МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60664-5— 2013

КООРДИНАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМАХ

Часть 5

Комплексный метод определения зазоров и путей утечки, равных или менее 2 мм

(IEC 60664-5:2007, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр «Энергия» (АНО НТЦ «Энергия») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного 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 14 ноября 2013 г. № 44-2013)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Код страны по МК (ИСО 3166) 04–97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 апреля 2014 г. № 341-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60664-5—2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2016 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60664-5:2007 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distance equal to or less than 2 mm (Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 5. Комплексный метод определения зазоров и путей утечки, равных или менее 2 мм).

Перевод с английского языка (en).

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

Официальный экземпляр международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2014

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

Введение

Настоящий стандарт является частью серии международных стандартов под общим названием «Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах».

Настоящий стандарт предназначен для применения с IEC 60664-1.

Настоящий стандарт определяет уровни влажности и влияние влажности на расстояния утечки.

Настоящий стандарт устанавливает критерии назначения:

- минимальных расстояний утечки значениями менее 2 мм в условиях степени загрязнения 2 и 3 меньших, чем значения, указанные в IEC 60664-1;

- уменьшенных минимальных расстояний утечки для печатных плат и аналогичных конструктивов в условиях степени загрязнения 3 меньших, чем значения, указанные в IEC 60664-1;

- минимальных расстояний утечки, обеспечивающих необходимую изоляционную устойчивость в условиях влажной среды.

Кроме этого, настоящий стандарт устанавливает ряд требований и условий испытаний в зависимости от вида изделий, места их применения при эксплуатации, периодичности воздействия перенапряжений на изделия и т.д., устанавливает метод испытаний на влагопоглощение изоляционных материалов.

Стандарт может быть использован при разработке стандартов на продукцию и разработке изделий электротехники.

МКС 29.035.01

Поправка к ГОСТ IEC 60664-5—2013 Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 5. Комплексный метод определения зазоров и путей утечки, равных или менее 2 мм

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 7 2019 г.)

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

КООРДИНАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМАХ

Часть 5

Комплексный метод определения зазоров и путей утечки, равных или менее 2 мм

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –
Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distance equal to or less than 2 mm

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет назначение размеров изоляционных промежутков (зазоров, далее – зазоры) и расстояний утечки для промежутков равных или менее 2 мм для печатных плат и аналогичных конструкций, где зазоры и расстояния утечки определимы и расположены вдоль поверхностей твердой изоляции, таких как части, определяемые в IEC 60664-1 (пункт 6.2).

Размеры, устанавливаемые в настоящем стандарте, более точные, чем предусмотрены в IEC 60664-1. Тем не менее, точность размеров настоящим стандартом не регламентируется, для этого может применяться IEC 60664-1.

Настоящий стандарт может применяться только полностью (в целом). Он не позволяет выбрать один или более разделов и затем применить его (их) с соответствующими разделами IEC 60664-1. Настоящий стандарт может применяться только совместно с IEC 60664-1.

Когда настоящий стандарт применяется для назначения размеров зазоров и расстояний утечки равных или менее 2 мм, все разделы применяются совместно с соответствующими разделами IEC 60664-1. Для размеров зазоров и расстояний утечки более 2 мм и для твердой изоляции в основном применяется IEC 60664-1.

Примечание 1 — Ограничение размеров для расстояний равных или менее 2 мм применимо для основной и дополнительной изоляции. Общий размер усиленной или двойной изоляции должен быть более 2 мм.

Настоящий стандарт основывается на основных критериях назначения размеров:

- минимальные зазоры независимы от локальной окружающей среды (микросреды) (см. таблицу 2);
- минимальные расстояния утечки для степеней загрязнения 1, 2 и 3 избавляют от повреждений трекингом;
- минимальные расстояния утечки избавляют от повреждения искровыми разрядами по поверхности изоляции (см. таблицу 5).

Примечание 2 — Для минимальных расстояний утечки, обеспечивающих необходимую изоляционную стойкость, см. таблицу А.2.

Примечание 3 — Настоящий стандарт неприменим для условий микросреды хуже чем степень загрязнения 3 или уровня влажности.

2 Нормативные ссылки

Применяется IEC 60664-1 (раздел 2) со следующими дополнениями:

IEC 60364-5-51:2005 Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules (Электроустановки зданий. Часть 5-51: Выбор и установка электрооборудования – Основные правила)

IEC 60664-1:2007 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests (Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 1: Принципы, требования и испытания)

Издание официальное

IEC 60721-3-3:1994 Classification of environmental conditions – Part 3-3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at weatherprotected locations (Классификация условий окружающей среды. Часть 3-3: Классификация групп параметров окружающей среды и соответствующих степеней жесткости – Стационарное применение в местах, защищенных от погодных условий)

IEC 60721-3-7:1995 Classification of environmental conditions – Part 3-7: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Portable and non-stationary use (Классификация условий окружающей среды. Часть 3-7: Классификация групп параметров окружающей среды и соответствующих степеней жесткости – Переносное и нестационарное применение)

IEC 60721-3-9:1993 Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 9: Microclimates inside production (Классификация условий окружающей среды. Часть 3-7: Классификация групп параметров окружающей среды и соответствующих степеней жесткости – Микроклимат внутри продукции)

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

Применяется IEC 60664-1 (раздел 3) со следующими дополнениями:

3.1 **влагопоглощение** (water adsorption): Способность изоляционного материала поглощать воду своей поверхностью.

3.2 **критическая относительная влажность** (critical relative humidity): Значение относительной влажности, при котором импульсное выдерживаемое напряжение для расстояния утечки достигает 95 % от значения, установленного при значении относительной влажности 70 %.

4 Комплексный метод определения зазоров и путей утечки

4.1 Вводные уточнения

Настоящий стандарт является стандартом, продолжающим поэтапное совершенствования комплекса стандартов IEC 60664, начатое с первого издания основополагающего стандарта в 1980 г.

С 1992 г. основополагающий стандарт был переиздан в виде IEC 60664-1 с последующим поэтапным изданием других частей, на основе одной из них разработан настоящий стандарт.

4.2 Основные принципы

Координация изоляции подразумевает выбор характеристик изоляции оборудования с учетом его установки и условий окружающей среды.

Координация изоляции может быть полностью достигнута, если конструкция оборудования основана на стойкости к возможным аномальным воздействиям, происходящим в течение срока службы изделия.

Применяется IEC 60664-1 (пункт 4.2) с учетом следующих изменений:

4.2.5 Координация изоляции с учетом временных перенапряжений

Координация изоляции с учетом временных перенапряжений основана на временных перенапряжениях, указанных в IEC 60364-4-44 (раздел 442) (см. 5.4.3.2.3 настоящего стандарта).

Примечание — Имеющиеся устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) обычно не способны ограничить сопровождающую энергию временных перенапряжений.

4.2.6 Координация изоляции с учетом условий окружающей среды

Для изоляции должны быть учтены условия микросреды.

Условия микросреды зависят в первую очередь от того, в каких условиях макросреды установлено оборудование и в меньшей степени от того, как идентифицируется окружающая среда. Более того, микросреда может более или менее отличаться от макросреды, например вследствие наличия оболочки, нагрева, вентилирования или воздействия пыли в зоне локальной среды.

Примечание — Защита оболочек, обеспечиваемая в зависимости от классификации, указанной в IEC 60529 [3], необязательно улучшает локальную окружающую среду с точки зрения загрязнений.

Наиболее важными характеристиками окружающей среды являются следующие:
- для изоляционных промежутков:
давление воздуха,
температура, если она имеет значительные колебания;
- для расстояний утечки:
давление воздуха,
загрязнения,
относительная влажность,
конденсация влаги;
- для твердой изоляции:
температура,
относительная влажность.

4.3 Напряжения и уровни напряжения

4.3.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.1).

4.3.2 Определение напряжения при длительном воздействии

4.3.2.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.2.1).

4.3.2.2 Напряжение для проверки основной изоляции

4.3.2.2.1 Оборудование, питающееся непосредственно от главной низковольтной системы

Номинальное напряжение главной низковольтной сети должно быть в соответствии с IEC 60664-1 (таблицы F.3a и F.3b, приложение F) и это напряжение, как минимум, должно быть использовано для выбора расстояний утечек. Оно также может быть использовано для выбора номинального напряжения изоляции.

Для оборудования, имеющего несколько номинальных напряжений, что требует применения различных номинальных напряжений низковольтных систем, выбранное напряжение должно соответствовать наибольшему номинальному напряжению оборудования.

Технические комитеты должны учитывать, выбирается ли напряжение:
- основное межфазное, или
- основное между фазой и нейтралью.

В последнем случае технические комитеты должны определять, каким образом применять и уведомлять, что оборудование предназначено только для систем с заземленной нейтралью.

4.3.2.2.2 Системы, оборудование и внешние сети, не питающиеся непосредственно от главных низковольтных систем

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.2.2.2).

4.3.2.3 Напряжение для проверки функциональной изоляции

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.2.3).

4.3.3 Определение номинального импульсного напряжения

4.3.3.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.1).

4.3.3.2 Категории перенапряжения

4.3.3.2.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.2.1).

4.3.3.2.2 Оборудование, питающееся непосредственно от главного источника

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.2.2).

4.3.3.2.3 Системы и оборудование, не питающиеся непосредственно от главного источника низкого напряжения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.2.3).

4.3.3.3 Выбор номинального импульсного напряжения для оборудования

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.3).

4.3.3.4 Координация импульсных напряжений изоляции в оборудовании

4.3.3.4.1 Части или цепи в оборудовании в значительной степени неустойчивы к воздействию внешних кратковременных перенапряжений.

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.4.1).

4.3.3.4.2 Части или цепи в оборудовании, специально защищенные от воздействия кратковременных перенапряжений.

Для таких частей нет внешних кратковременных перенапряжений, в значительной степени вызывающих неустойчивость, импульсное выдерживаемое напряжение, необходимое для основной изоляции, не связано с номинальным импульсным напряжением оборудования, но условия действительны для частей или цепей. Применение ряда предпочтительных значений импульсных напряжений изложено в IEC 60664-1, 4.2.3, более того рекомендуется применять стандартизованные значения. В остальных случаях допускается интерполяция значений, указанных в таблице 2.

4.3.3.5 Коммутационные перенапряжения, генерируемые оборудованием

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.5).

4.3.3.6 Требования к внешним взаимодействиям

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.6).

4.3.4 Определение повторяющегося пикового напряжения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.4).

4.3.5 Определение кратковременного перенапряжения

4.3.5.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.5.1).

4.3.5.2 Напряжение повреждения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.3.5.2).

4.3.5.3 Воздействие от временного перенапряжения

Амплитуда и продолжительность временного перенапряжения в низковольтном оборудовании при замыкании на землю в высоковольтной системе, как указано в 5.4.3.2.3.

4.4 Частота

Применяется IEC 60664-1 (пункт 4.4).

4.5 Время под воздействием перенапряжений

Данный пункт не применяется.

4.6 Загрязнения

4.6.1 Основные положения

Изоляция повреждаются не только путем трекинга при загрязнении в течение длительного воздействия действующего значения перенапряжения, но и под воздействием пиковых бросков напряжения и влагопоглощения поверхностью изоляционного материала. Загрязнение снижает импульсную изоляционную стойкость при коротких промежутках, и могут происходить искровые пробои по поверхности изоляции.

Влияние влажности на поверхность изоляции выражается уровнями влажности, указанными в 4.6.4. Влияние влагопоглощения поверхностью изоляции на изоляционные характеристики выражается группами влагопоглощения, указанными в 4.8.6.

4.6.2 Степень загрязнения локальной окружающей среды

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.6.2).

4.6.3 Условия проводящих загрязнений

Данный пункт не применяется.

4.6.4 Уровни влажности

Для целей уменьшения изоляционных промежутков с учетом возможных искровых пробоев по поверхности или минимальной изоляционной стойкости установлены следующие три уровня влажности микросреды:

- уровень влажности 1 (HL 1): относительная влажность на поверхности изоляции не достигает уровня, при котором происходит конденсация. Влажность не влияет на искровые пробои;
- уровень влажности 2 (HL 2): относительная влажность на поверхности изоляции такова, что конденсация может происходить при временных изменениях микросреды. Влажность влияет на искровые пробои;
- уровень влажности 3 (HL 3): относительная влажность на поверхности изоляции такова, что конденсация происходит часто. Влажность резко влияет на искровые пробои.

4.6.5 Зависимость уровней влажности макросреды

Условия макросреды установлены в IEC 60363-5-51, IEC 60721-3-3, IEC 60721-3-7 и IEC 60721-3-9.

Примечание — В IEC 60721-3-9 приведены различные случаи климатических возмущений.

Зависимость между уровнем влажности микросреды и определенными классами макросреды дана в таблице 1.

Таблица 1 — Зависимость между уровнем влажности микросреды и определенными классами макросреды

Стандарты, устанавливающие климатический класс	Климатические классы макросреды			Уровень влажности согласно настоящему стандарту
IEC 60721-3-9	Y2	Y3	Y4	–
IEC 60721-3-3	3K1	3K3	3K6	
IEC 60721-3-7	–	7K1	7K3	
IEC 60363-5-51	–	AB5	AB7	
–	Варианты соотношения между влажностью микро- и макросреды при вышеуказанных классах			
	(=)	(–)	(–)	HL 1
	(+)	(=)	(–)	HL 2
	(+)	(+)	(=)	HL 3
(=) — влажность микро- и макросреды одинаковы; (–) — влажность микросреды меньше, чем влажность макросреды; (+) — влажность микросреды больше, чем влажность макросреды.				

4.7 Сопроводительная информация, прилагаемая к оборудованию

Применяется IEC 60664-1 (пункт 4.7).

4.8 Изоляционные материалы

4.8.1 Основные положения

Изоляционные материалы должны быть классифицированы по группам в соответствии со значением индекса трекингостойкости (СИТ).

Характеристики электрической стойкости, вытекающие из характеристик термической, механической, химической стойкости и влагопоглощения изоляционных материалов, должны определяться техническими комитетами. С учетом требований к твердой изоляции применяется 5.4.

