,72	34	7,31	36,6	9,8
18,3	1,32	0,291	8,4	1,70	33	7,15	36	9,68
18,4	1,29	0,285	8,2	1,69	32	7,0	34,6	9,62
18,5	1,27	0,280	8,0	1,67	31	6,85	34,3	9,5
18,6	1,24	0,275	7,9	1,66	30	6,70	34	9,42
18,7	1,21	0,270	7,8	1,64	29	6,59	32,6	9,28

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
18,8	1,18	0,266	7,6	1,62	28	6,48	32,3	9,21
18,9	1,15	0,262	7,4	1,60	27	6,39	32	9,07
19,0	1,12	0,258	7,2	1,58	26	6,3	31,2	9
19,1	1,09	0,252	7,0	1,56	25,0	6,21	30,5	8,86
19,2	1,06	0,251	6,8	1,55	24,2	6,12	30	8,8
19,3	1,04	0,248	6,6	1,52	23,6	6,03	29,5	8,68
19,4	1,02	0,244	6,4	1,51	23,0	5,95	29	8,62
19,5	1,00	0,240	6,2	1,49	22,5	5,87	28,5	8,5
19,6	0,98	0,235	6,0	1,47	22,0	5,8	28	8,42
19,7	0,96	0,231	5,9	1,45	21,5	5,72	27,5	8,28
19,8	0,94	0,227	5,8	1,44	21,0	5,65	27	8,21
19,9	0,92	0,223	5,7	1,42	20,5	5,57	26,5	8,07
20,0	0,90	0,220	5,6	1,41	20,0	5,5	26	8
20,1	0,88	0,217	5,5	1,39	19,5	5,42	25,6	7,87
20,2	0,86	0,213	5,4	1,38	19,2	5,35	25,2	7,8
20,3	0,84	0,209	5,3	1,36	18,9	5,27	24,8	7,75
20,4	0,82	0,206	5,2	1,35	18,6	5,20	24,4	7,62
20,5	0,80	0,203	5,1	1,33	18,3	5,12	24	7,5
20,6	0,78	0,200	5,0	1,32	18,0	5,05	23,5	7,42
20,7	0,76	0,197	4,9	1,31	17,7	4,97	23	7,33
20,8	0,75	0,194	4,8	1,30	17,4	4,9	22,5	7,16
20,9	0,74	0,191	4,7	1,28	17,2	4,84	22	7
21,0	0,73	0,188	4,6	1,27	17,0	4,78	21,5	6,93
21,1	0,72	0,185	4,52	1,25	16,8	4,73	21	6,87
21,2	0,71	0,183	4,45	1,24	16,6	4,68	20,5	6,75
21,3	0,70	0,181	4,39	1,23	16,4	4,62	20	6,62
21,4	0,69	0,179	4,32	1,22	16,2	4,56	19,8	6,56
21,5	0,68	0,176	4,25	1,20	16,0	4,5	19,64	6,5
21,6	0,67	0,174	4,18	1,19	15,8	4,44	19,48	6,37
21,7	0,66	0,172	4,11	1,17	15,6	4,38	19,32	6,25
21,8	0,65	0,169	4,04	1,16	15,4	4,32	19,16	6,18
21,9	0,64	0,167	3,97	1,15	15,2	4,26	19	6,12

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
22,0	0,63	0,165	3,90	1,14	15,0	4,20	18,8	6
22,1	0,62	0,163	3,83	1,12	14,8	4,14	18,6	5,95
22,2	0,61	0,160	3,76	1,11	14,6	4,08	18,4	5,92
22,3	0,60	0,158	3,69	1,10	14.4	4,03	18,2	5,9
22,4	0,59	0,156	3,62	1,09	14,2	3,98	18	5,85
22,5	0,58	0,154	3,55	1,08	14,0	3,93	17,8	5,8
22,6	0,57	0,152	3,49	1,07	13,8	3,88	17,64	5,77
22,7	0,56	0,149	3,43	1,06	13,6	3,83	17,48	5,75
22,8	0,55	0,147	3,37	1,05	13,4	3,79	17,32	5,7
22,9	0,54	0,145	3,31	1,04	13,2	3,75	17,16	5,65
23,0	0,53	0,143	3,25	1,03	13,0	3,71	17	5,62
23,1	0,521	0,140	3,19	1,02	12,8	3,67	16,8	5,6
23,2	0,513	0,138	3,13	1,01	12,6	3,64	16,54	5,55
23,3	0,505	0,136	3,08	1,00	12,4	3,60	16,48	5,5
23,4	0,497	0,134	3,03	0,99	12,2	3,57	16,32	5,47
23,5	0,490	0,132	2,98	0,98	12,0	3,53	16,16	5,45
23,6	0,484	0,130	2,93	0,97	11,8	3,50	16	5,4
23,7	0,478	0,128	2,88	0,96	11,6	3,46	15,8	5,35
23,8	0,472	0,127	2,83	0,95	11,4	3,42	15,6	5,32
23,9	0,466	0,126	2,78	0,94	11,2	3,38	15,4	5,3
24,0	0,460	0,125	2,75	0,93	11,0	3,35	15,2	5,25
24,1	0,454	0,124	2,71	0,92	10,8	3,31	15	5,2
24,2	0,448	0,122	2,67	0,91	10,7	3,27	14,8	5,17
24,3	0,442	0,120	2,63	0,90	10,5	3,23	14,64	5,15
24,4	0,436	0,119	2,59	0,89	10,3	3,20	14,48	5,1
24,5	0,430	0,118	2,55	0,88	10,2	3,16	14,32	5,05
24,6	0,424	0,116	2,51	0,87	10,0	3,12	14,16	5,02
24,7	0,418	0,115	2,49	0,87	9,9	3,08	14	5,0
24,8	0,412	0,113	2,44	0,86	9,8	3,05	13,8	4,95
24,9	0,406	0,112	2,40	0,85	9,6	3,01	13,64	4,9
25,0	0,4	0,110	2,36	0,84	9,5	2,97	13,48	4,87
25,1	0,395	0,108	2,32	0,83	9,4	2,93	13,32	4,85

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
25,2	0,390	0,107	2,29	0,82	9,3	2,90	13,16	4,8
25,3	0,385	0,106	2,26	0,82	9,2	2,86	13	4,75
25,4	0,380	0,105	2,23	0,81	9,1	2,82	12,8	4,72
25,5	0,375	0,104	2,20	0,80	9,0	2,78	12,64	4,7
25,6	0,370	0,103	2,17	0,80	8,9	2,75	12,48	4,65
25,7	0,365	0,102	2,14	0,79	8,8	2,71	12,32	4,6
25,8	0,360	0,101	2,11	0,78	8,7	2,67	12,16	4,57
25,9	0,355	0,100	2,08	0,77	8,6	2,63	12	4,55
26,0	0,350	0,099	2,05	0,77	8,5	2,60	11,8	4,5
26,1	0,345	0,098	2,02	0,76	8,4	2,57	11,6	4,45
26,2	0,341	0,097	1,99	0,75	8,3	2,54	11,4	4,42
26,3	0,337	0,097	1,96	0,74	8,2	2,51	11,2	4,4
26,4	0,333	0,096	1,93	0,74	8,1	2,48	11	4,35
26,5	0,329	0,095	1,90	0,73	8,0	2,45	10,8	4,3
26,6	0,325	0,094	1,87	0,73	8,0	2,42	10,64	4,27
26,7	0,321	0,093	1,84	0,72	7,9	2,39	10,48	4,25
26,8	0,317	0,092	1,82	0,72	7,8	2,37	10,32	4,2
26,9	0,313	0,091	1,80	0,71	7,7	2,35	10,16	4,15
27,0	0,309	0,090	1,78	0,705	7,60	2,33	10	4,12
27,1	0,305	0,089	1,76	0,697	7,50	2.31	9,93	4,1
27,2	0,301	0,089	1,74	0,690	7,42	2,30	9,86	4,05
27,3	0,297	0,088	1,72	0,683	7,31	2,28	9,8	4,0
27,4	0,293	0,087	1,71	0,677	7,21	2,26	9,74	3,97
27,5	0,289	0,086	1,70	0,672	7,10	2,24	9,68	3,95
27,6	0,285	0,086	1,69	0,668	7,00	2,22	9,62	3,9
27,7	0,281	0,085	1,68	0,663	6,90	2,20	9,56	3,85
27,8	0,278	0,084	1,67	0,659	6,80	2,18	9,5	3,82
27,9	0,275	0,084	1,66	0,654	6,70	2,16	9,42	3,8
28,0	0,272	0,083	1,65	0,650	6,60	2,15	9,35	3,76
28,1	0,269	0,082	1,63	0,645	6,54	2,13	9,28	3,72
28,2	0,266	0,081	1,62	0,641	6,48	2,11	9,21	3,70
28,3	0,263	0,08	1,60	0,636	6,42	2,09	9,14	3,68

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
28,4	0,26	0,079	1,59	0,632	6,36	2,07	9,07	3,64
28,5	0,257	0,078	1,58	0,627	6,30	2,05	9	3,6
28,6	0,255	0,077	1,57	0,623	6,24	2,03	8,93	3,57
28,7	0,253	0,077	1,56	0,618	6,18	2,01	8,86	3,55
28,8	0,251	0,076	1,55	0,614	6,12	2,00	8,8	3,5
28,9	0,249	0,075	1,54	0,609	6,06	1,98	8,74	3,45
29,0	0,247	0,074	1,53	0,605	6,00	1,97	8,68	3,42
29,1	0,244	0,074	1,51	0,600	5,95	1,95	8,62	3,4
29,2	0,241	0,073	1,49	0,596	5,90	1,94	8,56	3,35
29,3	0,238	0,072	1,48	0,591	5,85	1,92	8,5	3,3
29,4	0,235	0,071	1,47	0,587	5,80	1,91	8,42	3,27
29,5	0,232	0,071	1,46	0,582	5,75	1,89	8,35	3,25
29,6	0,229	0,070	1,45	0,578	5,70	1,88	8,28	3,2
29,7	0,226	0,069	1,44	0,573	5,65	1,86	8,21	3,15
29,8	0,224	0,068	1,43	0,569	5,60	1,85	8,14	3,12
29,9	0,222	0,067	1,42	0,564	5,55	1,83	8,07	3,1
30,0	0,220	0,066	1,41	0,560	5,50	1,82	8	3,05
30,2	0,215	0,065	1,39	0,551	5,40	1,79	7,87	2,99
30,4	0,210	0,064	1,37	0,542	5,30	1,76	7,75	2,96
30,6	0,206	0,0626	1,35	0,533	5,20	1,73	7,62	2,93
30,8	0,202	0,0616	1,33	0,524	5,10	1,70	7,5	2,90
31,0	0,198	0,0605	1,32	0,515	5,00	1,67	7,33	2,87
31,2	0,194	0,0596	1,30	0,506	4,90	1,65	7,16	2,84
31,4	0,190	0,0587	1,28	0,497	4,82	1,62	7	2,81
31,6	0,186	0,0578	1,26	0,489	4,74	1,60	6,87	2,78
31,8	0,183	0,0569	1,24	0,482	4,68	1,58	6,75	2,75
32,0	0,180	0,0560	1,23	0,475	4,60	1,56	6,62	2,72
32,2	0,177	0,0551	1,21	0,467	4,52	1,54	6,5	2,69
32,4	0,174	0,0542	1,19	0,460	4,44	1,52	6,37	2,66
32,6	0,171	0,0533	1,17	0,452	4,36	1,50	6,25	2,63
32,8	0,168	0,0524	1,15	0,444	4,28	1,48	6,12	2,6
33,0	0,165	0,0515	1,14	0,437	4,20	1,46	6	2,54

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
33,2	0,162	0,0506	1,12	0,430	4,12	1,44	5,95	2,49
33,4	0,159	0,0498	1,10	0,424	4,05	1,42	5,9	2,45
33,6	0,156	0,0492	1,09	0,418	3,98	1,41	5,85	2,44
33,8	0,153	0,0486	1,08	0,412	3,91	1,39	5,8	2,42
34,0	0,150	0,048	1,07	0,406	3,85	1,37	5,75	2,4
34,2	0,147	0,0474	1,05	0,401	3,79	1,35	5,7	2,33
34,4	0,144	0,0468	1,04	0,397	3,74	1,33	5,65	2,28
34,6	0,141	0,0462	1,02	0,393	3,69	1,31	5,6	2,26
34,8	0,138	0,0456	1,01	0,390	3,64	1,30	5,55	2,22
35,0	0,135	0,0450	1,00	0,387	3,60	1,28	5,5	2,2
35,2	0,133	0,0444	0,99	0,383	3,55	1,26	5,45	2,2
35,4	0,131	0,0438	0,97	0.380	3,50	1,24	5,4	2,2
35,6	0,129	0,0432	0,95	0,376	3,45	1,23	5,35	2,2
35,8	0,127	0,0426	0,94	0,373	3,40	1,21	5,3	2,17
36,0	0,125	0,0420	0,93	0,370	3,35	1,20	5,25	2,15
36,2	0,123	0,0414	0,91	0,366	3,30	1,18	5,2	2,15
36,4	0,121	0,0408	0,90	0,363	3,25	1,17	5,15	2,1
36,6	0,119	0,0402	0,89	0,359	3,20	1,150	5,1	2
36,8	0,117	0,0396	0,88	0,356	3,15	1,130	5,05	1,99
37,0	0,115	0,039	0,87	0,353	3,10	1,120	5	1,98
37,2	0,113	0,0384	0,86	0,347	3,05	1,100	4,95	1,96
37,4	0,111	0,0379	0,85	0,344	3,00	1,090	4,9	1,95
37,6	0,109	0,0374	0,84	0,340	2,95	1,080	4,85	1,94
37,8	0,107	0,0369	0,83	0,339	2,90	1,070	4,8	1,93
38,0	0,105	0,0364	0,82	0,336	2,85	1,060	4,75	1,92
38,2	0,103	0,0359	0,81	0,332	2,80	1,040	4,7	1,91
38,4	0,102	0,0354	0,80	0,329	2,75	1,030	4,65	1,9
38,6	0,101	0,0350	0,79	0,326	2,70	1,020	4,6	1,87
38,8	0,100	0,0346	0,78	0,323	2,65	1,010	4,55	1,86
39,0	0,099	0,0342	0,77	0,320	2,60	1,000	4,5	1,85
39,2	0,098	0,0338	0,76	0,317	2,56	0,980	4,45	1,83
39,4	0,097	0,0334	0,75	0,314	2,52	0,970	4,4	1,82

Продолжение таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
39,6	0,096	0,0331	0,75	0,311	2,48	0,960	4,35	1,8
39,8	0,095	0,0328	0,74	0,308	2,44	0,950	4,3	1,79
40,0	0,094	0,0325	0,73	0,305	2,40	0,940	4,25	1,78
40,2	0,092	0,0322	0,72	0,302	2,37	0,930	4,2	1,76
40,4	0,091	0,0319	0,71	0,299	2,35	0,920	4,15	1,75
40,6	0,090	0,0316	0,70	0,296	2,32	0,910	4,1	1,74
40,8	0,089	0,0313	0,69	0,293	2,30	0,900	4,05	1,73
41,0	0,088	0,0310	0,68	0,290	2,27	0,890	4	1,72
41,2	0,087	0,0307	0,674	0,287	2,25	0,882	3,95	1,7
41,4	0,086	0,0304	0,668	0,284	2,22	0,874	3,9	1,68
41,6	0,085	0,0301	0,662	0,281	2,20	0,866	3,85	1,67
41,8	0,084	0,0299	0,656	0,278	2,17	0,858	3,8	1,66
42,0	0,083	0,0297	0,650	0,275	2,15	0,850	3,75	1,65
42,2	0,082	0,0294	0,644	0,272	2,12	0,842	3,72	1,62
42,4	0,081	0,0292	0,638	0,269	2,10	0,834	3,68	1,61
42,6	0,079	0,0289	0,632	0,266	2,07	0,826	3,64	1,6
42,8	0,078	0,0286	0,626	0,264	2,05	0,818	3,6	1,59
43,0	0,077	0,0284	0,620	0,262	2,02	0,810	3,55	1,58
43,2	0,076	0,0281	0,614	0,259	2,00	0,802	3,5	1,56
43,4	0,075	0,0279	0,608	0,257	1,98	0,794	3,45	1,55
43,6	0,074	0,0276	0,602	0,254	1,96	0,786	3,4	1,54
43,8	0,073	0,0273	0,596	0,252	1,94	0,778	3,35	1,53
44,0	0,072	0,0271	0,590	0,250	1,92	0,770	3,3	1,52
44,2	0,071	0,0268	0,584	0,248	1,90	0,762	3,25	1,5
44,4	0,070	0,0266	0,578	0,246	1,88	0,754	3,2	1,48
44,6	0,069	0,0263	0,572	0,244	1,86	0,746	3,15	1,47
44,8	0,068	0,0261	0,566	0,242	1,84	0,738	3,1	1,46
45,0	0,067	0,0259	0,560	0,240	1,82	0,730	3,05	1,45
45,2	0,066	0,0257	0,554	0,238	1,80	0,722	3	1,42
45,4	0,065	0,0254	0,548	0,236	1,78	0,714	2,98	1,41
45,6	0,064	0,0251	0,542	0,234	1,76	0,706	2,96	1,4
45,8	0,063	0,0249	0,536	0,232	1,74	0,698	2,94	1,39

Окончание таблицы А.2

Напряжение, В	Допустимая емкость, мкФ, для подгрупп и группы							
	IIC		IIB		IIA		I	
	Коэффициент безопасности							
	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5	× 1	× 1,5
46,0	0,0623	0,0247	0,530	0,230	1,72	0,690	2,92	1,38
46,2	0,0616	0,0244	0,524	0,228	1,70	0,682	2,9	1,36
46,4	0,0609	0,0242	0,518	0,226	1,68	0,674	2,88	1,35
46,6	0,0602	0,0239	0,512	0,224	1,67	0,666	2,86	1,34
46,8	0,0596	0,0237	0,506	0,222	1,65	0,658	2,84	1,33
47,0	0,0590	0,0235	0,500	0,220	1,63	0,650	2,82	1,32
47,2	0,0584	0,0232	0,495	0,218	1,61	0,644	2,8	1,3
47,4	0,0578	0,0229	0,490	0,216	1,60	0,638	2,78	1,28
47,6	0,0572	0,0227	0,485	0,214	1,59	0,632	2,76	1,27
47,8	0,0566	0,0225	0,480	0,212	1,57	0,626	2,74	1,26
48,0	0,0560	0,0223	0,475	0,210	1,56	0,620	2,72	1,25
48,2	0,0554	0,0220	0,470	0,208	1,54	0,614	2,7	1,22
48,4	0,0548	0,0218	0,465	0,206	1,53	0,609	2,68	1,21
48,6	0,0542	0,0215	0,460	0,205	1,52	0,604	2,66	1,2
48,8	0,0536	0,0213	0,455	0,203	1,50	0,599	2,64	1,19
49,0	0,0530	0,0211	0,450	0,201	1,49	0,594	2,62	1,18
49,2	0,0524	0,0208	0,445	0,198	1,48	0,589	2,6	1,16
49,4	0,0518	0,0206	0,440	0,197	1,46	0,584	2,56	1,15
49,6	0,0512	0,0204	0,435	0,196	1,45	0,579	2,52	1,14
49,8	0,0506	0,0202	0,430	0,194	1,44	0,574	2,46	1,13
50,0	0,0500	0,0200	0,425	0,193	1,43	0,570	2,46	1,12
50,5	0,0490	0,0194	0,420	0,190	1,40	0,558	2,43	1,1
51,0	0,0480	0,0190	0,415	0,187	1,37	0,547	2,4	1,08
51,5	0,0470	0,0186	0,407	0,184	1,34	0,535	2,3	1,02
52,0	0,0460	0,0183	0,400	0,181	1,31	0,524	2,25	1
52,5	0,0450	0,0178	0,392	0,178	1,28	0,512	2,2	0,99
53,0	0,0440	0,0174	0,385	0,175	1,25	0,501	2,2	0,97
53,5	0,0430	0,0170	0,380	0,172	1,22	0,490	2,2	0,96
54,0	0,0420	0,0168	0,375	0,170	1,20	0,479	2,15	0,95
54,5	0,0410	0,0166	0,367	0,168	1,18	0,468	2,15	0,94
55,0	0,0400	0,0165	0,360	0,166	1,16	0,457	2	0,94

Приложение В
(обязательное)

Искрообразующее устройство для испытания искробезопасных цепей

В.1 Принцип проведения испытаний

Электрическую цепь подключают к контактам искрообразующего устройства, которые находятся во взрывной камере, заполненной испытательной взрывоопасной смесью.

Параметры цепи регулируются для обеспечения заданного коэффициента безопасности и проводится испытание с целью определения, произойдет или не произойдет воспламенение испытательной взрывоопасной смеси при определенном количестве срабатываний контактной системы.

Если не указано иное, то допуски для размеров обработанных деталей составляют ±2 %, а для напряжения и тока ±1 %.

В.2 Искрообразующее устройство

Искрообразующее устройство должно состоять из контактного устройства, расположенного в сосуде взрывной камеры объемом не менее 250 $см^3$, и предназначено для создания электрических разрядов при замыкании и размыкании электрической цепи в среде испытательной взрывоопасной смеси.

Примечание — Конструкция искрообразующего устройства и взрывной камеры приведена на рисунке В.4. (Схема расположения контактов приведена на рисунках В.1, В.2 и В.3.).

Один из контактных электродов должен представлять собой вращающийся кадмиевый диск с двумя пазами (рисунок В.2).

Искрообразующее устройство, описанное в В.2, соответствует испытательному устройству с ограничением тока 3 А. Искрообразующее устройство, описанное в В.7, соответствует испытательному устройству с ограничением тока 10 А.

Другой контактный электрод состоит из четырех вольфрамовых проволочек диаметром (0,2 ± 0,02) мм, закрепленных по окружности диаметром 50 мм на держателе электрода из латуни или другого подходящего материала (рисунок В.3).

Примечание — В местах крепления вольфрамовых проволочек желательно закруглять углы держателя, чтобы предохранить проволочки от острых кромок.

Схема расположения контактов приведена на рисунке В.1. Держатель вращают таким образом, чтобы вольфрамовые проволочки скользили по шероховатой поверхности кадмиевого диска. Расстояние между держателем проволочек и диском составляет 10 мм. Свободная длина проволочек — 11 мм. Проволочки выпрямляют и устанавливают перпендикулярно к поверхности диска, когда они не контактируют с ним.

Оси валов, вращающих диск и держатель проволочек, расположены на расстоянии 31 мм друг от друга и электрически изолированы между собой и от цоколя основания устройства. Электрический ток подводят и снимают скользящими контактами на валах, которые приводят в движение с помощью токонепроводящих шестерен с соотношением зубьев 50:12.

Держатель проволочек вращают с частотой от 78 до 82 об/мин электрическим двигателем, который в случае необходимости может иметь редуктор. Диск вращают медленнее в противоположном направлении.

Газонепроницаемые подшипники скольжения необходимы в цоколе основания, если не используется система расхода газа.

Если не используют систему свободной циркуляции испытательной взрывоопасной смеси, то необходимо использовать газонепроницаемые подшипники в опорной плите.

Для регистрации числа оборотов вала держателя проволочек используют счетчик или измеритель времени для определения числа оборотов вала держателя.

Примечание — После воспламенения взрывоопасной смеси желательно автоматически остановить двигатель или счетчик. Для регистрации воспламенения взрывоопасной смеси может, например, использоваться фотоэлемент или датчик давления.

Сосуд взрывной камеры должен выдерживать взрыв давлением не менее 1500 кПа (15 бар), если не предусмотрен сброс давления.