4.8.2 Сравнительный индекс трекингостойкости (СИТ)

4.8.2.1 Поведение изоляционных материалов при наличии кратковременных пробоев

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.1.1).

4.8.2.2 Значения СИТ для категорий изоляционных материалов

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.1.2).

4.8.2.3 Группы материалов

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.1.3).

4.8.2.4 Испытание для сравнительного индекса трекингостойкости (СИТ)

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.1.4).

4.8.2.5 Материалы, не подверженные трекингу

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.1.5).

4.8.3 Характеристики электрической прочности

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.2).

4.8.4 Тепловые характеристики

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.3).

4.8.5 Механические и химические характеристики

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 4.8.4).

4.8.6 Характеристики влагопоглощения

Поглощение влаги вследствие поверхностного эффекта зависит от характеристик изоляционного материала. С учетом воздействия влагопоглощения на стойкость к напряжению изоляционные материалы распределяются на группы влагопоглощения в соответствии с процедурами согласно приложению В следующим образом:

- влагопоглощение группы WAG 1 (незначительное воздействие);
- влагопоглощение группы WAG 2 (слабое воздействие);

- влагопоглощение группы WAG 3 (среднее воздействие);
- влагопоглощение группы WAG 4 (сильное воздействие).

Примечания

1 Классификация материалов в соответствии с группами влагопоглощения может изменяться применением наполнителей, добавок и действиями применяемыми изготовителем.

2 Классификация различных изоляционных материалов с учетом групп влагопоглощения приведена в 5.3.2.3.5.

5 Требования и процедуры назначений размеров

5.1 Основные положения

Зазоры должны назначаться с учетом стойкости к напряжению в соответствии с 5.2.2. Соответствующие расстояния утечки должны выполняться в соответствии с 5.3.2.3.3 и 5.3.2.3.4. Твердая изоляция должна проектироваться в соответствии с 5.4.

5.2 Размеры изоляционных промежутков (зазоров)

5.2.1 Основные положения

Зазоры должны быть назначены исходя из устойчивости к установленному импульсному выдерживаемому напряжению. Для оборудования, присоединенного непосредственно к главной низковольтной сети, требуемые выдерживаемые импульсные напряжения установлены на основе IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.3). Если действующее значение установившегося напряжения, временного напряжения или периодически повторяющегося пикового напряжения требуют бóльших изоляционных промежутков, чем требуется для импульсного выдерживаемого напряжения, могут применяться соответствующие значения, указанные в таблице 3. Исходя из результатов сравнения импульсного выдерживаемого напряжения, действующего значения установившегося напряжения, временного напряжения и периодически повторяющегося пикового напряжения должны быть выбраны наибольшие изоляционные промежутки.

Примечание — Размеры для действующего значения установившегося напряжения или повторяющегося пикового напряжения являются определяющими, если это не является завышенным с учетом возврата к длительному приложенному напряжению. Технические комитеты должны это учитывать.

5.2.2 Критерии размеров

5.2.2.1 Основные положения

Изоляционные промежутки должны быть выбраны исходя из следующих воздействующих факторов:

- импульсного выдерживаемого напряжения в соответствии с 5.2.5 для функциональной изоляции и 5.2.6 для основной, дополнительной и усиленной изоляции;
- выдерживаемого установившегося напряжения и временного перенапряжения (см. 5.2.2.3);
- периодически повторяющегося пикового напряжения (см. 5.2.2.3);
- условий электрического поля (см. 5.2.3);
- высоты: размеры изоляционных промежутков, указанные в таблице 2 и таблице 3, имеют способность к устойчивости для оборудования, используемого на высоте до 2000 м. Для оборудования, используемого на бóльших высотах, применяется 5.2.4;
- степени загрязнения локальной окружающей среды (см. 4.6.2).

Таблица 2 — Изоляционные воздушные промежутки для выдерживаемых кратковременных перенапряжений

Установленное значение импульсного выдерживаемого напряжения[a), c)], кВ	Минимальные изоляционные воздушные промежутки при высоте до 2000 м над уровнем моря, мм	
	Случай А. Неоднородное поле (см. IEC 60664-1, 3.15)	Случай В. Однородное поле (см. IEC 60664-1, 3.14)
0,33[b)]	0,01	0,01
0,40	0,02	0,02
0,50[b)]	0,04	0,04
0,60	0,06	0,06
0,80[b)]	0,10	0,10
1,0	0,15	0,15
1,2	0,25	0,2

Окончание таблицы 2

Установленное значение импульсного выдерживаемого напряжения[a), c)], кВ	Минимальные изоляционные воздушные промежутки при высоте до 2000 м над уровнем моря, мм	
	Случай А. Неоднородное поле (см. IEC 60664-1, 3.15)	Случай В. Однородное поле (см. IEC 60664-1, 3.14)
1,5[b)]	0,5	0,3
2,0	1,0	0,45
2,5[b)]	1,5	0,60
3,0	2,0	0,80
4,0[b)]	–	1,2
5,0	–	1,5
6,0[b)]	–	2,0

[a)] Данное напряжение является:

- для функциональной изоляции – максимальное импульсное напряжение через изоляционные воздушные промежутки (см. 5.2.5);
- для основной изоляции, непосредственно подвергаемой кратковременным перенапряжениям главной низковольтной сети (см. 5.2.6 и IEC 60664-1, 4.3.3.3 и 4.3.3.4.1), – номинальное импульсное напряжение оборудования;
- для остальной основной изоляции (см. 4.3.3.4.2) – наибольшее импульсное напряжение, которое может прилагаться к цепям.

Для усиленной изоляции – см. 5.2.6.

[b)] Предпочтительные значения указаны в IEC 60664-1 (подпункт 4.2.3).

[c)] Для частей цепей в оборудовании, являющемся объектом импульсных напряжений в соответствии с 4.3.3.4.2 допускается усреднение значений. Однако стандартизация требует применения предпочтительных значений импульсных напряжений, указанных в IEC 60664-1 (подпункт 4.2.3).

При механических воздействиях, таких как вибрация или приложенные усилия, могут быть назначены увеличенные изоляционные промежутки.

5.2.2.2 Размеры для выдерживаемого кратковременного перенапряжения

Изоляционные промежутки должны быть назначены для обеспечения стойкости к необходимому импульсному выдерживаемому напряжению в соответствии с таблицей 2. Для оборудования, присоединенного непосредственно к главной низковольтной сети, требуемые выдерживаемые импульсные напряжения установлены на основе IEC 60664-1 (таблица F.1, приложение F).

5.2.2.3 Размеры для установившегося напряжения, временного перенапряжения или периодически повторяющегося пикового напряжения

Изоляционные промежутки должны быть назначены в соответствии с таблицей 3 для выдерживаемого пикового значения установившегося напряжения (постоянного тока или переменного тока 50/60 Гц), временного перенапряжения или периодически повторяющегося пикового напряжения.

Размеры в соответствии с таблицей 2 должны быть согласованы с таблицей 3. Должны выбираться бóльшие значения.

Примечания

1 Размеры, устанавливаемые для частоты выше 30 кГц, указаны в IEC 60664-4.

2 Если зазоры подвержены воздействию 2,5 кВ (пикового значения) и выше, назначение размеров в соответствии со значениями таблицы 3 не может гарантировать работу без случаев искровых пробоев (частичных разрядов), особенно при неоднородном поле. Для работы без таких пробоев необходимо применение бóльших зазоров, чем указано в IEC 60664-1 (таблица F.7b, приложение F), или изменить область применения изделия.

Таблица 3 — Размеры изоляционных воздушных промежутков устойчивых к воздействию длительных устойчивых напряжений, временных перенапряжений и периодически повторяющихся пиковых напряжений

Напряжение[a)] (пиковое значение)[b)], кВ	Минимальные воздушные изоляционные промежутки при высоте над уровнем моря не более 2000 м, мм	
	Случай А: условия неоднородного поля (см. IEC 60664-1, 3.15)	Случай В: условия однородного поля (см. IEC 60664-1, 3.14)
0,04	0,001[c)]	0,001[c)]
0,06	0,002[c)]	0,002[c)]
0,1	0,003[c)]	0,00c[c)]
0,12	0,004[c)]	0,004[c)]
0,15	0,005[c)]	0,005[c)]
0,20	0,006[c)]	0,006[c)]

Окончание таблицы 3

Напряжение[a] (пиковое значение)[b], кВ	Минимальные воздушные изоляционные промежутки при высоте над уровнем моря не более 2000 м, мм	
	Случай А: условия неоднородного поля (см. IEC 60664-1, 3.15)	Случай В: условия однородного поля (см. IEC 60664-1, 3.14)
0,25	0,008[c]	0,008[c]
0,33	0,01	0,01
0,4	0,02	0,02
0,5	0,04	0,04
0,6	0,06	0,06
0,8	0,13	0,10
1,0	0,26	0,15
1,2	0,42	0,20
1,5	0,76	0,30
2,0	1,27	0,45
2,5	1,8	0,60
3,0	2,4[d]	0,80
4,0	–	1,2
5,0	–	1,5
6,0	–	2,0

[a] Изоляционные промежутки для других напряжений вычисляют интерполяцией.
[b] См. рисунок 1 формы повторяющегося пикового напряжения.
[c] Эти значения основаны на экспериментальных значениях, полученных при атмосферном давлении.
[d] Это значение дано только для интерполяции пикового напряжения на одну ступень ниже значения, относящегося к 2 мм (максимальное значение для данного стандарта).

5.2.3 Условия электрического поля

5.2.3.1 Основные положения

Форма и расположение проводящих частей (электродов) влияет на однородность поля, и, следовательно, изоляционные промежутки должны выдерживать приложенные напряжения (см. IEC 60664-1, таблица 2 и таблица 3, и таблицу А.1 (приложение А).

5.2.3.2 Условия неоднородного поля (случай А, таблица 2)

Изоляционные промежутки, не меньшие, чем указанные в таблице 2 для неоднородного поля, должны быть применены независимо от формы и расположения проводящих частей и без подтверждения испытанием выдерживаемым напряжением.

Изоляционные промежутки через открытые выступы изоляционных материалов должны быть не меньше, чем указанные для условий неоднородного поля изоляционные промежутки, так как конфигурация не контролируется, в отличие от ее контроля в однородном электрическом поле.

5.2.3.3 Условия однородного поля (случай В, таблица 2)

Значения изоляционных промежутков в таблице 2 для случая В применяются только для однородного поля. Они могут быть применены лишь тогда, когда форма и расположение проводящих частей спроектированы для достижения того, чтобы электрическое поле имело равномерный перепад напряжения.

Изоляционные промежутки меньшие, чем для условий неоднородного поля, требуют подтверждения испытанием выдерживаемым напряжением (см. 6.1.2).

Примечание — Для малых значений изоляционных промежутков однородность электрического поля может ухудшаться в условиях загрязнения, значения изоляционных промежутков должны быть обязательно увеличены относительно значений, указанных для случая В.

5.2.4 Высота (разрежение)

Значения в таблице 2 и таблице 3 действительны для высоты над уровнем моря не более 2000 м, корректировка значений в зависимости от высоты, данная в IEC 60664-1, таблице А.2 (приложение А), применима для изоляционных промежутков при высоте выше 2000 м.

Примечание — Для повторяющегося напряжения изоляционные промежутки в воздухе для однородного поля (выдерживаемое напряжение для случая В в IEC 60664-1 (таблица А.1, приложение А), согласно закону Пашена, пропорциональны произведению расстояния между электродами и атмосферным давлением. Поэтому экспериментальные значения, зарегистрированные приблизительно на уровне моря, корректируются в

соответствии с разностью давлений между уровнем 2000 м и уровнем моря. Такая же корректировка проводится и для неоднородного поля с учетом возможности искровых разрядов, см. 5.3.2.3.4.

5.2.5 Размеры зазоров для функциональной изоляции

Для зазоров функциональной изоляции в качестве необходимого выдерживаемого напряжения применяется максимальное импульсное напряжение, или установившееся напряжение (с учетом данных таблицы 3), или периодически повторяющееся пиковое напряжение (с учетом данных таблицы 3), ожидаемые к воздействию при номинальных условиях оборудования, и, в частности, номинальное напряжение и номинальное импульсное напряжение (ссылка к таблице 2).

5.2.6 Размеры зазоров основной, дополнительной и усиленной изоляции

Размеры зазоров основной и дополнительной изоляции должны выбираться из таблицы 2 в соответствии с:

- номинальным импульсным напряжением, соответствующим 4.3.3.3 или IEC 60664-1 (подпункт 4.3.3.4.1), или
- импульсным выдерживаемым напряжением, установленным согласно 4.3.3.4.2;

и из таблицы 3 в соответствии с:

- устойчивым длительным напряжением согласно 4.3.2.2;
- повторяющимся пиковым напряжением согласно IEC 60664-1 (подпункт 4.3.4);
- временным перенапряжением согласно 4.3.5.

С учетом импульсных напряжений зазоры для усиленной изоляции должны быть назначены согласно данным таблицы 2 в соответствии с номинальным импульсным напряжением, но на одну ступень выше указанного для основной изоляции из предпочтительного ряда значений, указанных в IEC 60664-1 (подпункт 4.2.3). Если импульсное выдерживаемое напряжение установленное для основной изоляции согласно 4.3.3.4.2, иное, чем значение из предпочтительного ряда, размеры зазоров, назначенные для усиленной изоляции, должны выдерживать 160 % значения импульсного выдерживаемого напряжения для основной изоляции.

Примечание 1 – Ограничение зазоров до величины не более 2 мм применимо к основной или дополнительной изоляции. Общий размер зазора или зазор для двойной изоляции должен быть более 2 мм.

Примечание 2 – В скоординированной системе зазоры свыше минимально рекомендуемых для необходимого импульсного выдерживаемого напряжения излишни. Тем не менее, это может быть необходимым для иных целей, чем координация изоляции, для нестабильных зазоров (например, при механических воздействиях). В иных случаях может понадобиться испытание напряжением, основанным на номинальном импульсном напряжении оборудования, в противном случае может произойти пробой твердой изоляции.