Емкость на зажимах контактного устройства искрообразующего устройства не должна превышать 30 пФ при разомкнутых контактах, сопротивление не должно превышать 0,15 Ом при постоянном токе 1 А и собственная индуктивность не должна превышать 3 мкГн при замкнутых контактах.

В.3 Калибровка искрообразующего устройства

Если чувствительность искрообразующего устройства не соответствует указанной, то для ее восстановления необходимо выполнить одно или несколько следующих действий:

a) проверить параметры контрольной электрической цепи;

b) проверить состав испытательной взрывоопасной смеси;

c) очистить вольфрамовые проволочки;

d) заменить вольфрамовые проволочки;

e) подключить выходные зажимы искрообразующего устройства к цепи с параметрами 95 мГн/24 В/100 мА в соответствии с 9.1.3 и сделать не менее 20 000 оборотов держателя вольфрамовых проволочек в атмосфере воздуха;

f) заменить кадмиевый диск и откалибровать искрообразующее устройство согласно 9.1.3.

В.4 Подготовка и очистка вольфрамовых проволочек

Вольфрам — очень хрупкий материал, и вольфрамовые проволочки расщепляются на концах после относительно непродолжительного времени работы.

Рекомендуется один из следующих способов подготовки вольфрамовых электродов к испытаниям:

a) оплавить концы проволочки с помощью устройства, показанного на рисунке В.5 при этом на каждой проволочке образуется шарик, который можно легко удалить щипчиками.

Примечание — После такой подготовки, в среднем, одну из четырех контактных проволочек нужно заменять только после 50 000 искрений;

b) нарезать проволоку, например с помощью усиленных ножниц.

Затем проволочки установить в держатель и вручную очистить всю поверхность проволочек, включая концы, наждачной бумагой класса 0 или эквивалентным абразивным материалом.

Примечание — При очистке проволочек необходимо убирать из искрообразующего устройства держатель электродов.

Как показывает опыт, для стабилизации чувствительности искрообразующего устройства во время испытаний желательно очистить и выпрямить проволочки на равном расстоянии. Периодичность очистки зависит от скорости, с которой на проволочке образуются отложения. Эта скорость зависит от испытуемой цепи. Проволочка должна быть заменена, если ее конец расщеплен или проволочку невозможно выпрямить.

В.5 Подготовка нового кадмиевого диска

Чтобы стабилизировать чувствительность искрообразующего устройства, рекомендуется следующая процедура установки нового кадмиевого диска:

a) установить новый диск на искрообразующем устройстве;

b) подключить выходные зажимы искрообразующего устройства к цепи с параметрами 95 мГн/24 В/100 мА в соответствии с 9.1.3 и сделать не менее 20 000 оборотов держателя проволочек, установленных согласно рисунку В.1, в атмосфере воздуха;

c) установить новые проволочки, подготовленные и очищенные в соответствии с В.1.4, и подключить выходные зажимы искрообразующего устройства к неэлектролитическому конденсатору емкостью 2 мкФ, заряжаемому через резистор сопротивлением 2 кОм;

d) заполнить сосуд взрывной камеры испытательной взрывоопасной смесью для подгруппы IIA (или группы I) (9.1.3.1) и подать напряжение 70 В (для группы I — 95 В) на емкостную цепь и вращать искрообразующее устройство, пока не воспламенится взрывоопасная смесь или не произойдет 400 оборотов держателя проволочек. Если воспламенения не произошло, то следует проверить смесь, заменить проволочки или проверить искрообразующее устройство. Если воспламенение контрольной взрывоопасной смеси произошло, то следует снижать напряжение на 5 В и повторять описанную процедуру до тех пор, пока не прекратиться возникновение воспламенений;

e) напряжение, при котором должно произойти воспламенение, равно 45 В для подгруппы IIA (55 В для группы I), и напряжение при котором воспламенение не должно происходить равно 40 В для подгруппы IIA (50 В для группы I).

В.6 Область применения искрообразующего устройства

За исключением случаев, указанных в В.7, использование искрообразующего устройства ограничено для испытания искробезопасных цепей со следующими параметрами:

a) испытательный ток — не более 3 А;

b) рабочее напряжение испытуемых омических или емкостных цепей — не более 300 В;

c) для индуктивных цепей — индуктивность не более 1 Гн;

d) частота тока в электрических цепях — не более 1,5 МГц.

Искрообразующее устройство можно применять для испытаний цепей с параметрами, выходящими за указанные пределы, но при этом возможны изменения чувствительности.

Если испытательный ток превышает 3 А, то нагрев вольфрамовых проволочек может стать дополнительной причиной воспламенения и повлиять на результаты испытаний. Для индуктивных цепей необходимо принять меры к тому, чтобы собственная индуктивность и постоянные времени цепи не оказывали негативного влияния на результаты.

Емкостные и индуктивные цепи с высокими значениями постоянных времени можно испытывать, например, уменьшая частоту вращения искрообразующего устройства. Емкостные цепи можно испытывать, сняв две или три проволочки. При этом необходимо учитывать, что снижение частоты вращения искрообразующего устройства может изменить его чувствительность.

Искрообразующее устройство не применяется для испытания цепей, которые выключают ток или снижают электрические значения в результате размыкания и замыкания контакта в искрообразующем устройстве при требуемом количестве оборотов. Для испытательных цепей создают наиболее неблагоприятные выходные условия на протяжении всего испытания.

Примечание — Для подобных цепей в приложениях Е и А приведена дополнительная информация.

B.7 Модификации искрообразующего устройства для больших токов

Искрообразующее устройство можно применять для испытательных токов от 3 до 10 А, если устройство изменено следующим образом:

Вольфрамовые проволочки заменены проволочками с диаметром, увеличенным с 0,2 мм до (0,4 ± 0,03) мм, и свободная длина уменьшена до 10,5 мм.

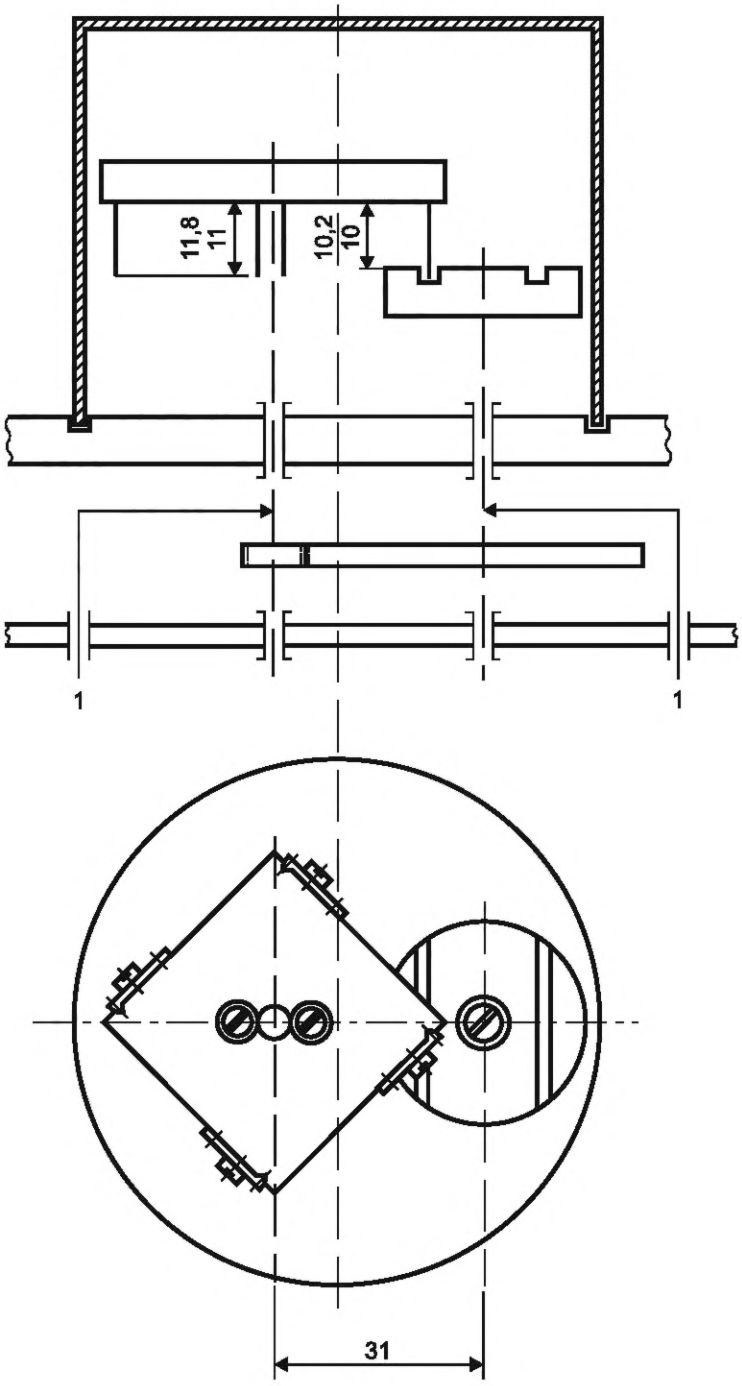
Примечание — Уменьшение свободной длины снижает износ кадмиевого диска.

Общее сопротивление искрообразующего устройства, включая сопротивление коммутирующего контакта, должно быть снижено до менее 100 мОм или испытуемая цепь должна быть изменена таким образом, чтобы компенсировать внутреннее сопротивление искрообразующего устройства.

Примечание — Одно из возможных решений — применение щеток такого же типа, как в автомобильной промышленности, в сочетании с латунными втулками на валах искрообразующего устройства для увеличения площади контакта.

Общая индуктивность искрообразующего устройства и индуктивность от подсоединения к испытуемой цепи должны быть сведены к минимуму. Максимальное значение должно быть равно 1 мкГн.

Искрообразующее устройство может использоваться для более высоких токов, но при этом интерпретировать результаты необходимо с особой осторожностью.



1 — выводы для подключения испытуемой цепи

Рисунок В.1 — Искрообразующее устройство для испытания искробезопасных цепей

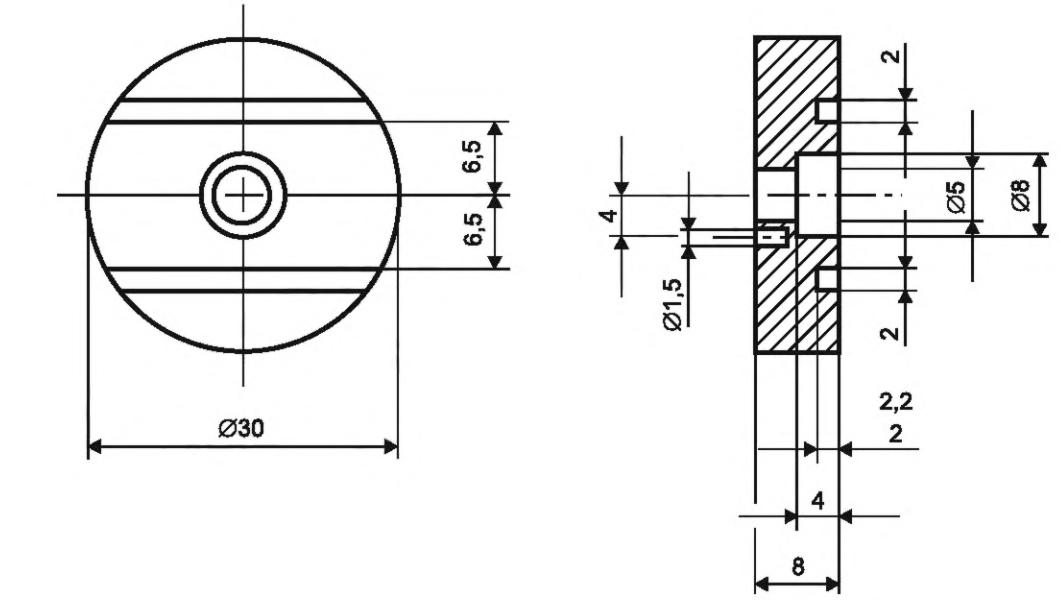
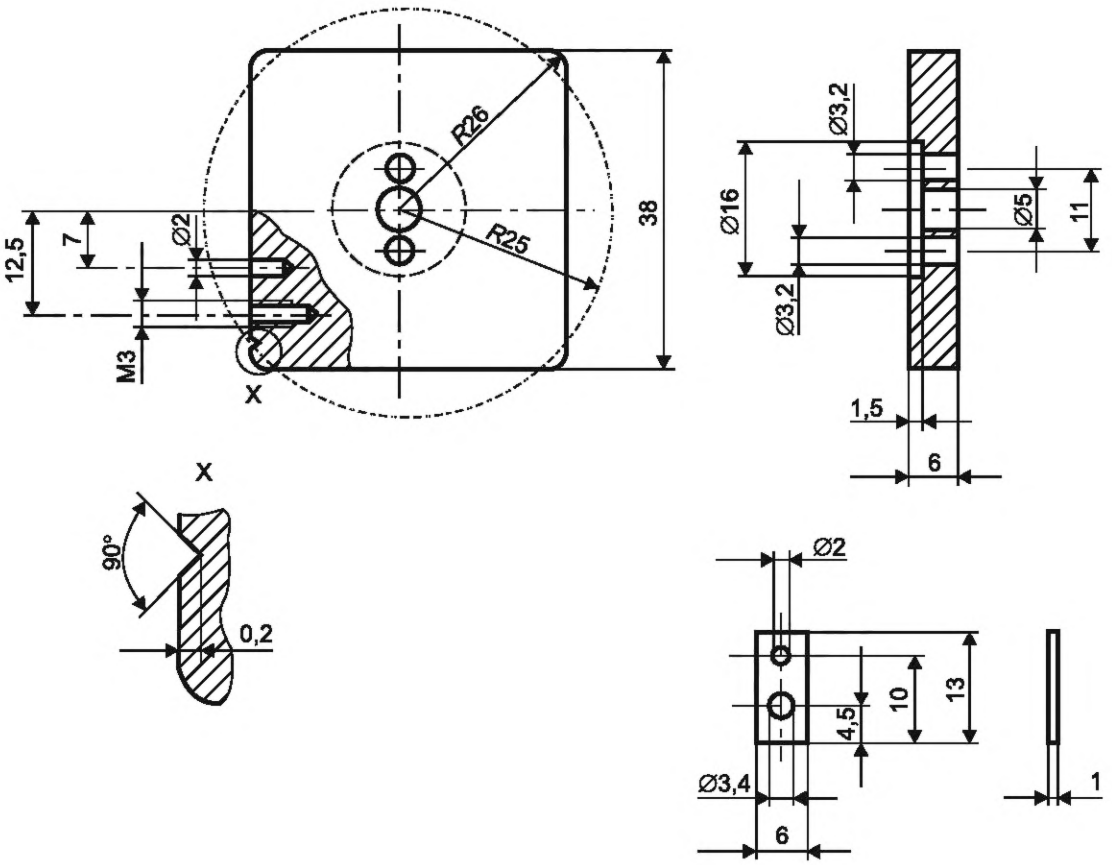
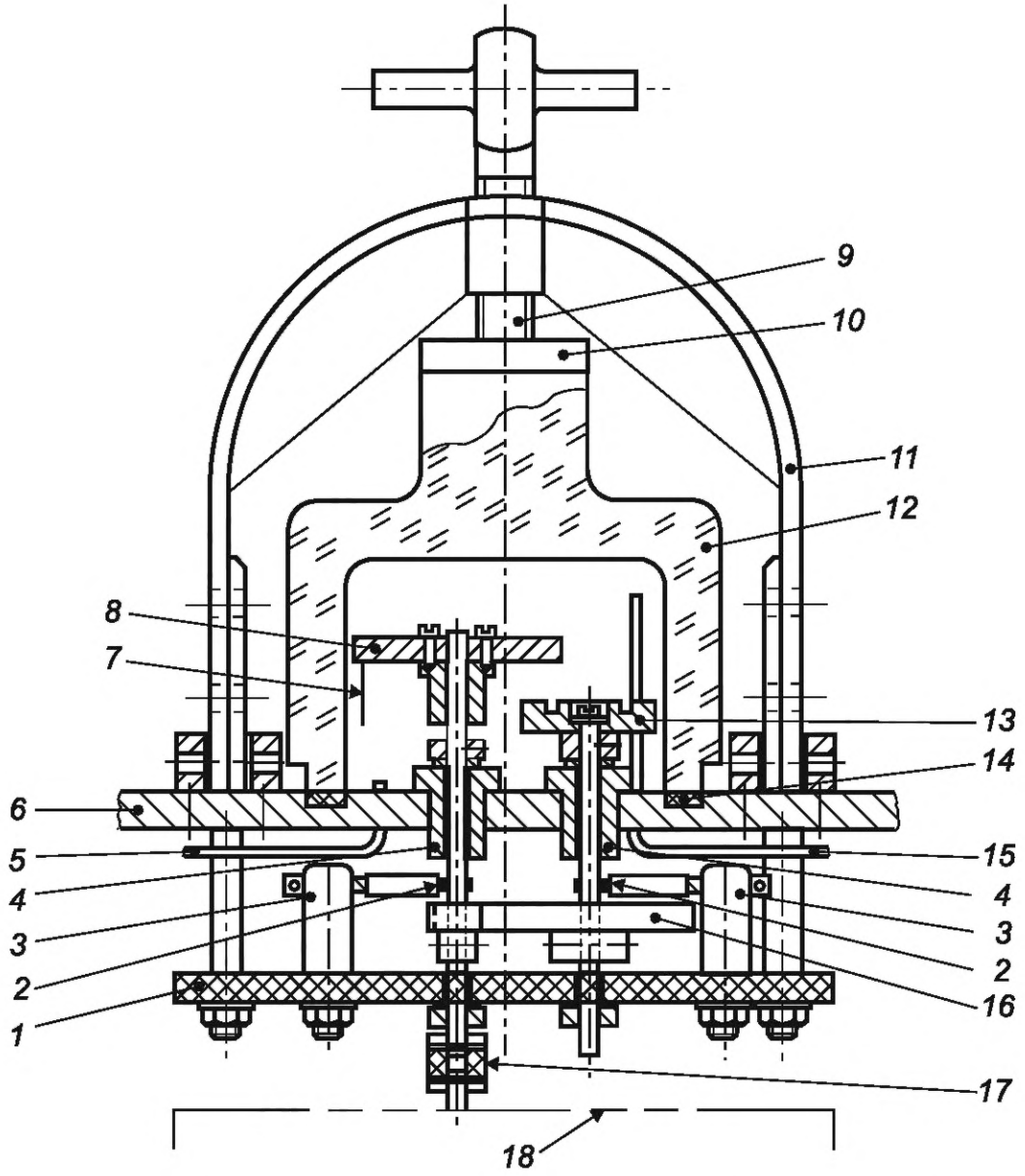


Рисунок В.2 — Кадмиевый контактный диск



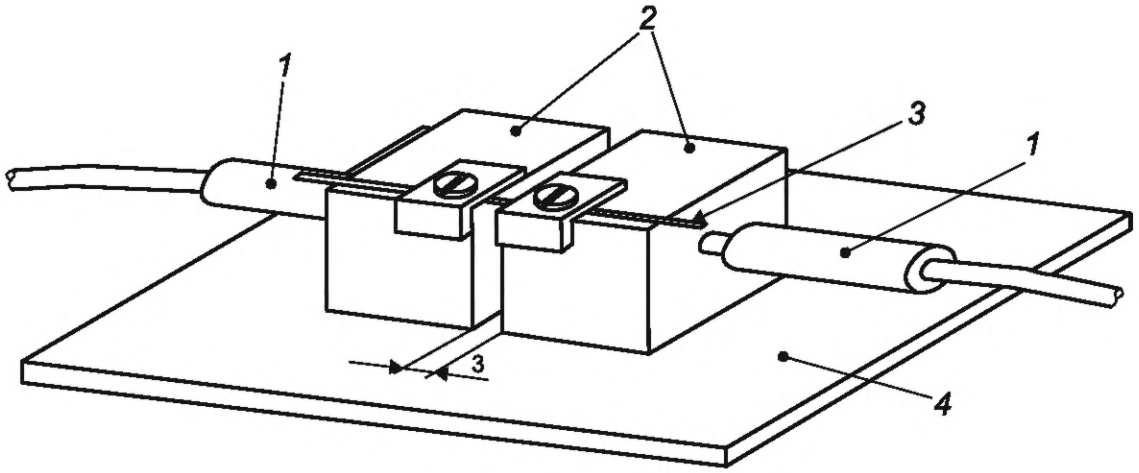
1 — деталь X, масштаб 10:1

Рисунок В.3 — Держатель проволочек



1 — изолирующая пластина; *2* — подвод тока; *3* — изолированный болт; *4* — изолированный подшипник; *5* — выходное отверстие для газа; *6* — цоколь основания; *7* — вольфрамовая проволочка; *8* — держатель проволочек; *9* — зажимной винт; *10* — нажимная пластина; *11* — зажим; *12* — камера; *13* — кадмиевый контактный диск; *14* — резиновое уплотнение; *15* — входное отверстие для газов; *16* — шестерня с соотношением зубьев 50:12; *17* — изолированная муфта; *18* — приводной двигатель с редуктором 80 об/мин

Рисунок В.4 — Пример практической реализации искрообразующего устройства



1 — подвод питания; *2* — медный брусок; *3* — вольфрамовая проволочка; *4* — изолирующая пластина

Примечание — Оплавленные шарики снять щипчиками.

Рисунок В.5 — Устройство для подготовки вольфрамовых проволочек методом оплавления

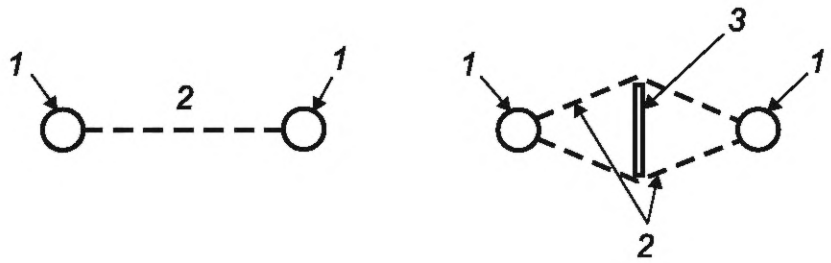
Приложение С
(справочное)

Измерение путей утечки, электрических зазоров и разделительных расстояний через заливочный компаунд и твердую изоляцию

С.1 Электрические зазоры и разделительные расстояния через заливочный компаунд и твердую изоляцию

Напряжение для проведения оценки должно быть определено в соответствии с 6.5.5.

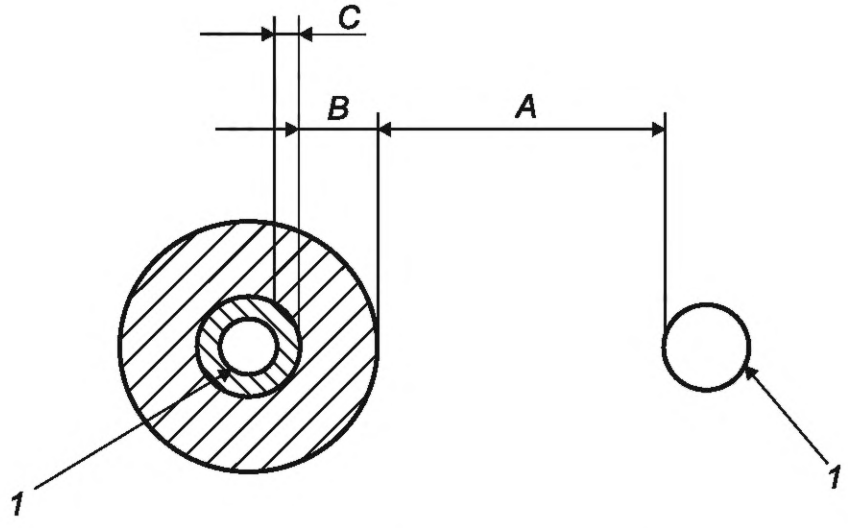
Электрический зазор рассматривают как самое короткое расстояние по воздуху между двумя токопроводящими частями. Если между токопроводящими частями имеется изолирующая деталь, например, перегородка согласно 6.5.10, то расстояние измеряют вдоль пунктирных линий, как показано на рисунке С.1.



1 — проводник; *2* — электрический зазор; *3* — перегородка

Рисунок С.1 — Измерение электрического зазора

Если расстояние между токопроводящими частями состоит частично из электрического зазора и частично из разделительного расстояния через заливочный компаунд и (или) твердую изоляцию, то эквивалентный электрический зазор или расстояние разделения через компаунд можно рассчитать, как описано ниже, а полученное значение затем сравнить со значением в соответствующей колонке таблиц 7, 8 и 9.



1 — проводник; *A* — электрический зазор; *B* — разделительное расстояние через компаунд; *C* — разделительное расстояние через твердую изоляцию

Рисунок С.2 — Измерение комбинированных расстояний

На рисунке С.2, если значение *A* меньше, чем соответствующее значение, приведенное в таблице 7, то расстояния, составляющие комбинированные разделения, должны быть переведены в проценты от соответствующего значения в таблице 7. Любой процент менее 33,3 % следует игнорировать, остальное — прибавлять. Если результат 100 % или более, то разделение считают неповреждаемым.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» если результат находится между 33,3 % и 100 %, то повреждение разделения является учитываемым. Для уровня вида взрывозащиты «ic», если результат менее 100 %, тогда разделение не разрешается использовать для обеспечения искробезопасности.

Например, если напряжение разделения составляет 25 В, а расстояния *A* = 1,0 мм, *B* = 0,25 мм и *C* = 0,2 мм, то необходимо выполнить следующий расчет:

A = (1,0/2,0 мм) · 100 % = 50,0 %

B = (0,25/0,7 мм) · 100 % = 35,7 %

C = (0,2/0,5 мм) · 100 % = 40,0 %

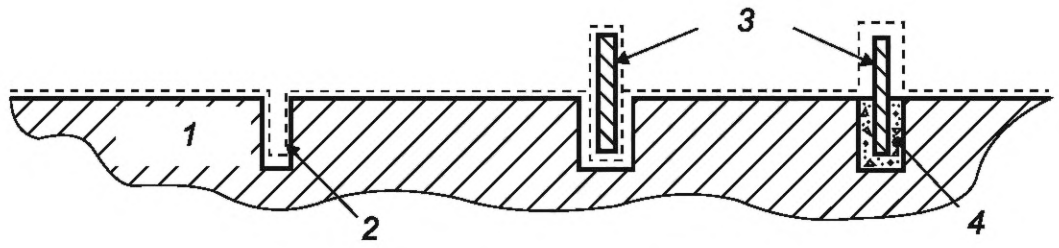
Итого = 125,7 %

Поскольку полученное значение превышает 100 %, разделение является неповреждаемым. Данный подход применим для таблиц 8 и 9, но вместо требований к таблице 7 необходимо использовать требования 6.5.7 к таблицам 8 и 9.

С.2 Пути утечки

Напряжение для проведения оценки должно быть определено в соответствии с 6.5.5.

Длина пути утечки должна быть измерена вдоль поверхности изоляции, как показано на рисунке С.3.



1 — подложка; *2* — бороздка; *3* — перегородка; *4* — клей

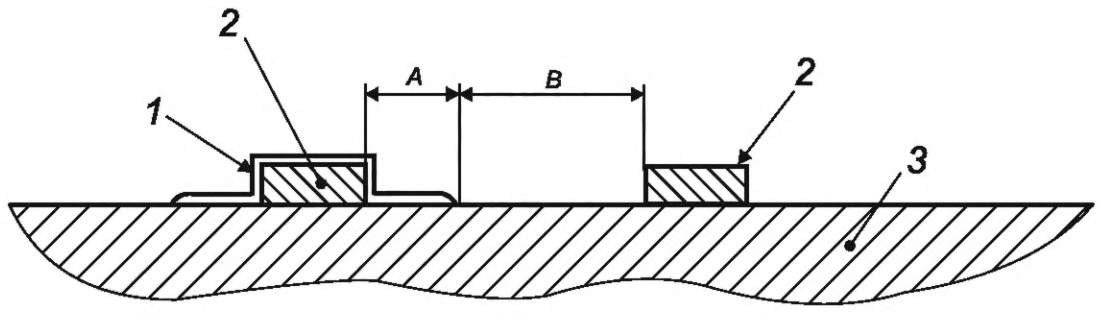
Рисунок С.3 — Измерение длины путей утечки

Необходимо сделать следующие измерения, показанные на рисунке С.3:

a) длину пути утечки измеряют вокруг любой выемки на поверхности, если ширина выемки не менее соответствующего значения для X согласно 6.5.6.4;

b) если изоляционная перегородка в соответствии с 6.5.10 установлена, но не приклеена, длину пути утечки измеряют либо над перегородкой, либо под ней, в зависимости от того, какое значение меньше;

c) если перегородка (см. перечисление b) приклеена, длину пути утечки всегда измеряют над перегородкой.

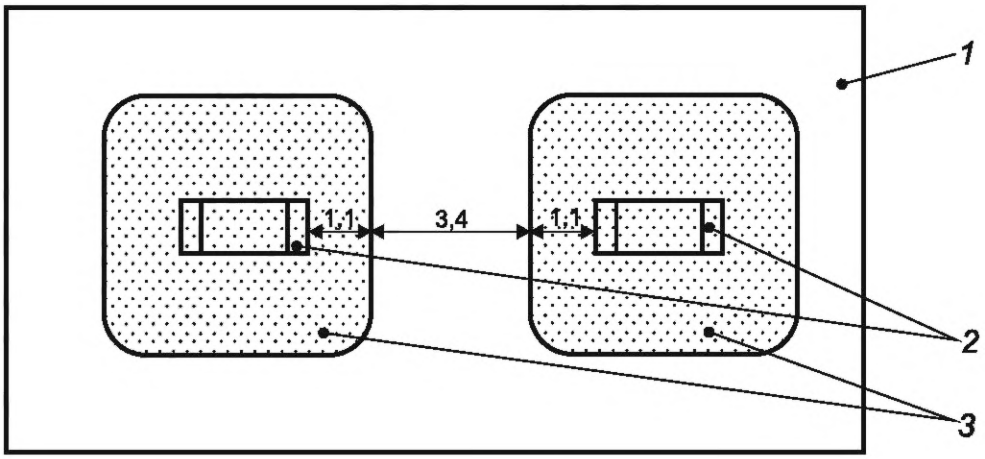


1 — конформное покрытие; *2* — проводник; *3* — подложка
A — расстояние под конформным покрытием; *B* — расстояние без покрытия

Рисунок С.4 — Измерение комбинированных разделений, включая пути утечки

Если для сокращения длины пути утечки используют конформное покрытие, и конформным покрытием покрыта только часть пути утечки, как показано на рисунке С.4, то общую *эквивалентную* длину пути утечки определяют расчетом процента расстояния *A* от соответствующего значения в графе 6 таблицы 7 (или графе 4 или 5 таблицы 8, или графе 4 таблицы 9), расчет процента расстояние *B* соответствующего значения в графе 5 (или графе 3 таблицы 8 или таблицы 9) и сложив два процентных значения.

С.3 Пути утечки



1 — печатная плата; *2* — электрический компонент; *3* — покрытие

Рисунок С.5 — Печатная плата с двумя компонентами с покрытием, рассчитанная на давление окружающей среды от 60 до 110 кПа

Далее приведен пример с диапазоном давления окружающей среды от 60 до 110 кПа, напряжением 375 В между двумя компонентами и уровнем вида взрывозащиты «ia» или «ib».

Расстояния согласно таблице 7:

Зазор для 80—110 кПа	6,0 мм
Зазор для давления от 60 до 110 кПа = 6,0 мм · 1,34	8,0 мм
Путь утечки	10,0 мм
Расстояние под покрытием	3,3 мм

Для рисунка С.5:

Расстояние под покрытием состоит из двух расстояний по 1,1 мм, каждое из которых равно или превышает 1/3 от 3,3 мм, поэтому его можно использовать в качестве комбинированного разделения.

Значение 3,4 мм является комбинированным зазором и путем утечки. Поскольку допустимый путь утечки превышает допустимый зазор, значение 3,4 мм следует рассматривать только как зазор.

Зазор 3,4 мм равен или превышает 1/3 от 8,0 мм, поэтому его можно использовать в качестве комбинированного разделения.

Таким образом, общее комбинированное разделение с зазором 3,4 мм составляет:

расстояние под покрытием/3,3 мм + зазор/8,0 мм = (1,1 + 1,1)/3,3 + 3,4/8,0 = 109,1 %.

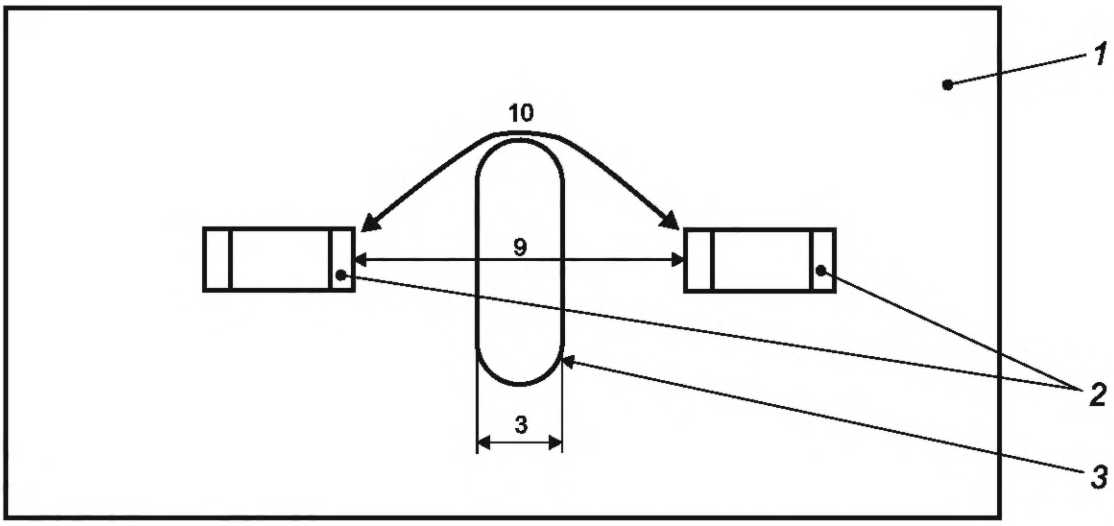
Путь утечки 3,4 мм равен или превышает 1/3 от 10,0 мм, поэтому может использоваться в качестве комбинированного разделения. Таким образом, общее комбинированное разделение с величиной утечки 3,4 мм составляет:

расстояние под покрытием/3,3 мм + путь утечки/10,0 мм = (1,1 + 1,1)/3,3 + 3,4/10,0 = 100,6 %.

Следовательно, данное значение соответствует требованию.

Для рисунка С.6:

Зазор 9,0 мм больше допустимого 8,0 мм. Путь утечки 10,0 мм соответствует допустимому расстоянию. Следовательно, данное значение соответствует требованию.



1 — печатная плата; *2* — электрический компонент; *3* — паз

Примечание — Два электрических компонента, питание на которые идет от двух различных электрических цепей, разделенных до пикового значения 375 В

Рисунок С.6 — Печатная плата с пазом 3 мм, рассчитанная на давление окружающей среды от 60 до 110 кПа

Пример — Путь утечки согласно таблице 7 или 8: 10 мм. Зазор в соответствии с таблицей 7 или 8: 6 мм · 1,34 = 8,04 мм (с коэффициентом 1,34 для связанного устройства в диапазоне давлений от 60 до 110 кПа)

Приложение D
(обязательное)

Испытание на превышение энергии переходного процесса

D.1 Принцип

В приложении D приведены требования по проведению анализа и измерений, необходимых для установления того, что в течение времени, которое требуется для реагирования контролируемого полупроводникового ограничителя тока или напряжения на изменение питания или нагрузки, энергия искры достаточно мала, чтобы вызвать воспламенение, учитывая применимый уровень взрывозащиты оборудования, выходные характеристики, группу/подгруппу оборудования и коэффициент безопасности.

Измерение выходной энергии переходного процесса необходимо проводить, насколько это возможно, по методике настоящего приложения, учитывая то, что в приложении приведены общие рекомендации, которые могут подходить не для всех случаев. Для определения максимальной энергии переходного процесса может потребоваться проведение большого количества испытаний с различными комбинациями нагрузки и источников. Испытания необходимо проводить до практического предела с учетом найденного коэффициента безопасности и требуемого уровня взрывозащиты. На максимальную выходную энергию переходных процессов в условиях, указанных в 5.2, могут влиять различия в производственных допусках, напряжении, токе, времени отклика, пороговых значений, времени срабатывания, полупроводники, учитываемые повреждения и нагрузки, а также температура. Значения представительной цепи и испытательной установки должны иметь наиболее воспламеняющие значения в пределах заданных допусков.

Измерение энергии переходного процесса от источника питания в искробезопасную нагрузку. Энергия, которая может быть получена от нагрузки, не учитывается, следовательно, не учитывается и положение щупа для измерения тока на рисунке D.1. Например, короткое замыкание выходной характеристики источника питания может включать в себя энергию от источника питания и нагрузки, но при анализе и измерении учитывается только энергия от источника питания.

Хотя испытания необходимо повторять с разными источниками питания и нагрузками, отсутствует требование повторного проведения данного испытания на более чем одной цепи.

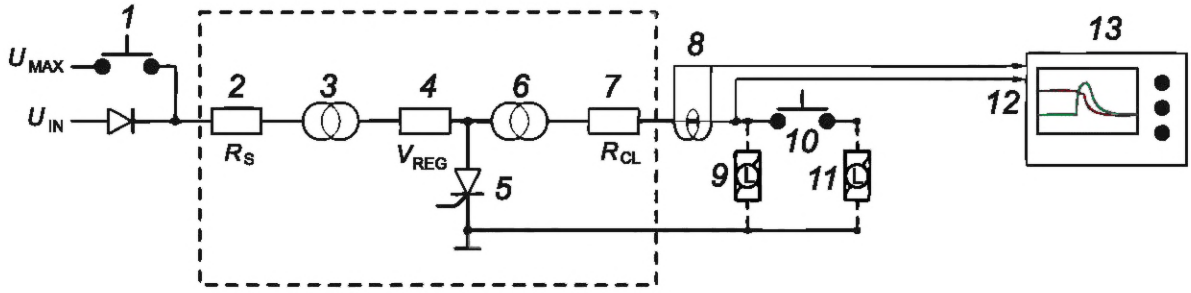
Следует учитывать время переходного процесса для двух типов изменений, которые могут привезти к активации ограничения управляемого полупроводника: изменение питания в цепи (исходящие параметры) и изменение нагрузки (входящие параметры). Обычно для управляемого полупроводникового ограничителя напряжения требуется изменение напряжения питания, а для управляемого полупроводникового ограничителя тока требуется изменение нагрузки. Однако оба варианта следует учитывать для всех цепей, так как, например, обрыв цепи в нагрузке может привести к тому, что регулятор напряжения в цепи при испытании может перерегулироваться и превысить пределы установившегося напряжения. В таблице D.1 представлены предельные значения энергии, которые считаются достаточно маловероятными, чтобы вызвать воспламенение для конкретной группы/подгруппы оборудования.

Таблица D.1 — Предельные значения энергии относительно группы оборудования

Группа/подгруппа оборудования	Энергия переходного процесса, мкДж
I	260
IIA	160
IIB	80
IIC	20
III	80

D.2 Схема цепи

На рисунке D.1 представлено комбинированное изображение возможных схем цепи и испытательной установки для испытания на изменение питания (D.6) с использованием переключателя *1*, так и для испытания на изменение нагрузки (D.7) с использованием переключателя *10*. Если цепь не соответствует данной схеме, то следует использовать подходящую альтернативную испытательную установку.



1 — переключатель для испытания на изменение питания; *2* — R_S, сопротивление источника питания (при наличии); *3* — полупроводниковые устройства контроля, соединенные последовательно или шунтирующий ограничитель тока для искробезопасности (может иметь резервирование); *4* — регулятор напряжения, который может использоваться для функциональных целей или искробезопасности; *5* — шунтирующий ограничитель напряжения, использующий либо управляемый полупроводниковый компонент, либо ограничительный диод; *6* — управляемый полупроводниковый ограничитель тока (может иметь резервирование); *7* — R_{CL}, выходной резистор с наименьшим сопротивлением, указанным в запланированных чертежах; *8* — щуп для измерения величины тока; *9* — постоянная нагрузка (которая может включать *L* и *C*, в зависимости от обстоятельств); *10* — переключатель для испытания на изменение нагрузки; *11* — коммутируемая нагрузка (которая может включать *L* и *C*, если применимо); *12* — щуп для измерения величины напряжения; *13* — осциллограф

Компоненты внутри пунктирной линии, которые отсутствуют в испытываемой цепи или которые необходимо исключить в условиях неисправности, не следует учитывать.

Рисунок D.1 — Пример схемы цепи

Дополнительные параметры, упомянутые в этом приложении, следующие:

U_{MAX} — максимальное напряжение, которому может подвергаться источник питания испытуемой цепи, при условиях согласно 5.2;

U_{IN} — номинальное испытательное напряжение до внесения изменений в источник питания. Во время испытаний могут потребоваться более низкие значения U_{IN}, чтобы установить энергию для наихудшего случая измерения;

U_{LIM} — максимальное контролируемое или неконтролируемое ограничение напряжения, указанное в *5*, используемое для оценки установившего состояния по 5.3.6. На соединительных контактных зажимах: $U_o = U_{LIM}$;

I_{LIM} — максимальное контролируемое или неконтролируемое ограничение тока, указанное в *3* или *6*, используемое для оценки установившего состояния по 5.3.6. На соединительных контактных зажимах: $I_o = I_{LIM}$;

P_{LIM} — пиковая мощность допустимой выходной характеристики установившегося состояния цепи с учетом необходимого коэффициента безопасности.

Цепь с управляемым полупроводниковым ограничением может быть рассчитана на более низкое напряжение или ток в точках срабатывания, чем пределы напряжения или тока, используемые для оценки установившего состояния по 5.3.6.

Пример — Если U_{LIM} определяется как 12 В для шунтирующего вентиля, срабатывающего по напряжению, то на производстве шунтирующий вентиль может быть предназначен для запуска при максимальном напряжении 11 В, поэтому существует запас 1 В до превышения U_{LIM}. Это может обеспечить устойчивость схемы в полевых условиях.

Там, где цепи с управляемым полупроводниковым ограничением используют резервирование для соответствия учитываемой неисправности согласно требованиям 5.2, а также в случаях, когда взаимодействие между резервными цепями может сделать недействительными результаты испытаний, их следует повторить с включенными и отключенными резервными цепями. Помимо учета резервных цепей, нет необходимости применять больше учитываемых неисправностей, чем требуется согласно 5.2 при учете неисправностей подачи питания и нагрузки.

Компоненты, которые присутствуют по функциональным причинам и которые не влияют на обеспечение искробезопасности, следует либо оставить в схеме, либо удалить из нее, в зависимости от того, что создает самые неблагоприятные условия испытания. Например, регулятор напряжения (4) можно рассматривать как короткое замыкание при условиях, указанных в 5.2, и, следовательно, должен быть заменен цепью короткого замыкания при испытании. Затем U_{IN} будет установлено соответствующим образом, чтобы обеспечить диапазон выходного напряжения, возможного от регулятора.

D.3 Испытательное оборудование

Для проведения испытаний требуется возможность измерения тока и напряжения с частотой не менее 100 МГц. Цифровой запоминающий осциллограф *13* с полосой пропускания не менее 100 МГц. Осциллограф обычно может записывать осциллограмму изделия для двух каналов и интеграцию между определенными пользователем точками по оси времени. Если данная функция недоступна, то их можно рассчитать другими способами.

Выходной ток следует измерять с помощью гальванически разделенного щупа осциллографа для измерения величины тока или клещами *8* с соответствующим диапазоном измерения частоты, выходное напряжение измеряется с помощью щупа для измерения величины напряжения *12* с сопротивлением не менее 1 МОм.

Примечание — Соответствие ширины полосы пропускания токового щупа можно определить, сравнив ее со временем нарастания измеряемого токового сигнала.

Осциллограф должен быть настроен на запуск от подходящей точки либо по каналу тока, либо по напряжению, подходящему для испытания. Осциллограф должен быть настроен на запись достаточное время перед пуском, чтобы убедиться, что вся избыточная энергия переходного процесса учтена при оценке.

Переключение напряжения источника *1* или нагрузки *10* должно производиться с помощью коммутационного устройства без дребезга контактов, такого как МОП-транзистор или ртутный переключатель, обладающего достаточной скоростью переключения. Этот следует проверить из статистики переключения после начала испытания.

Пример — Для проведения данного испытания подходит устройство коммутации, которое переключается в течение 5 % времени, требуемого для переходного процесса цепи.

Напряжение на устройстве коммутации во включенном состоянии должно быть ограничено во избежание вмешательства в результат испытания. Ограничение достигается за счет низкого сопротивления во включенном состоянии или низкого насыщенного напряжения, для гарантии того, что напряжение коммутационного устройства составляет менее 5 % от номинального, приложенного напряжения или для испытаний на изменение питания, за счет увеличения U_{MAX} для компенсации переключения напряжения.

D.4 Нагрузка при испытаниях

Нагрузки при испытаниях для подключения на выходе испытуемой цепи *9* и *11* следует выбирать для получения максимальной энергии в конце переходного процесса во время испытания. Данные значения обычно определяются экспериментально. Тип и размер нагрузок будут различаться в зависимости от цепи и ее входных характеристик. Например, это может быть любое сочетание:

a) стабилитрон с лавинным напряжением ближайшего доступного напряжения ниже U_{LIM};
b) резистор;
c) емкостная или индуктивная цепи (например, включая C_o и L_o на соединительных контактных зажимах);
d) нагрузки постоянного тока.

Нагрузки в установившемся режиме *9* не должны вызывать срабатывания ограничителей напряжения или тока до замыкания переключателя, имитирующего неисправность *1* или *10*.

D.5 Напряжение питания

Напряжение питания (U_{IN}) в установившемся состоянии должно соответствовать источнику питания в соответствии с условиями, указанными в 5.2, включая сопротивление источника (R_s) и любую индуктивность или емкость. Для этого можно использовать источник питания стенда. Напряжение должно изменяться во время испытания от 0 В до самого высокого значения напряжения, доступного для цепи, или самого высокого значения напряжения, которое не приводит к срабатыванию испытуемого ограничителя напряжения *5*, в зависимости от того, какое значение меньше.

Для испытания на изменение питания напряжение, имитирующее неисправность (U_{MAX}) может подаваться от стационарного источника питания и значение должно изменяться в ходе испытания, поскольку максимальная энергия переходного процесса может возникнуть при значении U_{MAX}, установленном в любом месте между U_{IN} и максимальным напряжением питания схемы при условиях, указанных в 5.2.

Примеры

1 Для связанного оборудования U_{MAX} может составлять значения напряжения до U_m.

2 Наиболее обременительным условием может быть короткое замыкание регулятора напряжения на 4.