С учетом установившегося длительного напряжения, повторяющегося пикового напряжения и временных перенапряжений зазоры для усиленной изоляции, назначенные в соответствии с данными таблицы 3 должны выдерживать 160 % выдерживаемого напряжения, установленного для основной изоляции.

Для оборудования, обеспеченного двойной изоляцией, в котором основная и дополнительная изоляции не могут быть испытаны отдельно, система изоляции считается усиленной изоляцией.

Примечание 3 — Когда размеры зазоров назначаются для доступных поверхностей из изоляционного материала, такая поверхность должна покрываться металлической фольгой. Дальнейшие детали должны быть определены техническими комитетами.

5.3 Размеры расстояний утечки

5.3.1 Основные положения

Размеры расстояний утечки должны назначаться с учетом указанного в 5.3.2. Значения расстояний утечки полученные в таблице 4 с учетом трекинга и в таблице 5 с учетом искровых пробоев должны сопоставляться и выбирается бóльшее значение (см. диаграмму размеров в приложении С).

5.3.2 Воздействующие факторы

5.3.2.1 Основные положения

С учетом трекинга должны быть приняты во внимание следующие воздействующие факторы:

- напряжение согласно 4.3.3 (см. также 5.3.2.2);
- степень загрязнения локальной окружающей среды (микросреды) (см. 5.3.2.3 и IEC 60664-1, подпункт 4.6.2);
- ориентация и расположение расстояний утечки (см. IEC 60664-1, подпункт 5.2.2.4);
- характеристики изоляционных материалов (см. 4.8.2).

С учетом искровых пробоев должны быть приняты во внимание следующие воздействующие факторы:

- напряжение согласно 4.3.3 (см. также 5.3.2.2);
- уровень влажности локальной окружающей среды (микросреды) (см. 4.6.4);
- характеристики изоляционных материалов (см. 4.8.2 и 4.8.6);
- ориентация и расположение расстояний утечки (см. IEC 60664-1, подпункт 5.2.2.4);
- высота над уровнем моря. Расстояния утечки, указанные в таблице 5, приемлемы для импульсной стойкости оборудования, применяемого при высоте над уровнем моря не более 2000 м. Для оборудования, применяемого на бóльших высотах, руководствуются 5.2.4.

5.3.2.2 Напряжение

Основой для назначения расстояний утечки является трекинг при длительно приложенном действующем значении входящего напряжения. Данное напряжение характеризуется:

- рабочим напряжение для функциональной изоляции (см. 5.3.3);
- номинальным напряжением изоляции или номинальным напряжением основной, дополнительной и усиленной изоляции (см. 5.3.4).

С учетом искровых пробоев основой для назначения размеров расстояний утечки является пиковое значение подходящего напряжения согласно таблице 5 (см. 5.3.2.3.4). Пиковое напряжение максимального значения любого ожидаемого напряжения прикладывается поперек расстояния утечки, которое:

- для функциональной изоляции является максимальным пиковым значением любого ожидаемого напряжения, которое прикладывается поперек расстояния утечки при номинальных условиях применения оборудования:
- для основной изоляции, непосредственно подвергаемой воздействиям кратковременных перенапряжений от основного источника питания (см. 5.2.6, а также IEC 60664-1, подпункты 4.3.3.3 и 4.3.3.4.1) или периодически повторяющихся пиковых напряжений является максимальным пиковым значением любого уровня напряжения оборудования;
- для другой основной изоляции (см. 4.3.3.4.2) это максимальное пиковое значение любого напряжения, которое приложено к цепи;
- для усиленной изоляции — см. 5.3.4.

5.3.2.3 Критерии назначения размеров с учетом климатических условий

5.3.2.3.1 Основные положения

Воздействие климатических факторов в локальной среде в виде уровней температуры и влажности, указанных в 4.6.4, представлено в таблице 5. Следующие критерии должны учитываться при назначении размеров:

- минимальное сопротивление изоляции (см. 5.3.2.3.2);
- повреждаемость вследствие трекинга (см. 5.3.2.3.3);
- искровые пробои (см. 5.3.2.3.4).

Примечание — В оборудовании исключаются различные условия локальной среды.

5.3.2.3.2 Назначение размеров для поддержания сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции согласовывается с размерами, при которых максимальные токи утечки частей, находящихся под напряжением, или между частями, находящимися под напряжением, и доступными поверхностями оборудования установлены техническими комитетами. Это же применимо для функциональной изоляции, когда недостаточное сопротивление изоляции может вызвать рост токов утечки, нарушающих функционирование оборудования.

Руководящая информация и данные для проектирования оборудования приведены в приложении А.

Примечание — Расстояния утечки, имеющие такие размеры, не подвержены пробою, поскольку энергия для других пробоев существенно ниже и сравнительный индекс трекингостойкости материала не важен.

5.3.2.3.2 Назначение размеров с учетом повреждений в результате трекинга

С учетом повреждений в результате трекинга размеры расстояний утечки должны назначаться согласно данным таблицы 4.

Примечание — Высокая точность размеров, приведенная в таблице 4, не означает, что погрешность измерения должна быть того же порядка.

5.3.2.3.4 Назначение размеров с учетом искровых пробоев

С учетом искровых пробоев по поверхности изоляционного материала размеры расстояний утечки должны назначаться согласно данным таблицы 5.

Для уровня влажности HL1 назначение размеров производится согласно значениям зазоров по таблице 2 и таблице 3.

Если размеры расстояний утечки назначаются согласно данным таблицы 5 как для воздействия установившегося длительного напряжения, превышающего приблизительно 500 В (пиковое значение), частичные разряды (короны) могут исключаться. С учетом частичных разрядов изоляционный материал классифицируют в зависимости от групп влагопоглощения (см. 5.3.2.3.5).

Примечание — Частичные разряды на загрязненной поверхности изоляционных материалов вызваны локальными микровоздействиями распределения поля в поверхностных слоях. Эти частичные разряды (короны) отличаются от частичных разрядов внутри твердой изоляции и имеют более низкий начальный уровень от 500 В против 700 В (пикового значения) для частичных разрядов внутри твердой изоляции.

Таблица 4 — Расстояния утечки, исключающие повреждения вследствие трекинга

Действующее значение напряжения[a], В	Минимальные расстояния утечки[b], мм				
	Степень загрязнения 1	Степень загрязнения 2	Степень загрязнения 3		
	Все группы материалов	Все группы материалов, исключая IIIb	Группы материалов		
			I	II	IIIa
≤ 40	0,025	0,04	1,00	1,00	1,00
50	0,025	0,04	1,00	1,00	1,00
63	0,040	0,063	1,00	1,00	1,00
80	0,063	0,100	1,00	1,10	1,25
125	0,100	0,160	1,25	1,40	1,60
160	0,250	0.400	1,60	1,80	2,00
200	0,400	0,630	2,00	2,20[c]	*
250	0,560	1,000	*	*	–
320	0,75	1.6	–	–	
400	1,0	2,0			
500	1,3	*			
630	1,8	–			
800	2,4[c]				

* См. IEC 60664-1.

[a] Это напряжения для:
- функциональной изоляции — рабочее напряжение;
- основной и дополнительной изоляции для цепей питаемых непосредственно от основного источника питания — см. 4.3.2.2.1; напряжения, указанные в IEC 60664-1, таблица F.3a и таблица F.3b (приложение F), основаны на номинальном напряжении оборудования или номинальном напряжении изоляции;
- основной и дополнительной изоляции систем, оборудования или внутренних цепей, когда питание осуществляется не от основного источника — см. IEC 60664-1, 4.3.2.2.2; высокое значение действующего напряжения может воздействовать на систему, оборудование или внутренние цепи, питаемые номинальным напряжением и работающие в различных сочетаниях комбинаций номинальных характеристик оборудования.

[b] Для изоляционных материалов, не образующих токопроводящих дорожек, таких как стекло, керамика или другие неорганические материалы, расстояния утечки могут не превышать соответствующих зазоров, примененных для целей координации изоляции. Размеры, указанные в таблице 2, предназначены для неоднородной среды. Тем не менее, поведение с учетом искровых пробоев должно быть рассмотрено в соответствии с 5.3.3.3.4.

[c] Данные значения применимы только при пересчете действующего значения напряжения на одну ступень ниже к значению, относящемуся к 2 мм (максимальное значение для настоящего стандарта).

Размеры, приведенные в таблице 5, приемлемы для высоты не более 2000 м над уровнем моря, при высоте более 2000 м для изоляционных промежутков применяются корректирующие коэффициенты приведенные, в IEC 60664-1 (таблица A.2, приложение A).

Таблица 5 — Расстояния утечки, исключающие повреждения вследствие искровых пробоев

Пиковое значение напряжения[a], кВ	Минимальные расстояния утечки при высоте над уровнем моря не более 2000 м, мм							
	Уровень влажности							
	HL 2				HL 3			
	Группа влагопоглощения материала				Группа влагопоглощения материала			
	WAG 1	WAG 2	WAG 3	WAG 4	WAG 1	WAG 2	WAG 3	WAG 4
0,10	–	–	–	–	0,030	0,042	0,055	0,095
0,12	0,020	0,022	0,024	0,025	0,037	0,053	0,07	0,115

Окончание таблицы 5

Пиковое значение напряжения[a], кВ	Минимальные расстояния утечки при высоте над уровнем моря не более 2000 м, мм							
	Уровень влажности							
	HL 2				HL 3			
	Группа влагопоглощения материала				Группа влагопоглощения материала			
	WAG 1	WAG 2	WAG 3	WAG 4	WAG 1	WAG 2	WAG 3	WAG 4
0,15	0,028	0.029	0.032	0,035	0,050	0,070	0,09	0,15
0,20	0,043	0,046	0,049	0,052	0,075	0,105	-,13	0,20
0,25	0,06	0,065	0,07	0,075	0,10	0,14	0,17	0,26
0,33	0,09	0,09	0,10	0,11	0.14	0,19	0,23	0,34
0,40	0,12	0,13	0,14	0,15	0,19	0,24	0,30	0,44
0,50	0,17	0,18	0,20	0,22	0,26	0,32	0,39	0,56
0,60	0,23	0,26	0,29	0,32	0,33	0,41	0,50	0,70
0,80	0,35	0,41	0.47	0,54	0,47	0,58	0,69	0,95
1,0	0,50	0,57	0,64	0,72	0.63	0,76	0,90	1,2
1,2	0,68	0,76	0,84	0,93	0,82	0,96	1,1	1,5
1,5	0,93	1,02	1,11	1,2	1,1	1,3	1,5	2,0
2,0	1,4	1,53	1,66	1,8	1,6	1,8	2,0	–
2,5	1,9	2,10[b]	2,25[b]	2,4[b]	2,1[b]	2,4[b]	–	–
3,0	2,5[b]	–	–	–	–		–	–

[a] Это напряжения для:
- функциональной изоляции — максимальное пиковое значению любого напряжения, приложенного поперек расстояния утечки в нормальных условиях применения оборудования;
- основной изоляции подвергаемой непосредственному воздействию перенапряжений от основного источника питания (см. 5.2.6 и IEC 60664-1, 4.3.3.3 и 4.3.3.4.1) или пиковому повторяющемуся напряжению — максимальное пиковое значение любого напряжения оборудования;
- прочей основной изоляции (см. 4.3.3.4.2) максимальное пиковое значению любого напряжения, которое прикладывается к цепям;
- усиленной изоляции — см. 5.3.4;

[b] Данные значения применимы только при пересчете пикового значения напряжения на одну ступень ниже к значению, относящемуся к 2 мм (максимальное значение для настоящего стандарта).

5.3.2.3.5 Группы влагопоглощения

Характеристики влагопоглощения изоляционного материала идентифицируются группами влагопоглощения. Следующие материалы классифицированы по группам:

- WAG 1: материалы, у которых не наблюдается снижения критической относительной влажности расстояний утечки — полиэстровая резина, тип 802, меламиновая резина, тип 150;
- WAG 2: материалы, у которых не наблюдается снижения критической относительной влажности для расстояний утечки 1 мм и выше — фенольная резина тип 31,5, поликарбонат;
- WAG 3: материалы, у которых не наблюдается снижения критической относительной влажности для расстояний утечки 2,55 мм и выше — стеклонаполненные эпоксидные ламинаты FR4, полиимидные пленки, покрывающие стеклонаполненные эпоксидные ламинаты FR4, фенольная резина, оклеивающая ламинат FR2, полибутелентерефтолат;
- WAG 4: материалы, у которых не наблюдается снижения критической относительной влажности для расстояний утечки 6,3 мм и выше — керамика (97 % Al_2O_3, без стекла), полиэстеровый ламинат GPO III.

5.3.2.4 Ориентация и расположение расстояний утечки

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.2.2.4).

5.3.2.5 Форма изоляционной поверхности

Не применяется.

5.3.2.6 Взаимосвязь с изоляционными промежутками

Расстояния утечки должны иметь размеры в соответствии с данными таблицы 4 с учетом трекинга и в соответствии с данными таблицы 5 с учетом искровых пробоев; должно выбираться бóльшее значение. Окончательно выбранные расстояния утечки не могут быть менее расположенных рядом зазоров, так что кратчайшие расстояния утечки равны требуемым зазорам.

Расстояния утечки меньшие, чем зазоры, установленные таблицей 2, могут быть применены только для условий неоднородного поля в условиях уровней влажности HL 1 и HL 2, когда расстояния утечки могут выдерживать напряжения, прикладываемые к соответствующим зазорам. Испытания, удостоверяющие, что расстояния утечки могут выдерживать напряжения для соответствующих

зазоров, должны проводиться с соответствующим корректирующим коэффициентом, учитывающим высоту над уровнем моря (см. 6.1.2.2). Для установок, применяемых в условиях влажности HL 2, должно быть проведено испытание импульсным напряжением во влажных условиях.

Примечания

1 Примеры испытаний во влажных условиях представлены в таблице А.1 (приложение А).

2 Процедуры испытаний для законченного (комплектного) оборудования в условиях влажности HL 2 описаны в приложении D.

5.3.2.7 Расстояния утечки при применении более чем одного материала или наличии более чем одной степени загрязнения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.2.2.7).

5.3.2.8 Расстояния утечки, разделяемые плавающими проводящими частями

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.2.2.8).

5.3.3 Расстояния утечки функциональной изоляции

Расстояния утечки должны иметь размеры в соответствии с данными таблицы 4 с учетом трекинга и в соответствии с данными таблицы 5 с учетом искровых пробоев; должно выбираться бóльшее значение.

Когда для назначения размеров применяется рабочее напряжение, допускается применять среднее значение напряжения. При вычислении среднего значения напряжения применяется линейная зависимость, значение должно быть округлено до ближайшего бóльшего значения, из указанных в таблице.

5.3.4 Расстояния утечек основной, дополнительной и усиленной изоляции

Расстояния утечки должны иметь размеры в соответствии с данными таблицы 4 с учетом трекинга и в соответствии с данными таблицы 5 с учетом искровых пробоев; должно выбираться бóльшее значение. Напряжения, применяемые для назначения размеров согласно данным таблицы 4 и таблицы 5, устанавливаются по 5.3.2.2.

Примечание 1 — Для дополнительной изоляции уровень влажности, изоляционный материал, механические воздействия и условия среды могут быть иными, чем для основной изоляции.

Когда для назначения размеров применяется напряжение по IEC 60664-1 (подпункт 4.3.2.2.2), допускается применять среднее значение напряжения. При вычислении среднего значения напряжения применяется линейная зависимость, значение должно быть округлено до ближайшего бóльшего значения из указанных в таблице.

Расстояния утечки двойной изоляции суммируются из расстояний утечки основной и дополнительной изоляции, образующих двойную изоляцию.

Расстояния утечки усиленной изоляции должны быть равны удвоенным значениям расстояний утечки основной изоляции.

Примечание 2 — Ограничение расстояний утечки двумя миллиметрами применимо для основной и дополнительной изоляции. Общий размер расстояния утечки усиленной изоляции может быть более двух миллиметров.

Примечание 3 — Когда размеры зазоров назначаются для доступных поверхностей из изоляционного материала, такая поверхность должна покрываться металлической фольгой. Дальнейшие детали должны быть определены техническими комитетами.

5.3.5 Уменьшение расстояний утечек при применении ребер

Не применяется.

5.4 Требования к твердой изоляции при проектировании

5.4.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.1).

5.4.2 Аномальные воздействия

5.4.2.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.1).

5.4.2.2 Кратковременные аномальные воздействия и их последствия

5.4.2.2.1 Частота напряжения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.2.1).

5.4.2.2.2 Нагрев

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.2.2).

5.4.2.2.3 Механические удары

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.2.3).

5.4.2.3 Длительные аномальные воздействия и их последствия

5.4.2.3.1 Частный пробой (ЧП)

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.3.1).

5.4.2.3.2 Нагрев

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.3.2).

5.4.2.3.3 Механические удары

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.3.3).

5.4.2.3.4 Влажность

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.2.3.4).

5.4.3 Требования

5.4.3.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.3.1).

5.4.3.2 Устойчивость к воздействию напряжения

5.4.3.2.1 Основное положение

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.3.2.1).

5.4.3.2.2 Кратковременные перенапряжения

Основная и дополнительная изоляции должны соответствовать требованиям, предъявляемым:

- к импульсному выдерживаемому напряжению, соотнесенному с номинальным напряжением основного источника питания (см. IEC 60664-1, подпункт 4.3.3.1), и соответствующей категории перенапряжения в соответствии с IEC 60664-1 (таблица F.1, приложение F), или

- к импульсному выдерживаемому напряжению внутренних цепей оборудования, которое должно иметь цепи, устойчивые к временным перенапряжениям (см. 4.3.3.4).

Усиленная изоляция должна соответствовать требованиям, предъявляемым к импульсному напряжению, соотнесенному с номинальным импульсным напряжением, но по величине на одну ступень выше из предпочтительной серии значений, приведенных в IEC 60664-1 (подпункт 4.2.3), чем указано для основной изоляции. Если, в соответствии с 4.3.3.4.2, значение импульсного выдерживаемого напряжения, установленного для основной изоляции, иное, чем указано в предпочтительной серии, то усиленная изоляция должна иметь размеры, выдерживающие 160 % значения напряжения, установленного для основной изоляции.

Подтверждение соответствия испытаниями — см. 6.1.3.3.

5.4.3.2.3 Временные перенапряжения

Основная и дополнительная твердая изоляция должны быть устойчивы к следующим временным перенапряжениям:

- временным перенапряжениям U_n + 1200 В длительностью до 5 сек;

- временным перенапряжениям U_n + 250 В длительностью более 5 сек,

где U_n – номинальное напряжение между линией (фазой) и нейтралью в системе питания с заземленной нейтралью.

Усиленная изоляция должна выдерживать двойное значение временного перенапряжения, установленного для основной изоляции.

Подтверждение соответствия испытаниями — см. 6.1.3.

Примечания

1 Указанные выше значения имеются в IEC 60364-4-44 (глава 442), где U_n называется U_o.

2 Значения U_n указаны как действующие значения.

5.4.3.2.4 Значения восстанавливающих напряжений

Максимальные пиковые значения восстанавливающих напряжений, встречающиеся в главных низковольтных сетях, могут быть вычислены по формуле $F_4 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n$ или 1,1 пикового значения U_n. Когда приложено пиковое восстанавливающее напряжение, затухающее напряжение пробоя должны быть, по крайней мере,

$$F_1 \cdot F_4 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n \text{ или } 1{,}32 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n$$

для каждой основной и дополнительной изоляции и

$$F_1 \cdot F_3 \cdot F_4 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n \text{ или } 1{,}65 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n$$

для усиленной изоляции.

Примечание — Значение $\sqrt{2} \cdot U_n$ в системе с заземленной нейтралью является пиковым значением основного (неискаженного) напряжения между линией (фазой) и нейтралью. Применение многочисленных факторов, изложенных в настоящем пункте, дано в IEC 60664-1 (раздел D4, приложение D).

Для разъяснения фактора *F* см. 6.1.3.5.

Во внутренних цепях наибольшие пиковые значения восстанавливающих напряжений должны быть вычислены по формуле

$$F_4 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n$$

и к твердой изоляции должны быть установлены соответствующие требования.

Подтверждение соответствия испытаниями – см. 6.1.3.5.

5.4.3.2.5 Напряжение высокой частоты

Для напряжения с частотой более высокой, чем промышленная частота, должно учитываться воздействие частоты в соответствии с 5.4.2.2.1 и 5.4.2.3.1. Частота выше 1 кГц для целей настоящего стандарта рассматривается как высокая частота.

Технические комитеты должны указывать, что испытания в соответствии с 6.1.3.7 необходимы.

5.4.3.3 Устойчивость к кратковременным тепловым аномальным воздействиям

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.3.3).

5.4.3.4 Устойчивость к механическим воздействиям

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.3.4).

5.4.3.5 Устойчивость к длительным тепловым аномальным воздействиям

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.3.5).

5.3.3.6 Устойчивость к последствиям воздействия влажности

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.3.6).

5.3.3.7 Устойчивость к другим воздействиям

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 5.3.3.7).

6 Испытания и измерения

6.1 Испытания

6.1.1 Основные положения

Следующие процедуры испытаний, применяемые к типовым испытаниям с учетом того, что возможны повреждение или износ образцов, могут быть приемлемыми. Подразумевается, что испытанный образец не предназначен для дальнейшего использования.

Примечание 1 — Если планируется или требуется дальнейшее использование испытанного образца, необходимо отдельное решение технического комитета. В этом случае любое высоковольтное испытание должно комбинироваться с отдельным пробоем, измеряемым в соответствии с 6.1.3.5 и IEC 60664-1 (приложение C).

Испытательные процедуры заключаются в:

- проверке изоляционных промежутков (см. 6.1.2);
- проверке твердой изоляции (см. 6.1.3);
- диэлектрических испытаниях комплектного оборудования (см. 6.1.4);
- других испытаниях (см. IEC 60664-1 (подпункт 6.1.5)).

Воздействия на изоляционные промежутки и твердую изоляцию, выраженные кратковременными перенапряжениями, оцениваются испытаниями импульсным напряжением, которое может быть заменено испытаниями переменным или постоянным напряжением. Изоляционные промежутки равные или большие, чем приведенные для случая А таблицы 2, могут быть подтверждены измерением или испытанием напряжением. Если значения промежутков меньше, чем приведенные для случая А таблицы 2, они должны быть подтверждены испытаниями напряжением.

Способность твердой изоляции быть устойчивой к воздействию напряжения в любом случае должна быть подтверждена испытаниями напряжением. Стойкость к воздействию кратковременных напряжений оценивается испытанием импульсным напряжением, которое может быть заменено испытаниями напряжениями переменного или постоянного тока. Стойкость к воздействию длительного напряжения переменного тока может быть подтверждена только испытанием переменным напряжением. Испытание напряжением постоянного тока величиной, равной амплитудному значению напряжения переменного тока, неполностью эквивалентно испытанию переменным током вследствие различных характеристик стойкости твердой изоляции к различным типам напряжения. Тем не менее, в случае воздействия только напряжения постоянного тока, испытание постоянным током применимо.

Примечание 2 — Если для подтверждения изоляционных промежутков возможна замена испытания импульсным напряжением испытаниями напряжениями переменного или постоянного тока, то для подтверждения твердой изоляции принципиально невозможна замена испытания переменным током испытанием импульсным напряжением. Основная причина этого – различия в распространении импульсного напряжения в сравнении с напряжением промышленной частоты, особенно в комплексных цепях, в формах зависимости характеристик стойкости твердой изоляции и в продолжительности воздействия аномального напряжения.

6.1.2 Испытания для подтверждения соответствия изоляционных промежутков (зазоров)

6.1.2.1 Основные положения

Когда электрооборудование подвергается электрическим испытаниям для подтверждения соответствия изоляционных промежутков, испытания проводят на стойкость к напряжению, указанному в 5.2. Необходимое испытание для подтверждения соответствия изоляционных промежутков – испытание импульсным напряжением, однако в соответствии с 5.2.3 данное испытание требуется для изоляционных промежутков меньших, чем значения, указанные для случая А таблицы 2.

Если устойчивость к воздействиям длительного напряжения, пикового возвращающегося напряжения или временного перенапряжения в соответствии с 5.2 является определяющим для измерения изоляционных промежутков и если изоляционные промежутки меньше, чем значения, указанные для случая А таблицы 3, необходимы испытания переменным напряжением в соответствии с IEC 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.2.2).

Когда подтверждение соответствия изоляционных промежутков внутри оборудования проводится испытанием импульсным напряжением, то необходимо обеспечить определение импульсного напряжения, прикладываемого к изоляционным промежуткам при испытании.

Примечания

1 Электрическое испытание изоляционных промежутков желательно также воздействует на смежную твердую изоляцию.

2 Для некоторых случаев данные испытания можно использовать для проверки расстояний утечки, см. 5.3.2.6.

3 Для испытаний законченного (комплектного) оборудования см. 6.1.4.

6.1.2.2 Испытания напряжением

6.1.2.2.1 Диэлектрическое испытание импульсным напряжением

6.1.2.2.1.1 Основные положения

Целью данного испытания является подтверждение соответствия изоляционных промежутков устойчивости к кратковременным перенапряжениям. Испытание импульсным выдерживаемым напряжением проводится импульсом формы волны 1,2/50 мс значением амплитуды в соответствии с IEC 60664-1 (таблица F.5, приложение F). Применяется форма волны по IEC 61180-1 (разделы 6.1 и 6.2). Она применяется для моделирования перенапряжений, возникающих вследствие процессов атмосферного характера и вследствие коммутационных процессов низковольтного оборудования.

В силу разброса результатов испытаний при разных испытательных импульсах испытания должны проводится минимум тремя импульсами при каждой полярности с интервалами не менее 1 сек между импульсами.

Примечание 1 — Выходной импеданс импульсного генератора должен быть не более 500 Ом. При проведении испытаний на оборудовании со встроенными компонентами, через которые проходит испытательный ток, должен быть указан наиболее низкий виртуальный импеданс импульсного генератора (см. IEC 61180-2, пункт 9.2). В таких случаях возможен резонансный эффект, который может увеличить пиковое значение испытательного напряжения, что должно быть учтено при назначении испытательного напряжения.

Технические комитеты могут назначать альтернативные испытания диэлектрических характеристик изоляции в соответствии с 6.1.2.2.2.

Примечание 2 – Значения, указанные в IEC 60664-1 (таблица F.5, приложение F) получены в результате расчетов, приведенных в IEC 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.1.3). Для точности информации взяты наивысшие значения точности. В некоторых случаях технические комитеты могут округлять значения.

6.1.2.2.1.2 Выбор импульсного испытательного напряжения

Если необходимо электрическое испытание координации изоляции оборудования с учетом изоляционных промежутков (для изоляционных промежутков меньших, чем значения, указанные для случая А таблицы 2), оборудование должно испытываться импульсным напряжением, соответствующим номинальному импульсному напряжению, установленному в соответствии с 4.3.3. Для назначения испытательного импульсного напряжения применяется IEC 60664-1 (таблица F.5, приложение F).

Для условий испытаний технические комитеты должны установить значения температуры и влажности.

Технические комитеты должны рассмотреть вопрос о том, должны ли дополнительно к типовым испытаниям проводиться выборочные или контрольные испытания.

6.1.2.2.1.3 Расчет значений по IEC 60664-1, таблица F.5 (приложение F).

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.1.3).

6.1.2.2.2 Испытания альтернативные, диэлектрическим испытаниям импульсным напряжением

6.1.2.2.2.1 Основные положения

Технические комитеты могут определять испытания напряжением переменного или постоянного тока для частичного оборудования как альтернативный метод.