3 Наиболее обременительное условие может быть связано с выходом из строя цепи управления, работающей там, где выходной сигнал поступает от вторичной стороны трансформатора, а управляющий сигнал изменяет привод первичной обмотки.

D.6 Испытания на изменение питания

Для испытания отклика на изменение напряжения питания следует включить напряжение повреждения (U_{MAX}) в цепь с помощью бездребезгового переключателя *1* и зарегистрировать напряжение на нагрузке и ток через нагрузку в течение определенного времени с помощью осциллографом.

Необходимо учитывать изменение сочетания как установившегося напряжения, так и напряжения повреждения (U_{IN}, U_{MAX}), а также следует учитывать нагрузку *9*.

Для уровней вида взрывозащиты «ia» и «ib» условия испытаний должны включать измерение выходной энергии переходных процессов как при включении, так и при выключении оборудования. Для этого необходимо обесточить установившееся напряжение (U_{IN}).

D.7 Испытания на изменение нагрузки

Для испытания отклика на изменение нагрузки следует изменить установившуюся нагрузку в *9*, путем включения или отключения измененной нагрузки *11* в цепь с помощью переключателя нагрузки *10*. Напряжение на нагрузке и полный ток в объединенных нагрузках *9* и *11* следует записывать по оси времени на осциллографе.

Различные комбинации различных установившихся напряжений (от U_{IN} до U_{LIM}) и установившихся нагрузок *9* следует рассматривать с учетом нагрузки переходного процесса *11*.

D.8 Расчет энергии переходного процесса

На рисунке D.2 представлены примеры выходных сигналов, измеренных во время испытания с изменением нагрузки управляемая полупроводниковая цепь ограничения тока:

a) для ограничения тока полупроводниковых устройств, соединенных последовательно для уровня вида взрывозащиты «ia», энергия, определенная в течение времени *t*, когда было получено превышение U_{LIM} или I_{LIM}, должна находиться в пределах значений, указанных в таблице D.1 [см. рисунок D.2a]. Если доказано, что обеспечивается искробезопасность, то могут быть заданы более высокие пределы энергии.

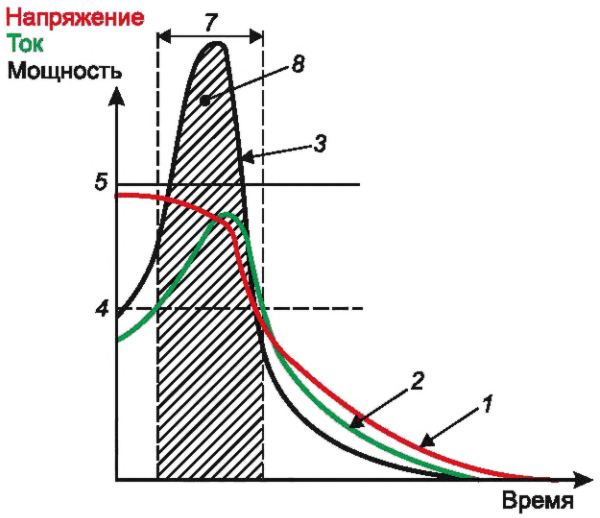
***Пример — Передача оценки эквивалентной цепи, проверенная с помощью искрообразующего устройства*;**

b) для цепей, отличных от a), энергия, превышающая энергию, полученную от P_{LIM} [см. рисунок D.2b], определенная в течение времени *t*, когда было получено превышение U_{LIM} или I_{LIM}, должна находиться в пределах значений, указанных в таблице D.1.

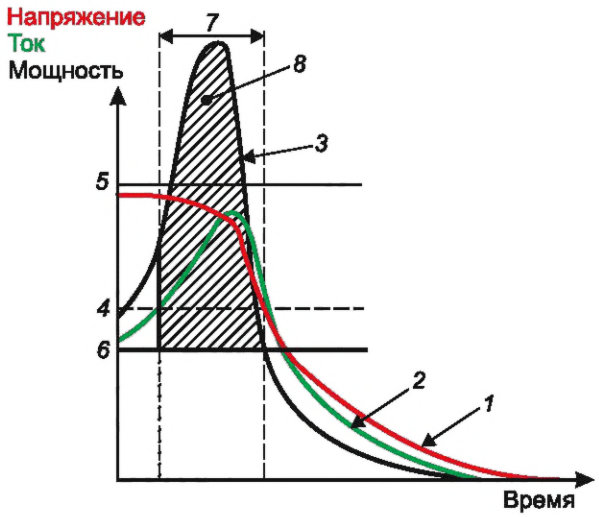
Примечание — Поскольку имеется ограниченная информация о риске искрового воспламенения, связанном с переходными процессами во время контролируемого полупроводникового ограничения, текущая работа может привести к появлению в будущих изданиях ограничений по энергии, не связанных с мощностью в установившемся режиме, что приводит к уменьшению допустимой энергии переходного процесса.

При наличии переходного процесса в виде затухающих колебаний время *t* может включать более одного участка.

Примечание — Энергия переходного процесса оценивается по результатам измерений, в единицах Дж, как произведение тока (I_{LIM}) на напряжение (U_{LIM}), т. е. как мощность (P_{LIM}) за определенный промежуток времени переходного процесса (t) в интегральном выражении, т. е. как $E_{LIM} = I_{LIM}\, U_{LIM}\, t = P_{LIM}\, t$, что представлено на рисунке в виде заштрихованной области.



a) Пример общей выходной энергии переходного процесса



b) Пример превышения выходной энергии переходного процесса

1 — измеренное выходное напряжение; *2* — измеренный ток нагрузки; *3* — измеренная выходная мощность; *4* — I_{LIM}; *5* — U_{LIM}; *6* — P_{LIM}; *7* — время *t; 8* — выходная энергия переходного процесса показана на данном участке; *9* — превышение выходной энергии переходного процесса на данном участке

Рисунок D.2 — Пример выходного напряжения, тока, мощности и энергии, измеренные при изменении нагрузки

Приложение Е
(обязательное)

Искробезопасная система полевой шины (FISCO) — требования к устройствам

Е.1 Введение

Настоящее приложение содержит подробную информацию о конструкции устройств с применением искробезопасной системы полевой шины (FISCO), основанной на принципах манчестерского кодирования с питанием от шины, сконструированных в соответствии с применяемым *промышленным стандартом*, который является стандартом физического уровня для установок с шиной.

Примечание — Примером промышленного стандарта является [2].

На конструкцию устройств FISCO распространяются требования настоящего стандарта, если настоящим приложением не предусмотрено иначе. Часть полевого устройства FISCO может иметь один из видов взрывозащиты, указанных в *ГОСТ 31610.0*, применимый для использования в соответствующей зоне или при соответствующем уровне защиты оборудования. В этом случае, требования настоящего приложения применяются только к той части устройства, которая непосредственно присоединена к искробезопасному магистральному или ответвительному кабелю.

Примечания

1 Сертификация в соответствии с требованиями FISCO не препятствует тому, чтобы устройство также было сертифицировано и маркировано в соответствии с данным стандартом обычным способом, чтобы оно могло использоваться в других системах.

2 Типичная система видов оборудования FISCO показана на рисунке Е.1.

Е.2 Требования к устройствам

Е.2.1 Общие требования

Конструкция устройства должна соответствовать требованиям настоящего стандарта, если настоящим приложением не предусмотрено иначе.

В документации устройства должно быть указано, что оно подходит для применения в системе FISCO согласно *ГОСТ 31610.25*.

Е.2.2 Источники питания FISCO

Е.2.2.1 Общие требования

Источник питания должен иметь либо линейную нагрузочную характеристику с ограниченными параметрами, либо трапециевидную или прямоугольную выходную характеристику. Максимальное выходное напряжение U_o должно находиться в диапазоне от 14 до 17,5 В при условиях, определенных в настоящем стандарте для соответствующего уровня вида взрывозащиты.

Максимальные значения внутренней незащищенной емкости C_i и индуктивности L_i *компонентов, не снабженных ограничителями тока или напряжения,* должны быть не более 5 нФ и 10 мкГн соответственно.

Выходные цепи источника питания могут быть заземлены.

Е.2.2.2 Дополнительные требования к источникам питания уровней «ia» или «ib» FISCO

Максимальный выходной ток I_o для любого типа источника питания уровней «ia» или «ib» FISCO должен определяться в соответствии с настоящим стандартом, но не должен превышать 380 мА. Для оценки источников питания с прямоугольной выходной характеристикой можно использовать таблицу Е.1.

Таблица Е.1 — Оценка максимального выходного тока для источников питания уровней «ia» или «ib» FISCO с прямоугольной выходной характеристикой

U_o, В	Допустимый ток для IIC (с коэффициентом безопасности 1,5), мА	Допустимый ток для IIB (с коэффициентом безопасности 1,5), мА
14	183	380
15	133	354
16	103	288
17	81	240
17,5	75	213
Примечание — Два наибольших значения тока для подгруппы IIB выведены для мощности 5,32 Вт.		

Максимальная выходная мощность P_o не должна превышать 5,32 Вт.

Е.2.2.3 Дополнительные требования к источникам питания уровня «ic» FISCO

Максимальный выходной ток I_o для источника питания уровня «ic» FISCO должен определяться в соответствии с настоящим стандартом. Для оценки источников питания уровня «ic» FISCO с прямоугольной выходной характеристикой можно использовать таблицу Е.2.

Таблица Е.2 — Оценка максимального выходного тока для источников питания уровня «ic» FISCO с прямоугольной выходной характеристикой

U_o, В	Допустимый ток для IIC, мА	Допустимый ток для IIB, мА
14	274	570
15	199	531
16	154	432
17	121	360
17,5	112	319
Примечание — Максимальная выходная мощность P_o источников питания «ic» FISCO не ограничивается.		

Е.3 Полевые устройства FISCO

Е.3.1 Общие требования

Настоящие требования применяются к устройствам, кроме оконечных согласующих устройств источников питания и простого оборудования, подсоединенных к искробезопасной шине, установленной во взрывоопасной зоне или вне взрывоопасной зоны:

a) устройство должно иметь минимальное входное напряжение U_i :17,5 В;

b) выводы шины должны быть изолированы от земли в соответствии с настоящим стандартом;

c) выводы шины полевых устройств, подключенных к разным источникам питания, должны быть гальванически разделены в соответствии с настоящим стандартом, чтобы эти выходы оставались пассивными, и исключалось многократное заземление шины;

d) максимальная незащищенная емкость C_i каждого полевого устройства должна быть не более 5 нФ. Указывать входные и выходные параметры в сертификате или на этикетке не требуется;

e) в нормальных условиях или в условиях неисправности, указанных в настоящем стандарте, выводы шины должны оставаться пассивными, т.е. выводы не должны являться источником энергии для системы, за исключением тока утечки не более 50 мкА;

f) полевым устройствам должен быть присвоен уровень защиты и они должны соответствовать группе I или III или подгруппе IIC, или любой комбинации данных групп;

g) полевым устройствам подгруппы IIC, предназначенным для установки во взрывоопасных средах, должен быть присвоен температурный класс. Для устройств группы III, предназначенных для установки во взрывоопасных средах, должна быть определена максимальная температура поверхности.

Е.3.2 Дополнительные требования к полевым устройствам уровней «ia» или «ib» FISCO

Дополнительные требования к полевым устройствам уровней «ia» или «ib» FISCO:

a) минимальные входные параметры полевых устройств должны быть — I_i: 380 мА и P_i: 5,32 Вт;

b) внутренняя индуктивность полевых устройств L_i должна быть не более 10 мкГн.

Е.3.3 Дополнительные требования к полевым устройствам уровня «ic» FISCO

Дополнительное требование к полевым устройствам уровня «ic» FISCO — внутренняя индуктивность полевых устройств L_i должна быть не более 20 мкГн.

Е.3.4 Оконечное согласующее устройство

Линейные оконечные согласующие устройства, необходимые для системы, должны включать резисторно-конденсаторную схему, на выходах которой резистор с номиналом не менее 90 Ом соединен последовательно с конденсатором номиналом не более 2,2 мкФ (включая допуски).

Примечание — В *[2]* регламентированы требования к значениям компонентов, необходимым при эксплуатации.

Оконечное согласующее устройство должно:

a) иметь уровень вида взрывозащиты;

b) соответствовать группе I, II или III или комбинации этих групп;

1) оконечным согласующим устройствам подгруппы IIC, предназначенным для установки во взрывоопасных средах, должен быть присвоен температурный класс;

2) оконечным согласующим устройствам группы III, предназначенным для установки во взрывоопасных средах, должна быть присвоена максимальная температура поверхности;

c) если считается, что емкостный(е) компонент(ы) может (могут) быть поврежден(ы) и создать короткое замыкание, то номинальная мощность такого резистора должна быть 5,1 Вт;

d) иметь входные параметры U_i не менее 17,5 В;

e) быть изолировано от земли в соответствии с настоящим стандартом;

f) иметь максимальную незащищенную внутреннюю индуктивность L_i не более 10 мкГн.

Примечания

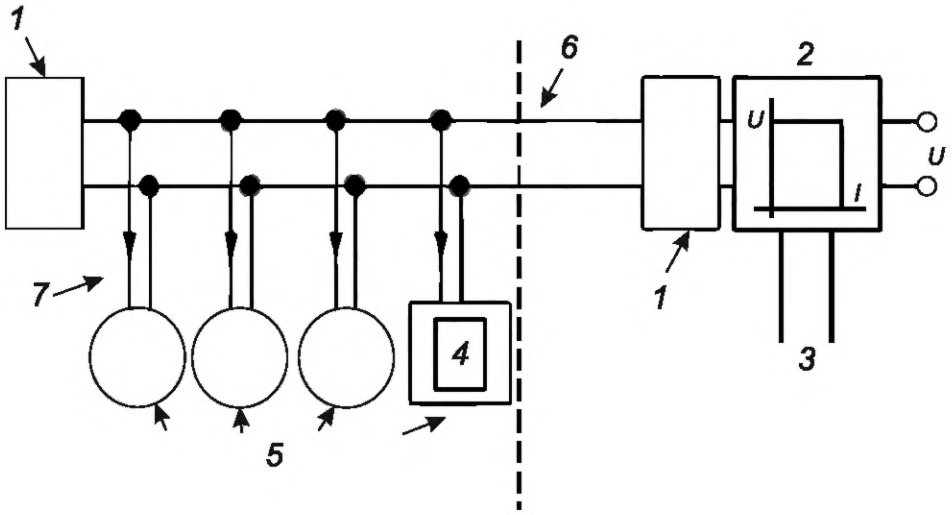
1 Оконечные согласующие устройства могут входить в состав полевых устройств или источников питания.

2 При проведении оценки безопасности считается, что емкость оконечного согласующего устройства C_i не оказывает воздействия на искробезопасные свойства системы.

Е.3.5 Простое устройство

Простое устройство, используемое в искробезопасной системе, должно соответствовать требованиям настоящего стандарта. Дополнительно общая индуктивность и емкость каждого простого устройства, подключенного к системе FISCO, должны быть не более 10 мкГн и 5 нФ соответственно.

Примечание — Для уровней вида взрывозащиты «ia» или «ib» максимальная доступная мощность может достигать 5,32 Вт, что может сделать недействительным предположение о повышении температуры согласно перечислению 6) 5.5.



1 — оконечное согласующее устройство FISCO; *2* — источник питания FISCO; *3* — данные; *4* — переносное оконечное согласующее устройство FISCO; *5* — полевые устройства FISCO; *6* — магистральный кабель; *7* — ответвительный кабель

Рисунок Е.1 — Типовая система

Приложение F
(обязательное)

Испытание на воспламенение полупроводниковых искробезопасных цепей

F.1 Общие положения

В настоящем приложении за вероятность воспламенения принимают отношение числа воспламенений к числу искрений, зарегистрированных во время проведения последовательности испытаний. Абсолютная погрешность при этом не учитывается.

В настоящем приложении приведена методика испытаний на искровое воспламенение искробезопасных выходных цепей источников питания с управляемым полупроводниковым ограничением параметров. Методика основана на использовании искрообразующего устройства согласно приложению В *при испытании одной и той же выходной цепи источника питания*, с применением не менее трех *взрывоопасных испытательных* газовых смесей, обеспечивающих *различные* (повышенные) коэффициенты безопасности для определения вероятности воспламенения и определении характера изменения вероятности *воспламенения при изменении коэффициента безопасности, сравнении угла наклона вероятностной характеристики выходной цепи источника питания с углом наклона вероятностной характеристики для простой контрольной цепи, при этом вероятность воспламенения представительной газовой смеси (с коэффициентом безопасности, равном единице) при коммутации выходной цепи источника питания с номинальными параметрами должна* быть менее $1{,}16 \cdot 10^{-6}$. Методика не предназначена для использования, если коэффициент безопасности обеспечивается за счет увеличения напряжения или тока в испытываемой цепи.

В настоящем приложении термин «источник питания» является общим термином для всех цепей питания. К таким источникам питания относится специализированное оборудование электропитания, внутренние регуляторы тока или цепи для повышения напряжения, а также цепи, для которых подача питания не является основной функцией.

Настоящее приложение применимо для полупроводниковых источников питания с ограничением тока и(*или*) напряжения и(*или*) длительности разряда, которые ограничивают или отключают ток при коммутации и(*или*) при превышении предельного значения тока или напряжения, но достаточно быстро восстанавливаются до номинальных значений выходных параметров между каждым размыканием контакта искрообразующего устройства и последующим замыканием.

Время восстановления цепи должно составлять менее 20 мс при нормальной скорости вращения искрообразующего устройства с использованием четырех проволочек. Если этого недостаточно для восстановления цепи, то продолжительность между размыканием и последующим замыканием проволочки и диска должна быть увеличена путем удаления одной или нескольких проволочек и соответственно должно быть увеличено количество оборотов при испытании. Если необходимого времени для восстановления цепи невозможно получить, удалив все проволочки, кроме одной, тогда допускается уменьшить скорость вращения искрообразующего устройства, обеспечив при этом достаточную чувствительность искрообразующего устройства.

F.2 Первоначальное испытание

Источник питания при первоначальном испытании должен быть испытан с использованием искрообразующего устройства при 400 оборотах с применением ***взрывоопасной*** испытательной газовой смеси, обеспечивающей коэффициент безопасности 1,5 согласно 9.1.3.2, без регистрируемых воспламенений.

F.3 Последующие испытания

Источник питания должен быть испытан не менее трех раз согласно последовательности (*очередности*), указанной в таблице F.2. Последующие испытания должны быть проведены с использованием *взрывоопасных испытательных* газовых смесей, обеспечивающих различные (повышенные) коэффициенты безопасности (при необходимости).

Таблица F.3 содержит составы взрывоопасных испытательных газовых смесей и соответствующие токи для стандартной контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн.

Таблица F.1 содержит определение терминов для использования таблицы F.2.

Таблица F.1 — Термины, используемые в приложении F

Термин	Определение
ИУ	Испытываемое устройство — испытываемый источник питания, модифицированный с учетом требований 5.2, время восстановления которого уменьшено до требуемого значения, обеспечивающего полное восстановление *до номинальных значений выходных параметров* между каждым размыканием и последующим замыканием при испытаниях, *с учетом общих положений, изложенных в F1*

Окончание таблицы F.1

Термин	Определение
Простая — *стандартная* контрольная цепь *(далее — простая контрольная цепь)*	*Цепь постоянного тока с напряжением (24 ± 0,24) В, содержащая катушку индуктивности без сердечника и индуктивностью (95 ± 5) мГн (согласно 9.1.2). Ток в цепи должен быть установлен равным значениям, приведенным в таблице F.3 в зависимости от применимости, с учетом значений воспламеняющих токов для соответствующей группы и подгрупп оборудования, а также коэффициента безопасности взрывоопасной испытательной газовой смеси*

F.4 Примеры испытаний различных цепей ИУ с положительным и отрицательным результатами

В таблице F.4 представлен пример *последовательности испытаний* цепи ИУ, *которая может быть отнесена к числу искробезопасных и выдержала их с положительными результатами,* приведенными в таблице F.2. Вероятностная характеристика данной цепи ИУ представлена на рисунке F.1 и обозначена «Вероятностная характеристика — таблица F.4 — соответствует». При сравнении вероятностной характеристики данной цепи с вероятностной характеристикой простой контрольной цепи, обозначенной «Вероятностная характеристика — простая контрольная цепь», видно, что при испытаниях с более высокими коэффициентами безопасности, 1,67 и 2,5, соответственно, происходит большее количество воспламенений, но по мере уменьшения коэффициента безопасности вероятность воспламенения снижается быстрее, чем для простой контрольной цепи и, следовательно, данная цепь ИУ имеет приемлемо низкое значение вероятности, при коэффициенте безопасности, снижаемом до единицы.

В таблице F.5 представлен пример последовательности испытаний цепи ИУ, *которая не может быть отнесена к числу искробезопасных (является искроопасной), отрицательные результаты которых* приведены в таблице F.2. Вероятностная характеристика данной цепи представлена на рисунке F.1 и обозначена как «Вероятностная характеристика — таблица F.5 — не соответствует». При сравнении вероятностной характеристики данной цепи с вероятностной характеристикой простой контрольной цепи, обозначенной «Вероятностная характеристика — простая контрольная цепь», видно, что при испытании цепи ИУ с более высоким коэффициентом безопасности, при 1,67 и 2,5 происходит меньшее количество воспламенений, но по мере уменьшения коэффициента безопасности вероятность снижается медленнее, чем для простой контрольной цепи и, следовательно, вероятностная характеристика данной цепи ИУ не имеет наклона, обеспечивающего вероятность до приемлемо низкого значения при снижении коэффициента безопасности до единицы.