Примечание – Когда испытания переменным или постоянным током с пиковым значением напряжения, соответствующим импульсному испытательному напряжению указанному в IEC 60664-1 (таблица F.5, приложение F), используют для подтверждения стойкости изоляционных промежутков, это вызывает более высокое воздействие на твердую изоляцию вследствие более длительного воздействия испытательного напряжения. Это несомненно может перегрузить и повредить твердую изоляцию. Технические комитеты должны учитывать это обстоятельство при назначении испытаний переменным или постоянным током в качестве альтернативы испытаниям импульсным напряжением. Как альтернативный вариант испытание импульсным напряжением приведено в 6.1.2.2.1.

6.1.2.2.2.2 Диэлектрическое испытание напряжением переменного тока

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.2.2).

6.1.2.2.2.3 Диэлектрическое испытание напряжением постоянного тока

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.2.3).

6.1.3 Испытания для подтверждения соответствия твердой изоляции

6.1.3.1 Выбор испытаний

Твердая изоляция, которая может быть объектом механических воздействий в процессе применения, хранения, транспортирования или установки оборудования, должна быть испытана с учетом механических вибраций и ударов перед диэлектрическими испытаниями. Технические комитеты могут устанавливать методы испытаний.

Примечание – Стандартные методы испытаний устанавливают из соответствующей части IEC 60068.

Испытания для координации изоляции являются типовыми испытаниями. Они состоят из следующих видов:

a) Испытания импульсным выдерживаемым напряжением для подтверждения способности твердой изоляции выдерживать номинальное импульсное напряжение (см. 5.4.3.2.2).

b) Испытание напряжением переменного тока для подтверждения стойкости твердой изоляции к:

- кратковременным перенапряжениям (см. 5.4.3.2.3);
- повышенному напряжению длительного воздействия;
- восстанавливающему пиковому напряжению (см. 5.4.3.2.4).

Если пиковое значение испытательного напряжения переменного тока равно или больше номинального импульсного напряжения, испытание напряжением переменного тока перекрывает испытание импульсным напряжением.

Твердая изоляция имеет различные характеристики стойкости по сравнению со стойкостью изоляционных воздушных промежутков, если время воздействия повышается. В основном способность стойкости изоляции значительно снижается. Из этого следует, что испытание переменным током, если оно определено для подтверждения соответствия стойкости твердой изоляции, не может заменить испытания импульсным напряжением.

c) Испытание отдельным (частичным) пробоем служит для подтверждения того, что нет отдельных пробоев при воздействии на твердую изоляцию:

- повышенного напряжения длительного воздействия;
- перенапряжений временного действия (см. 5.4.3.2.3);
- восстанавливающего пикового напряжения (см. 5.4.3.2.4).

d) Испытание напряжением переменного тока высокой частоты для подтверждения отсутствия повреждений при диэлектрическом нагреве в соответствии с 5.4.3.2.5.

Технические комитеты должны уточнять, какие типовые испытания требуются при возможных воздействиях, имеющих место в оборудовании.

Испытания частичными пробоями для твердой изоляции должны назначаться, если значение пикового напряжения, указанного в перечислении c), превышает 700 В и разность напряженности поля в среднем превышает 1 кВ/мм. Разность напряженности поля – это значение пикового напряжения на расстоянии между двумя точками с разным потенциалом.

Вышеуказанные испытания могут быть также предназначены для выборочных или контрольных испытаний. Тем не менее, в обязанность технических комитетов входит определение перечней выборочных и контрольных испытаний, которые должны подтверждать качество изоляции в процессе производства. Методы испытания и условия испытаний, предназначенных для этих проверок, должны быть такими, чтобы правильно оценивать характеристики изоляции без причинения ей повреждения.

Когда испытания проводятся на комплектном оборудовании, следует применять процедуры, указанные в 6.1.4.

6.1.3.2 Условия испытаний

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.3.2).

6.1.3.3 Испытание импульсным напряжением

6.1.3.3.1 Методы испытаний импульсным напряжением по 6.1.2.2.1 применяются также и к твердой изоляции, исключая то, что корректирующий фактор, указанный в IEC 60664-1 (таблица F.5, приложение F), не применяется. Испытание должно быть проведено подачей пяти импульсов при каждой полярности с интервалами между импульсами 1 сек. Форма волны каждого импульса должна записываться (см. IEC 60664-1, подпункт 6.1.3.3.2).

6.1.3.3.2 Применяемый критерий

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.3.3.2).

6.1.3.4 Испытания напряжением переменного тока промышленной частоты

6.1.3.4.1 Метод испытания

Форма волны испытательного напряжения промышленной частоты должна быть синусоидальной. Это требование выполнено, если соотношение между пиковым и действующим значениями напряжения составляет $\sqrt{2} \pm 3\%$. Пиковое значение переменного испытательного напряжения должно быть равно максимальному напряжению, указанному в перечислении b) 6.1.3.1.

Испытательное напряжение для основной и дополнительной изоляции должно иметь то же самое значение, что и напряжения, указанные в перечислении b) 6.1.3.1. Для усиленной изоляции испытательное напряжение должно иметь удвоенное значение, указанное для основной изоляции.

Испытательное напряжение должно равномерно подниматься от 0 В до значения, указанного в 5.3.3.2, за время не более 5 сек и удерживаться в течение времени, по крайней мере, 60 сек.

В тех случаях, когда временное перенапряжение короткого периода действия требует назначения наиболее строгих требований с учетом амплитуды испытательного напряжения, уменьшение длительности испытания до минимального значения 5 сек должно быть рассмотрено техническими комитетами.

Примечание 1 — Отдельные типы изоляции, подвергаемые длительному воздействию, могут потребовать обнаружения слабых мест в твердой изоляции.

Примечание 2 — В случае испытаний с учетом высокого значения устойчивого напряжения, включая высокое пиковое значение, восстанавливающее напряжение, технические комитеты должны рассматривать введение границ безопасности испытательного напряжения.

В некоторых случаях испытательное напряжение переменного тока необходимо заменять испытательным напряжением постоянного тока со значением равным пиковому значению напряжения переменного тока, однако это испытание желательно должно быть менее жесткое, чем испытание переменным током. Технические комитеты должны давать заключения по этой ситуации (см. 6.1.3.6).

Испытательное оборудование указано в IEC 61180-2. Рекомендуется, чтобы ток короткого замыкания на выходе генератора был не менее 200 мА.

Примечание 3 — Для испытательных напряжений превышающих 3 кВ, необходимо, чтобы номинальная мощность испытательного оборудования была не менее 600 ВА.

Ток срабатывания генератора должен быть установлен на рабочее значение 100 мА или для испытательного напряжения выше 6 кВ на возможно бóльшее значение.

Примечание 4 — Для контрольных испытаний ток срабатывания может быть отрегулирован на меньшую величину, но не менее 3,5 мА.

6.1.3.4.2 Применяемый критерий

Не должно быть случаев перекрытия твердой изоляции.

6.1.3.5 Испытания отдельным пробоем

6.1.3.5.1 Основные положения

Форма волны испытательного напряжения переменного тока промышленной частоты должна быть синусоидальной. Это требование выполнено, если соотношение между пиковым и действующим значениями напряжения составляет $\sqrt{2}$ ± 3%. Пиковое значение U_t (см рисунок 1) должно быть равно наибольшему значению, указанному в перечислении c) 6.1.3.1, с учетом повышающих коэффициентов F_1, F_3, и F_4, что применимо.

Методы испытания отдельным пробоем приведены в IEC 60664-1 (приложение C). При выполнении испытания применяют повышающие коэффициенты. Такие примеры имеются для пикового восстанавливающего напряжения $U_{гр}$, аналогичные коэффициенты применяются для высокого устойчивого напряжения и продолжительных временных перенапряжений.

F_1 – основной коэффициент (фактор) безопасности для испытания отдельным пробоем и назначения размеров основной и дополнительной изоляции.

Затухающее напряжение частичного пробоя может воздействовать при окружающих условиях, таких как температура. Эти воздействия учтены основным коэффициентом безопасности F_1 равным 1,2.

Из этого следует, что затухающее напряжение частичного пробоя для основной и дополнительной изоляции равно, по крайней мере 1,2 $U_{гр}$.

F_2 – коэффициент (фактор) запаздывания частичного пробоя.

Запаздывания происходят между началом воздействия напряжения частичного пробоя U_i и началом воздействия напряжения частичного пробоя U_e. Отдельные опыты показывают, что F_2 не более значения 1,25. Из этого следует, что для основной и дополнительной изоляции начальное значение испытательного напряжения составляет $F_1 \cdot F_2 \cdot U_{гр}$, то есть $1{,}2 \cdot 1{,}25 \cdot U_{гр}$, что равно 1,5 $U_{гр}$.

Примечание — Учитывается, что энергия частичного пробоя инициирована временным перенапряжением, превышающим U_i, и может поддерживаться, например, при значениях пикового восстанавливающего напряжения, превышающих значение U_e. Эта ситуация может потребовать применения для испытания импульсного и переменного напряжений, что неудобно. Из этого следует, что испытание переменным напряжением выполняют при возникновении повышенного напряжения.

F_3 – дополнительный коэффициент (фактор) безопасности для испытания отдельным разрядом и назначения размеров усиленной изоляции.

Для усиленной изоляции требуется оценка более значительных рисков. Из этого следует, что необходим дополнительный коэффициент безопасности F_3 равный 1,25. Начальное значение испытательного напряжения равно $F_1 \cdot F_2 \cdot F_2 \cdot U_{гр}$, или $1{,}2 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}25 \cdot U_{гр}$, что равно 1,875 $U_{гр}$.

F_4 – коэффициент (фактор), учитывающий отклонение от номинального напряжения U_n в главной низковольтной системе питания.

Для цепей, присоединенных к главной низковольтной системе питания, этот коэффициент учитывает отклонение напряжения в главной системе от его номинального значения. Из этого следует, что пик значения напряжения относительно номинального значения U_n отличается увеличением с учетом коэффициента F_4 равного 1,1.

6.1.3.5.2 Подтверждение соответствия

Испытание подтверждает, что отдельные пробои поддерживаются при наибольших из следующих значений:

- пикового значения максимального устойчивого напряжения;
- пикового значения временного перенапряжения длительного действия (см. 5.3.3.2.3);
- восстанавливающего пикового напряжения (см. 5.3.3.2.4).

Примечание — Для случаев, когда дополнительно требуется иметь данные действительных значений начального и затухающего напряжения, процедура измерения дана в IEC 60664-1 (раздел D.1, приложение D).

При испытаниях испытание отдельным импульсом главным образом применяется к компонентам, небольшим сборочным единицам и небольшому оборудованию. При испытании комплектного оборудования следует обратить внимание на необходимость установления предельного ослабления сигнала частичного разряда, когда измерения проводят на выводах оборудования.

Вследствие коэффициента F_1, минимальное необходимое значение затухающего напряжения пробоя должно быть более высоким, чем наибольшее значение напряжения, зарегистрированное выше.

В соответствии с видом испытательного образца технические комитеты должны оговорить:

- испытательный ток (IEC 60664-1, раздел C.1, приложение C);

- измерительное оборудование (IEC 60664-1, раздел C.3, приложение C и раздел D.2, приложение D);
- измерение частоты (IEC 60664-1, пункт C.3.1, приложение C и пункт D.3.3, приложение D);
- процедуры испытаний (6.1.3.5.3).

6.1.3.5.3 Процедуры испытания

Значение испытательного напряжения U_t равно 1,2 значения необходимого напряжения U_e, вызывающего одиночный пробой. В связи с задержкой одиночного пробоя (см. 6.1.3.5.1) должно быть приложено 1,25-кратное значение начального напряжения.

Напряжение должно постепенно подниматься от 0 В до начального испытательного напряжения $F_2 \cdot U_t$, или $F_1 \cdot F_2$, то есть 1,2·1,25, что равно 1,5-кратному значению наибольшего из напряжений, указанных в 6.1.3.5.2. Его поддерживают постоянным в течение заданного времени t_1 не превышая 5 сек. Если отсутствуют факты частичного пробоя, испытательное напряжение понижают до 0 В после достижения времени t_1. Если происходят отдельные пробои, испытательное напряжение поднимают до значения испытательного напряжения U_t и поддерживают постоянным в течение указанного времени t_2 только тогда, когда производят измерение амплитуды частичного пробоя.

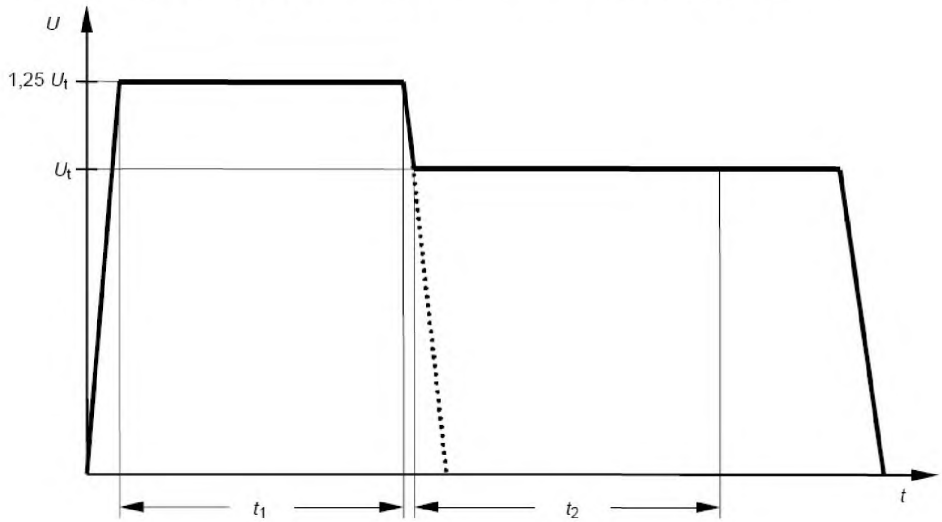


Рисунок 1 – Испытательное напряжение

6.1.3.5.4 Применяемый критерий

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.3.5.4).

6.1.3.6 Испытание напряжением постоянного тока

Напряжение постоянного тока, если его значение равно пиковому значению напряжения переменного тока, неполностью эквивалентно воздействию напряжения переменного тока вследствие различного воздействия на твердую изоляцию напряжений этих типов. Тем не менее, в случае воздействия на изоляцию чистого постоянного напряжения испытания напряжением постоянного тока применимо.