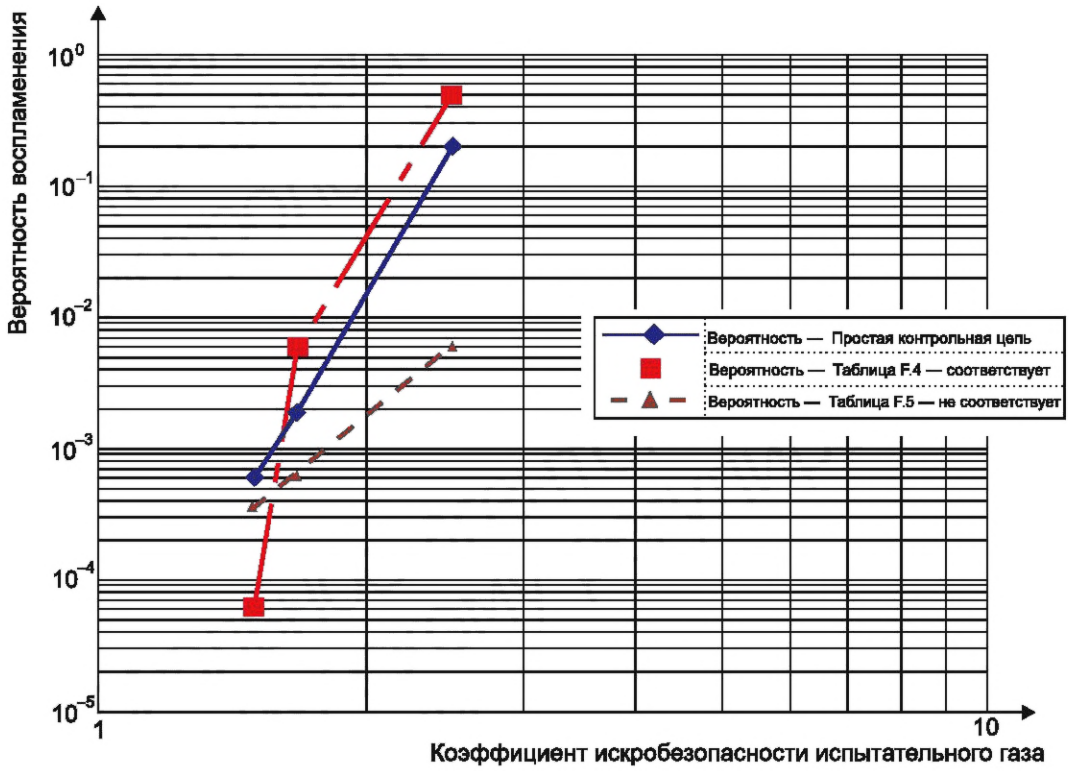


Рисунок F.1 — Зависимость вероятности воспламенения от коэффициента безопасности *(коэффициент безопасности, обеспечиваемый взрывоопасными испытательными газовыми смесями)*

Таблица F.2 — Последовательность испытаний

№ п/п	Описание	Графа *x*	Графа *y*	Графа *z*
1	Указывают коэффициенты безопасности, применяемые при испытаниях	1,5	От 1,67 до 2,0	От 2,0 до 2,5
2	Определяют значение воспламеняющего тока *из таблицы F.3* для простой контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн	$\frac{\text{Значение воспламеняющего тока из таблицы } F.3}{\text{Указанный коэффициент безопасности на этапе 1}}$	$\frac{\text{Значение воспламеняющего тока из таблицы } F.3}{\text{Указанный коэффициент безопасности на этапе 1}}$	$\frac{\text{Значение воспламеняющего тока из таблицы } F.3}{\text{Указанный коэффициент безопасности на этапе 1}}$
3	Указывают применяемую при испытаниях взрывоопасную испытательную газовую смесь	Используют таблицу F.3, при необходимости	Используют таблицу F.3, при необходимости	Используют таблицу F.3, при необходимости
4	Записывают значение воспламеняющего тока, полученного для простой контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн	Записывают значение воспламеняющего тока, полученного для контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн	Записывают значение воспламеняющего тока, полученного для контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн согласно 9.1.2	Записать значение воспламеняющего тока, полученного для контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн согласно 9.1.2
5	Вычисляют полученный коэффициент безопасности (должен быть в пределах, указанных на этапе 1)	$SFx = \frac{\left(\text{Значение воспламеняющего тока из таблицы } F.3\right)}{\left(\text{Ток, полученный на этапе 4}\right)}$	$SFy = \frac{\left(\text{Значение воспламеняющего тока из таблицы } F.3\right)}{\left(\text{Ток, полученный на этапе 4}\right)}$	$SFz = \frac{\left(\text{Значение воспламеняющего тока из таблицы } F.3\right)}{\left(\text{Ток, полученный на этапе 4}\right)}$
6	Количество оборотов искрообразующего устройства при испытании	4000	400	40
7	Число искрений, обеспечиваемых при проведении количества оборотов согласно этапу 6	16 000	1600	160
8	Регистрируют число воспламенений при испытании цепи ИУ с количеством оборотов согласно этапу 6	*Nx*	*Ny*	*Nz*
9	Вычисляют вероятность воспламенений путем деления зарегистрированного числа воспламенений на соответствующее число искрений, проведенных при испытании цепи ИУ	$Px = \frac{Nx}{16000}$	$Py = \frac{Ny}{1600}$	$Pz = \frac{Nz}{160}$

Окончание таблицы F.2

№ п/п	Описание	Графа *x*	Графа *y*	Графа *z*
10	Оценивают полученный результат на этапе 9 на соответствие данному условию	Если $Px = 0$, $Py = 0$ и $Pz = 0$, то цепь ИУ выдерживает испытание. Если все значения не равны 0, то переходят к этапу 11		
11	Регистрируют число воспламенений при испытании простой контрольной цепи для количества оборотов согласно этапу 6	*Na*	*Nb*	*Nc*
12	Вычисляют вероятность воспламенений путем деления зарегистрированного числа воспламенений на этапе 11 на соответствующее число искрением проведенное при испытании простой контрольной цепи	$Pa = \frac{Na}{16000}$	$Pb = \frac{Nb}{1600}$	$Pc = \frac{Nc}{160}$
13	Оценивают результаты на соответствие условиям 1), 2), 3)	Цепь ИУ выдерживает испытание, если все три условия выполнены: 1) $(\log Px) \le (\log Pa)$, или $Px \le Pa$ 2) $(\log Py - \log Px) \ge (\log Pb - \log Pa)$, или $\frac{Py}{Px} \ge \frac{Pb}{Pa}$ 3) $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \ge \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$, или $\left(\frac{Py}{Px}\right)^{\log\frac{SFz}{SFy}} \ge \left(\frac{Pz}{Py}\right)^{\log\frac{SFy}{SFx}}$		

Таблица F.3 — Составы взрывоопасных испытательных газовых смесей и соответствующие воспламеняющие токи простой контрольной цепи, которые могут быть использованы для обеспечения различных коэффициентов безопасности при проведении испытаний цепей ИУ согласно таблице F.2

Составы взрывоопасных испытательных газовых смесей, % к объему в воздухе	Воспламеняющий ток контрольной цепи, мА	Коэффициент безопасности для групп и подгрупп оборудования			
		I	IIA	IIB	IIC
(8,3 ± 0,3) % метана	110—111	1,00	—	—	—
(5,25 ± 0,25) % пропана	100—101	1,089—1,11	1,00	—	—
(52 ± 0,5) % водорода	73—74	1,49—1,52	1,35—1,38	—	—
(48 ± 0,5) % водорода	66—67	1,64—1,68	1,49—1,53	—	—
(7,8 ± 0,5) % этилена	65—66	1,67—1,70	1,52—1,55	1,00	—
(38 ± 0,5) % водорода	43—44	2,5—2,58	2,27—2,35	1,47—1,53	—
(21 ± 2) % водорода	30,0—30,5	3,60—3,70	3,27—3,36	2,13—2,20	1,00
(60 ± 0,5) % водорода/ (40 ± 0,5) % кислорода	20,0—21,0	5,23—5,55	4,76—5,05	3,09—3,30	1,42—1,53
(70 ± 0,5) % водорода/ (30 ± 0,5) % кислорода под давлением 0,22 МПа	15,0—15,3	—	—	—	1,96—2,03

Таблица F.4 — Пример последовательности испытаний цепи ИУ группы I с вероятностной характеристикой, представленной на рисунке F.1 и обозначенной «Вероятностная характеристика — таблица F.4 — соответствует»

№ п/п	Описание	Графа *x*	Графа *y*	Графа *z*
1	Указывают коэффициенты безопасности, применяемые при испытаниях	1,5	От 1,67 до 2,0	От 2,0 до 2,5
2	Определяют значение воспламеняющего тока из таблицы F.3 для простой контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн	$\frac{110\ \text{мА}}{(1{,}5)} = 73\ \text{мА}$	$\frac{110\ \text{мА}}{(\text{от } 1{,}67 \text{ до } 2{,}0)} = \text{от 55 до 66 мА}$	$\frac{110\ \text{мА}}{(\text{от } 2{,}0 \text{ до } 2{,}5)} = \text{от 44 до 55 мА}$
3	Указывают применяемую при испытаниях взрывоопасную испытательную газовую смесь	52 % H_2, 48 % воздуха	48 % H_2, 52 % воздуха	38 % H_2, 62 % воздуха
4	Записывают значение воспламеняющего тока, полученного для контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн *согласно 9.1.2*	73 мА	66 мА	44 мА
5	Вычисляют полученный коэффициент безопасности (должен быть в пределах, указанных на этапе 1)	$SFx = \frac{110\ \text{мА}}{73\ \text{мА}} = 1{,}5$ $\log SFx = 0{,}176$	$SFy = \frac{110\ \text{мА}}{66\ \text{мА}} = 1{,}67$ $\log SFy = 0{,}223$	$SFz = \frac{110\ \text{мА}}{44\ \text{мА}} = 2{,}5$ $\log SFz = 0{,}398$
6	Количество оборотов искрообразующего устройства при испытании	4000	400	40
7	Число искрений, обеспечиваемых при проведении количества оборотов согласно этапу 6	16 000	1600	160
8	Регистрируют число воспламенений при испытании цепи ИУ с количеством оборотов согласно этапу 6	Nx = 1 воспламенение	Ny = 9 воспламенений	Nz = 80 воспламенений
9	Вычисляют вероятность воспламенений путем деления зарегистрированного числа воспламенений на соответствующее число искрений, проведенных при испытании цепи ИУ	$\boldsymbol{Px = \frac{1}{16000} = 6{,}25 \cdot 10^{-5}}$ $\log Px = -4{,}204$	$\boldsymbol{Py = \frac{9}{1600} = 5{,}6 \cdot 10^{-3}}$ $\log Py = -2{,}252$	$\boldsymbol{Pz = \frac{80}{160} = 5{,}0 \cdot 10^{-1}}$ $\log Pz = -0{,}301$
10	Оценивают полученный результат на этапе 9 на соответствие данному условию	Если $Px \neq 0$, $Py \neq 0$, $Pz \neq 0$, то переходят к этапу 11		

Окончание таблицы F.4

№ п/п	Описание	Графа *x*	Графа *y*	Графа *z*
11	Регистрируют число воспламенений при испытании простой контрольной цепи для количества оборотов согласно этапу 6	*Na* = 10 воспламенений	*Nb* = 3 воспламенения	*Nc* = 32 воспламенения
12	Вычисляют вероятность воспламенений путем деления зарегистрированного числа воспламенений на этапе 11 на соответствующее число искрением проведенное при испытании простой контрольной цепи	$Pa = \frac{10}{16\,000} = 6{,}25 \cdot 10^{-4}$ $\log Pa = -3{,}204$	$Pb = \frac{3}{1600} = 1{,}88 \cdot 10^{-3}$ $\log Pb = -2{,}726$	$Pc = \frac{32}{160} = 2{,}0 \cdot 10^{-1}$ $\log Pc = -0{,}699$
13	Оценивают результаты, *полученные на этапах 9 и 12, на соответствие условиям 1), 2), 3)*	Цепь ИУ выдержала испытание, поскольку: 1) $(\log Px) \le (\log Pa)$? Да, поскольку –4,204 < –3,204 2) $(\log Py - \log Px) \ge (\log Pb - \log Pa)$? Да, поскольку (–2,252 + 4,204 = 1,952) > (–2,726 + 3.204 = 0,478) 3) $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \ge \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$? Да, поскольку $\left(\frac{(-2{,}252 + 4{,}204)}{(0{,}223 - 0{,}176)} = 45{,}868\right) \ge \left(\frac{(-0{,}301 + 2{,}252)}{(0{,}398 - 0{,}223)} = 11{,}133\right)$		
Примечание — Цепь ИУ выдержала с положительным результатом последовательность испытаний согласно таблице F.2.				

Таблица F.5 — Пример последовательности испытаний цепи ИУ группы I с вероятностной характеристикой, представленной на рисунке F.1 и обозначенной «Вероятностная характеристика — таблица F.5 — не соответствует»

№ п/п	Описание	Графа *x*	Графа *y*	Графа *z*
1	Указывают коэффициенты безопасности, применяемые при испытаниях	1,5	От 1,67 до 2,0	От 2,0 до 2,5
2	Определяют значение воспламеняющего тока *из таблицы F.3* для контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн *согласно 9.1.2*	$\frac{110\text{ мА}}{(1{,}5)} = 73\text{ мА}$	$\frac{110\text{ мА}}{(\text{от } 1{,}67 \text{ до } 2{,}0)} = \text{от 55 до 66 мА}$	$\frac{110\text{ мА}}{(\text{от } 2{,}0 \text{ до } 2{,}5)} = \text{от 44 до 55 мА}$

Продолжение таблицы F.5

№ п/п	Описание	Графа *x*	Графа *y*	Графа *z*
3	Указывают применяемую при испытаниях взрывоопасную испытательную газовую смесь	52 % H_2, 48 % воздуха	52 % H_2, 48 % воздуха	38 % H_2, 62 % воздуха
4	Записывают значение воспламеняющего тока, полученного для контрольной цепи с параметрами (24 ± *0,24*) В, (95 ± *5*) мГн *согласно 9.1.2*	73 мА	66 мА	44 мА
5	Вычисляют полученный коэффициент безопасности (должен быть в пределах, указанных на этапе 1)	$SFx = \frac{110\ \text{мА}}{73\ \text{мА}} = 1{,}5$ $\log SFx = 0{,}176$	$SFy = \frac{110\ \text{мА}}{66\ \text{мА}} = 1{,}67$ $\log SFy = 0{,}223$	$SFz = \frac{110\ \text{мА}}{44\ \text{мА}} = 2{,}5$ $\log SFz = 0{,}398$
6	Количество оборотов искрообразующего устройства при испытании	4000	400	40
7	Число искрений, обеспечиваемых при проведении количества оборотов согласно этапу 6	16 000	1600	160
8	Регистрируют число воспламенений при испытании цепи ИУ с количеством оборотов согласно этапу 6	*Nx* = 6 воспламенений	*Ny* = 1 воспламенение	*Nz* = 1 воспламенение
9	Вычисляют вероятность воспламенений путем деления зарегистрированного числа воспламенений на соответствующее число искрений, проведенных при испытании цепи ИУ	$\boldsymbol{Px = \frac{6}{16\,000} = 3{,}75 \cdot 10^{-4}}$ $\log Px = -3{,}426$	$\boldsymbol{Py = \frac{1}{1600} = 6{,}25 \cdot 10^{-4}}$ $\log Py = -3{,}204$	$\boldsymbol{Pz = \frac{1}{160} = 6{,}25 \cdot 10^{-3}}$ $\log Pz = -2{,}204$
10	Оценивают полученный результат на этапе 9 на соответствие данному условию	Если $Px \neq 0$, $Py \neq 0$, $Pz \neq 0$, то переходят к этапу 11		
11	Регистрируют число воспламенений при испытании простой контрольной цепи для количества оборотов согласно этапу 6	*Na* = 10 воспламенений	*Nb* = 3 воспламенения	*Nc* = 32 воспламенения
12	Вычисляют вероятность воспламенений путем деления зарегистрированного числа воспламенений на этапе 11 на соответствующее число искрением, проведенное при испытании простой контрольной цепи	$\boldsymbol{Pa = \frac{10}{16\,000} = 6{,}25 \cdot 10^{-4}}$ $\log Pa = -3{,}204$	$\boldsymbol{Pb = \frac{3}{1600} = 1{,}88 \cdot 10^{-3}}$ $\log Pb = -2{,}726$	$\boldsymbol{Pc = \frac{32}{160} = 2{,}0 \cdot 10^{-1}}$ $\log Pc = -0{,}699$

Окончание таблицы F.5

№ п/п	Описание	Графа *x*	Графа *y*	Графа *z*
13	Оценивают результаты, *полученные на этапах 9 и 12, на соответствие условиям 1), 2), 3)*	Цепь ИУ не выдержала испытания, поскольку: 1) $(\log Px) \le (\log Pa)$? Да, поскольку –3,426 < –3,204 2) $(\log Py - \log Px) \ge (\log Pb - \log Pa)$? Нет, поскольку (–3,204 + 3,426 = 0,222) не больше, чем (–2,726 + 3,204 = 0,478) 3) $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \ge \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$? Нет, поскольку $\left(\frac{(-3,204 + 3,426)}{(0,223 - 0,176)} = 4,758\right)$ не больше, чем $\left(\frac{(-2,204 + 3,204)}{(0,398 - 0,223)} = 5,707\right)$		
Примечание — Цепь ИУ не выдержала последовательность испытаний согласно таблице F.2.				

Приложение G
(обязательное)

Универсальные выходные характеристики

G.1 Общие требования

В приложении G приведен метод на основе применения характеристик искробезопасности, который заменяет испытание на искрение при проведении оценки искрового воспламенения искробезопасных источников питания.

Характеристики искробезопасности приведены для подгрупп IIB и IIC. Для групп I и III и подгруппы IIA допускается использовать характеристики искробезопасности для подгруппы IIB в качестве вероятного подтверждения искробезопасности. Характеристики искробезопасности на рисунках G.1, G.2 и G.3 приведены для коэффициента безопасности 1,5.

Примечание — Характеристики искробезопасности в данном приложении идентичны характеристикам искробезопасности в *ГОСТ 31610.25.* В отличие от ГОСТ 31610.25 характеристики искробезопасности в данном приложении применяются не только для уровня вида взрывозащиты «ib».

G.2 Линейный источник

Требования настоящего приложения допускается применять для линейных источников питания, если их максимальное напряжение не выходит за пределы характеристики искробезопасности для линейного источника согласно диаграмме на рисунке G.2 или G.3.

G.3 Нелинейный источник

Требования настоящего приложения допускается применять для нелинейных источников питания (например, с прямоугольными или трапециевидными выходными характеристиками), если соблюдаются три условия:

a) характеристика искробезопасности выходной характеристики не должна выходить за пределы характеристики искробезопасности для прямоугольного источника из соответствующей схемы на рисунке G.2 или G.3. Сплошная синяя линия на рисунке G.1 представляет собой пример выходной характеристики для подгруппы IIC;

b) точка на используемом графике, представляющая максимальное напряжение и максимальный ток, должна не выходить за пределы характеристики искробезопасности для линейного источника на соответствующей диаграмме на рисунке G.2 или G.3. Пунктирная синяя линия на рисунке G.1 представляет собой пример данной точки, относящейся к сплошной синей выходной характеристике;

c) максимальные значения тока короткого замыкания, емкости и индуктивности должны быть меньше значений, полученных на основе вышеизложенного или согласно приложению A.

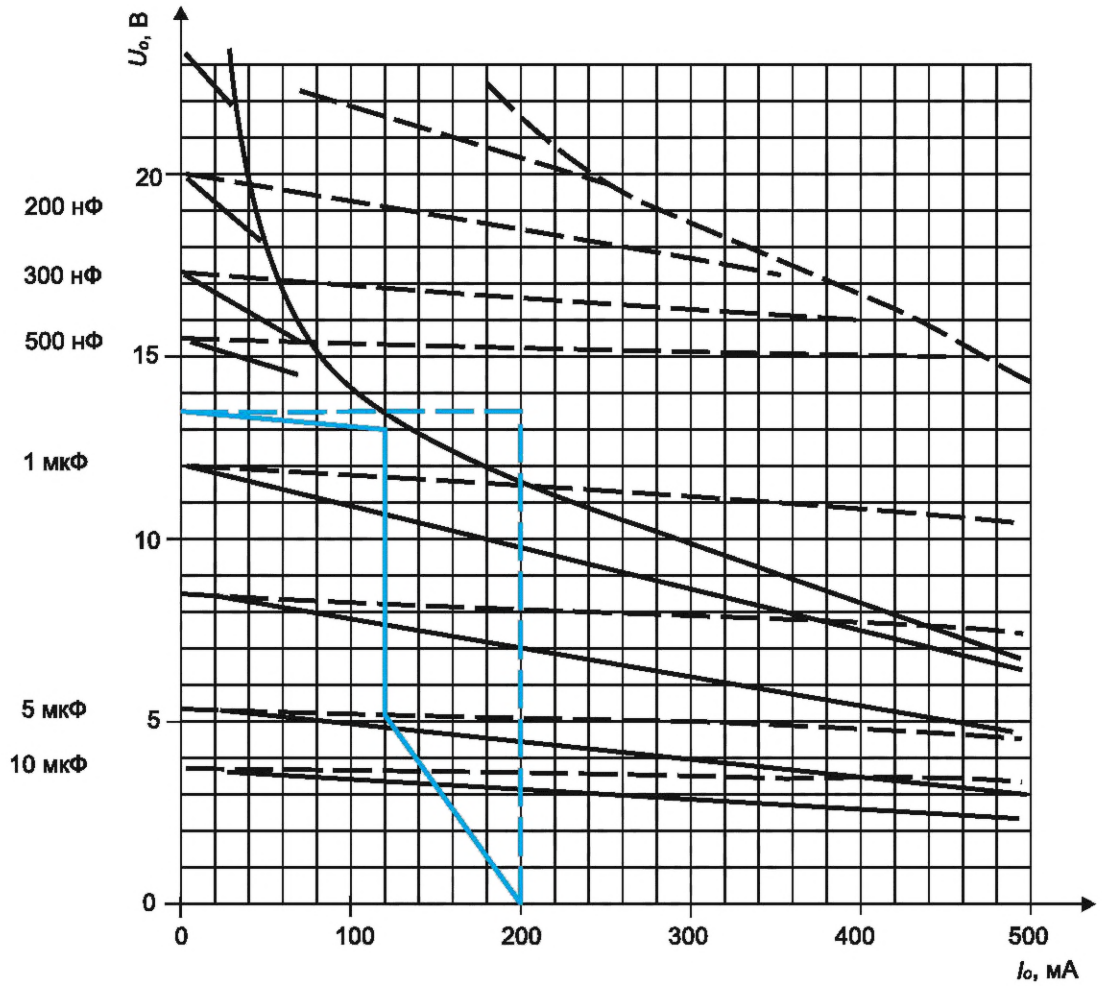
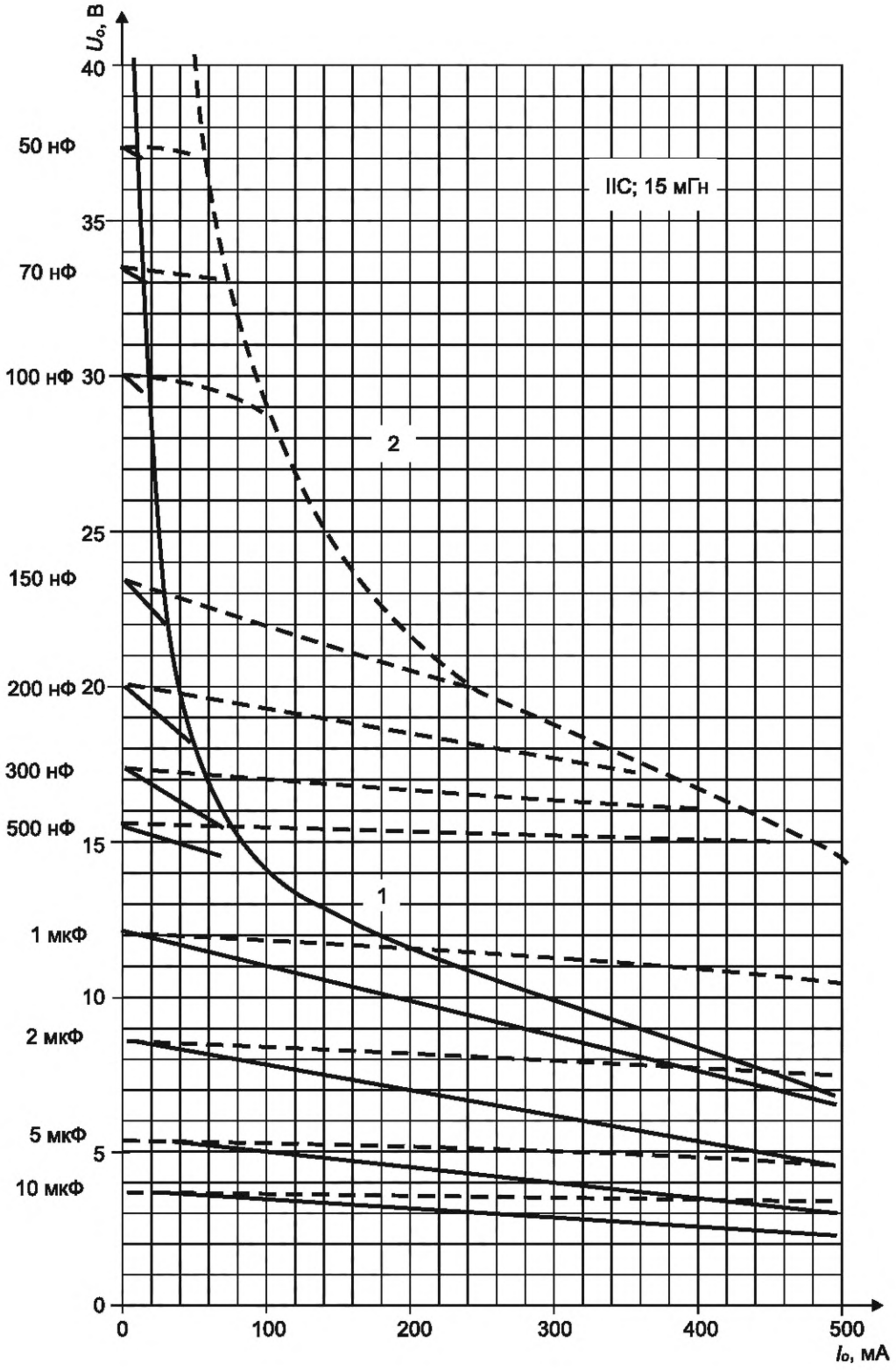