Испытательное напряжение постоянного тока не должно содержать пульсации. Это требование выполнено, если соотношение между пиковым значением напряжения и средним значением составляет 1,0 ± 3 %. Среднее значение испытательного напряжения постоянного тока должно быть равно пиковому значению напряжения переменного тока, указанному в перечислении b) 6.1.3.1.

Для основной изоляции и дополнительной изоляции испытательное напряжение должно быть тем же самым, которое указано в перечислении b) 6.1.3.1. Для усиленной изоляции испытательное напряжение должно быть равно двойному значению напряжения, применяемого для испытания основной изоляции.

Испытательное напряжение постоянного тока должно равномерно подниматься от 0 В до значения, указанного в 5.4.3.2, за время не более 5 сек и удерживаться в течение, по крайней мере 60 сек.

Примечание 1 — В определенных случаях ток пробоя от конденсаторов может быть бóльшей величины и длительности, чем необходимо.

Испытательное оборудование указано в IEC 61180-2. Рекомендуется, чтобы ток короткого замыкания на выходе генератора был не менее 200 мА.

Примечание 2 — Для испытательных напряжений, превышающих 3 кВ, необходимо, чтобы номинальная мощность испытательного оборудования была не менее 600 ВА.

Ток срабатывания генератора должен быть установлен на рабочее значение 100 мА или для испытательного напряжения выше 6 кВ на возможно бóльшее значение.

Примечание 3 — Для контрольных испытаний ток срабатывания может быть отрегулирован на меньшую величину, но не менее 10 мА.

6.1.3.7 Испытание напряжением переменного тока высокой частоты

Для испытания напряжением переменного тока высокой частоты по 5.3.3.2.5 могут быть необходимы дополнительное или альтернативное испытания напряжением переменного тока по 6.1.3.4 или испытание отдельным пробоем по 6.1.3.5.

6.1.4 Проведение диэлектрических испытаний на комплектном оборудовании

6.1.4.1 Основные положения

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.4.1).

6.1.4.2 Испытуемые части

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.4.2).

6.1.4.3 Подготовка цепей оборудования

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.4.3).

6.1.4.4 Значение испытательного напряжения

Цепи, подключенные к главной низковольтной сети, испытываются в соответствии с 6.1.2 и 6.1.3.

Испытательное напряжение, приложенное между двумя цепями оборудования, должно иметь значение, соотнесенное с наибольшим значением напряжения, которое может прилагаться между этими цепями.

6.1.4.5 Критерии оценки

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.4.5).

6.1.5 Другие испытания

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.5).

6.1.6 Точность измерений испытуемых параметров

Применяется IEC 60664-1 (подпункт 6.1.6).

6.2 Измерение изоляционных промежутков и расстояний утечки

Применяется IEC 60664-1 (пункт 6.2).

Приложение А
(справочное)

Назначение устойчивого минимума изоляционной стойкости

А.1 Предварительное уточнение

Данное приложение содержит информацию о назначении размеров расстояний утечки, обеспечивающих необходимое сопротивление изоляции при действующих значениях напряжения ниже 10000 В, которое распространяется на расстояния утечки менее 250 мм. Несмотря на то, что настоящий стандарт ограничивает размеры расстояний утечки двумя миллиметрами, данная информация содержит характеристики расстояний утечки, основанных на уровне влажности и вне степени загрязнения.

А.2 Соотношение между минимальным сопротивлением изоляции и уровнем влажности

Согласование с заданным максимальным током утечки или минимальным сопротивлением изоляции может быть проверено применением значений сопротивлений, приведенных в таблице А.1 настоящего приложения, и с учетом зависимости от максимальной относительной влажности, ожидаемой на поверхности изоляции. Значения в таблице А.1 настоящего приложения основаны на данных исследований для расстояний утечки, приведенных в таблице А.2 настоящего приложения, между параллельными проводниками, имеющими длину 50 мм. Для других, более длинных размеров, может предполагаться наличие обратно-пропорциональной зависимости сопротивления изоляции.

Значения в таблице А.1 настоящего приложения показывают зависимость между уровнями влажности и относительной влажностью микросреды и действительны, когда длительно нет конденсации на поверхности изоляции.

Таблица А.1 — Минимальные сопротивление изоляции

Уровень влажности	Относительная влажность, %		Минимальное сопротивление изоляции, Ом
	Длительная	Кратковременная	
HL 2[a)]	≤ 75	≤ 75	$> 10^6$
HL 2	≤ 75	≤ 85	$> 10^5$
HL 3	≤ 95	≤ 95	$> 10^4$

Примечания

1 Относительная влажность большая, чем 95 %, которая существует длительный период, может вызвать дальнейшее снижение сопротивления изоляции. Тем не менее, сопротивление изоляции в основном должно оставаться выше 10^3 Ом.

2 Значения для минимального сопротивления изоляции применяются при самых худших условиях. Средние минимальные значения, по меньшей мере, на один порядок выше.

3 Результаты испытаний показывают, что сопротивление изоляции может быть уменьшено на два порядка, если относительная влажность увеличивается с 50 % до 75 %. Рост относительной влажности с 75 % до 95 % может вызвать дальнейшее снижение сопротивления изоляции более чем на два порядка.

[a)] Минимальное сопротивление изоляции более 10^6 Ом может быть только в условиях уровня влажности HL 2, если относительная влажность не превышает 75 % в течение короткого периода.

Таблица А.2 — Расстояния утечки, поддерживающие минимальную прочность изоляции

Действующее значение напряжения[a)], В	Минимальные расстояния утечки, мм			
	Уровень влажности			
	HL 2, напряжение постоянного тока	HL 2, напряжение переменного тока	HL 3, напряжение постоянного тока	HL 3, напряжение переменного тока[b)]
≤ 40	–	–	1,0	1,0
50	–	–	1,0	1,25
63	0,16	0,16	1,0	1,6
80	0,19	0,19	1,2	2,0
100	0,22	0,22	1,4	2,5
125	0,25	0,27	1,6	3,1
160	0,30	0,42	1,9	4,0
200	0,35	0,66	2,2	5,0
250	0,40	1,0	2,5	6,3
320	0,63	1,5	3,2	8,0[c)]
400	1,0	2,5	4,0	10,0
500	1,5	4,0[c)]	5,0	12,5
630	2,5	6,3	6,3	16
800	4,0[c)]	8,0[c)]	8,0[c)]	20
1000	5,0	10,0	10,0	25

Окончание таблицы А.2

Действующее значение напряжения[a], В	Минимальные расстояния утечки, мм			
	Уровень влажности			
	HL 2, напряжение постоянного тока	HL 2, напряжение переменного тока	HL 3, напряжение постоянного тока	HL 3, напряжение переменного тока[b]
1250	6,3	12,5	12,5	32
1600	8,0	16	16	40
2000	10,0	20	20	50
2500	12,5	25	25	63
3200	16	32	32	80
4000	20	40	40	100
5000	25	50	50	125
6300	32	63	63	160
8000	40	80	80	200
10000	50	100	100	250

[a] Это напряжения для:
- функциональной изоляции — рабочее напряжение;
- основной и дополнительной изоляции для цепей, питаемых непосредственно от основного источника питания — см. 4.3.2.2.1; напряжения, указанные в IEC 60664-1, таблица F.3a и таблица F.3b (приложение F), основаны на номинальном напряжении оборудования или номинальном напряжении изоляции;
- основной и дополнительной изоляции систем, оборудования или внутренних цепей, когда питание осуществляется не от основного источника — см. IEC 60664-1, 4.3.2.2.2; высокое значение действующего напряжения может воздействовать на систему, оборудование или внутренние цепи, питаемые номинальным напряжением и работающие в различных сочетаниях комбинаций номинальных характеристик оборудования.

[b] Стеклонаполненные ламинаты (FR4) и поликарбонаты не могут применяться в этих условиях.

[c] Эти значения и значения для бóльших напряжений могут быть установлены пересчетом по линейной зависимости исследовательских значений.

А.3 Назначение размеров

Размеры, указанные в таблице А.2 и таблице А.3 настоящего приложения, применяются для наибольшей влажности, указанной в таблице А.1 настоящего приложения. Влажность, превышающая 95 %, или конденсация влаги, когда напряжение прикладывается поперек расстояния утечки, постоянно снижают сопротивление изоляции. Минимальные размеры для изоляционных промежутков в таблице А.2 настоящего приложения оценены на основе систематического сбора данных и пересчета с учетом прогнозируемого срока службы оборудования в течение 15 лет в условиях воздействия напряжения.

Приложение В
(обязательное)

Испытание влагопоглощения

В.1 Объект испытаний

Для назначения размеров изоляционных промежутков с учетом искровых пробоев применимы характеристики влагопоглощения изоляционных материалов. В соответствии со стойкостью к импульсному выдерживаемому напряжению поверхностей различных изоляционных материалов в условиях влажности установлены группы влагостойкости WAG 1, WAG 2, WAG 3 и WAG 4. Объектом данных испытаний является оценка соответствующих групп влагопоглощения для поверхностей изоляционных материалов путем установления критической относительной влажности.

В.2 Характеристики стойкости расстояний утечки в условиях высокой влажности

Стойкость к напряжению расстояний утечки может существенно снижаться с ростом влажности. В этих условиях влага может адсорбироваться поверхностью изоляционного материала. Малые расстояния утечки наиболее подвержены этому явлению.

В.3 Метод испытаний

В.3.1 Испытательный образец

Для испытаний должен применяться новый образец изоляционного материала толщиной примерно 1 мм, размерами и формой конфигурации электрода согласно рисунку В.1 настоящего приложения. Он может быть подготовлен методом производства печатных плат, в этом случае соответствующая очистка от резистивных продуктов существенно влияет на результаты испытаний. Результаты испытаний для всех измеренных точек должны быть включены в общую оценку результатов.

Примечание — Если испытательный образец был подготовлен иным методом, чем метод производства печатных плат, часть материала с плоской поверхностью может быть применена с запрессовыванием в поверхность электродов, как показано на рисунке В.1 настоящего стандарта. На образце должно быть проведено минимум десять испытаний с распределением точек измерений при критической относительной влажности, присущей неоднородным структурам компаундных материалов. По мере получения результатов вычисляют средние значения.

В.3.2 Измерение импульсных выдерживаемых напряжений

Испытательная цепь приведена на рисунке В.2 настоящего приложения. Испытательное напряжение отрицательной полярности, имеющее форму волны 1,2/50 мкс (см. IEC 61180-1), получают от импульсного генератора с выходным импедансом в диапазоне от 50 Ом до 500 Ом. Испытательный образец помещают в климатическую камеру и поднимают влажность до требуемого значения. На образец подают напряжение от импульсного генератора. Статистические разбросы импульсного выдерживаемого напряжения снижают, воздействуя посредством ультрафиолетового излучения при подсветке испытательной поверхности ртутной вакуумной лампой. В наблюдении посредством ультрафиолетового фильтра нет необходимости, если последовательно происходит от 10 до 20 пробоев, лучше на нескольких образцах. В этом случае разброс пробивного напряжения анализируется и выдерживаемое напряжение устанавливается по минимальному значению (вычисленному как среднее из трех наименьших значений). Прикладываемое испытательное напряжение должно измеряться высоковольтным датчиком и цифровым запоминающим осциллографом.

Примечание — Испытания могут проводиться с применением компьютерного измерения подходящим интерфейсом.

В.3.3 Процедура испытаний

Образцы подготавливают с расстоянием между электродами 6,3, 2,5, 1,0, 0,4 и 0,16 мм в соответствии с рисунком В.1 настоящего приложения. При отборе образцов должны учитываться последствия воздействия процессов изготовления поверхности материала, т.е прессованием или механической обработкой.

Применяются следующие процедуры.

Испытуемый образец выдерживают при температуре (25 ± 1) °С и относительной влажности (70 ± 3) % в течение четырех часов. После этого прикладывают импульсное выдерживаемое напряжение, измеряемое в соответствии с В.3.2 при различных значениях относительной влажности.

Начальное значение относительной влажности 70 % увеличивают возможно быстро ступенями по 5 % вплоть до значения 95 %. При каждом увеличении на одну ступень измеряют выдерживаемое импульсное напряжение. Критической считается влажность, при которой выдерживаемое импульсное напряжение снижается до уровня 95 % от выдерживаемого значения при относительной влажности 70 %.

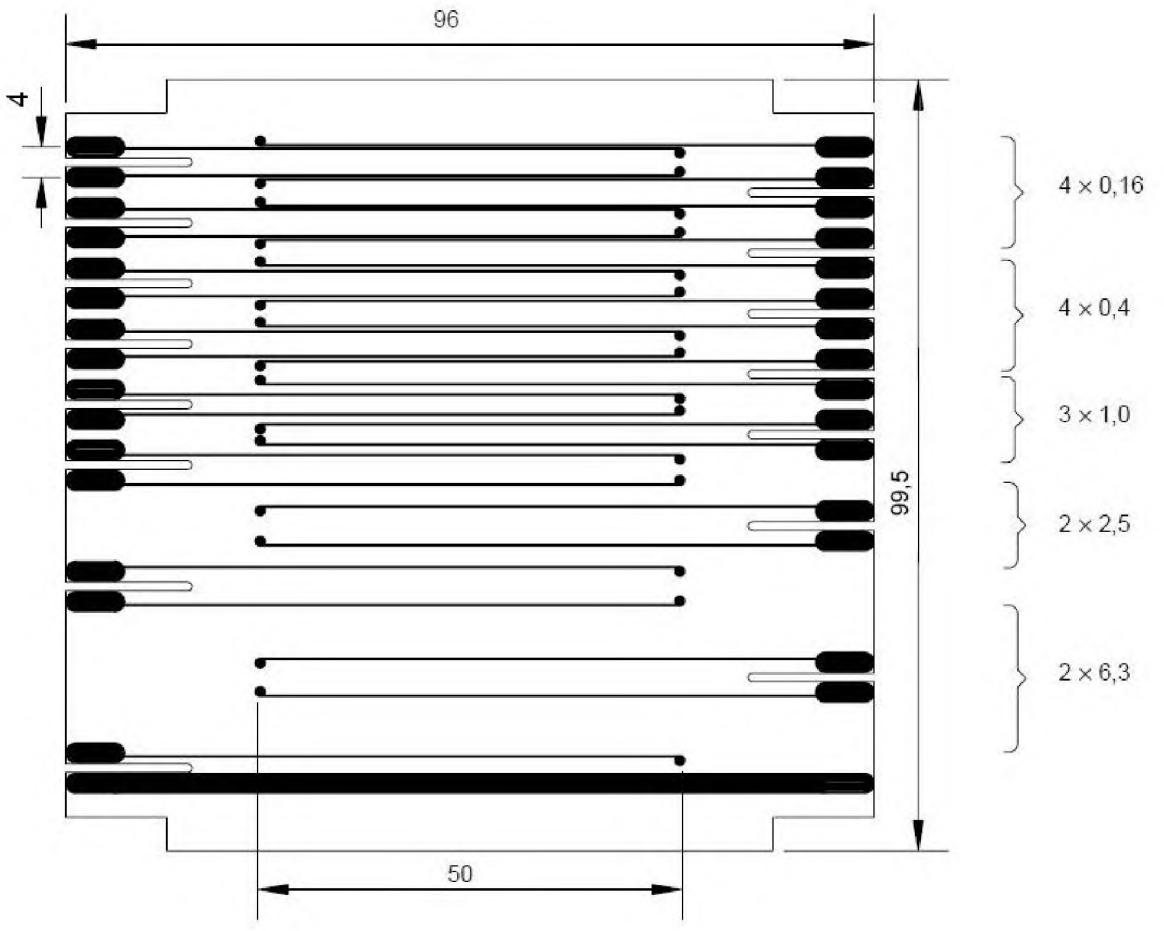
Импульсы напряжения с увеличением амплитуды прикладывают поперек каждого электрода до появления искрового пробоя. Импульсное выдерживаемое напряжение оценивают согласно В.3.2.

Критическую относительную влажность определяют для каждого расстояния утечки и группы влагопоглощения, приведенной в 5.3.2.3.5. Графическое представление результатов испытаний критической влажности для материалов, указанных в 5.3.2.3.5, представлено, на рисунке В.3 настоящего приложения.

Примечания

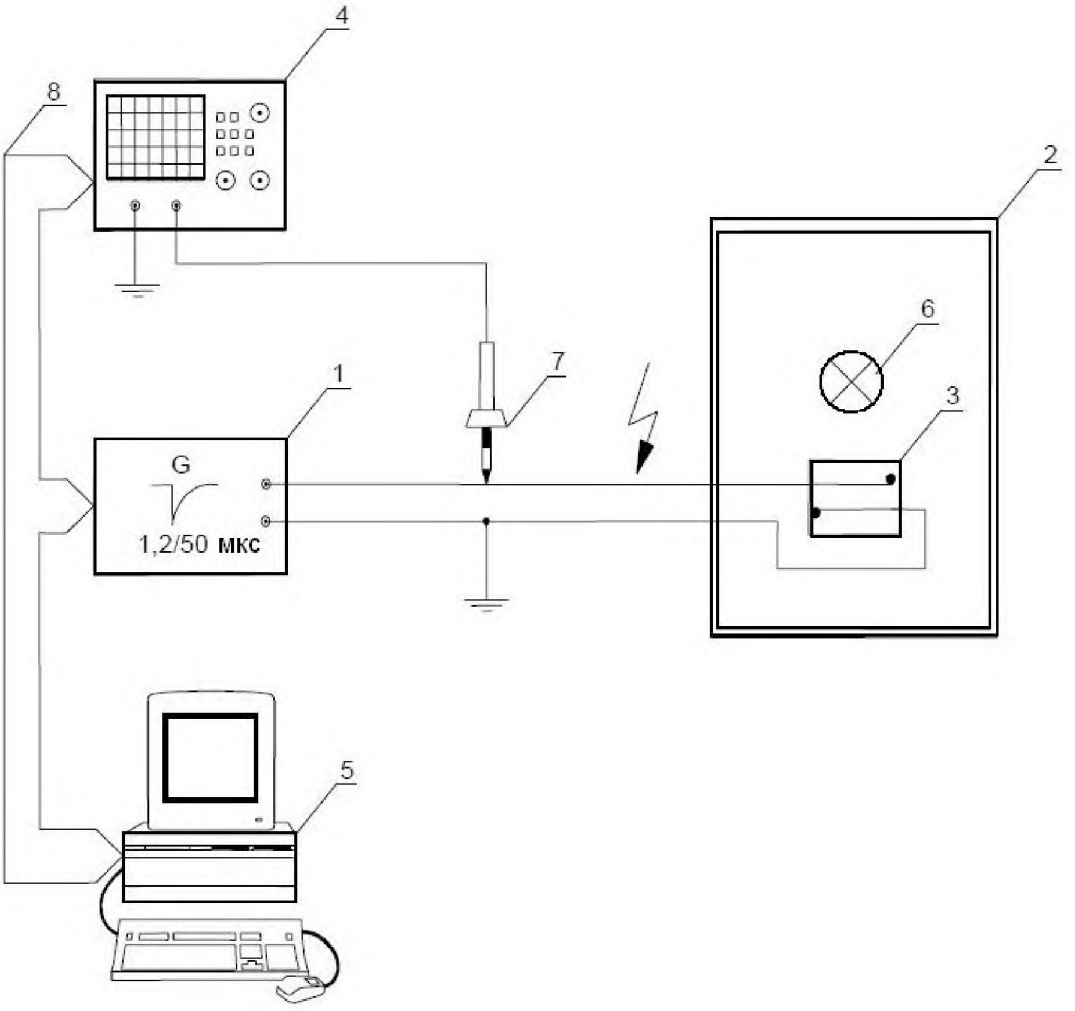
1 Испытательный образец, соответствующий рисунку В.1 настоящего приложения, содержит ряд измерительных точек для каждого расстояния утечки для приложения испытательного напряжения.

2 Графики на рисунке В.3 настоящего приложения основаны на измерениях при малом шаге прироста влажности в 1 %.



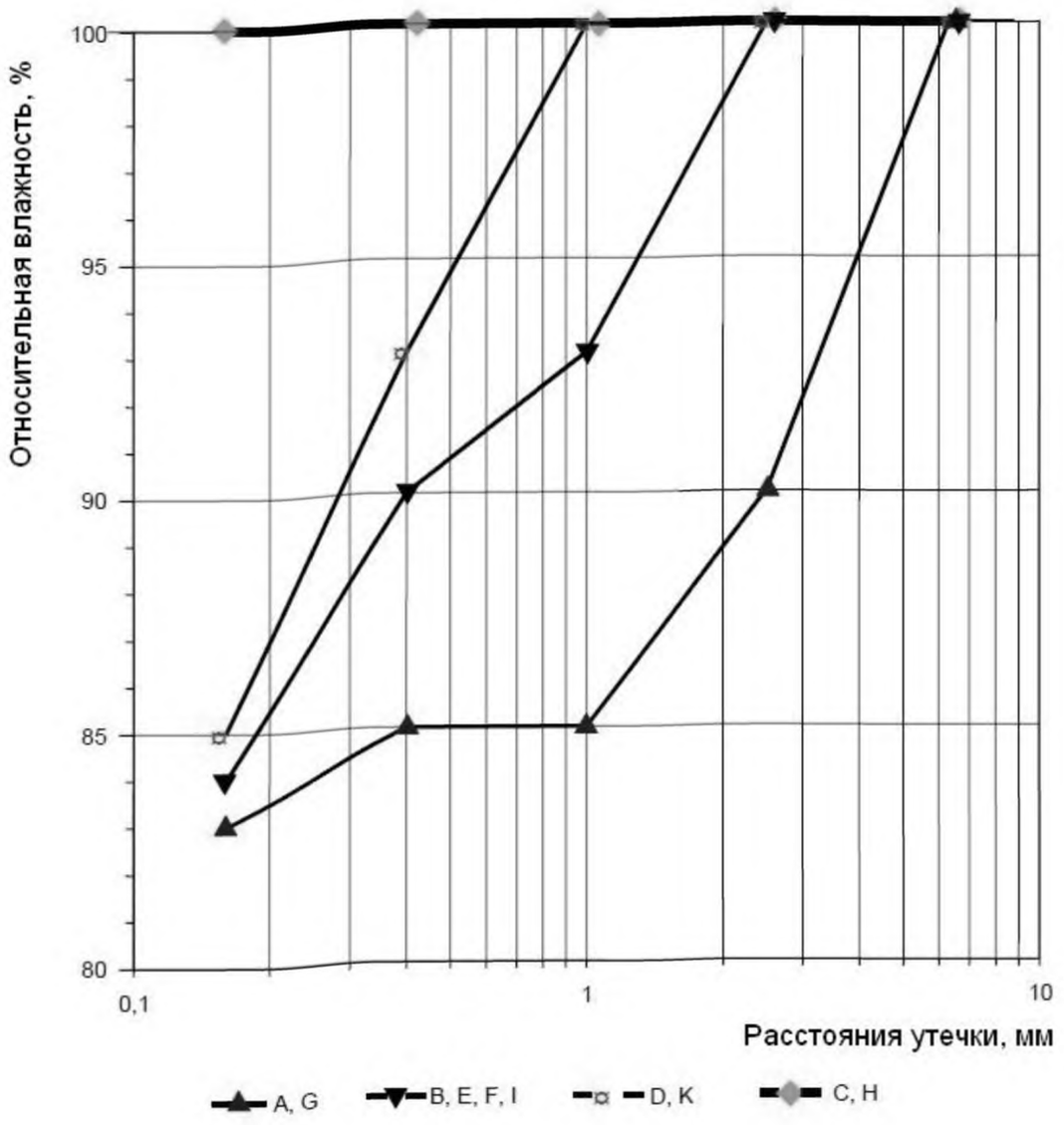
Размеры в мм

Рисунок В.1 — Эскиз испытательного образца



1 — генератор импульсов; *2* — климатическая камера; *3* — испытательный образец;
4 — цифровой запоминающий осциллограф; *5* — компьютер; *6* — лампа ультрафиолетового излучения;
7 — высоковольтный датчик; *8* — коммуникационные проводники

Рисунок В.2 — Испытательная установка



A — керамика (97 % Al_2O_3, без стекла); *B* — стеклонаполненные эпоксидные ламинаты FR4; *C* — полиэстровая резина, тип 802; *D* — фенольная резина, тип 31,5; *E* — полиимидные пленки, оклеивающие стеклонаполненный эпоксидный ламинат FR4; *F* — фенольная резина, оклеивающая ламинат FR2; *G* — полиэстеровый ламинат GPO III; *H* — меламиновая резина, тип 150; *I* — полибутелентерефтолат; *K* — поликарбонат

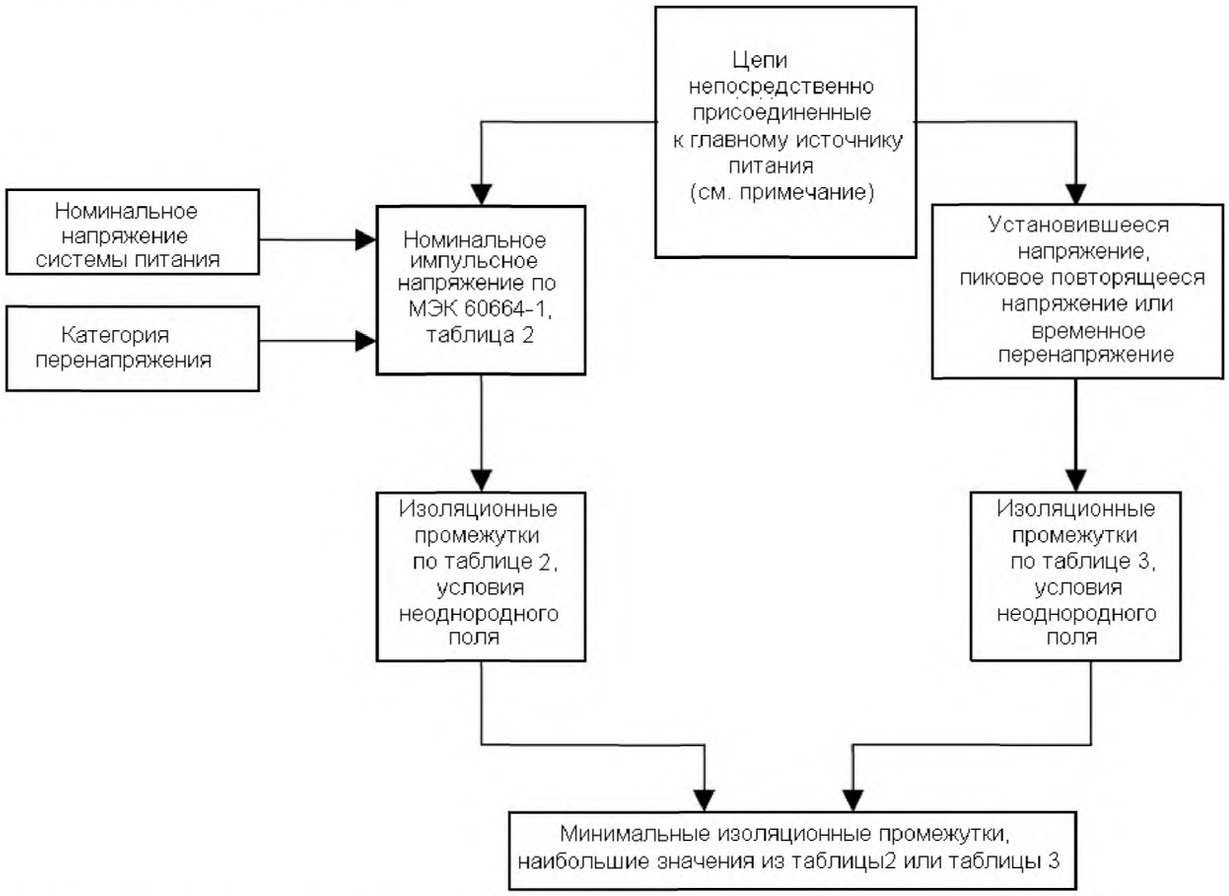
Рисунок В.3 — Критическая относительная влажность для изоляционных материалов