Рисунок G.1 — Примеры выходных характеристик для подгруппы IIC

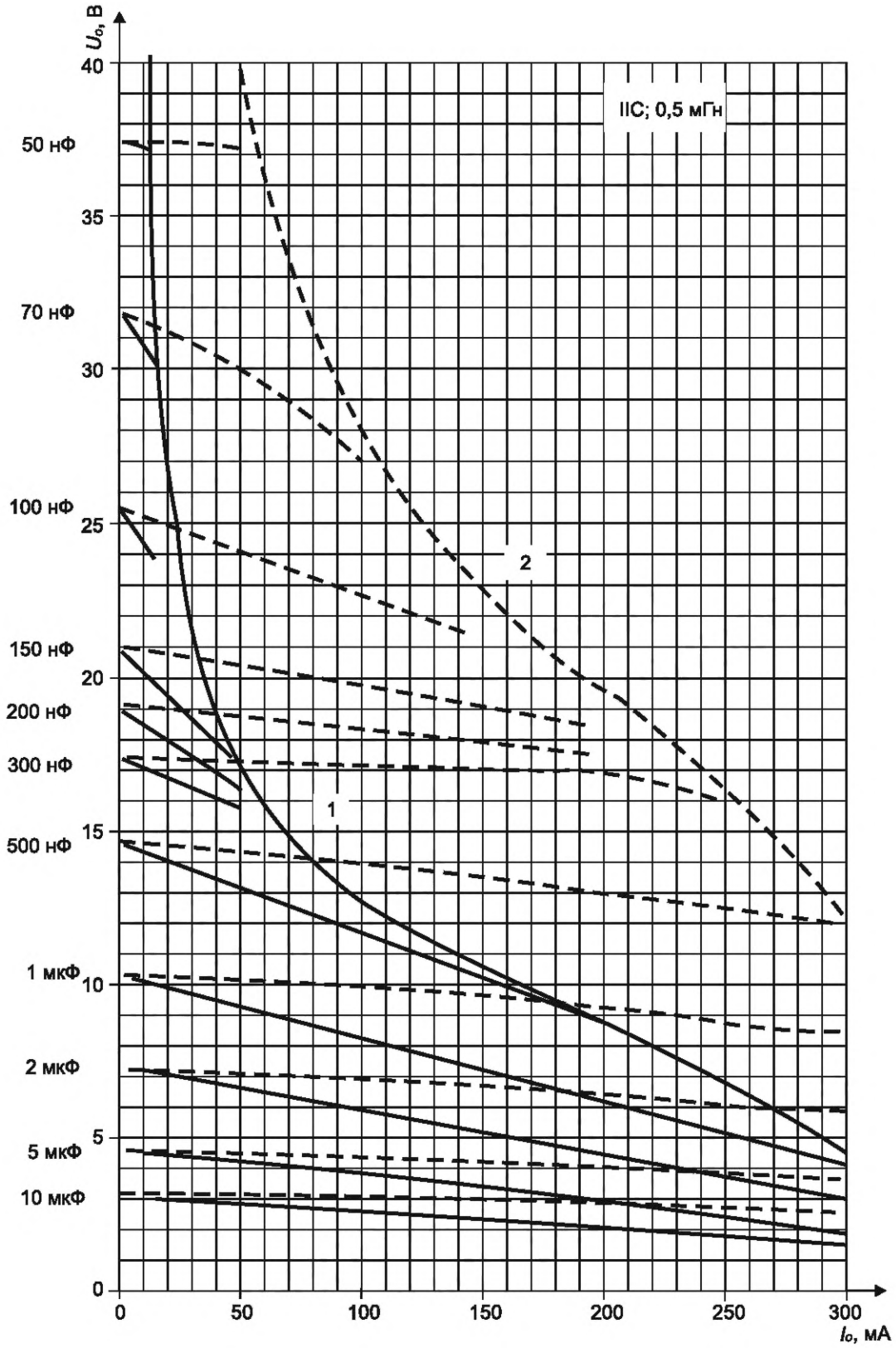
G.4 Характеристики искробезопасности

В данном разделе на рисунках G.2 и G.3 приведены предельные характеристики искробезопасности.



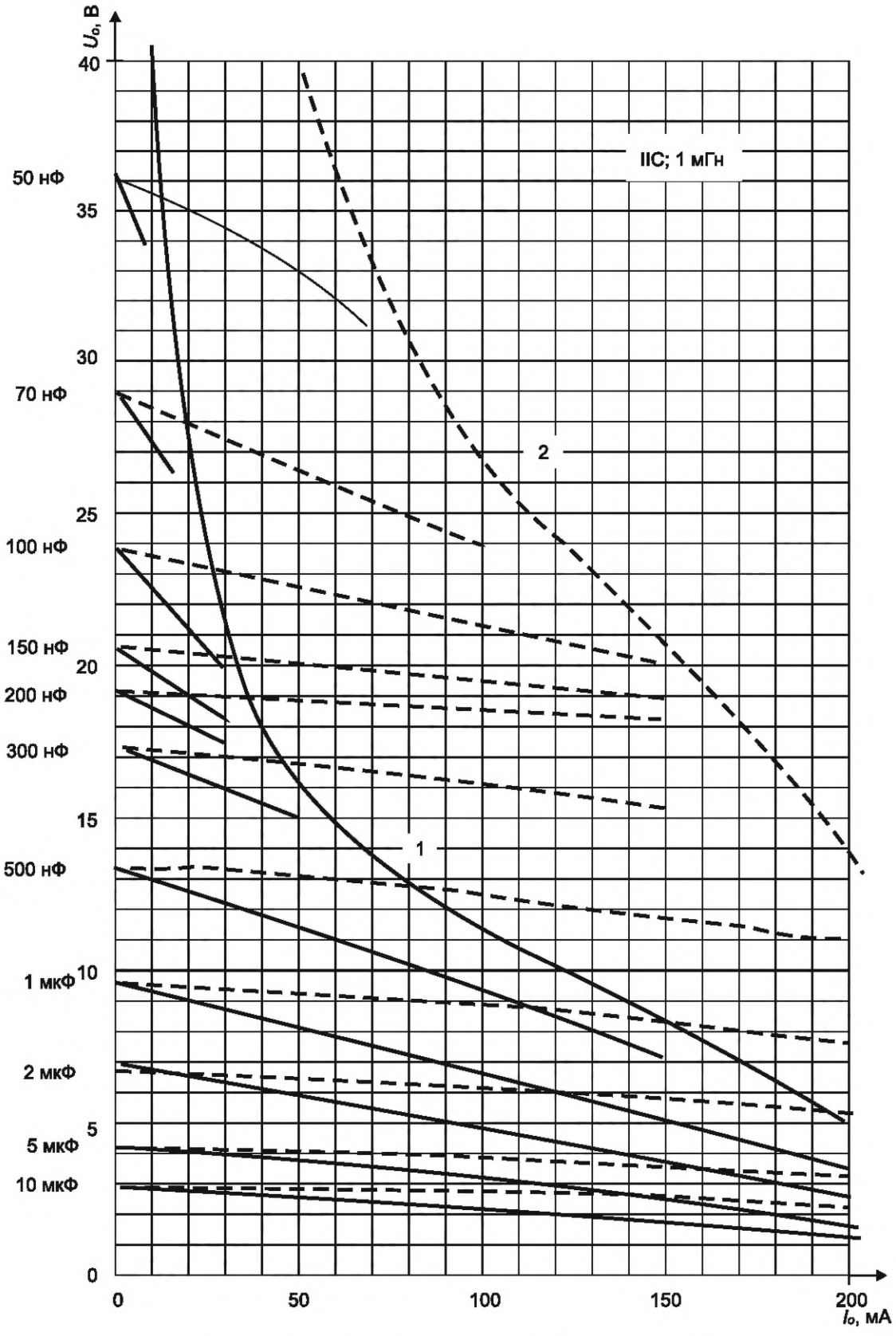
1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

а) Диаграмма для значения 0,15 мГн



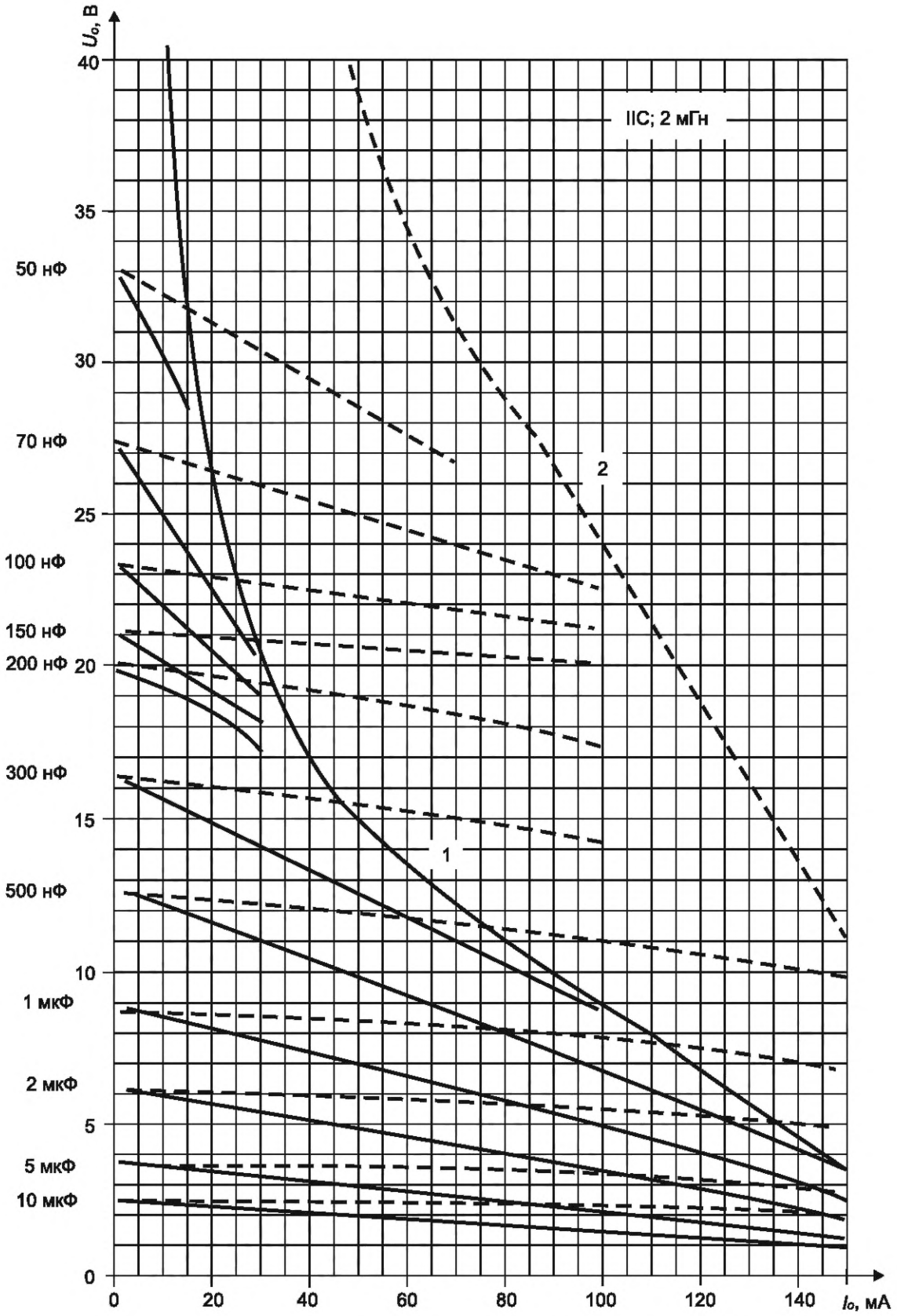
1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

b) Диаграмма для значения 0,5 мГн



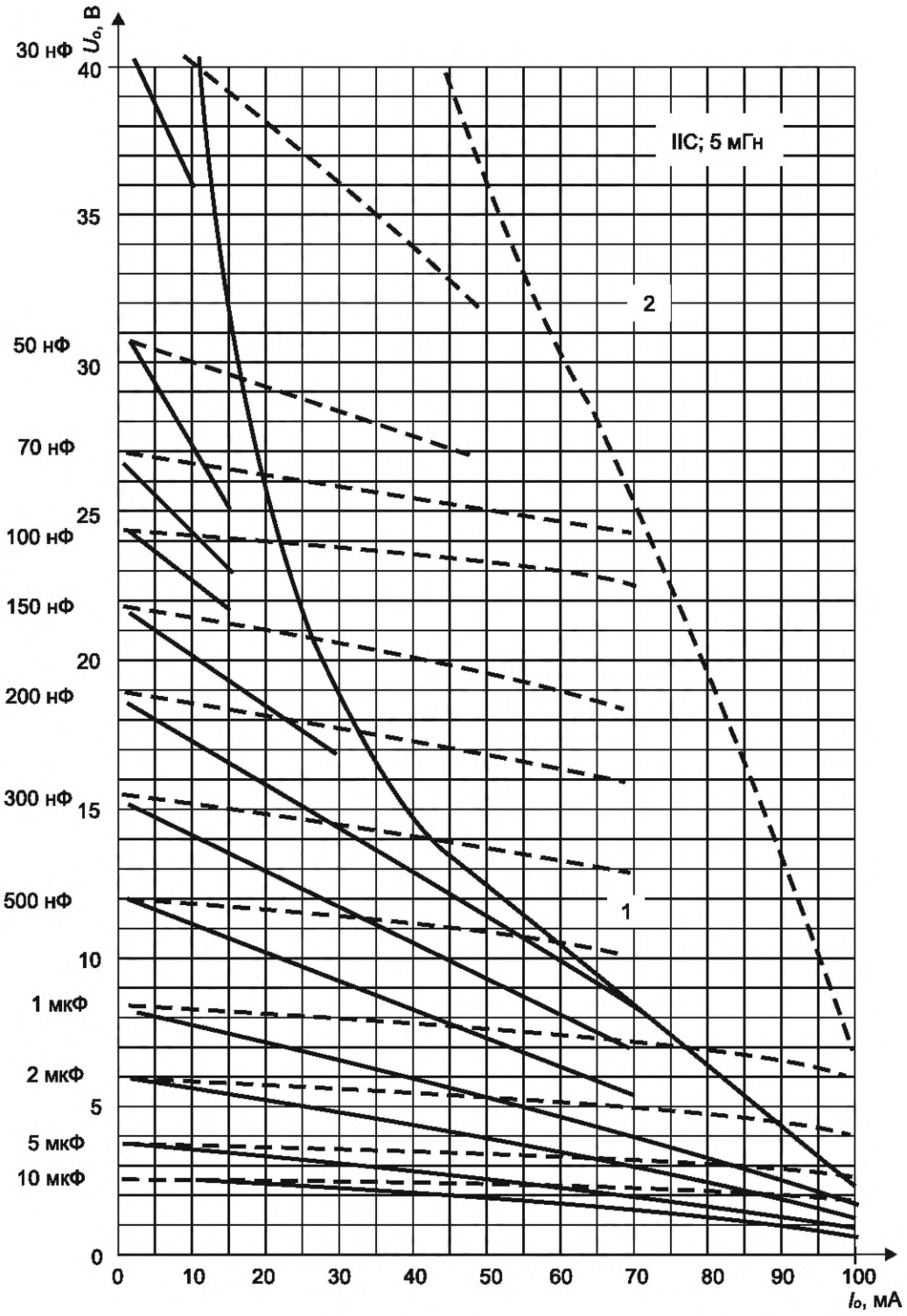
1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

c) Диаграмма для значения 1 мГн



1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

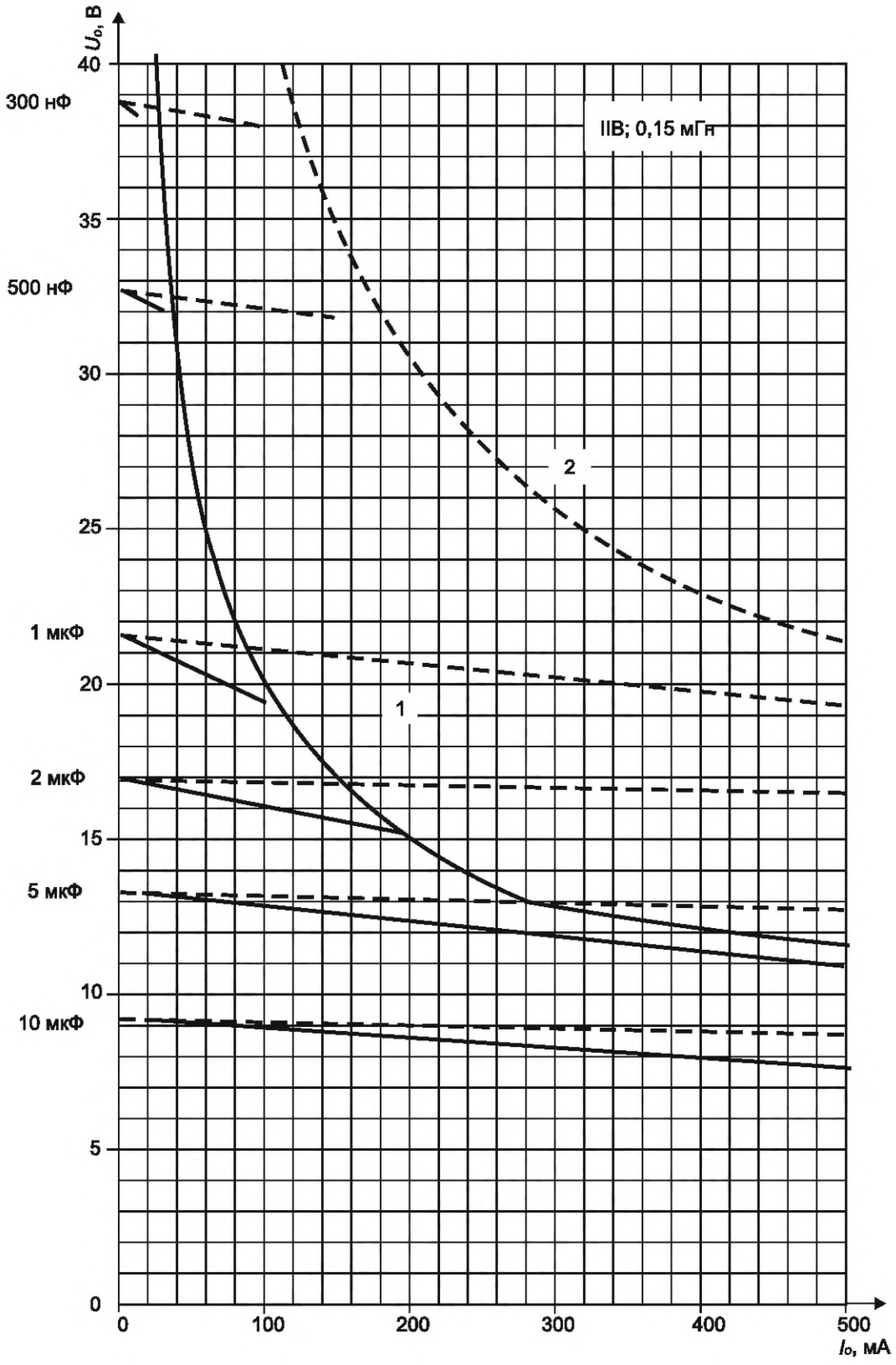
d) Диаграмма для значения 2 мГн



1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

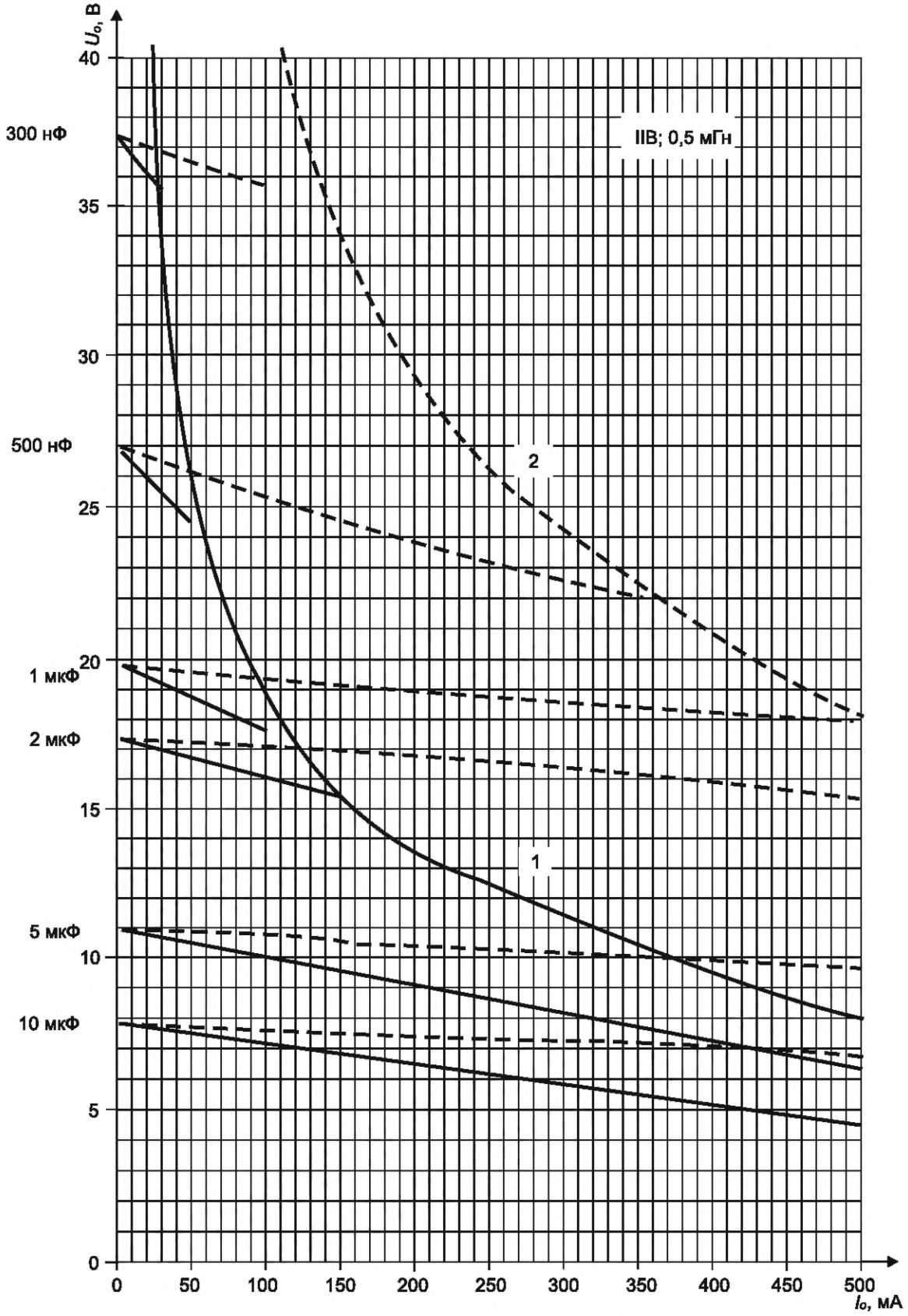
е) Диаграмма для значения 5 мГн

Рисунок G.2 — Предельные характеристики искробезопасности
для универсальных характеристик источников питания — подгруппа IIC



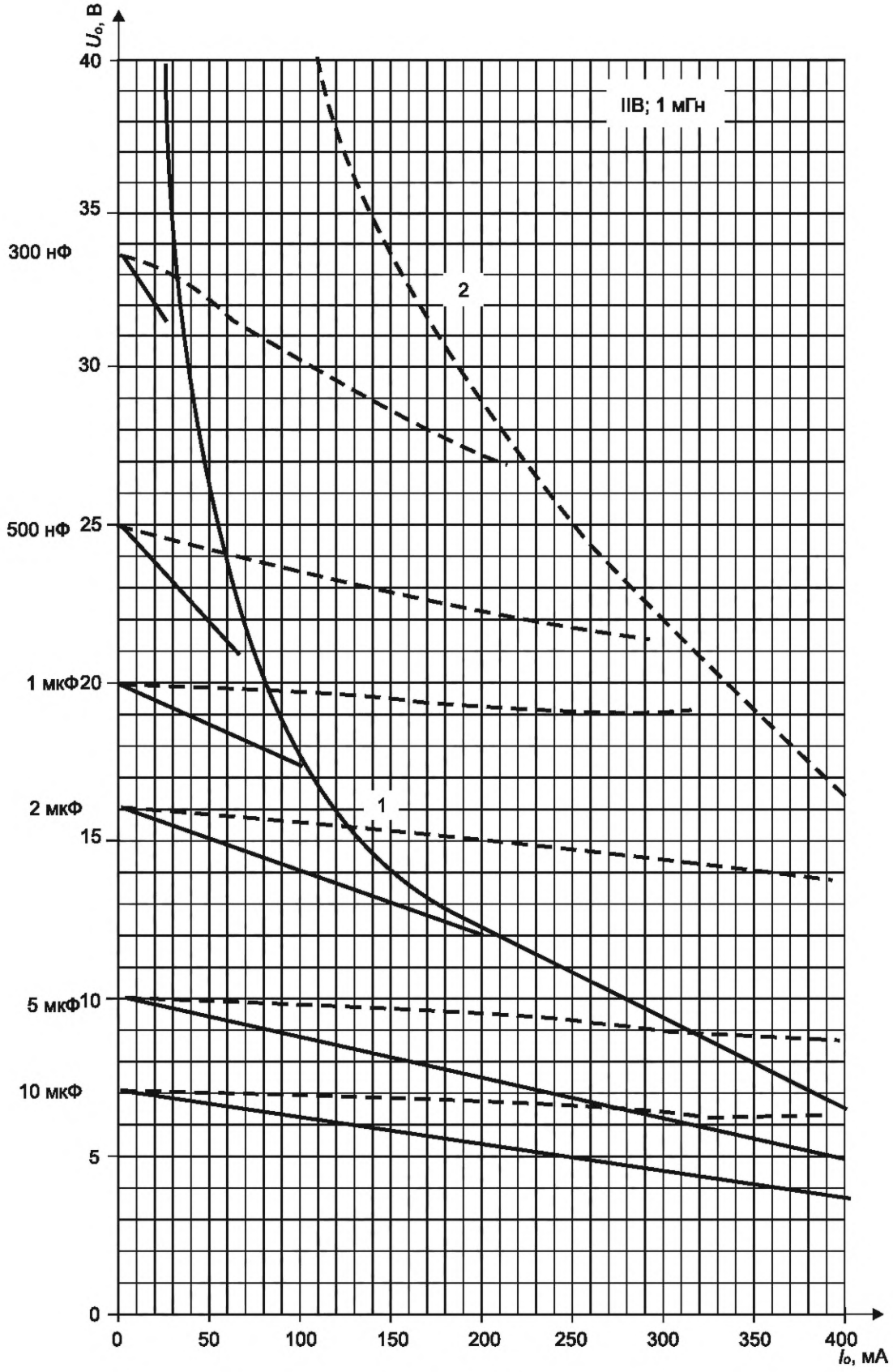
1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

а) Диаграмма для значения 0,15 мГн



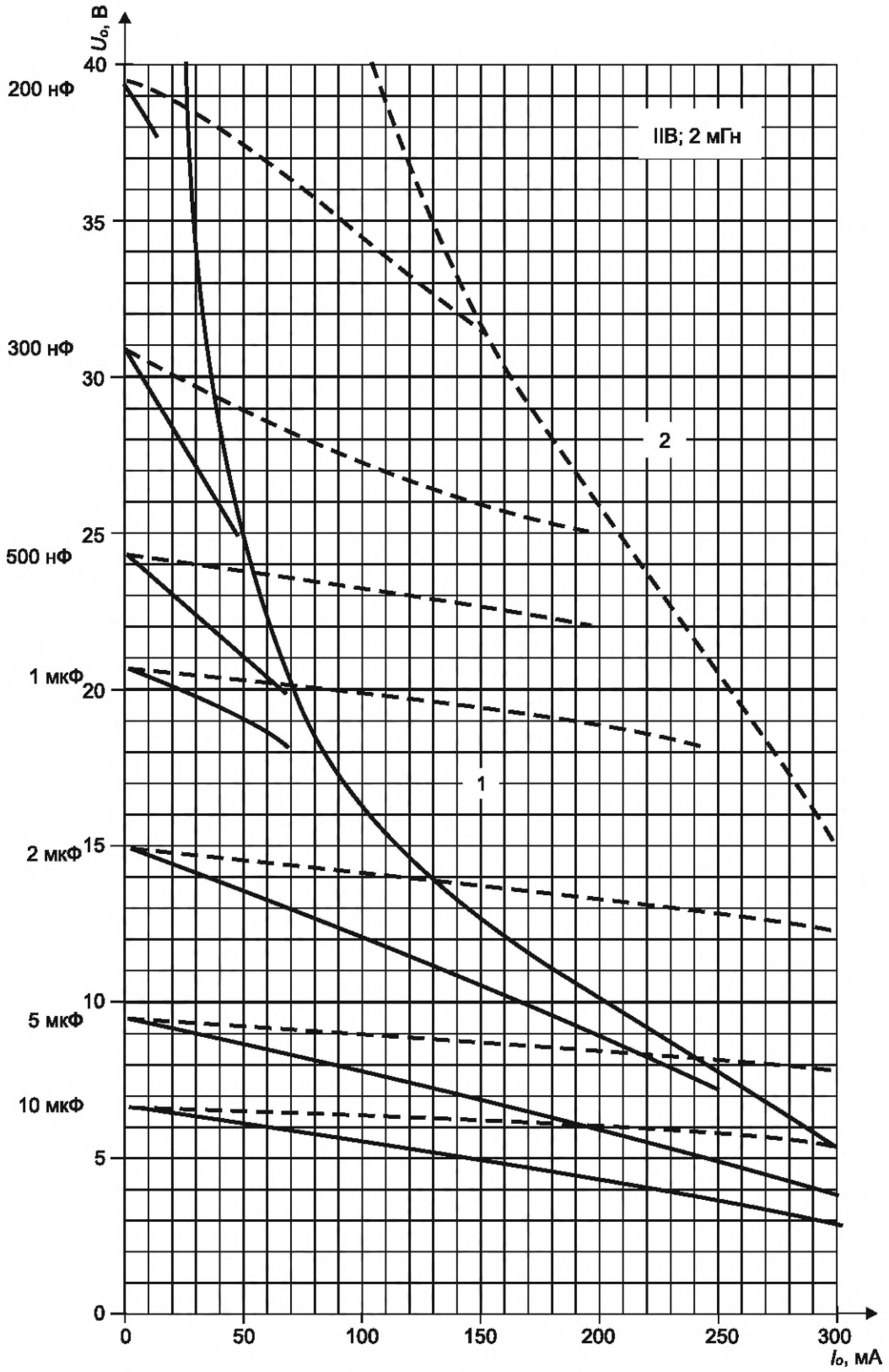
1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

b) Диаграмма для значения 0,5 мГн



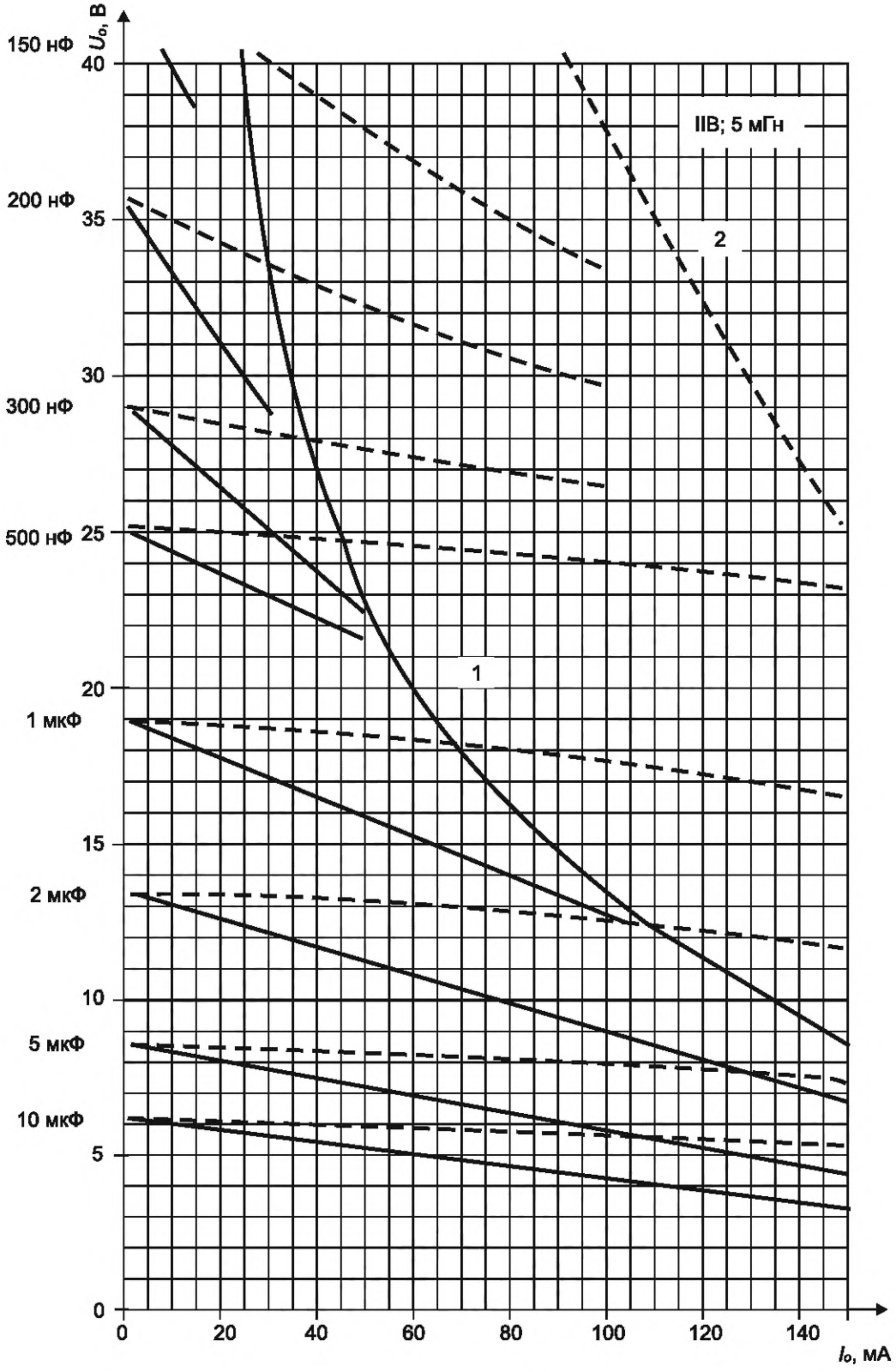
1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

с) Диаграмма для значения 1 мГн



1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

d) Диаграмма для значения 2 мГн



1 — предельная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой;
2 — предельная индуктивность для источника с линейной характеристикой

е) Диаграмма для значения 5 мГн

Рисунок G.3 — Предельные характеристики искробезопасности
для универсальных характеристик источников питания — подгруппа IIB

Приложение Н
(справочное)

Примеры маркировки

Н.1 Общие требования

В данном разделе приведены примеры маркировки.

Данная информация указана для удобства пользования настоящим стандартом и не является подтверждением того, что указанные изделия прошли процедуру подтверждения соответствия положительно. Любое сходство с реальным изделием совершенно случайно.

Н.2 Искробезопасное устройство, применяемое самостоятельно (автономное)

C TOME LTD (*организация*)
ПРИЕМНИК ПЕРСОНАЛЬНОГО ВЫЗОВА ТИПА 3
Заводской номер 12345
*0*Ex ia IIC T4 Ga
– 25 °C ≤ T_a ≤ + 50 °C
XXXX.X.XXXXX/XX *(номер сертификата)*

Н.3 Искробезопасное устройство с питанием от другой искробезопасной цепи

M HULOT (*организация*)
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТИПА 12
Заводской номер 12345
1Ex ib IIB T4 Gb
Ex ib IIIC 135 °C Db
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
L_i :10 мкГн C_i : 1200 пФ
U_i : 28 В I_i : 250 мА
P_i : 1,3 Вт

Н.4 Связанное устройство

J SCHMIDT A.G. (*организация*)
БЛОК ПИТАНИЯ ТИПА 4
Заводской номер 12345
[Ex ib Mb] I
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
U_m: 250 В P_o: 0,9 Вт
I_o: 150 мА U_o: 24 В
L_o: 20 мГн C_o: 4,6 мкФ
или
L_o/R_o: 20 мкГн/Ом
60 кПа ≤ P_{amb} ≤ 110 кПа

Н.5 Связанное устройство, защищенное взрывонепроницаемой оболочкой

PIZZA ELECT. SpA (*организация*)
Тип 6789
Заводской номер 12345
*1*Ex db [ia Ga] IIB T6 Gb
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
U_m : 250 В P_o : 0,9 Вт
U_o : 36 В I_o : 100 мА
C_o : 0,31 мкФ L_o : 15 мГн

Н.6 Искробезопасное устройство с уровнем вида взрывозащиты «ic»

M HULOT (*организация*)
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТИПА 12А
Заводской номер 12345
*2*Ex ic IIB T4 Gc
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
U_i : 28 В C_i = 0

Н.7 Искробезопасное устройство с уровнем вида взрывозащиты «ib» с выходными параметрами, соответствующие уровню «ia»

PRAHA ELECT	
Преобразователь типа f с отдельным чувствительным компонентом	
Заводской номер 12345	
*1*Ex ib [ia IIC Ga] IIB T6 Gb	
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)	
U_i : 30 В	U_o : 5,6 В
I_i : 93 мА	P_o : 0,014 Вт
L_i : 0,01 мГн	I_o : 10 мА
C_i : 0,031 мкФ	L_o : 0,15 мГн
	C_o : 35 мкФ

H.8 Искробезопасная система полевой шины (FISCO)

H.8.1 Источник питания

Источник питания FISCO
U_m : 250 В
[Ex ia Ga] IIC
John Jones Ltd
SW99 2AJ UK
Тип: DRG OOI
– 20 °C ≤ T_a ≤ + 50 °C
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
Заводской номер: 014321

H.8.2 Полевое устройство

Полевое устройство FISCO
*0*Ex ia IIC T4 Ga
Paul McGregor plc
GL99 1JA UK
Тип: RWS 001
– 20 °C ≤ T_a ≤ + 60 °C
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
Заводской номер: 78745A

H.8.3 Оконечное согласующее устройство

Оконечное согласующее устройство FISCO
*0*Ex ia IIC T4 Ga
James Bond plc
MK45 6BY UK
Тип MI5 007
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
Заводской номер: 012345

H.8.4 Полевое устройство с двойной маркировкой

<table>
<tr><td colspan="2">A McTavish plc GL 98 1BA UK
Тип RWS 002
– 20 °C ≤ T_a ≤ + 60 °C
XXXX.X.XXXXX/XX (номер сертификата)
Заводской номер: 060128</td></tr>
<tr><td colspan="2">Полевое устройство FISCO
0Ex ia IIC T4 Ga</td></tr>
<tr><td>0Ex ia IIC T6 Ga
U_i: 28 В
C_i: 3 нФ</td><td>I_i: 200 мА
L_i: 10 мкГн
P_i: 1,2 Вт</td></tr>
</table>

Приложение I
(справочное)

Схема испытаний оболочек или частей оболочек

На рисунке I.1 показана схема испытаний, необходимых для оболочек и частей оболочек искробезопасного устройства, если требования к расстояниям соответствуют таблице 7.

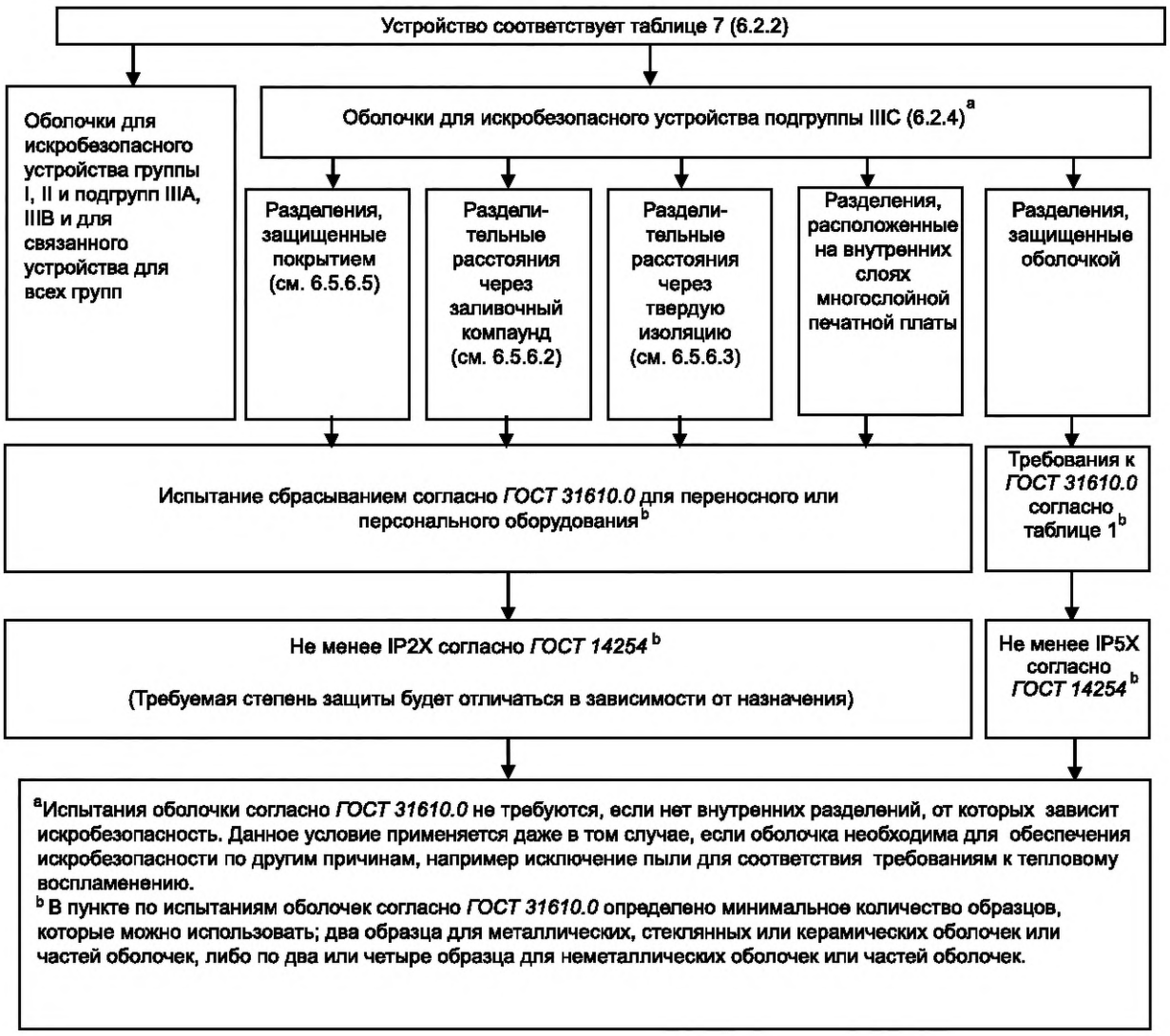


Рисунок I.1 — Испытания разделительных расстояний оболочек или частей оболочек согласно таблице 7

На рисунке I.2 показана схема испытаний, необходимых для оболочек и частей оболочек искробезопасного устройства и связанных с ним устройств, если требования к расстоянию соответствуют таблицам 8 и 9.

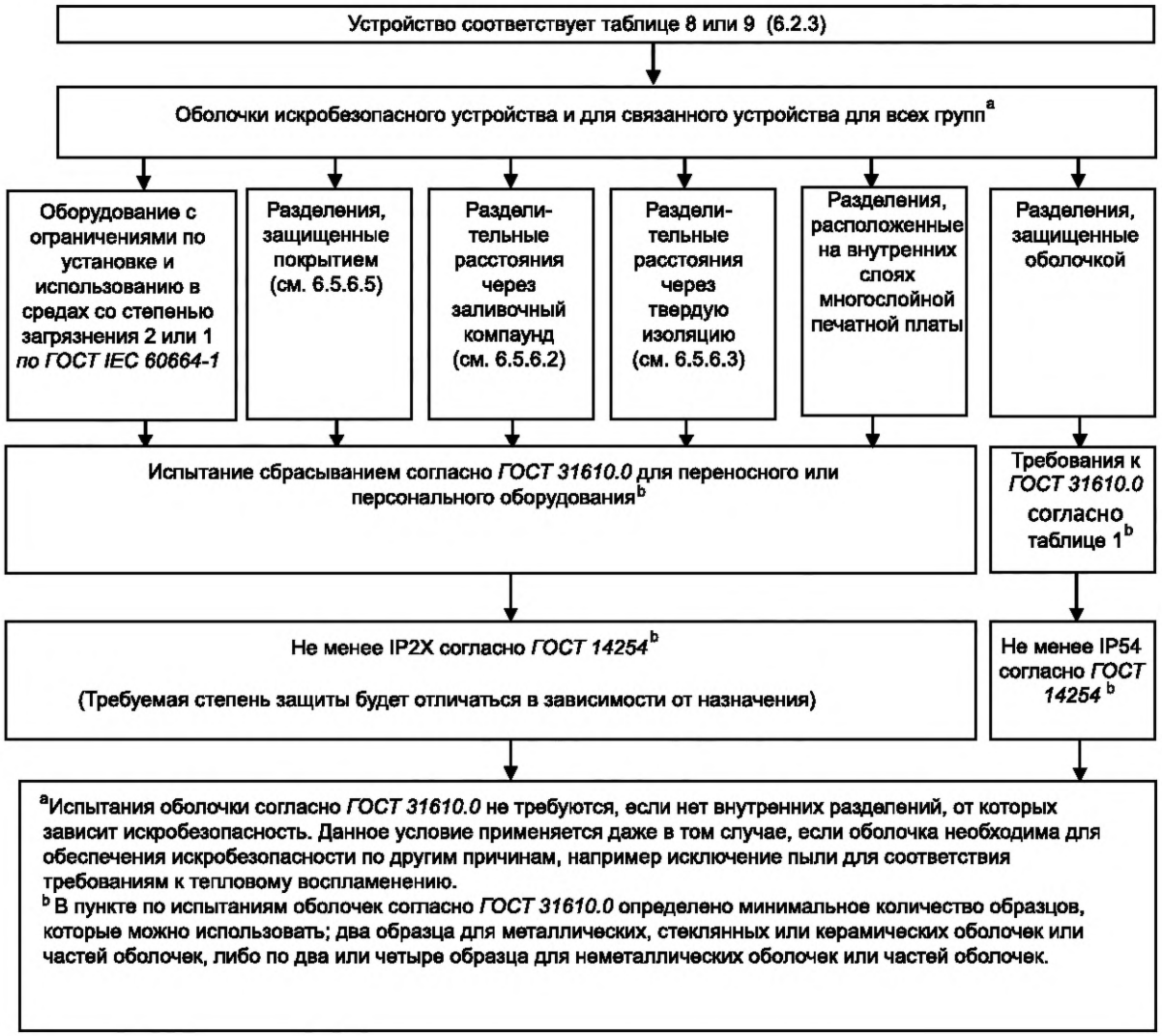


Рисунок I.2 — Испытания разделительных оболочек или частей оболочек согласно таблице 8 или 9

Приложение ДА
(справочное)

Блок искрозащиты на стабилитронах

ДА.1 Блок искрозащиты на стабилитронах (БИС) представляет собой узел законченной конструкции, удовлетворяющей требованиям настоящего стандарта. Он служит в качестве разделительного компонента между искробезопасными и искроопасными цепями. БИС состоит из шунтирующих стабилитронов и последовательно включенных резисторов или резисторов и предохранителей (рисунок ДА.1). Все компоненты БИС должны представлять собой единый неразборный блок, залитый компаундом, устойчивым в условиях эксплуатации.

ДА.2 На переменном токе применяется схема БИС со встречно включенными стабилитронами (рисунок ДА.1б).

ДА.3 В частном случае в БИС может отсутствовать балластный резистор *R*2 (рисунок ДА.1в).

ДА.4 Мощность, рассеиваемая резистором *R*1, определяется исходя из режима с закороченными стабилитронами. Мощность, рассеиваемая резистором *R*2, определяется по формуле:

$$P \geq \frac{U^2}{R2} \cdot 1{,}5\,, \qquad \text{(ДА.1)}$$

где *U* — напряжение на стабилитроне *V*1, В.

ДА.5 Цепь БИС, не содержащая предохранителя или резистора, должна заземляться.

ДА.6 Допускается не заземлять цепь блока искрозащиты при условии, что пути утечки и электрические зазоры между связанными с ним искроопасными цепями и землей не ниже значений, указанных в таблице 6 настоящего стандарта.

ДА.7 Искробезопасность электрических цепей с уровнем вида взрывозащиты «ib», «ic» обеспечивается БИС (рисунок ДА.1 *а*, *б*, *в*), имеющими гальваническую связь точек 1, 2 с сетевыми трансформаторами общего назначения, удовлетворяющими условиям эксплуатации.

ДА.8 Искробезопасность электрических цепей с уровнем вида взрывозащиты «ia» обеспечивается БИС (рисунок ДА.1 *г, д*), устанавливаемыми вне взрывоопасных помещений, имеющими связь точек 1, 2 с сетевыми трансформаторами общего назначения, конструкция и электрические параметры которых удовлетворяют условиям эксплуатации.

ДА.9 Устройство для присоединения БИС (согласно ДА.8) к заземлению должно дублироваться и, совместно с заземляющим проводом, рассчитываться на 10-кратный номинальный ток предохранителей, установленных в БИС. Они должны выдерживать механические нагрузки, возможные в условиях эксплуатации.

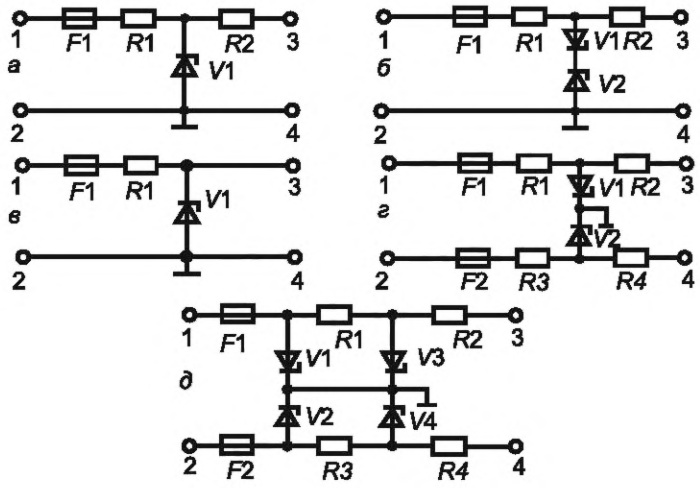
ДА.10 В БИС (рисунок ДА.1*д*) напряжение срабатывания стабилитронов *V*1, *V*2, должно быть выше, чем стабилитронов *V*3, *V*4, а мощность, рассеиваемая резисторами *R*1, *R*3, рассчитывается по формуле:

$$P \geq \frac{\Delta U^2}{R} \cdot 1{,}5\,, \qquad \text{(ДА.2)}$$

где ΔU^2 — разность напряжений срабатывания стабилитронов *V*1, *V*2 *и V*3, *V*4, В;

R — сопротивление резисторов *R*1, *R*3, Ом.

ДА.11 БИС по ДА.7 и ДА.8 должны быть рассчитаны на попадание в точки 1, 2 напряжения сети.



а — схема блока с балластным резистором; *б* — схема блока с балластным резистором для переменного тока; *в* — схема блока без балластного резистора; *г* — схема блока для переменного тока с балластными резисторами и заземленной средней точкой стабилитронов; *д* — схема блока для переменного тока с балластными резисторами с дублированием стабилитронов и заземленной их средней точкой; 1—2 к искроопасной цепи; 3—4 к искробезопасной цепи; *V*1, *V*2, *V*3, *V*4 — шунтирующие стабилитроны; *F*1, *F*2 — предохранители; *R*1, *R*3 — ограничительные резисторы; *R*2, *R*4 — балластные резисторы

Рисунок ДА.1 — Принципиальные электрические схемы блоков искрозащиты на стабилитронах

Приложение ДБ
(справочное)

Методика определения воспламеняющих тока и напряжения. Построение характеристик искробезопасности

Определение воспламеняющего тока (для омической или индуктивной цепи) или воспламеняющего напряжения (для емкостной цепи) производится с помощью установок для проведения контрольных испытаний электрических цепей на искробезопасность.

ДБ.1 Определение воспламеняющего тока

ДБ.1.1 В исследуемой цепи постоянного или переменного тока при заданном постоянном напряжении (для омической цепи) или при постоянном напряжении и индуктивности (для индуктивной цепи) определяется ток, вызывающий воспламенение смеси с вероятностью $(2\div5)\cdot10^{-1}$ (1-я точка); $10^{-2} \div 10^{-1}$ (2-я точка) и $10^{-3} \div 10^{-2}$ (3-я точка).

ДБ.1.2 По полученным трем экспериментальным точкам в прямоугольной системе координат с равным логарифмическим масштабом по оси абсцисс и ординат строится зависимость $P = f(I)$. По оси ординат откладывается полученная вероятность воспламенения, а по оси абсцисс — соответствующий ей ток. В случае, когда по трем точкам построение прямой линии затруднено, в промежутке между имеющимися находят еще несколько точек (1—2 шт.) тем же способом.

ДБ.1.3 Прямую линию зависимости $P = f(I)$ продолжают до пересечения с осью абсцисс при вероятности 10^{-3}. Ток, соответствующий точке пересечения, принимается в качестве воспламеняющего.

ДБ.1.4 Для расчета вероятности воспламенения в каждой экспериментальной точке должно быть получено не менее 16—20 воспламенений смеси. Вероятность воспламенения определяется по формуле

$$P = \frac{m}{n}, \qquad \text{(ДБ.1)}$$

где m — количество воспламенений смеси;

n — общее количество произведенных искрений.

ДБ.2 Определение воспламеняющего напряжения

ДБ.2.1 В исследуемой цепи постоянного или переменного тока при заданном постоянном значении емкости и постоянном сопротивлении разрядного резистора устанавливаются такие напряжения, которые вызывают воспламенение смеси с вероятностями $(2\div5)\cdot10^{-1}$; $10^{-2} \div 10^{-1}$ и $10^{-3} \div 10^{-2}$, аналогично тому, как это указано в ДБ.1.1— ДБ.1.3 настоящего приложения.

ДБ.2.2 По полученным данным строится зависимость $P = f(U)$ аналогично ДБ.1.2 настоящего приложения. Но при этом по оси абсцисс откладываются напряжения.

ДБ.2.3 Точка пересечения полученной прямой линии с осью абсцисс при вероятности 10^{-3} принимается за воспламеняющее напряжение. Расчет вероятностей производится аналогично ДБ.1.4.

ДБ.2.4 При определении воспламеняющих напряжений без отключения емкости от источника заряда, ток в зарядной цепи должен быть не более 2 мА. При определении воспламеняющего напряжения с отключением емкости от источника заряда, необходимо следить за тем, чтобы подключение заряженной емкости происходило в момент разомкнутого состояния контактов искрообразующего устройства.

ДБ.2.5 Графики получаемых зависимостей $P = f(I)$ или $P = f(U)$, а также электрические схемы, используемые для их получения, показаны на рисунке 1.

Угол наклона прямой $P = f(I)$ или $P = f(U)$ к оси абсцисс вычисляется по формуле

$$tg\varphi = \frac{\lg P_2 - \lg P_1}{\lg I_2 - \lg I_1}, \qquad \text{(ДБ.2)}$$

где P_1, P_2 — полученные вероятности воспламенения;

I_1, I_2 — соответствующие им токи (напряжения) поджигания.

ДБ.3 Упрощенный метод определения воспламеняющих параметров

ДБ.3.1 Если характер исследуемой цепи известен, а также известен угол наклона ($tg\varphi$) для данного искрообразующего устройства и аналогичной цепи, то определение воспламеняющих параметров (тока или напряжения) может быть выполнено по одной экспериментальной точке. Выполняют это следующим образом.

Таблица ДБ.1 — Определение воспламеняющих параметров (тока или напряжения) может быть произведено по одной экспериментальной точке

Угол наклона вероятностной характеристики искробезопасности	Пересчетный коэффициент K при $P = A \cdot 10^{-3}$, для A*, равного								
	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9
77°	0,91	0,85	0,784	0,728	0,69	0,66	0,626	0,608	0,605
77°30’	0,914	0,857	0,785	0,725	0,698	0,67	0,628	0,619	0,61
78°	0,916	0,862	0,788	0,736	0,698	0,68	0,656	0,636	0,625
78°30’	0,918	0,87	0,8	0,759	0,72	0,69	0,672	0,654	0,64
79°	0,924	0,874	0,806	0,774	0,731	0,698	0,684	0,669	0,663
79°30’	0,927	0,88	0,815	0,779	0,74	0,71	0,695	0,68	0,67
80°	0,93	0,89	0,885	0,824	0,784	0,752	0,709	0,69	0,678
80°30’	0,932	0,89	0,832	0,804	0,763	0,735	0,721	0,705	0,681
81°	0,934	0,895	0,841	0,824	0,774	0,749	0,733	0,72	0,705
81°30’	0,939	0,901	0,85	0,824	0,784	0,761	0,744	0,73	0,72
82°	0,944	0,908	0,859	0,824	0,799	0,774	0,76	0,74	0,735
82°30’	0,947	0,913	0,865	0,834	0,798	0,784	0,757	0,745	0,74
83°	0,951	0,918	0,872	0,845	0,798	0,785	0,758	0,75	0,745
83°30’	0,953	0,923	0,881	0,858	0,82	0,804	0,786	0,773	0,767
84°	0,956	0,928	0,89	0,862	0,842	0,824	0,814	0,796	0,79
84°30’	0,959	0,933	0,90	0,874	0,856	0,837	0,827	0,813	0,807
85°	0,962	0,938	0,91	0,880	0,87	0,85	0,84	0,83	0,824
85°30’	0,966	0,94	0,918	0,897	0,88	0,864	0,85	0,846	0,839
86°	0,97	0,95	0,926	0,908	0,89	0,879	0,87	0,862	0,854
86°30’	0,975	0,957	0,934	0,919	0,9	0,893	0,888	0,874	0,872
87°	0,98	0,964	0,942	0,930	0,91	0,908	0,900	0,896	0,89
87°30’	0,982	0,967	0,951	0,94	0,927	0,921	0,918	0,912	0,906
88°	0,984	0,972	0,96	0,95	0,944	0,935	0,93	0,928	0,922
* Значащая цифра в обозначении полученной вероятности.									

ДБ.3.2 В исследуемой цепи устанавливается такой ток (I) (для омической или индуктивной цепи) или напряжение (U) (для емкостной цепи), которые вызывают воспламенение с вероятностью $(1,5 \div 9) \cdot 10^{-3}$.

ДБ.3.3 По таблице ДБ.1 находится пересчетный коэффициент K для соответствующего угла наклона вероятностей характеристики искробезопасности (φ) и полученного значения вероятности воспламенения.

Воспламеняющий параметр определяется по формулам:

$$I_B = K \cdot I, \quad \text{(ДБ.3)}$$

$$U_B = K \cdot U, \quad \text{(ДБ.4)}$$

где I_B; U_B — воспламеняющие токи или напряжения, соответствующие вероятности 10^{-3};

I; U — токи или напряжения.

Пример — В результате эксперимента было установлено, что в исследуемой электрической цепи при токе (I), равном 100 мА, получается вероятность воспламенения $P = 4 \cdot 10^{-3}$. Предыдущими экспериментами установлено, что используемое искрообразующее устройство для аналогичной цепи дает угол наклона вероятностей характеристики искробезопасности, равный 85°30'. (φ = 85°30'). По таблице для этого угла находим K = 0,897. Отсюда воспламеняющий ток, соответствующий вероятности 10^{-3}, равен

$$I_B = 0{,}897 \cdot 100 = 89{,}7 \approx 90 \text{ мА}$$

ДБ.4 Характеристики искробезопасности

ДБ.4.1 Характеристики искробезопасности строятся в прямоугольной системе координат с логарифмическим масштабом. Экспериментальные точки (воспламеняющие параметры) определяются для цепей с индуктивностью: 1, 10, 100 мкГ; 1, 10, 100 мГ; 1, 10 Г и т.д. или с емкостью 100, 1000, 10 000, 100 000 пФ; 1, 10, 100 мкФ и т. д.; с разрядными резисторами 1, 10, 100, 1000 Ом и т.д. Величины напряжения принимаются исходя из удобств их дальнейшего использования. Обычно это 7,5; 15; 24; 30; 45; 70; 120 В.

ДБ.4.2 На рисунках в приложении А приведены зависимости минимальных воспламеняющих токов и напряжений для всех представительных взрывоопасных смесей оптимального состава, полученные с помощью унифицированного искрообразующего устройства.

Характеристики приведены к вероятности $P = 10^{-3}$.

Для определения по характеристикам искробезопасного значения тока (напряжения) необходимо для заданных электрических параметров цепи определить минимальный воспламеняющий ток (напряжение) для заданной взрывоопасной смеси и затем разделить его на коэффициент искробезопасности, т. е. на 1,5.

При расчете цепей переменного тока необходимо принимать амплитудные значения тока и напряжения.

Окончание таблицы ДА.1

Приложение ДВ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДВ.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 31610.0—2019 (IEC 60079-0:2017)	MOD	IEC 60079-0:2017 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования»
ГОСТ 31610.7—2017 (IEC 60079-7:2015)	MOD	IEC 60079-7:2015 «Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «e»»
ГОСТ 31610.25—2022 (IEC 60079-25:2020)	MOD	IEC 60079-25:2020 «Взрывоопасные среды. Часть 25. Искробезопасные электрические системы»
ГОСТ 27473—87 (МЭК 112—79)	NEQ	IEC 60112:1979 «Материалы электроизоляционные твердые. Метод определения сравнительного и контрольного индексов трекингостойкости во влажной среде»
ГОСТ IEC 60127-1—2010	IDT	IEC 60127-1:1999 «Предохранители плавкие миниатюрные. Часть 1. Определения для миниатюрных плавких предохранителей и общие требования к миниатюрным плавким вставкам»
ГОСТ IEC 60127-2—2010	IDT	IEC 60127-2:2003 «Предохранители плавкие миниатюрные. Часть 2. Трубчатые плавкие вставки»
ГОСТ IEC 60127-3—2010	IDT	IEC 60127-3:1988 «Предохранители плавкие миниатюрные. Часть 3. Субминиатюрные плавкие вставки»
ГОСТ IEC 60127-4—2011	IDT	IEC 60127-4:2005 «Предохранители плавкие миниатюрные. Часть 4. Универсальные модульные плавкие вставки. Универсальные модульные плавкие вставки для объемного и поверхностного монтажа»
ГОСТ IEC 60127-7—2016	IDT	IEC 60127-7:2013 «Предохранители плавкие миниатюрные. Часть 7. Миниатюрные плавкие вставки для специальных применений»
ГОСТ 14254—2015 (IEC 60529:2013)	MOD	IEC 60529:2013 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)»
ГОСТ IEC 60664-1—2023	IDT	IEC 60664-1:2020 «Координация изоляции для оборудования низковольтных систем питания. Часть 1. Принципы, требования и испытания»
ГОСТ IEC 60664-3—2013	IDT	IEC 60664-3:2010 «Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 3. Использование покрытий, герметизации и формовки для защиты от загрязнения»
ГОСТ IEC 60691—2017	IDT	IEC 60691:2015 «Вставки плавкие. Требования и руководство по применению»
ГОСТ IEC 60851-5—2017	IDT	IEC 60851-5:2011 «Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 5. Электрические свойства»

Окончание таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ IEC 61010-1—2014	IDT	IEC 61010-1:2010 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного устройства. Часть 1. Общие требования»
ГОСТ IEC 61810—2013	IDT	IEC 61810-1:2008 «Реле логические электромеханические с ненормируемым временем срабатывания. Часть 1. Общие требования»
Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты; - MOD — модифицированные стандарты; - NEQ — неэквивалентный стандарт.		

Библиография

[1]	IEC 60050-426:2020	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 426: Explosive atmospheres [Международный электротехнический словарь (МЭС). Часть 426. Взрывоопасные вещества атмосфера]
[2]	IEC 61158-2:2023	Industrial communication networks — Fieldbus specifications — Part 2: Physical layer specification and service definition (Промышленные сети связи. Технические характеристики полевых шин. Часть 2. Технические характеристики физического уровня и определение сервиса)
[3]	IEC 60050-114:2014	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 114: Electrochemistry [Международный электротехнический словарь (IEV). Часть 114. Электрохимия]
[4]	IEC 60364-4-41:2017	Low-voltage electrical installations — Part 4-41: Protection for safety — Protection against electric shock (Низковольтные электрические установки. Часть 4-41. Защита безопасности. Защита от поражения электрическим током)
[5]	IPC-2221	Generic Standard on Printed Board Design (Общий стандарт проектирования печатных плат)
[6]	IPC-2152	Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design (Стандарт для определения допустимой нагрузки по току при проектировании печатных плат)
[7]	IEC 61191-2:2017	Printed board assemblies — Part 2: Sectional specification — Requirements for surface mount soldered assemblies (Печатные платы в сборе. Часть 2. Спецификация секций. Требования к паяной сборке для поверхностного монтажа)
[8]	IPC-A-610	Acceptability of electronic assemblies (Приемлемость электронных сборок)
[9]	ANSI/UL 746E	Polymeric Materials — Industrial Laminates, Filament Wound Tubing, Vulcanized Fibre, and Materials Used In Printed Wiring Boards (Полимерные материалы — Промышленные ламинаты, трубки с намоткой нити, вулканизированное волокно и материалы, используемые в печатных платах)
[10]	IEC 60317-0-1:2019	Specifications for particular types of winding wires — Part 0-1: General requirements — Enamelled round copper wire (Технические условия на обмоточные провода конкретных типов. Часть 0-1. Общие требования. Провода медные круглые эмалированные)
[11]	IEC 60747-5-5:2020	Semiconductor devices — Discrete devices — Part 5-5: Optoelectronic devices — Photocouplers (Приборы полупроводниковые. Дискретные устройства. Часть 5-5. Оптоэлектронные приборы. Оптроны)
[12]	IEC 60747-17:2020	Semiconductor devices — Part 17: Magnetic and capacitive coupler for basic and reinforced insulation (Полупроводниковые приборы. Часть 17. Магнитные и емкостные соединители для базовой и усиленной изоляции)
[13]	DIN VDE V 0884-11	Semiconductor devices — Part 11: Magnetic and capacitive coupler for basic and reinforced isolation (Полупроводниковые приборы. Часть 11. Магнитные и емкостные соединители для основной и усиленной изоляции)
[14]	ANSI/UL 248 (*все части)*	Low-Voltage Fuses (Низковольтные предохранители)
[15]	IEC 62133-1:2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for portable sealed secondary cells and for batteries made from them for use in portable applications — Part 1: Nickel systems (Аккумуляторные элементы и батареи, содержащие щелочные или другие некислотные электролиты. Требования безопасности к портативным герметичным аккумуляторным элементам и к батареям, изготовленным из них, для использования в портативных устройствах. Часть 1. Никелевые системы)

[16]	IEC 62133-2:2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications — Part 2: Lithium systems (Аккумуляторы и батареи, содержащие щелочи или другие некислотные электролиты. Требования безопасности к портативным герметичным аккумуляторам и к состоящим из них батареям, для использования, переносные. Часть 2. Литиевые системы)
[17]	UL 1642	Standard for Lithium Batteries (Стандарт для литиевых батарей)
[18]	UL 810A	Standard for Electrochemical Capacitors (Стандарт на электрохимические конденсаторы)
[19]	*IEC 60068-2-2(2007)*	*Environmental testing — Part 2-2: Tests — Test B: Dry heat (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-2. Испытания. Испытание B: Сухое тепло)*
[20]	IEC 60068-2-14:2023	Environmental testing — Part 2-14: Tests — Test N: Change of temperature (Экологические испытания. Часть 2-14. Испытания. Испытание N: Изменение температуры)
[21]	IEC 60068-2-78:2012	Environmental testing — Part 2-78: Tests — Test Cab: Damp heat, steady state (Экологические испытания. Часть 2-78. Испытания. Испытательная кабина: влажный нагрев, устойчивое состояние)
[22]	IEC 60085:2007	Electrical insulation — Thermal evaluation and designation (Электрическая изоляция. Классификация и обозначение по термическим свойствам)
[23]	ISO 2859-1:1999	Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection [Процедуры отбора проб для проверки по признакам. Часть 1. Схемы отбора проб с указанием приемлемого уровня качества (AQL) для проверки каждой партии]

УДК 621.3:006.354 МКС 29.260.20 MOD

Ключевые слова: искробезопасная электрическая цепь, искробезопасное устройство, связанное устройство, электрический зазор, длина пути утечки, искрообразующее устройство

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректоры *О.В. Лазарева, Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 01.09.2025. Подписано в печать 10.09.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 25,11. Уч.-изд. л. 20,84.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Поправка к ГОСТ 31610.11—2025 (IEC 60079-11:2023) Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «i»

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 4 2026 г.)

gost.e-ecolog.ru