Приложение С
(справочное)

Диаграммы назначения размеров

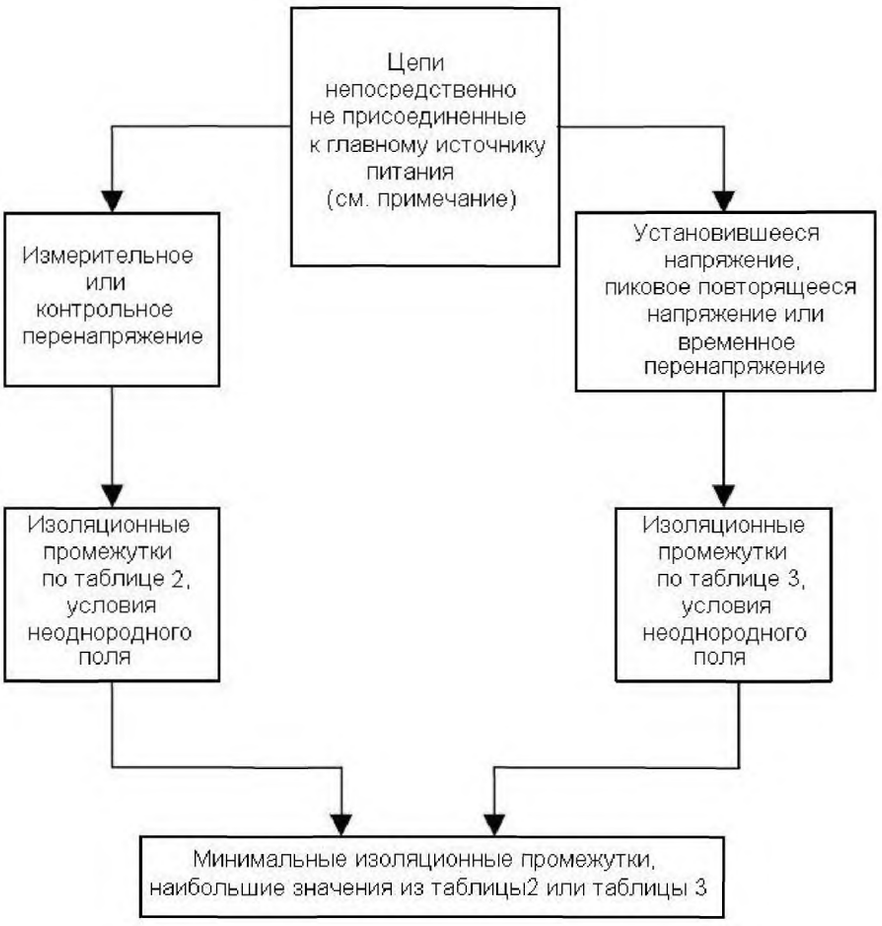
Следующие диаграммы показывают зависимость между факторами, воздействующими на назначение размеров изоляционных промежутков (зазоров) и расстояний утечки на координацию изоляции. Диаграммы выводят на первый план основные факторы и не содержат в полной мере полного обзора соответствующих вторичных факторов.

Как известно, процедуры назначения размеров зазоров и расстояний утечки независимы друг от друга. Когда размеры зазора и расстояния утечки относятся к общей для них изоляционной поверхности, для обоих случаев применяется бóльший из размеров.



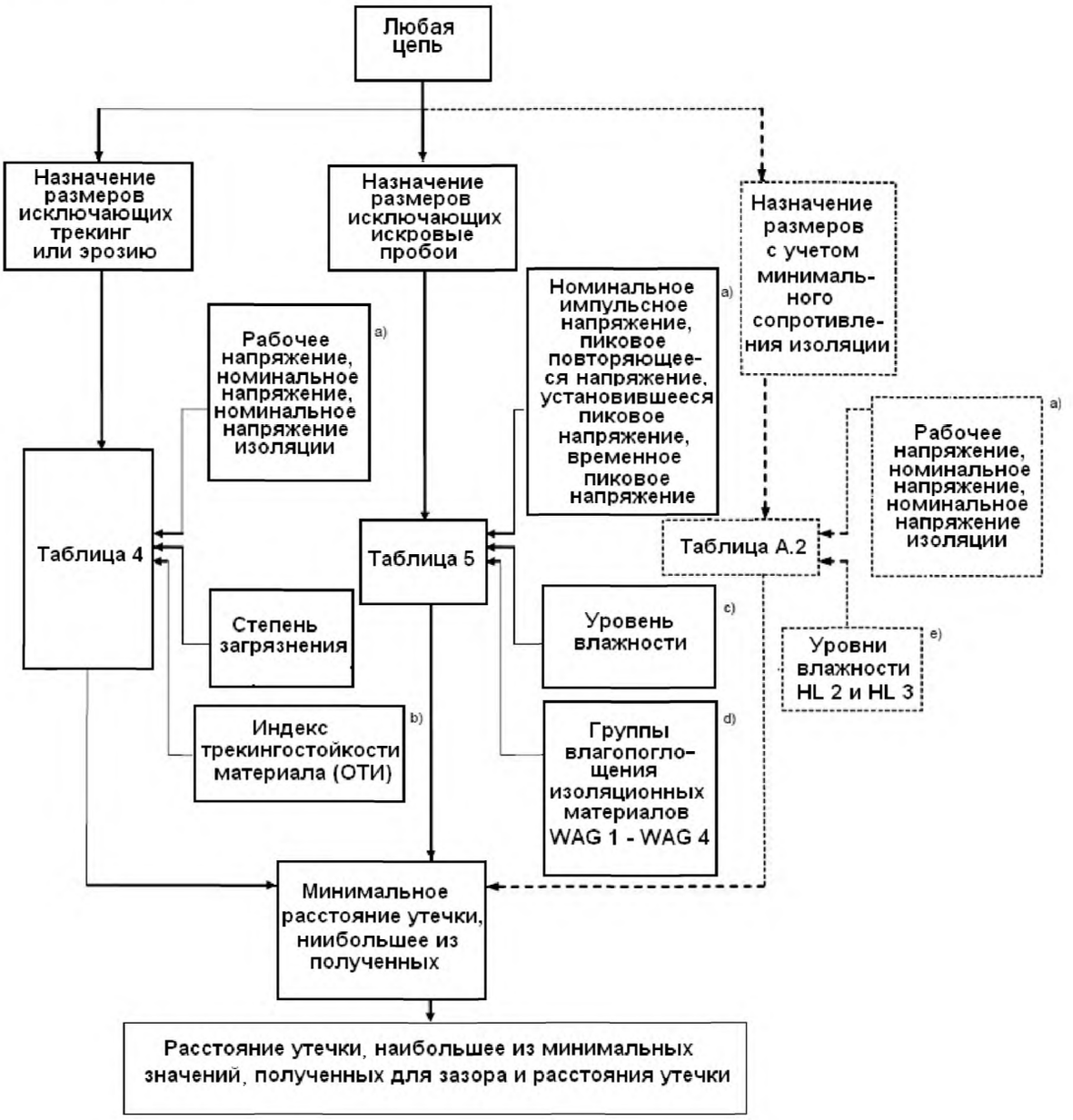
Примечание — Включены все цепи, подверженные воздействию внешних напряжений

Рисунок С.1 — Диаграмма для назначения размеров изоляционных промежутков для цепей, непосредственно присоединенных к главному источнику питания



Примечание — Включены все цепи, существенно не подверженные воздействию внешних напряжений.

Рисунок С.2 — Диаграмма для назначения размеров изоляционных промежутков для цепей, непосредственно не присоединенных к главному источнику питания



Примечание — Сведения, помещенные в полях из штриховых линий, приведены только для информации.

Последовательность назначения размеров минимальных расстояний утечки:

a) — выбор наибольшего значения напряжения;

b) — размеры расстояний утечки для стекла, керамики и других неорганических материалов, не подверженных трекингу, могут быть не более взаимосвязанных размеров зазоров;

c) — если степень влажности HL 1, применяются размеры зазоров; если HL 2 или HL 3, то применяется таблица 5;

d) — группа влагопоглощения материала может быть определена испытаниями согласно приложению B;

e) — если степень влажности HL 1, применяются размеры зазоров; если HL 2 или HL 3, то применяется таблица A.2 (приложение A).

Рисунок C.3 — Диаграмма назначения размеров расстояний утечки

Приложение D
(справочное)

Испытание на устойчивость к напряжению в условиях влажности

Приемлемым испытанием для проверки расстояний утечки с учетом их изоляционной стойкости в условиях влажности является испытание импульсным напряжением. Несмотря на то, что нет сложности в применении этого испытания для проверки расстояний утечки, отсутствует практика применения этого испытания для комплектного (законченного) оборудования, т.к. не всегда возможно выделить расстояния утечки.

Следующие испытательные процедуры представляют испытания переменным или постоянным напряжением, которые могут заменить испытания импульсным напряжением для оборудования, подвергнутого воздействию влажности. Данное испытание также обеспечивает проверку требований устойчивости к кратковременным перенапряжениям.

Условия влажности выбирают в соответствии с установленным уровнем влажности. Рекомендуются следующие уровни относительной влажности: 85 % для степени влажности HL 2 и 95 % для HL 3. Перед испытанием оборудование выдерживают в течение четырех часов при соответствующем уровне влажности при температуре (25 ± 1) °С.

Цепи подготавливают в соответствии с IEC 60664-1 (подпункт 6.1.4.3) и рисунком D.1 (приложение D). Испытательное напряжения переменного тока должно иметь частоту 50/60 Гц, напряжение постоянного тока должно иметь значение, эквивалентное пиковому значению напряжения переменного тока. Для основной изоляции действующее значение испытательного напряжение 1200 В плюс значение U_n, или 0,707 значения соответствующего номинального импульсного напряжения в соответствии с IEC 60664-1 (таблица F.1, приложение F), уточненное поправочным коэффициентом в соответствии с IEC 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.1.3); применяют бóльшее значение. Напряжение прикладывают в течение времени, указанного в 6.1.3.4.1.

Примечание — В качестве примера для оборудования категории перенапряжения II, применяемого при высоте над уровнем моря 2000 м и имеющего номинальное напряжение U_n 250 В, значение испытательного напряжения переменного тока для основной изоляции 1200 В плюс 250 В или 0,707 · 2500 · 1, что составляет 1768 В (действующее значение). Применяется бóльшее значение испытательного напряжения — 1768 В. Для постоянного тока испытательное напряжение равно 1,414 · (1200 + 250) В или 2500 В, применяется бóльшее значение 2500 В.

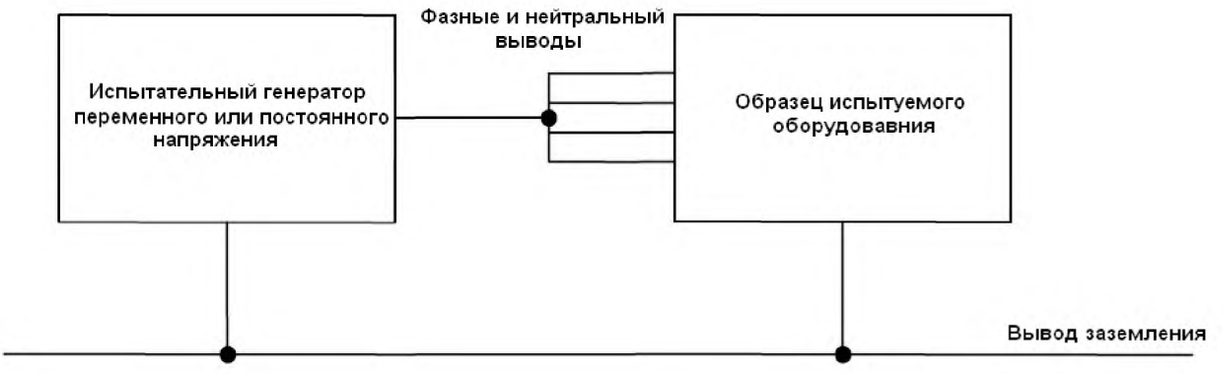


Рисунок D.1 — Установка для испытаний на выдерживаемое напряжение

Приложение ДА.
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60364-5-51:2005 Электроустановки зданий. Часть 5-51: Выбор и установка электрооборудования – Основные правила	–	*
IEC 60664-1:2007 Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 1: Принципы, требования и испытания	–	*
IEC 60721-3-3:1994 Классификация условий окружающей среды. Часть 3-3: Классификация групп параметров окружающей среды и соответствующих степеней жесткости – Стационарное применение в местах, защищенных от погодных условий	–	*
IEC 60721-3-7:1995 Классификация условий окружающей среды. Часть 3-7: Классификация групп параметров окружающей среды и соответствующих степеней жесткости – Переносное и нестационарное применение	–	*
IEC 60721-3-9:1993 Классификация условий окружающей среды. Часть 3-7: Классификация групп параметров окружающей среды и соответствующих степеней жесткости – Микроклимат внутри продукции	–	*
IEC 61180-1 Техника испытаний высоким напряжением низковольтного оборудования. Часть 1. Определения, требования к испытанию и процедуре	–	*
IEC 61180-2 Техника испытаний высоким напряжением низковольтного оборудования. Часть 2. Испытательное оборудование	–	*
* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.		

Библиография

[1] IEC 60529:1989 Degrees of protection provided by enclosures (IP code)
Amendment 1 (1999)
Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)

УДК 621.3.002.5.027.2:006.354 МКС 29.035.01 IDT

Ключевые слова: координация изоляции, изоляция, расстояния утечки

Подписано в печать 01.11.2014. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 4,65. Тираж 33 экз. Зак. 4054

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru