ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55210— 2012/IEC/TR 60664-2-1:2011

КООРДИНАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМАХ

Часть 2-1

Руководство по применению серии стандартов IEC 60664. Примеры применения типов изоляции и испытания электроизоляционных свойств

IEC/TR 60664-2-1(2011)
Insulation coordination for equipment within low-voltage systems —
Part 2-1: Application guide — Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр «Энергия» (АНО НТЦ «Энергия»), г. Москва на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 331 «Низковольтная аппаратура распределения, защиты и управления»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 ноября 2012 г. № 823-ст

4 Настоящий стандарт идентичен по отношению к международному документу IEC/TR 60664-2-1(2011), издание 2.0 «Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 2-1. Руководство по применению серии стандартов IEC 60664. Примеры определения размеров и диэлектрические испытания» (IEC/TR 60664-2-1(2011), «Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 2-1: Application guide — Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing»).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «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 (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

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

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Принципы и практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров изоляционных промежутков в низковольтном оборудовании . . . 6
4.1 Основные принципы . . . 6
4.2 Координация категорий перенапряжения в оборудовании . . . 7
4.3 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров изоляционных промежутков . 7
4.4 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров расстояний утечки . . . 10
4.5 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров твердой изоляции . . . 12
4.6 Практическое применение серии МЭК 60664 для проектирования функциональной изоляции . . . 18
4.7 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров в связи с влиянием частоты напряжения . . . 18
5 Примеры назначения размеров изоляции в оборудовании . . . 21
5.1 Общие положения . . . 21
5.2 Примеры назначения изоляционных промежутков для оборудования класса I согласно МЭК 60664-1 . 22
5.3 Примеры назначения изоляционных промежутков для оборудования класса II согласно МЭК 60664-1 . 23
5.4 Примеры назначения изоляционных промежутков для оборудования класса II согласно МЭК 60664-5 . 25
6 Практическое применение серии МЭК 60664 по отдельным вопросам . . . 26
6.1 Общие положения . . . 26
6.2 Испытание комплектного оборудования в случае компонентов, перекрывающих основную изоляцию . 26
6.3 Испытание комплекта оборудования в случае компонентов, перекрывающих функциональную изоляцию . . . 27
6.4 Назначение изоляционных промежутков для частей оборудования, которые могут иметь изолирующую способность . . . 28
6.5 Испытания с учетом воздействия высокочастотного напряжения . . . 28
6.6 Практическое руководство в связи с заменой испытания импульсным выдерживаемым напряжением на испытание переменным или постоянным током . . . 29
7 Примеры размерных рабочих листов (на основе случая А по МЭК 60664-1) . . . 29
7.1 Применение МЭК 60664-1 для цепей оборудования, непосредственно подключенного или не подключенного к сетевому питанию . . . 29
7.2 Применение МЭК 60664-5—2007 для цепей оборудования, непосредственно подключенного или не подключенного к сетевому питанию . . . 30
7.3 Применение МЭК 60664-4 для цепей оборудования, непосредственно подключенного или не подключенного к сетевому питанию . . . 32
7.4 Примеры сравнения измерений изоляционных промежутков и расстояний утечки по МЭК 60664-1 и МЭК 60664-5 на основе случая А (основная изоляция, высота до 2000 м) . . . 33
7.5 Примеры сравнения размеров изоляционных промежутков и расстояний утечки согласно МЭК 60664-1 и МЭК 60664-4 на основе случая А (основная изоляция, высота до 2000 м) . . . 35
Приложение А (справочное) Обзор разделов МЭК 60664-1, требующих решений Технических комитетов, альтернативных решений или участия изготовителей . . . 39
Приложение В (справочное) Обзор разделов МЭК 60664-4, требующих решений Технических комитетов . 44
Приложение С (справочное) Обзор разделов МЭК 60664-5, требующих решений Технических комитетов, альтернативных решений или участия изготовителей . . . 45
Приложение D (справочное) Назначение изоляционных промежутков и расстояний утечки для напряжения постоянного тока свыше 1000 В . . . 50
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам) . . . 51
Библиография . . . 52

Введение

Настоящий стандарт является стандартом, дополняющим требования ГОСТ Р МЭК 60664-1 в части рекомендаций, дополнительных указаний при назначении размеров изоляционных промежутков, изоляционных воздушных промежутков и изолирующих промежутков (расстояний утечки по поверхности твердой изоляции) в зависимости от конкретных воздействующих факторов окружающей среды, планируемого назначения и особенностей применения оборудования или его частей, уточняет методы испытаний, возможность применения альтернативных методов и испытательных режимов.

Настоящий стандарт координирует применения различных частей ГОСТ Р МЭК 60664 и международных стандартов МЭК 60664 и увязывает необходимость одновременного использования различных частей серии при решении конкретных вопросов применения требований, методов испытаний и воздействующих факторов при проведении испытаний.

Стандарт формирует перечень тех требований и испытаний, которые необходимо уточнять техническими комитетами по видам продукции и изготовителями при разработке стандартов на конкретные виды продукции, разработке изделий и проведении испытаний в части характеристик изоляции, применения изоляционных материалов и назначения размеров.

Настоящий стандарт может быть использован при разработке национальных стандартов Российской Федерации, стандартов предприятий и других нормативных документов на низковольтную аппаратуру, комплектные устройства, распределительные сети низкого напряжения в части установления минимальных значений изоляционных промежутков, расстояний утечек и других изоляционных характеристик, а также применения испытательных напряжений для проверки изоляции.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КООРДИНАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМАХ

Часть 2-1

Руководство по применению серии стандартов IEC 60664. Примеры применения типов изоляции и испытания электроизоляционных свойств

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems.
Part 2-1 Application guide.
Explanation of the application of the IEC 60664 series.
Dimensioning examples and dielectric testing

Дата введения — 2014—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт имеет вид технического отчета и является практическим руководством для Технических комитетов и изготовителей при выработке требований к размерам для изделий, входящих в область применения серии стандартов ГОСТ Р МЭК 60664.

Основными пунктами для рассмотрения в данном вопросе являются:

a) паспортное напряжение (напряжения) системы или номинальное напряжение (напряжения) изоляции;

b) категория перенапряжения оборудования;

c) вид перенапряжения;

d) частота напряжения;

e) характеристики твердых изоляционных материалов;

f) степень загрязнения и уровни влажности.

2 Нормативные ссылки

Ниже приведены стандарты, на которые даны ссылки в настоящем стандарте. Должно быть использовано только то издание стандарта, которое указано ниже. В случае если не указана дата издания стандарта, должно быть использовано последнее действующее издание (включая его последние изменения).

МЭК 60085:2007 Электрическая изоляция — Классификация по термическим свойствам (IEC 60085:2007 Thermal evaluation and designaton)

МЭК 60112:2003 Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения нормативного и сравнительного индексов трекингостойкости. Изменение 1 (IEC 60112:2003 Recommended method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials. Amendment 1 (2009)

МЭК 60216 (все части) Материалы электроизоляционные. Руководство по определению теплостойкости (IEC 60216 (all parts) Electrical insulating materials. Properties of thermal endurance)

МЭК 60364-4-44:2001 Электрические установки зданий. Часть 4-44. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений (IEC 60364-4-44:2001 Low-voltage electrical installations — Part 4-44: Protection for safety — Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances)

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

Издание официальное

МЭК 60664-3:2003 Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 3: Применение покрытия, заливки или опрессовки для защиты от загрязнений (IEC 60664-3:2003 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 3:Use of coating, potting or moulding for protection against pollution)

МЭК 60664-4:2005 Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 4. Рассмотрение вопросов, связанных с высокочастотным градиентом напряжения (IEC 60664-4:2005 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress)

МЭК 60664-5:2003 Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 5. Универсальный метод определения зазоров и путей утечки, равных или менее 2 мм (IEC 60664-5:2003 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 5: A comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm)

МЭК 61140:2001 Защита от поражения электрическим током. Общие аспекты, связанные с электроустановками и электрооборудованием (IEC 61140:2001 Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment)

3 Термины и определения

Для целей настоящего стандарта использованы нижеследующие определения.

Примечание — Все нижеприведенные термины и определения можно найти в разных стандартах серии МЭК 60664.

3.1 **приближенно однородное поле** (approximately homogeneous field): На частотах свыше 30 кГц поле считают приближенно однородным, если радиус кривизны проводящих частей равен или более 20 % изоляционного промежутка.

[МЭК 60664-4, 3.1].

3.2 **материал основания** (base material): Изоляционный материал, которым может быть образован проводящий рисунок печатной платы.

Примечание — Материал основания может быть жестким, гибким или жестко-гибким. Он может быть диэлектриком или изоляционным металлом.

[МЭК 60194, определение 40.1334]

[МЭК 60664-3, определение 3.1]

3.3 **основная изоляция** (basic insulation): Изоляция опасных частей, находящихся под напряжением, обеспечивающая основную защиту.

Примечание — Данное определение не распространяется на изоляцию, имеющую исключительно функциональное назначение.

[МЭС 826-12-14]

[МЭК 60664-1, определение 3.17.2]

3.4 **изоляционный воздушный промежуток** (clearance): Кратчайшее расстояние по воздуху между двумя токопроводящими частями.

[МЭК 60664-1, определение 3.2]

3.5 **покрытие** (coating): Изоляционный материал, например, лак или сухая пленка, покрывающий поверхность детали.

Примечание — Покрытие вместе с материалом основания печатной платы образует изоляционную систему со свойствами, аналогичными свойствам твердой изоляции.

[МЭК 60664-3, определение 3.5]

3.6 **проводник** (conductor): Проводящая часть, предназначенная для протекания по ней электрического тока определенного значения.

[МЭК 60050-826, определение 826-14-06]

[МЭК 60664-3, определение 3.3].

3.7 **расстояние утечки** (creepage distance): Кратчайшее расстояние по поверхности твердого изоляционного материала между двумя токопроводящими частями.

[МЭС 151-15-50]

[МЭК 60664-1, определение 3.3]

3.8 **двойная изоляция** (double insulation): Изоляция, содержащая основную и дополнительную изоляцию.

[МЭС 826-12-16]

[МЭК 60664-1, определение 3.17.4]

3.9 **электрическое повреждение (пробой)** (electrical breakdown): Повреждение изоляции в результате электрического воздействия, при котором происходит пробой изоляции, так что напряжение между электродами снижается почти до нуля.

[МЭК 60664-1, определение 3.20]

3.10 **сила электрического поля *E*** (electrical field strength *E*): Градиент напряжения на единицу длины, обычно выражается в кВ/мм.

[МЭК 60664-4, определение 3.7]

3.11 **окружающая среда** (environment): Внешнее окружение, способное повлиять на характеристики оборудования или системы.

Примечание — Например, давление, температура, влажность, загрязнение, радиация и вибрация.

[МЭС 151-16-03, модифицировано]

[МЭК 60664-1, определение 3.12]

3.12 **поверхностное перекрытие (дуга)** (flashover): Пробой изоляции по поверхности твердой изоляции, локализующийся в газообразной или жидкой среде.

[МЭК 60664-1, определение 3.20.2]

3.13 **функциональная изоляция** (functional insulation): Изоляция между токопроводящими частями, служащая исключительно для обеспечения функционирования оборудования.

[МЭК 60664-1, определение 3.17.1].

3.14 **однородное поле** (homogeneous field): Электрическое поле, фактически имеющее постоянный градиент напряжения между электродами (единообразное поле), такими как две сферы, у которых радиус каждой больше, чем расстояние между ними.

Примечание — Условие однородного поля рассматривается как случай В.

[МЭК 60664-1, определение 3.14]

3.15 **импульсное выдерживаемое напряжение** (impulse withstand voltage): Наибольшее пиковое значение импульсного напряжения предписанной формы и полярности, которое не вызывает случаев пробоя изоляции в предписанных условиях.

[МЭК 60664-1, определение 3.8.1]

3.16 **неоднородное поле** (inhomogeneous field): Электрическое поле, не имеющее постоянного градиента напряжения между электродами (неединообразное поле).

Примечание 1 — Условие неоднородного поля с игольчатой конфигурацией электродов является наихудшим случаем с точки зрения устойчивости к выдерживаемому напряжению и рассматривается, как случай А. Оно представлено электродом с игольчатой конфигурацией, имеющим радиус 30 мкм и поверхность 1x1 м.

Примечание 2 — Для частот свыше 30 кГц поле считают неоднородным, если радиус кривизны проводящих частей составляет менее 20 % изоляционного промежутка.

[МЭК 60664-1, определение 3.15, модифицировано]

[МЭК 60664-4, определение 3.2]

3.17 **изоляция** (insulation): Часть электротехнического продукта для изоляции токопроводящих частей с различным электрическим потенциалом.

[МЭС 212-01-05]

[МЭК 60664-1, определение 3.17]

3.18 **координация изоляции** (insulation coordination): Взаимосвязанные характеристики изоляции электрического оборудования, полученные вследствие воздействия окружающей микросреды и других влияющих воздействий.

[МЭК 60664-1, определение 3.1, модифицировано]

3.19 **общая окружающая среда (макросреда)** (macro-environment): Окружающая среда помещения или локальной зоны, в которой установлено или используется оборудование.

[МЭК 60664-1, 3.12.1]

3.20 **локальная окружающая среда (микросреда)** (micro-environment): Среда, непосредственно окружающая изоляцию, которая особенно влияет на измеренные расстояния утечки.

[МЭК 60664-1, определение 3.12.2]

3.21 **перенапряжение** (overvoltage): Любое напряжение, имеющее пиковое значение, большее, чем соответствующее пиковое значение максимального устойчивого напряжения в условиях нормальной работы.

[МЭК 60664-1, определение 3.7]

3.22 **категория перенапряжения** (overvoltage category): Установленное числовое значение условия кратковременного перенапряжения.

[МЭК 60664-1, определение 3.10, модифицировано].

3.23 **частичный разряд ЧР** (partial discharge PD): Электрический разряд, частично перекрывающий изоляцию.

[МЭК 60664-1, определение 3.18]

3.24 **начальное напряжение частичного разряда U_i** (partial discharge inception voltage U_i). Низшее пиковое значение испытательного напряжения, при котором остаточный заряд становится бо́льшим, чем установленный уровень разряда, когда испытательное напряжение увеличивается относительно низшего уровня в отсутствии проявления разряда.

Примечание — Для переменного тока может быть применено действующее значение.

[МЭК 60664-1, определение 3.18.4]

3.25 **загрязнение** (pollution): Различные дополнительные внешние твердые, жидкие или газообразные предметы (частицы), которые могут повлиять на электрическую прочность или поверхностное сопротивление изоляции.

[МЭК 60664-1, определение 3.11]

3.26 **степень загрязнения** (pollution degree): Установленные числовые значения ожидаемого загрязнения локальной окружающей среды.

[МЭК 60664-1, определение 3.11]

3.27 **печатная плата** (printed board): Общее понятие электронной схемы и конфигураций печатного монтажа.

Примечание — Оно включает одностороннюю, двустороннюю, многослойную печатные платы с жестким, гибким и жестко-гибким материалами основания.

[МЭК 60194, определение 60.1485]

[МЭК 60664-3, определение 3.2]

3.28 **защита** (protection): Любая мера, уменьшающая влияние окружающей среды.

[МЭК 60664-3, определение 3.4]

3.29 **действующее значение выдерживаемого напряжения** (r.m.s. withstand voltage): Наибольшее действующее значение напряжения, которое не вызывает случаев пробоя изоляции в предписанных условиях.

[МЭК 60664-1, определение 3.8.2].

3.30 **номинальное импульсное напряжение** (rated impulse voltage): Значение импульсного выдерживаемого напряжения, заданное изготовителем для оборудования или его части, характеризующее определенную устойчивость его изоляции против кратковременных перенапряжений.

[МЭК 60664-1, определение 3.9.2]

3.31 **номинальное напряжение изоляции** (rated insulation voltage): Действующее значение выдерживаемого напряжения, заданное изготовителем для оборудования или его части, характеризующее определенную устойчивость (при длительном воздействии) его изоляции.

Примечание — Номинальное напряжение изоляции не обязательно равно номинальному напряжению оборудования, с которым в основном связаны его функциональные характеристики.

[МЭК 60664-1, определение 3.9.1]

3.32 **номинальное пиковое значение повторяющегося напряжения** (rated recurring peak voltage): Пиковое выдерживаемое значение восстанавливающегося напряжения, заданное изготовителем для оборудования или его части, характеризующее определенную устойчивость его изоляции против восстанавливающегося выдерживаемого напряжения.

[МЭК 60664-1, определение 3.9.3]

3.33 **номинальное временное перенапряжение** (rated temporary overvoltage): Значение временного перенапряжения, заданное изготовителем для оборудования или его части, характеризующее определенную кратковременную устойчивость его изоляции против напряжения переменного тока.

[МЭК 60664-1, определение 3.9.4]

3.34 **номинальное напряжение** (rated voltage): Значение напряжения, установленное изготовителем для оборудования или установок и их составных элементов, при котором определена работоспособность и обеспечение характеристик.

Примечание — Оборудование может иметь более чем одно номинальное напряжение или диапазон номинальных напряжений.

[МЭК 60664-1, определение 3.9]

3.35 **пиковое значение повторяющегося напряжения $U_{гр}$** (recurring peak voltage $U_{гр}$): Максимальное пиковое значение периодической составляющей на синусоиде напряжения в результате искажения формы синусоиды переменного тока или огибающей кривой напряжения постоянного тока.

Примечание — Случайные перенапряжения, например возникающие в результате коммутации расположенных рядом выключателей, не считаются восстанавливающимся пиковым значением напряжения.

[МЭК 60664-1, определение 3.6]

3.36 **пиковое значение выдерживаемого повторяющегося напряжения** (recurring peak withstand voltage): Наибольшее пиковое значение восстанавливающегося напряжения, которое не вызывает случаев пробоя изоляции в предписанных условиях.

[МЭК 60664-1, определение 3.8.3]

3.37 **усиленная изоляция** (reinforced insulation): Изоляция опасных частей, находящихся под напряжением, обеспечивающая степень защиты против электрического удара, эквивалентную двойной изоляции.

Примечание — Усиленная изоляция может состоять из нескольких слоев, которые не могут быть отдельно испытаны как основная или дополнительная изоляция.

[МЭС 826-12-17]

[МЭК 60664-1, определение 3.17.5]

3.38 **контрольное испытание** (routine test): Индивидуальное испытание каждого изделия, проводимое в течение или после изготовления для установления соответствия определенным критериям.

[МЭК 60664-1, определение 3.19.2]

3.39 **выборочное испытание** (sampling test): Испытание на числе образцов, отобранных из партии случайным методом.

[МЭК 60664-1, определение 3.19.3]

3.40 **твердая изоляция** (solid insulation): Твердый изоляционный материал, помещаемый между двумя токопроводящими частями.

Примечание — Для печатной платы с покрытием в качестве твердой изоляции выступает сама плата и покрытие. В других случаях твердая изоляция представляет собой герметизирующий материал.

[МЭК 60664-3, определение 3.6]

3.41 **зазор** (spacing): Совокупность изоляционных промежутков, расстояний утечки и изоляционных расстояний через изоляцию.

[МЭК 60664-3, определение 3.7]

3.42 **заданная величина разряда** (specified discharge magnitude): Величина остаточного заряда, установленная как предельное значение согласно настоящему стандарту.

Примечание — Рассматривают импульс с максимальной амплитудой.

[МЭК 60664-1, определение 3.18.2]

3.43 **дополнительная изоляция** (supplementary insulation): Отдельная изоляция, приложенная дополнительно к основной изоляции для защиты от повреждения.

[МЭС 826-12-15]

[МЭК 60664-1, определение 3.17.3]

3.44 **временное перенапряжение** (temporary overvoltage): Перенапряжение промышленной частоты сравнительно большой длительности.

[МЭК 60664-1, определение 3.7.1]

3.45 **временное выдерживаемое перенапряжение** (temporary withstand overvoltage): Наибольшее действующее значение временного перенапряжения, которое не вызывает случаев пробоя изоляции в предписанных условиях.

[МЭК 60664-1, определение 3.8.4]

3.46 **испытание** (test): Техническое мероприятие, состоящее в установлении одной или нескольких характеристик имеющегося изделия, процесса или услуги, выполняемое по предписанной процедуре.

[ИСО/МЭК, Руководство 2, 13.1]

Примечание — Испытание проводят измерением или классификацией характеристики или свойства предмета с применением набора условий окружающей среды и рабочих условий и/или установленных требований.

[МЭС 151-16-13]

[МЭК 60664-1, определение 3.19]

3.47 **кратковременное перенапряжение** (transient overvoltage). Кратковременное перенапряжение длительностью не более нескольких миллисекунд, регистрируемое или не регистрируемое приборами, обычно возникающее при высокой влажности.

[МЭС 604-03-13]

[МЭК 60664-1, определение 3.7.2]

3.48 **испытание** (type test): Испытание одного или нескольких образцов, имеющих определенную конструкцию, для установления соответствия определенным характеристикам.

[МЭК 60664-1, определение 3.19.1]

3.49 **пиковое значение (напряжения)** (peak value) U_{peak}: Пиковое значение любого типа периодически возникающего пикового напряжения через изоляцию.

[МЭК 60664-4, определение 3.3]

3.50 **водопоглощение** (water adsorption): Способность изоляционного материала впитывать воду своей поверхностью.

[МЭК 60664-5, определение 3.1]

3.51 **выдерживаемое напряжение** (withstand voltage): Напряжение, прикладываемое к образцу в предписанных условиях испытаний, которое не вызывает случаев пробоя и/или перекрытия у соответствующего требованиям образца.

[МЭС 212-01-31]

[МЭК 60664-1, определение 3.8]

3.52 **эксплуатационное напряжение** (working voltage): Наибольшее действующее значение напряжения переменного или наибольшее значение напряжения постоянного тока по конкретной изоляции, которое может возникать при номинальном напряжении питания оборудования.

Примечание 1 — Переходные явления не учитывают.

Примечание 2 — С учетом условий разомкнутой цепи и нормальных рабочих условий.

[МЭК 60664-1, определение 3.5]

4 Принципы и практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров изоляционных промежутков в низковольтном оборудовании

4.1 Основные принципы

Координация изоляции подразумевает выбор электроизоляционных характеристик оборудования соответственно его назначению и условиям окружающей среды.

Координация изоляции может быть достигнута только в том случае, если в конструкции оборудования учтены нагрузки, которым оно с вероятностью будет подвергаться со стороны напряжения и условий микросреды в течение ожидаемого срока службы.

Что касается напряжения, следует обратить внимание на:

- напряжения, которые могут возникать в низковольтной системе питания, в том числе: эксплуатационное напряжение (действующее и пиковое), временное перенапряжение (пиковое) и импульсные напряжения (пиковые);
- напряжения, создаваемые оборудованием (которые могут отрицательно влиять на другое оборудование в низковольтной системе питания);
- частоту установившегося напряжения. Для частот до 30 кГц включительно (см. МЭК 60664-1), для частот свыше 30 кГц (см. МЭК 60664-4);
- требуемую частоту технического обслуживания,
- безопасность людей и оборудования, так чтобы вероятность повреждений не привела к нежелательным последствиям.

Координация изоляции касается оборудования, которое подключено к общественным низковольтным системам. Рекомендовано использовать те же самые принципы и для других низковольтных систем, которые не включены в общественную низковольтную систему. Однако в этом случае для такого оборудования необходимо использовать другие категории перенапряжения и другие значения временных перенапряжений.

Примечание — Технические комитеты на основе стандартов серии МЭК 60664 должны определить соответствующие назначению приемлемые параметры максимального импульсного напряжения. Они должны включать вид источника питания, распределения, физическое размещение (внутреннее/наружное), длину кабельных линий и т.д. Особое внимание уделено тому факту, что импульсное выдерживаемое напряжение, возникающее в несетевой системе, необязательно зависит от напряжения. Техническим комитетам следует рассмотреть вопрос о минимальном импульсном выдерживаемом напряжении, в ряде назначений, не зависящем от напряжения.

Координация изоляции также касается областей специальной защиты, например, как описаны в МЭК 60079. В этом случае требуется применение дополнительных требований, в частности, требований к категории перенапряжения и условиям окружающей среды.

4.2 Координация категорий перенапряжения в оборудовании

Для оборудования, питаемого непосредственно от сети, применительно к временным перенапряжениям, возникающим от сети, соблюдают следующую координацию:

- для цепей, питаемых непосредственно от сети, для назначения размеров применяют категорию перенапряжения оборудования;
- цепи, питаемые от вторичной обмотки разделительного трансформатора, если вторичная обмотка заземлена, или от трансформатора с заземленным экраном между первичной и вторичной обмотками, не считают питаемыми непосредственно от сети и поэтому импульсное выдерживаемое напряжение из предпочтительного ряда номинальных значений импульсных выдерживаемых напряжений согласно 4.2.3 МЭК 60664-1 берут на один порядок ниже.

Примечание 1 — Порядок может определяться среди значений категорий перенапряжения либо в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1)

Примечание 2 — При выборе категории перенапряжения коэффициент передачи трансформатора не учитывают.

Если применяют устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) с более низкой категорией перенапряжения для цепи, не питаемой непосредственно от сети, но внутри оборудования, необходимо проверить правильность функционирования такой цепи соответствующим испытанием с применением гибридного генератора с виртуальным полным сопротивлением 2 Ом.

Примечание 3 — Правильность функционирования УЗИП зависит от последовательного полного сопротивления в соответствующей цепи. Поэтому требуется испытание УЗИП в такой цепи.

4.3 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров изоляционных промежутков

4.3.1 Общие положения

Все значения, приведенные в МЭК 60664-1 и МЭК 60664-5, являются минимальными. С учетом производственных допусков их необходимо придерживаться в течение всего срока службы оборудования. Кроме этого, в рамках установленных допусков необходимо учитывать нештатные ситуации, такие как монтаж на месте громоздкого оборудования, например, подключение или установка на месте защитной проводящей оболочки.

Примечание 1 — При определении изоляционных промежутков до доступных поверхностей изоляционного материала подразумевают, что эти поверхности покрыты металлической фольгой. Дальнейшие детали определят Технические комитеты.

Для изоляционных промежутков, разработанных между значениями случая А и случая В по классификации МЭК 60664-1, в любом случае требуется испытание для проверки отсутствия пробоя по изоляции. Если испытание проводят с импульсным напряжением на комплекте оборудования, может понадобиться генератор с очень низким сопротивлением. Для этой цели может подойти гибридный генератор с виртуальным полным сопротивлением 2 Ом. Тем не менее, в любом случае требуется измерение точности испытательного напряжения непосредственно на зазоре.

Примечание 2 — Рекомендуется применять случай А при проектировании, если это невозможно, необходимо испытание импульсным напряжением.

Примечание 3 — Практически могут существовать такие расчеты, которые находятся между значениями, указанными для случаев А и В. Техническим комитетам необходимо уделить внимание МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.1.2).

Примечание 4 — Случай А является наиболее неблагоприятным, если электрическое поле между острием иглы и плоской поверхностью совершенно неоднородно, в то время как случай В наиболее благоприятен, если электрическое поле между двумя плоскими поверхностями совершенно однородно. Такой случай в реальных конструкциях не достижим.

4.3.2 Практическое применение МЭК 60664-1 (таблицы F.2 и F.7 (приложение F)) для назначения размеров изоляционных промежутков

4.3.2.1 Общие положения

Размеры изоляционных промежутков определяют на способность выдерживать требуемое импульсное выдерживаемое напряжение:

- либо применением значений размеров, указанных для случая А;
- либо проверкой импульсным напряжением согласно МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.1.2).

Изоляционные промежутки для основной и дополнительной изоляции определяют по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7) в соответствии с:

- номинальным импульсным напряжением согласно МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.3.3) или;
- требованиями к импульсному выдерживаемому напряжению согласно МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.3.4.2).

Изоляционные промежутки для усиленной изоляции определяют МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7) в соответствии с номинальным импульсным напряжением в ряду предпочтительных значений согласно МЭК 60664-1 (пункт 4.2.3), но на один порядок выше, чем указано для твердой изоляции.

Если значение импульсного выдерживаемого напряжения для основной изоляции по МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.3.4.2) иное, чем значение из ряда предпочтительных значений, то изоляционные промежутки для усиленной изоляции должны измеряться, чтобы выдерживать 160 % импульсного выдерживаемого напряжения для основной изоляции.

Примечание 1 — Номинальное импульсное напряжение, указанное в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1) зависит от соответствующей категории перенапряжения. Категория перенапряжения I не применима для цепи, питаемой непосредственно от сети.

Примечание 2 — Для напряжения постоянного тока номинальное импульсное напряжение может также быть выбрано по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7). Категорию перенапряжения можно выбрать по тем же нормам, которыми пользуются Технические комитеты для систем переменного тока.

Для оборудования, непосредственно подсоединенного к сетевому питанию, импульсное выдерживаемое напряжение является номинальным импульсным напряжением, установленным согласно МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.3.3). Изоляционные промежутки определяют по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7а) на соответствие пиковому значению установившегося напряжения (постоянного или переменного частотой 50/60 Гц тока), временному перенапряжению или пиковому значению повторяющегося напряжения. Размеры определяют по таблице F.7 в сравнении с таблицей F.2 с учетом степени загрязнения. Выбирают более высокие значения.

Примечание 3 — Однако при определении размеров по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7) рекомендуется учитывать фактор безопасности, поскольку таблица содержит минимальные размеры по отношению к установившимся напряжениям.

Техническим комитетам рекомендовано оценить последствия пробоя в низковольтной системе постоянного тока для принятия решения о необходимости введения соответствующих мер безопасности.

Примечание 4 — Оборудование, питаемое от сети, может быть либо стационарным, непосредственно соединенным с сетевым питанием, либо втычным, питаемым от сети через вилку и штепсельную розетку.

Примечание 5 — Из нижеприведенного примера, относящегося к большинству оборудования в электроустановках, непосредственно включенных в трехфазную систему напряжением 230/400 В, ясно, что номинальное импульсное напряжение, как следует из МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7) — это наибольшее значение перенапряжения, выдерживаемого оборудованием с учетом соответствующих размеров изоляционных промежутков для основной изоляции.

Пример: Однофазное оборудование с номинальным напряжением 250 В, напряжением между фазой и нейтралью 230 В, категорией перенапряжения III согласно МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1) должно выдерживать номинальное импульсное напряжение 4 кВ. Поэтому по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2, случай А) изоляционный промежуток должен составлять 3 мм;

- пиковое напряжение для установившегося напряжения и пикового значения повторяющегося напряжения — в данном конкретном примере одно и то же значение, т.е. пиковое напряжение сети 353 В согласно МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7, случай А) и ему соответствует изоляционный промежуток 0,013 мм;

- временное перенапряжение, приведенное в МЭК 60664-1 (подпункт 5.3.3.2.3) для кратковременных перенапряжений, следующее: U_n + 1200 В. Поэтому пиковое напряжение составляет 2050 кВ и ему соответствует изоляционный промежуток 1,27 мм согласно МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7, случай А);

- поэтому длина изоляционного промежутка назначается в соответствии с номинальным импульсным напряжением.

Степень загрязнения не оказывает большого влияния на измерение изоляционных промежутков. Из МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2) видно, что выше определенного минимального значения размеры изоляционных промежутков одни и те же, независимо от выбранной степени загрязнения. Однако степень загрязнения нельзя не учитывать на небольших изоляционных промежутках, где такое загрязнение, как твердые частицы, пыль и влажный конденсат могут перекрыть воздушный зазор.

Примечание 6 — Более детальное описание назначения изоляционных промежутков менее 2 мм, учитывающее влажность, приведено в МЭК 60664-5.

В том, что касается установившихся напряжений, пиковых значений повторяющегося напряжения и временных перенапряжений, изоляционные промежутки для усиленной изоляции определяют по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7а) по соответствию 160 % выдерживаемого напряжения для основной изоляции.

Примечание 7 — Следует заметить, что в то время как изоляционный промежуток измеряют по соответствию 160 % временного перенапряжения для основной и дополнительной изоляции, испытательное напряжение для проверки изоляционного промежутка для усиленной изоляции равно двойному напряжению для проверки основной и дополнительной изоляции.

4.3.2.2 Расчет для высот свыше 2000 м

Назначение изоляционных промежутков ставит целью выбор расстояния по воздуху, способного выдержать максимальное пиковое напряжение через воздушный зазор между двумя частями с разными напряжениями. По Закону Паскаля способность воздуха выдерживать максимальное значение напряжения взаимосвязана с давлением воздуха. МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.2 и F.7) рассчитаны на высоты до 2000 м. Корректирующие коэффициенты для высот свыше 2000 м приведены в МЭК 60664-1 (приложение А, таблица А.2).

При применении корректирующих коэффициентов для высот свыше 2000 м соответствующей корректировке подлежит также испытательное напряжение для испытания импульсным напряжением. Поэтому испытательное напряжение для испытания импульсным напряжением определяют методом интерполяции по МЭК 60664-1 (приложение А, таблица А.2) с применением формул по МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.1.3).

4.3.3 Практическое применение МЭК 60664-5 (таблицы 2 и 3) для назначения размеров изоляционных промежутков

Назначение изоляционных промежутков для основной изоляции равных или менее 2 мм по МЭК 60664-5 является более точным, чем по МЭК 60664-1. Если особой точности не требуется, то МЭК 60664-1можно применять.

Пробой через воздушный промежуток вызывается пиковым значением возникшего здесь максимального напряжения. Поэтому в соответствии с указанными изготовителем номинальными условиями необходимо выбрать пиковое значение максимального напряжения, которое может возникнуть через изоляционный промежуток. Требуемое импульсное напряжение для цепей, непосредственно питаемых от сети, можно найти в МЭК 60664-5 (таблица 5).

Выбор степени загрязнения проводят, исходя из условий макросреды нормального применения оборудования.

Влажность является определяющим параметром для степеней загрязнения. Для расстояний равных или менее 2 мм МЭК 60664-5 делает упор на влажность, которая вызывает проводимость и возможность пробоя. Данный аспект учтен в 4.4.3 при определении расстояний утечки по отношению к пробою согласно МЭК 60664-5 (таблица 5).

Примечание 1 — Взаимосвязь уровней влажности и относительной влажностью микросреды приведена в МЭК 60664-5 (таблица 1).

Определение изоляционного промежутка с учетом кратковременных перенапряжений приведено в МЭК 60664-5 (таблица 2). В МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.2) минимальные изоляционные промежутки для степеней загрязнения 2, 3 и 4 не приведены. Вместо минимальных изоляционных промежутков использовано более точное измерение, описанное в 4.4.3 по отношению к возможному пробою по параллельному пути утечки согласно МЭК 60664-5 (таблица 5).

Для назначения изоляционных промежутков по отношению к установившемуся напряжению изготовитель определяет максимальное пиковое значение установившегося напряжения, временного перенапряжения или пиковое значение восстанавливающегося напряжения и выбирает соответствующее значение по МЭК 60664-5 (таблица 3).

Примечание 2 — Рассматривают случаи А и В согласно МЭК 60664-1, 5.1.3 для МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2) и МЭК 60664-5 (таблица 2).

Примечание 3 — Однако рекомендуется учесть фактор безопасности при измерении по МЭК 60664-5 (таблица 3), поскольку в таблице приведены минимальные размеры по отношению к установившимся напряжениям.

Данное значение сравнимо со значением по процедуре, примененной в МЭК 60664-5 (таблица 2).

4.4 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров расстояний утечки

4.4.1 Общие положения

Значения измерений по МЭК 60664-1 не учитывают факта минимального сопротивления изоляции. Поэтому, например, в электронном оборудовании по функциональным причинам могут потребоваться большие размеры и расширение микросреды на путях утечки. Информация по назначениям в соответствии с минимальным сопротивлением изоляции приведена в МЭК 60664-5 (приложение А, таблицы А.1 и А.2).

Для расстояний утечки на материале печатного монтажа только для степеней загрязнения 1 и 2 согласно МЭК 60664-1 применяют пониженные значения. Необходимо обратить внимание на возможное уменьшение размеров или существование другого пути утечки в связи с компонентами.

Назначение расстояний утечки согласно МЭК 60664-5 по отношению к трекингу и пробою по поверхности материала для размеров 2 мм и менее ведет к уменьшению расстояний.

4.4.2 Практическое применение МЭК 60664-1 (таблица 4) и МЭК 60664-5 (таблица 4) для назначения расстояний утечки

Предполагается, что сухое загрязнение на поверхности материала обычно не бывает проводящим. Однако присутствие воды на поверхности меняет проводимость загрязнения. Высокая проводимость позволяет току циркулировать по поверхности материала, как между токоведущими частями, так и между токоведущими частями и землей. Такие токи обычно называют «блуждающими» токами (поверхностного разряда). В процессе сушки ток поверхностного разряда прервется, вызвав вспышку на поверхности, высокая температура которой (около 1200 °С) положит начало разрушению поверхности изоляционного материала. Неизбежным следствием этого явления является трекинг.

Примечание — Очевидно, что загрязнение степени 4 не пригодно для назначения расстояний утечки, так как является постоянно токопроводящей.

Некоторые материалы, например керамика и стекло, не вызывают трекинга ввиду того, что искрение не может разорвать химические связи на поверхности этих материалов. По опыту известно, что материалы, имеющие более высокую характеристику по отношению к трекингу, также имеют приблизительно такой же высокий сравнительный индекс трекингостойкости (СИТ). СИТ определяют по методу, указанному в МЭК 60112.

Для удобства пользования в МЭК 60664-1 приведены четыре группы материалов:

- материалы группы I — 600 ≤ СИТ
- материалы группы II — 400 ≤ СИТ < 600
- материалы группы IIIa — 175 ≤ СИТ < 400
- материалы группы IIIb — 100 ≤ СИТ < 175

Из вышеприведенного пояснения следует, что МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4) можно использовать следующим образом:

- 1-й этап: выбрать подходящую степень загрязнения в соответствии с нормальными условиями использования оборудования;
- 2-й этап: выбрать изоляционный материал и отнести его к группе материалов согласно его СИТ;
- 3-й этап: определить наибольшее значение длительного напряжения (действующее значение) на пути утечки. Наибольшим значением может быть либо эксплуатационное напряжение, либо наибольшее номинальное напряжение, если оборудование рассчитано на несколько номинальных напряжений. В случае постоянного тока по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4) выбирают эквивалентное номинальное напряжение (действующее значение);
- 4-й этап: выбрать значение на пересечении выбранной графы с выбранной строкой.

На данном этапе следует рассмотреть два варианта:

- если расстояние утечки больше связанного с ним изоляционного промежутка, дальнейших испытаний не требуется,
- если расстояние утечки меньше связанного с ним изоляционного промежутка, а поле является промежуточным между однородным и неоднородным (т.е между случаем А и случаем В в МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.2 и F.7), тогда связанный изоляционный промежуток испытывают согласно МЭК 60664-1 (пункт 6.1.2) на отсутствие пробоя в изоляционном промежутке (см. МЭК 60664-1, подпункт 5.2.2.6). Это объясняется так. Если электрическое поле однородное (случай В), то из МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.2 и F.7) выбирают наименьший изоляционный промежуток, способный выдержать установленное напряжение. Поэтому не представляется возможным уменьшить расстояние утечки до значения, меньшего, чем значение изоляционного промежутка по МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.2 и F.7). Однако на практике электрическое поле обычно неоднородно, но не настолько неоднородно, как описанное для случая А в МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.2 и F.7). Поэтому возможно, что фактические условия электрического поля через изоляционный промежуток, связанный с расстоянием утечки, позволяют испытуемому оборудованию выдерживать нагрузку максимального напряжения. Это проверяют испытанием импульсным напряжением.

4.4.3 Практическое применение МЭК 60664-5 (таблица 5) для назначения расстояний утечки

В присутствии влажности явление, происходящее на поверхности, называемое водопоглощением (абсорбцией воды), заключается во впитывании воды в поверхность изоляционного материала, приводящее к повышению опасности пробоя. Изоляционные материалы могут быть классифицированы по способности адсорбировать воду. Испытание, содержащееся в МЭК 60664-5 (приложение В), позволяет классифицировать изоляционные материалы по абсорбции воды. Существуют четыре водоабсорбирующие группы материалов (ВАГ).

Присутствие воды на поверхности материалов зависит от ВАГ и уровня влажности (УВ). Опасность пробоя по пути утечки на поверхности изоляционного материала возрастает с увеличением УВ и способностью материала впитывать воду.

Для УВ1 изоляционных промежутков проводят по МЭК 60664-5 (таблицы 2 и 3), потому что влияние воды на возрастание опасности пробоя не существенно.

Для УВ2 и УВ3 в МЭК 60664-5 (таблице 5) показаны размеры расстояний утечки по отношению к ВАГ во избежание пробоя. Так как пробой по поверхности случается в воздухе, МЭК 60664-5 (таблица 5) применима для высот до 2000 м выше уровня моря. Для высот свыше 2000 м применяют корректирующий коэффициент согласно МЭК 60664-1.

Расстояние утечки — это наибольшее значение в МЭК 60664-5 (таблицы 4 и 5). В любом случае очевидно, что для условий однородного поля расстояние утечки не может быть меньше связанного с ним изоляционного промежутка. Для условий неоднородного поля расстояние утечки менее связанного с ним изоляционного промежутка может быть выбрано по МЭК 60664-5 (таблица 2) только при УВ1 и УВ2.

Такие размеры проверяют испытанием импульсным напряжением.

Примечание — Для напряжения постоянного тока пиковое значение, выбранное по МЭК 60664-5 (таблица 5) является максимальным напряжением постоянного тока через расстояние утечки.

4.4.4 Практическое применение МЭК 60664-1 для проверки расстояний утечки относительно времени нахождения под воздействием напряжения

Расстояния утечки, приведенные в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4) определены для изоляции, предназначенной для нахождения под длительным воздействием напряжения.

Примечание 1 — Технические комитеты, ответственные за оборудование, изоляция которого кратковременно находится под воздействием напряжения, могут установить допустимые расстояния утечки менее указанных в МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.4).

Расстояния утечки для основной и дополнительной изоляции выбирают по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4) для:

- адаптированных напряжений, приведенных в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.3a, графы 2 и 3) соответственно паспортному напряжению низковольтной сети питания;
- номинального напряжения изоляции согласно МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.2.2.1);
- напряжения, указанного в МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.2.2.1).

Примечание 2 — Степень загрязнения, изоляционный материал, механические нагрузки и эксплуатационные условия окружающей среды для дополнительной изоляции могут отличаться от применяемых для основной изоляции.

Расстояния утечки для усиленной изоляции равны двойному расстоянию утечки для основной изоляции из МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4).

4.4.5 Практическое применение МЭК 60664-3 в части уменьшения воздействия условий микросреды на измерение расстояний утечки

Измерение зазоров между проводниками зависит от условий окружающей среды.

Что касается трекинга, выбор степени загрязнения привязан к условиям макросреды.

Макросреда воздействует на микросреду на поверхности изоляционного материала. Без защитных мер условия микросреды и макросреды совпадают.

Есть возможность улучшить условия микросреды на поверхности изоляционного материала с помощью применения покрытия, герметизации или опрессовки, как описано в МЭК 60664-3. Такая защита обеспечивает более благоприятные условия микросреды, позволяя снизить изоляционные промежутки и расстояния утечки.

Примечание 1 — МЭК 60664-3, в основном, посвящен оценке и испытанию применения покрытий на печатных платах. Стандарт также содержит оценку и испытание защиты, выполненной с помощью герметизации или опрессовки. В последнем случае Технические комитеты должны внимательно рассмотреть вопрос о приемлемости методов проверки и испытания, приведенных в МЭК 60664-3. Изменения в методах проверки и испытания могут коснуться специальных назначений.

МЭК 60664-3 содержит требования и процедуры испытаний для двух методов постоянной защиты, применимых ко всем видам защищенных печатных плат, включая поверхность внутренних слоев многослойных печатных плат, основ печатных плат и комплектов с аналогичной защитой.

Имеются два следующих типа защиты:

- защита типа 1 улучшает микросреду защищаемых частей, защищаемых изоляционных промежутков и расстояний утечки и соответствует требованиям к расстояниям, указанным в МЭК 60664-1 и МЭК 60664-5 для степени загрязнения 1. Между двумя токопроводящими частями существует требование о том, что одна или обе проводящие части вместе со всеми промежутками между ними обеспечиваются такой защитой;
- защита типа 2 считается аналогичной твердой изоляции. При такой защите применяются требования к твердой изоляции, указанные в МЭК 60664-1, а промежутки составляют не менее указанных в МЭК 60664-3 (таблица 1). Требования к изоляционным промежуткам и расстояниям утечки по МЭК 60664-1 и МЭК 60664-5 не применяются. Между двумя токопроводящими частями существует требование о том, что одна или обе проводящие части вместе со всеми промежутками между ними обеспечиваются такой защитой, чтобы не было изоляционных воздушных промежутков между защитным материалом, проводящими частями и печатной платой.

Примечание 2 — При частоте свыше 30 кГц к защите типа 2 применяют дополнительные требования к твердой изоляции согласно МЭК 60664-4.

4.5 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров твердой изоляции

4.5.1 Общие положения

Иногда твердую изоляцию рассчитывают по данным о пробоях, представляемым изготовителем изоляционного материала. В таком случае следует учитывать, что такие данные получают в специальных и довольно благоприятных условиях:

- обычно при распространении однородного поля;

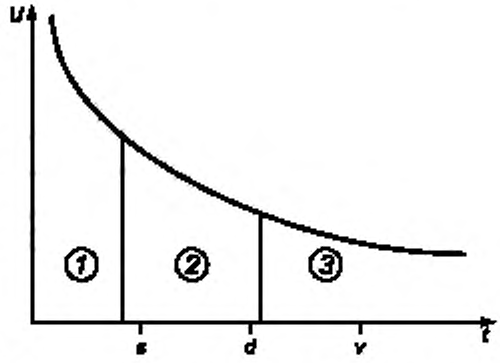
- обычно при испытании при температуре помещения;
- обычно при кратковременном испытании;
- во многих случаях при испытании напряжением постоянного тока.

Общее воздействие времени испытания на напряжение пробоя представлено на рисунке 1. Время соотнесено с напряжением промышленной частоты.

По сравнению с условиями реального оборудования такие данные могут отличаться на порядок значений от длительной устойчивости такой изоляции. Поэтому такие данные не могут быть использованы для назначения твердой изоляции.

Что касается координации изоляции согласно МЭК 60664-1, расчет твердой изоляции по толщине и напряженности поля, возможен только если:

- распространение поля однородно и отсутствуют пустоты и изоляционные воздушные промежутки в системе изоляции (см. МЭК 60664-4 для высокочастотных напряжений) или
- напряженность поля достаточно низка, поэтому не случаются частичные разряды.



s — секунды; *d* — дни; y — годы; *t* — время, *U* — напряжение; *1* — электрический пробой; *2* — пробой, вызванный чрезмерным нагревом; *3* — пробой по причине износа (например, вследствие частичных разрядов)

Рисунок 1 — Зависимость напряжения пробоя твердой изоляции от времени воздействия напряжения

4.5.2 Координация изоляционных промежутков и твердой изоляции

Во многих случаях изоляционные промежутки и твердая изоляция подвергаются воздействию одинакового напряжения. В таком случае при измерении следует учесть, что в противоположность твердой изоляции изоляционные промежутки самовосстанавливаются. Поэтому устойчивость изоляционных промежутков должна быть ниже, чем твердой изоляции, так что пробой изоляционных промежутков случается до повреждения твердой изоляции.

4.5.3 Практическое руководство по проверке правильности назначения размеров твердой изоляции

4.5.3.1 Назначение в соответствии с прочностью на пробой твердой изоляции

В принципе назначение размеров твердой изоляции может быть основано на данных о прочности на пробой. Однако для получения таких данных требуется знание реальных условий эксплуатации, т.е. длительной нагрузки напряжения и воздействия дополнительных усугубляющих эффектов, таких как повышенная температура окружающей среды, влажность и механическая нагрузка. И даже если такие данные доступны, то выработка простых правил назначения возможна только в том случае, если распространение поля внутри твердой изоляции будет практически однородным, иначе рассчитать напряженность поля внутри твердой изоляции невозможно.

Пример:

E_{peak} — прочность на пробой твердой изоляции (пиковое значение): 45 кВ/мм (устанавливает изготовитель изоляционного материала);

d — толщина изоляционного материала: 0,1 мм,

тогда U_{peak} — максимальное воздействующее напряжение (пиковое значение): 4,5 кВ.

Однако если твердая изоляция содержит изоляционные воздушные промежутки, данная процедура на практике может быть ошибочной (см. подпункт 4.5.3.4.2).

Это вызвано неравномерностью распределения напряжения внутри такой изоляционной системы и низкой устойчивостью воздуха в сравнении с устойчивостью твердой изоляции (см. 4.5.3.4.2, перечисление b)).

4.5.3.2 Назначение размеров посредством испытания

Если устойчивость к пробою твердой изоляции в условиях предполагаемой эксплуатации неизвестна и/или неизвестно распространение поля внутри твердой изоляции, выявить характеристику твердой изоляции можно только соответствующим испытанием по МЭК 60664-1 (пункт 6.1.3). Для чего также потребуется проведение соответствующего кондиционирования по МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.3.2).

Могут быть проведены следующие испытания:

а) Испытание на выдерживаемое импульсное напряжение (см. МЭК 60664-1, подпункт 6.1.3.3) для проверки способности твердой изоляции выдерживать номинальное импульсное напряжение (см. МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.2.2).

b) испытание напряжением переменного тока (см. МЭК 60664-1, подпункт 6.1.3.4) для проверки способности твердой изоляции выдерживать значение наибольшего напряжения из следующих напряжений:

- кратковременного перенапряжения (см. МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.2.3);
- наибольшего установившегося напряжения;
- пикового значения повторяющегося напряжения (см. МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.2.4).

Если пиковое значение испытательного напряжения переменного тока равно или превышает номинальное импульсное напряжение, тогда испытание напряжением переменного тока также охватывает испытание импульсным напряжением.

Твердая изоляция имеет другие характеристики устойчивости по сравнению с изоляционными промежутками при возрастании времени воздействия. И вообще устойчивость значительно снизится. Поэтому испытание напряжением переменного тока, установленное для проверки устойчивости твердой изоляции, не допускается заменять испытанием импульсным напряжением.

c) Испытание на частичный разряд (см. МЭК 60664-1, подпункт 6.1.3.5) для проверки отсутствия частичных разрядов в твердой изоляции при:

- наибольшем установившемся напряжении;
- длительном перенапряжении (см. МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.2.3);
- пиковом значении повторяющегося напряжения (см. МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.2.4).

d) Испытание высокочастотным напряжением (см. МЭК 60664-1, подпункт 6.1.3.7) для проверки отсутствия повреждения вследствие нагрева диэлектрика по МЭК 60664-1 (подпункт 5.3.3.2.5).

Для оборудования, подсоединяемого к различным низковольтным сетям, применяют следующие испытательные напряжения, если для упрощения не проводят испытание на частичный разряд и испытание с высокочастотным напряжением.

Таблица 1 — Примеры для номинального напряжения 100 и 230 В и категории перенапряжения II

Изоляция (МЭК 60664-1. пункт 5.1.6)	Импульсное напряжение, В (МЭК 60664-1, подпункт 6.1.3.3)			Охватывает испытание импульсным напряжением			Для наибольшего из напряжений по МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.3 1, b)[b]		
				Напряжение переменного тока (действ.),[c] В			Напряжение переменного тока (действ.), В по МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.3.4)		
	Номинальное напряжение, В		Время, с	Номинальное напряжение, В		Время, с	Номинальное напряжение, В		Время, с
	100[e]	230		100[e]	230		100	230	
Основная и дополнительная	800 (1500)	2500	a)	566 (1061)	1768	60[d]	1300	1430	60[d]
Усиленная	1500 (2500)	4000		1061 (1768)	2828		2600	2860	

[a] Пять импульсов каждой полярности с интервалом между импульсами не менее 1 с.

[b] Напряжения — это кратковременное перенапряжение, наибольшее установившееся напряжение и пиковое значение повторяющегося напряжения. Значения в двух графах приведены для кратковременного перенапряжения, к которому обычно предъявляют более жесткое требование.

[c] Пиковые значения этих напряжений равны номинальному импульсному напряжению.

[d] Длительность может быть снижена до 5 с, если к кратковременному напряжению не предъявлены более жесткие требования.

[e] Значения в скобках предназначены для Японии. См. МЭК 60664 (сноска 5) к таблице F.1.

4.5.3.3 Последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции

4.5.3.3.1 Общие положения

Различают три случая:

В первом случае последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции — результат конструктивного исполнения изделия. В этом случае обычно это касается довольно больших изоляционных промежутков.

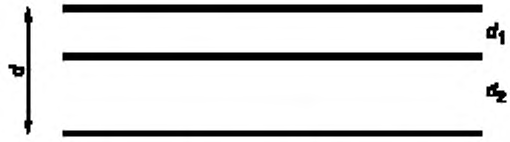
Во втором случае последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции — результат особенностей конструкции изоляционной системы, например применение нескольких слоев тонколистового изоляционного материала.

В третьем случае последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции — результат погрешностей в изготовлении твердой изоляции, включая поверхность раздела с проводящими частями.

В двух последних случаях с твердой изоляцией установлено последовательное соединение достаточно небольших изоляционных воздушных промежутков или маленьких пузырьков воздуха.

Во всех трех случаях необходим расчет распределения напряжения через последовательно соединенные изоляторы согласно соответствующим полным сопротивлениям.

Для напряжения постоянного тока эти полные сопротивления определяются сопротивлениями изоляции. Так как в воздухе сопротивление изоляции почти не ограничено, полное сопротивление воздушного зазора намного выше, чем твердой изоляции. Поэтому к изоляционному промежутку прикладывают почти полное напряжение постоянного тока.



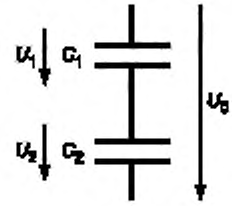
D — общая толщина изоляции, d_1 — величина изоляционного промежутка; d_2 — толщина твердой изоляции

Рисунок 2 — Последовательное соединение изоляционного промежутка и твердой изоляции

Для напряжения переменного тока полные сопротивления последовательно соединенных изоляторов определяются их емкостями. Обычно при довольно низких частотах согласно МЭК 60664-1 потери в диэлектрике не учитывают в расчете распределения напряжения. Поэтому удельная проводимость твердой изоляции становится решающим фактором воздействия на распределение напряжения.

При упрощенном расчете емкостного распределения напряжения эти емкостные сопротивления рассматриваются как пластинчатые конденсаторы с однородным распределением поля. Данная ситуация приведена на рисунке 2.

C_1 и C_2 образуют емкостный делитель напряжения согласно рисунку 3, и приложенное напряжение переменного тока U_0 согласно равенствам (2) и (3) разделяется на напряжения U_1 и U_2.



U_0 — напряжение, приложенное к изоляции, U_1 — напряжение, приложенное к изоляционному промежутку, U_2 — напряжение, приложенное к твердой изоляции; C_1 — емкость изоляционного промежутка; C_2 — емкость твердой изоляции

Рисунок 3 — Емкостный делитель напряжения

$$U_0 = U_1 + U_2, \tag{1}$$

$$U_1 = U_0 \frac{C_2}{C_1 + C_2}, \tag{2}$$

$$U_2 = U_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2}. \tag{3}$$

Емкости C_1 и C_2 представлены равенствами (4) и (5).

$$C_1 = \varepsilon_0 \frac{A}{d_1}, \tag{4}$$

$$C_1 = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d_2}, \tag{5}$$

где A — область пластинчатых емкостей C_1 и C_2;

ε_0 — удельная проводимость воздуха;

ε_r — удельная проводимость твердой изоляции.

При делении напряжения соотношение емкостей приведено в равенстве (6):

$$C_1 = C_2 \frac{d_2}{d_1} \frac{1}{\varepsilon_r}. \tag{6}$$

Устойчивость к пробою изоляционного промежутка (E_1) можно вычислить по напряжению пробоя переменного тока и соответствующему изоляционному промежутку по МЭК 60664-1 (таблица 1). Для упрощения примеры, приведенные в настоящем руководстве, основаны на условиях однородного поля. Устойчивость к пробою твердой изоляции (E_2) указывает изготовитель изоляционного материала.

Точный расчет распределения напряжения выполнить намного сложнее, поэтому вышеприведенные формулы позволяют выполнить приблизительные расчеты с учетом распределения однородного поля.

Для маленьких размеров, около 0,1 мм, данное приближение является довольно точным. Для больших размеров оно не подходит.

4.5.3.3.2 Последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции посредством конструкции.

Следующие примеры показывают последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции, как это было предусмотрено конструкцией оборудования.

4.5.3.3.3 Последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции посредством конструкции для напряжения постоянного тока

Для напряжения постоянного тока, как было указано ранее, почти полное напряжение прикладывается через изоляционный промежуток. Поэтому конструкцией предусмотрено, что изоляционный промежуток один будет выдерживать это напряжение. В случае перекрытия изоляционного промежутка все напряжение приложится к твердой изоляции.

Правило — Чтобы избежать повреждения твердой изоляции в такой ситуации, твердая изоляция рассчитывается так, чтобы выдерживать полное напряжение.

4.5.3.3.4 Последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции посредством конструкции для напряжения переменного тока

Для напряжения переменного тока распределение напряжения рассчитывается по соответствующим емкостным сопротивлениям. В следующем примере размеры предполагаются для наиболее вероятной ситуации с довольно большим изоляционным промежутком и тонким слоем изоляционного материала, соединенными последовательно.

Пример:
d_1 = 3мм, d_2 = 0,1 мм
ε_r = 4,5
Из равенства (6) следует: $C_1 = 0{,}0074\ C_2$
Из равенства (2) следует: $U_1 = 0{,}993\ U_0$
Из равенства (3) следует: $U_2 = 0{,}007\ U_0$

Результат таков, что почти все напряжение прикладывается через изоляционный промежуток. Следовательно, только изоляционный промежуток рассчитывают на выдерживание данного напряжения. В случае перекрытия изоляционного промежутка все напряжение приложится к твердой изоляции.

Правило — Чтобы избежать повреждения твердой изоляции в такой ситуации, твердая изоляция также рассчитывается так, чтобы выдерживать полное напряжение.

4.5.3.4 Последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции вследствие изоляционных воздушных промежутков или воздушных пузырьков

Следующие примеры связаны с последовательным соединением изоляционных промежутков и твердой изоляции в результате особенностей конструкции изоляционной системы, например применением нескольких слоев тонкого листового изоляционного материала, и/или в результате некачественного изготовления твердой изоляции, включая поверхность раздела с токопроводящими частями. В таком случае маленькие изоляционные воздушные промежутки или пузырьки воздуха последовательно соединяются с твердой изоляцией.

4.5.3.4.1 Последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции вследствие воздушных промежутков или воздушных пузырьков для напряжения постоянного тока

Для напряжения постоянного тока эти полные сопротивления определяются сопротивлениями изоляции. Так как в воздухе сопротивление изоляции почти не ограничено, полное сопротивление изоляционных воздушных промежутков намного выше, чем твердой изоляции. Поэтому к изоляционному промежутку прикладывают почти полное напряжение постоянного тока. Результатом этого могут стать частичные разряды в изоляционном промежутке, которые могут повредить соседнюю твердую изоляцию. Однако, частота повторяемости частичных разрядов очень низка, вследствие большого времени повторного заряда напряжения через изоляционный промежуток. Поэтому потенциал повреждения довольно низок, а время пробоя довольно продолжительно.

Ввиду низкой частоты повторяемости испытание частичным разрядом представляет большую сложность при напряжении постоянного тока.

4.5.3.4.2 Последовательное соединение изоляционных промежутков и твердой изоляции вследствие изоляционных воздушных промежутков или воздушных пузырьков для напряжения переменного тока

Для напряжения переменного тока распределение напряжения рассчитывается по соответствующим емкостным сопротивлениям. В следующем примере размеры предполагаются для наиболее вероятной ситуации с довольно большим изоляционным промежутком и сравнительно тонким слоем изоляционного материала, соединенными последовательно.

Следующий пример дает более реальное представление ситуации, чем на примере 4.5.3.1.

Пример:
d_1 = 0,1 мм
ε_r = 4,5
$E_{2\ peak}$ = 45 кВ/мм
Случай a)
d_1 = 0,1 мм d_2 = 0,09 мм
$E_{1\ peak}$ = 33 кВ/мм

Примечание 1 — Для вычисления взято соответствующее пиковое значение напряжения пробоя переменного тока для распределения однородного поля по МЭК 60664-1 (приложение А, таблица А.1) для d_1 = 0,1 мм.

Из равенства (6) следует: $C_1 = 2\ C_2$.
Из равенства (2) следует: $U_1 = 0{,}333\ U_0$.
Из равенства (3) следует: $U_2 = 0{,}666\ U_0$.
Устойчивость к пробою E_1 изоляционного промежутка составляет:

$$E_{1\,peak} = \frac{U_1}{d_1} = 0{,}333\frac{U_{0\,peak}}{d_1} = 33\frac{\text{кВ}}{\text{мм}}.$$

Следовательно, пробой изоляционного промежутка произойдет при:

$$U_{0peak} = \frac{E_{1peak}d_1}{0{,}333} = 33\frac{0{,}01}{0{,}333}\ \text{кВ} = 0{,}99\ \text{кВ}.$$

Это, вероятно, будет начальное напряжение частичного разряда. Для напряжения переменного тока частота повторяемости частичных разрядов приблизительно такая же, как частота напряжения. Поэтому потенциал повреждения много выше, чем для напряжения постоянного тока, и повреждение может произойти в более короткие периоды времени. Во избежание пробоя нельзя допускать установления через систему изоляции пикового значения установившегося напряжения свыше 0,99 кВ.

Согласно примеру 4.5.3.1 может потребоваться твердая изоляция со значительно более высокой характеристикой для пикового значения напряжения пробоя 4,5 кВ.

Вывод такой, что любая конструкция изоляционной системы, включающей изоляционные воздушные промежутки в результате применения нескольких слоев тонкого листового изоляционного материала и/или в результате некачественного изготовления твердой изоляции, должна проверяться на отсутствие возникновения частичного разряда.

Случай b)
d_1 = 0,05 мм, d_2 = 0,05 мм
E_{1peak} = 11,2 кВ/мм

Примечание 2 — Для вычисления взято соответствующее пиковое значение напряжения пробоя переменного тока для распределения однородного поля по МЭК 60664-1 (приложение А, таблица А.1) для d_1 = 0,05 мм.

Из равенства (6) следует: $C_1 = 0{,}222\ C_2$.
Из равенства (2) следует: $U_1 = 0{,}818\ U_0$.
Из равенства (3) следует: $U_2 = 0{,}182\ U_0$.
Устойчивость к пробою E_1 изоляционного промежутка составляет:

$$E_{1peak} = \frac{U_1}{d_1} = 0{,}818\frac{U_{0peak}}{d_1} = 11{,}2\frac{\text{кВ}}{\text{мм}}.$$

Следовательно, пробой изоляционного промежутка произойдет при:

$$U_{0peak} = \frac{E_{1peak}d_1}{0{,}818} = 11{,}2\frac{0{,}05}{0{,}818}\ \text{кВ} = 0{,}685\ \text{кВ}.$$

Вероятнее всего это напряжение частичного разряда. Во избежание пробоя нельзя допускать установления через систему изоляции пикового значения установившегося напряжения свыше 0,685 кВ.

Примечание 3 — Данное значение 685 В должно быть сопоставлено со значением 700 В, указанным в МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.3.1) в качестве установленного для испытания частичным разрядом.

Согласно примеру 4.5.3.1 может потребоваться твердая изоляция со значительно более высокой характеристикой для пикового значения напряжения пробоя 4,5 кВ. Это показывает, что достаточно большие изоляционные воздушные промежутки ведут к очень низкой характеристике такой изоляции.

Следовательно, конструкция изоляционной системы, включающей изоляционные воздушные промежутки в результате применения нескольких слоев тонкого листового изоляционного материала, и/или в результате некачественного изготовления твердой изоляции, должна проверяться на отсутствие возникновения частичного разряда.

4.6 Практическое применение серии МЭК 60664 для проектирования функциональной изоляции

4.6.1 Общие положения

Минимальные изоляционные промежутки, минимальные расстояния утечки и минимальные требования, предъявляемые к твердой изоляции, указанные в серии МЭК 60664, также распространяются на функциональную изоляцию. В силу функциональных причин могут также применяться дополнительные требования, связанные, например, с минимальным сопротивлением изоляции (см. МЭК 60664-5, приложение А).

Однако требования к выдерживаемому напряжению для функциональной изоляции могут отличаться от требований, предъявляемых к основной изоляции.

4.6.2 Назначение и испытание функциональной изоляции в сравнении с основной изоляцией

Принципы назначения функциональной изоляции приведены в 4.1.

Для изоляционного промежутка функциональной изоляции требуемое ожидаемое выдерживаемое напряжение является максимальным импульсным напряжением (см. МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.7)), или установившимся напряжением согласно МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7), или пиковым значением повторяющегося напряжения согласно МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7), которое может возникнуть через изоляционный промежуток при номинальных условиях оборудования, в частности, при номинальном напряжении и номинальном импульсном напряжении.

Расстояния утечки функциональной изоляции измеряют согласно МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4) в соответствии с эксплуатационным напряжением через рассматриваемое расстояние утечки.

Что касается МЭК 60664-5, то расстояния утечки функциональной изоляции измеряют согласно МЭК 60664-5 (приложение F, таблица 4) и эксплуатационному напряжению по отношению к трекингостойкости и МЭК 60664-5 (приложение F, таблица 5) по отношению к наибольшему пиковому напряжению, причем, чтобы избежать пробоя, берут наибольшее значение.

При измерении эксплуатационного напряжения допускается интерполировать значения для получения промежуточных значений напряжения. В таком случае применяют метод линейного интерполирования, а значения округляют до такого же количества знаков, как в табличных значениях.

В оборудовании, которое кратковременно находится под напряжением, расстояния утечки для функциональной изоляции могут иметь уменьшенные размеры, например на один порядок ниже, чем значение напряжения, указанное в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4).

Испытание функциональной изоляции проводят, следуя тем же процедурам, которые указаны в МЭК 60664-1 (раздел 6.1). Вместе с тем, испытательные напряжения могут отличаться от требуемых для основной изоляции.

4.7 Практическое применение серии МЭК 60664 для назначения размеров в связи с влиянием частоты напряжения

4.7.1 Общее влияние частоты на характеристики устойчивости

В пределах области применения МЭК 60664-1 установлено, что влияние частоты напряжения до 30 кГц включительно на характеристики изоляции минимально. Для более высоких частот ожидается снижение устойчивости изоляции любого типа, что должно учитываться при назначении размеров.

Для частот от 30 кГц до 10 МГц МЭК 60664-4 следует применять совместно с МЭК 60664-1 или МЭК 60664-5.

4.7.2 Влияние частоты на характеристики устойчивости изоляционных промежутков

На устойчивость к воздействию напряжения в пределах области применения МЭК 60664-4 может воздействовать для периодических напряжений только частота. Для переходных перенапряжений назначения согласно МЭК 60664-1 или МЭК 60664-5 будет достаточно.

Для частот свыше 30 кГц в пределах области применения МЭК 60664-4 выдерживающая способность изоляционных промежутков с однородным и почти однородным распределением поля может быть снижена на до 20 %. Для частот свыше 30 кГц рассматривается существование приближенно однородного поля, если радиус кривизны токопроводящих частей равен или превышает 20 % изолирующего промежутка.

Назначение размеров для приближенно однородного распределения поля проводят с учетом 125 % требуемого выдерживаемого напряжения для изоляционного промежутка согласно значениям для случая А по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7), или МЭК 60664-5 (таблица 3). Испытаний на выдерживаемое напряжение не требуется.

Для назначения меньших размеров, чем для приближенно однородного распределения поля (согласно значениям для случая А по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7), или МЭК 60664-5 (таблица 3), потребуется испытание на выдерживаемое напряжение по МЭК 60664-1 (пункт 6.1.2) или МЭК 60664-5. Однако, минимальный изоляционный промежуток не может быть меньше того, который получен с учетом 125 % требуемого выдерживаемого напряжения для изоляционного промежутка согласно значениям для случая А по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7), или МЭК 60664-5 (таблица 3).

Для частот свыше 30 кГц рассматривается существование неоднородного поля, если радиус кривизны токопроводящих частей составляет менее 20 % изолирующего промежутка. Для распределения неоднородного поля снижение выдерживающей способности изоляционных промежутков может быть намного больше.

Назначение размеров для случая распределенного неоднородного поля проводят с учетом требуемого выдерживаемого напряжения изоляционного промежутка по МЭК 60664-4 (таблица 1). Никакого испытания на выдерживаемое напряжение не требуется.

Назначение размеров для условия неоднородного поля и воздействия напряжения свыше 1 кВ ведет к неприемлемо большим размерам. Поэтому предпочтителен выбор конструкции, улучшающей распределение поля (до приближенно однородного распределения).

4.7.3 Влияние частоты на характеристики устойчивости расстояний утечки

По отношению к устойчивости расстояний утечки, для частот напряжения свыше 30 кГц, кроме трекингостойкости, необходимо учитывать влияние тепловых эффектов. Назначение размеров производят как для заданного действующего значения выдерживаемого напряжения расстояния утечки согласно значениям по МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.4), так и для заданного пикового выдерживаемого напряжения согласно значениям по МЭК 60664-4 (таблица 2). Данное пиковое выдерживаемое напряжение — это наибольшее значение любой периодической составляющей пика напряжения через расстояние утечки. Выбирают большее значение расстояния.

В МЭК 60664-4 (таблица 2) допускается проводить интерполирование частот. Значения в МЭК 60664-4 (таблица 2) применимы для степени загрязнения 1. Значения для степеней загрязнения 2 и 3 получают, применяя повышающие коэффициенты 1,2 и 1,4 соответственно.

Назначение размеров по МЭК 60664-4 (таблица 2) применимы для всех изоляционных материалов, которые могут повреждаться в результате тепловых эффектов. В это число входят типичные материалы основания для печатных плат, выполненных из эпоксидных смол. Для изоляционных материалов, которые не повреждаются в результате тепловых эффектов, и если отсутствует трекинг, то назначения согласно требованиям 4.7.2 достаточно.

4.7.4 Влияние частоты на характеристики устойчивости твердой изоляции

Для частот свыше 30 кГц при назначениях следует также учитывать пониженную устойчивость твердой изоляции. Такое понижение вызвано двумя различными эффектами. Первый — повышенный нагрев твердых изоляционных материалов, вызванный потерями в диэлектрике. Это особая проблема для материалов с высоким коэффициентом потерь, например ламинированная бумага. Второй эффект — ускоренный износ, вызванный высокой частотой частичных разрядов. Поэтому в нормальных условиях эксплуатации не допускается возникновение частичных разрядов. Кроме этого, необходимо принимать во внимание понижение начального напряжения частичного разряда с увеличением частоты.

По этим причинам для точного назначения размеров твердой изоляции требуется испытание с напряжением высокой частоты. Однако, такие испытания сложны и требуют специального оборудования. Поэтому МЭК 60664-4 предлагает упрощенный метод назначения твердой изоляции, основанный на требованиях к размерам.

Данный упрощенный метод назначения размеров может быть использован вместо высокочастотного испытания по МЭК 60664-4, раздел 7. Его применяют для напряжения максимальной частотой 10 МГц, если напряженность электрического поля практически единообразна, не превышает установленных значений согласно равенству (7) или рисунку 4 соответственно и если отсутствуют пустоты и изоляционные воздушные промежутки между твердой изоляцией. В данном контексте, электрическое поле считается почти однородным, если отклонения от среднего значения напряженности поля не превышают ± 20 %.

Для тонкослойной твердой изоляции с $d_1 \geq 0{,}75$ мм требуется, чтобы пиковое значение напряженности электрического поля E было не более 2 кВ/мм. Для тонкослойной твердой изоляции с $d_2 \leq 30$ мкм требуется, чтобы пиковое значение напряженности электрического поля было не более 10 кВ/мм. Для $d_1 > d > d_2$ применяют равенство (7) для интерполирования некоей толщины d (см. также рисунок 4):

$$E = \left(\frac{0{,}25}{d} + 1{,}667\right) \frac{\text{кВ}}{\text{мм}}. \qquad (7)$$

При учете напряженности электрического поля для назначения размеров твердой изоляции потребуется приближенно однородное распределение поля без пустот и изоляционных воздушных промежутков. Если напряженность поля нельзя рассчитать (вследствие неоднородности поля) или, если пиковое значение выше, чем полученное из равенства (7) или по рисунку 4 соответственно, или присутствие пустот или изоляционных воздушных промежутков нельзя исключить, или предназначено для частот свыше 10 кГц, требуется проведение испытания на выдерживаемое напряжение или испытания частичным разрядом с высокочастотным напряжением. Испытание на выдерживаемое напряжение проводят для кратковременных нагрузок; испытание частичным разрядом — для долговременных нагрузок согласно МЭК 60664-1 (подпункт 5.3.3.2.3).

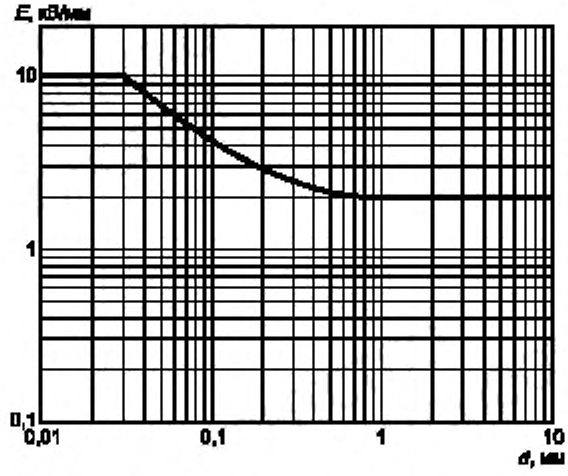


Рисунок 4 — Допустимая напряженность электрического поля для назначения твердой изоляции в соответствии с равенством (7)

Согласно МЭК 60664-3 применяют два типа защиты для получения небольших размеров. Защиту типа 2 считают аналогичной твердой изоляции. Поскольку МЭК 60664-3 базируется на МЭК 60664-1, область применения по отношению к частоте ограничивается 30 кГц. Поэтому, если защита типа 2 предназначена для применения для частот свыше 30 кГц, тогда применяются дополнительные требования МЭК 60664-4 к твердой изоляции.

5 Примеры назначения размеров изоляции в оборудовании

5.1 Общие положения

На рисунках 5а—5d приведены четыре примера назначения изоляционных промежутков; каждый пример иллюстрирует наиболее важные факторы, влияющие на размеры изоляционных промежутков. Эти факторы таковы: номинальные напряжения, выдерживаемые напряжения установившегося режима, импульсные выдерживаемые напряжения, категория перенапряжения, степень загрязнения и тип изоляции.

Некоторые стандарты на изделия не устанавливают значения изоляционных промежутков для цепей, питаемых безопасным сверхнизким напряжением (БСНН).

На рисунках 5а—5d показано, что воздушный зазор обоснован категорией применения, определяемой сетевым напряжением, а импульсное выдерживаемое напряжение на один уровень ниже, чем уровень трансформатора. Более подробную информацию см. в 4.2.

В МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.3.2) указаны категории перенапряжения. Категория перенапряжения скоординирована по отношению к категории импульсного выдерживаемого напряжения по МЭК 60364-4-44. Номинальное импульсное напряжение оборудования выбирают соответственно установленной категории перенапряжения и номинальному напряжению оборудования. См. МЭК 60664-1, приложение F, таблицы F.1 и F.2.

В МЭК 60664-1 (пункт 4.6.2) приведены четыре степени защиты для микросреды.

На следующих примерах для категории перенапряжения III (см. рисунки 5b и 5c) и категории перенапряжения II (рисунок 5d) и степени защиты 2 проиллюстрированы назначения изоляционных промежутков по МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.2 и F.7).

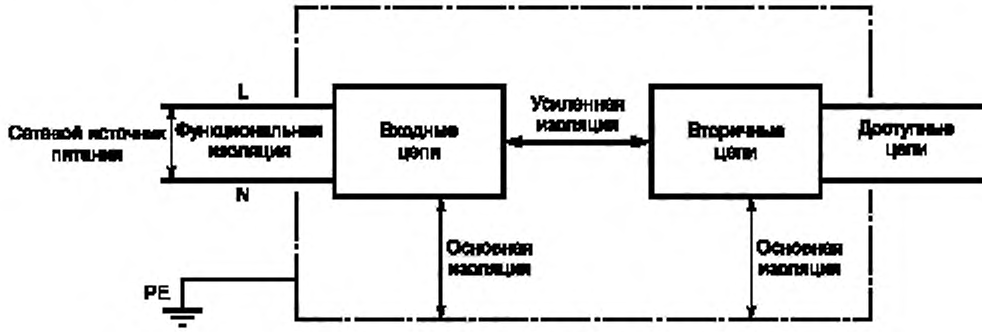
Рисунок 5b следующее касается оборудования класса I:

- для незаземленных цепей, непосредственно не соединенных с сетью (вторичная обмотка трансформатора), основная изоляция назначается для импульсного выдерживаемого напряжения аналогично цепи, непосредственно соединенной с сетью питания. (В вопросе снижения импульсного выдерживаемого напряжения детали, касающиеся трансформатора, приведены в 4.2).

На рисунках 5c и 5d следующее касается оборудования класса II:

- для незаземленных цепей, непосредственно не соединенных с сетью (вторичная обмотка трансформатора), основная изоляция назначается для импульсного выдерживаемого напряжения на одну ступень ниже по сравнению с цепью, непосредственно соединенной с сетью питания. (В вопросе снижения импульсного выдерживаемого напряжения детали, касающиеся трансформатора, приведены в 4.2).

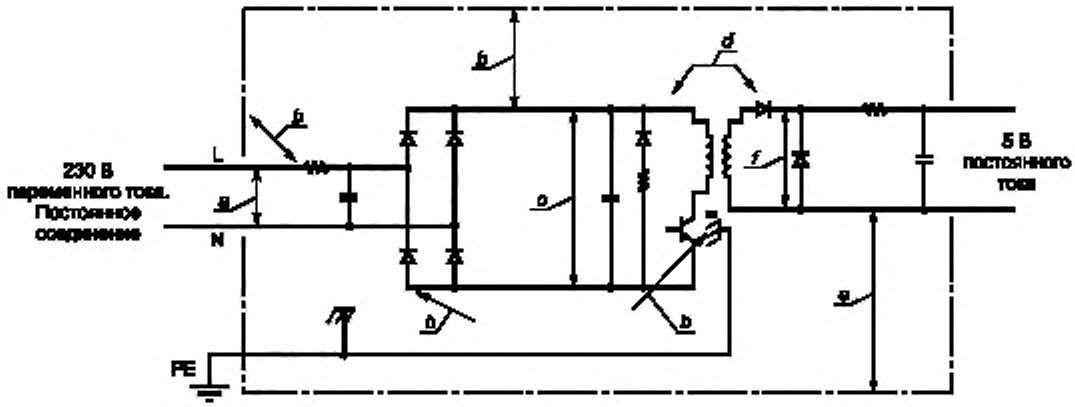
Информация по основной защите и основной изоляции приведена в МЭК 61140.



L — линейный проводник; N — нейтральный проводник; PE — защитный проводник

Рисунок 5а — Пример 1 — Упрощенная схема изоляционной системы, содержащей функциональную, основную и усиленную/двойную изоляцию для оборудования класса I

5.2 Примеры назначения изоляционных промежутков для оборудования класса I согласно МЭК 60664-1



a, *c*, *f* — функциональная изоляция, категория перенапряжения III; *b*, *e* — функциональная изоляция, категория перенапряжения III; *d* — усиленная изоляция, категория перенапряжения III, L — линейный проводник, N — нейтральный проводник; PE — защитный проводник; «~ ' ~» — защита против прямого контакта посредством проводящей оболочки соединенной с защитным проводником (PE)

Рисунок 5b — Пример 2 — Назначение изоляционных промежутков для оборудования класса I по категории перенапряжения III

Таблица 2 — Пример 2 — Назначение изоляционных промежутков по МЭК 60664-1, приложение F, таблица F.2 (степень загрязнения 2) (см. пример 2 на рисунке 5b)

Пример 2	Тип изоляции[a)]	Импульсное выдерживаемое напряжение, В	Изоляционный промежуток, мм
a	функциональная	4000	3,0
b	основная	4000	3,0
c	функциональная	4000	3,0
d	усиленная	6000	5,5
e	основная	4000	3,0
f	функциональная	800[b)]	0,2[b)]

[a)] Для систем TN.
[b)] При напряжении 50 В между фазой и нейтралью.

Для цепей, защищенных от перенапряжения с помощью УЗИП, изоляционный промежуток для функциональной изоляции («а» и «с») может быть установлен меньшим значением, чем указано для случая А в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2).

Однако в этом случае необходимо испытание с требуемым импульсным выдерживаемым напряжением. Импульсный генератор для испытания должен иметь невысокое сопротивление 2 Ом.

Изоляционный промежуток для усиленной изоляции по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2), для случая А выбирают на один уровень импульсного напряжения выше (предпочтительные значения).

Таблица 3 — Пример 2 — Назначение изоляционных промежутков для временных перенапряжений согласно МЭК 60664-1 (подпункт 5.3.3.2.3) (U_n + 1200 В) (см. пример 2 на рисунке 5b)

Пример 2	Тип изоляции	Импульсное выдерживаемое напряжение, В	Временное перенапряжение (пиковое)/ эксплуатационное напряжение (пиковое)[b], В[d]	Изоляционный промежуток (по МЭК 60664-1, приложение F, таблица F.2) (импульсное выдерживаемое напряжение), мм	Изоляционный промежуток (по МЭК 60664-1, приложение F, таблица F.7a) (временное перенапряжение/эксплуатационное напряжение), мм[c]	Изоляционный промежуток[a], мм
a	функциональная	4000	-*/325	3,0	-*/0,01	3,0
b	основная	4000	2022/325	3,0	1,3/0,01	3,0
c	функциональная	4000	-*/325	3,0	-*/0,01	3,0
d	усиленная	6000	4044/650[f]	5,5	3,9/0,078[f]	5,5
e	основная	4000	-*/5	3,0	-*/0,001	3,0
f	функциональная	800[e]	-*/5	0,2	-*/0,001	0,2

[a] Размеры по МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.7a) в сравнении с МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.7) с учетом степени загрязнения. Выбран больший изоляционный промежуток.

[b] Если изоляционная система оценивается по эксплуатационному напряжению, в расчет принимают пиковые значения повторяющегося напряжения. В данном примере пиковые значения повторяющегося напряжения незначительны. Рассматривают только пиковое значение синусоидального сетевого напряжения.

[c] Привязано к пиковому значению временного перенапряжения.

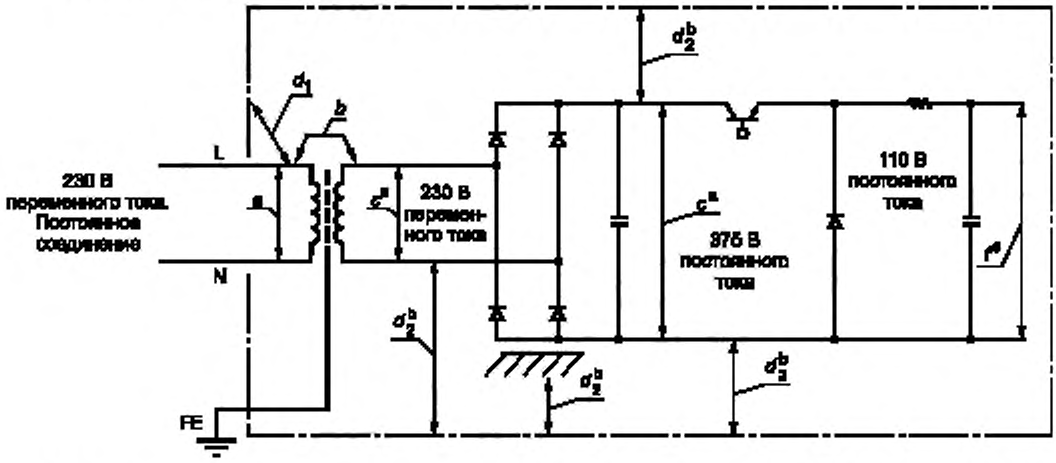
[d] Для назначения применяют пиковое значение временного перенапряжения.

[e] По напряжению 50 В между фазой и нейтралью.

[f] В то время как изоляционный промежуток для усиленной изоляции измеряют при 160 % временного перенапряжения для основной и дополнительной изоляции, то испытательное напряжение для проверки изоляционного промежутка для усиленной изоляции составляет двойное испытательное напряжение для проверки изоляционного промежутка для основной и дополнительной изоляции.

* — не применяется.

5.3 Примеры назначения изоляционных промежутков для оборудования класса II согласно МЭК 60664-1



A — функциональная изоляция, категория перенапряжения III, *b* — основная изоляция, категория перенапряжения III; c^a, f^a — функциональная изоляция; d_1, $d_2{}^b$ — усиленная изоляция; L — линейный проводник; N — нейтральный проводник, FE — функциональный заземленный проводник;

«– · –» — защита против прямого контакта посредством непроводящей оболочки из твердого изоляционного материала или изоляционного промежутка обеспечивающего усиленную изоляцию

Рисунок 5c — Пример 3 — Назначение изоляционных промежутков (оборудование класса I)

Таблица 4 — Пример 3 — Назначение изоляционных промежутков по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2) (степень загрязнения 2) (см. пример 3 на рисунке 5c)

Пример 3	Тип изоляции	Импульсное выдерживаемое напряжение, В	Изоляционный промежуток, мм
a	функциональная	4000	3,0
b	основная	4000	3,0
c[a)]	функциональная	2500	3,0
d_1	усиленная	6000	5,5
d_2[b)]	усиленная	4000	3,0
f[a)]	функциональная	2500	1,5

[a)] Изоляционный промежуток привязан к категории перенапряжения, определяемой сетевым напряжением (230 В переменного тока, категория перенапряжения III) и на один уровень импульсного выдерживаемого напряжения ниже, чем уровень трансформатора. Фактический уровень постоянного тока после выпрямления не влияет на импульсное выдерживаемое напряжение, использованное в конструкции изоляционной системы.

[b)] Изоляционный промежуток для усиленной изоляции привязан к категории перенапряжения, определяемой сетевым напряжением (230 В переменного тока, категория перенапряжения III) и на один уровень импульсного выдерживаемого напряжения ниже, чем уровень трансформатора. Более подробную информацию см. 4.2.

Таблица 5 — Пример 3 — Назначение изоляционных промежутков согласно МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.2 и F.7a) для временных перенапряжений согласно 5.3.3.2.3 МЭК 60664-1 (U_n + 1200 В) (см. пример 3 на рисунке 5c)

Пример 3	Тип изоляции	Импульсное выдерживаемое напряжение, В	Временное перенапряжение (пиковое)/эксплуатационное напряжение (пиковое)[b)], В	Изоляционный промежуток по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2) (импульсное выдерживаемое напряжение), мм	Изоляционный промежуток по МЭК 60664-1 (приложение F, таблице F.7a) (временное перенапряжение/ эксплуатационное напряжение), мм[c)]	Изоляционный промежуток[a)], мм
a	функциональная	4000	NA*/325	3,0	NA*/0,01	3,0
b	основная	4000	2022/325	3,0	1,3/0,01	3,0
c	функциональная	2500	NA*/325	1,5	NA*/0,01	1,5
d_1	усиленная	6000	4044/650[d)]	5,5	3,9/0,078[d)]	5,5
d_2	усиленная	4000	4044/650[d)]	3,0	3,9/0,078[d)]	3,0
f	функциональная	2500	NA*/110	1,5	NA*/0,004	1,5

[a)] Размеры по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7a) в сравнении с МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2) с учетом степени загрязнения. Выбран больший изоляционный промежуток.

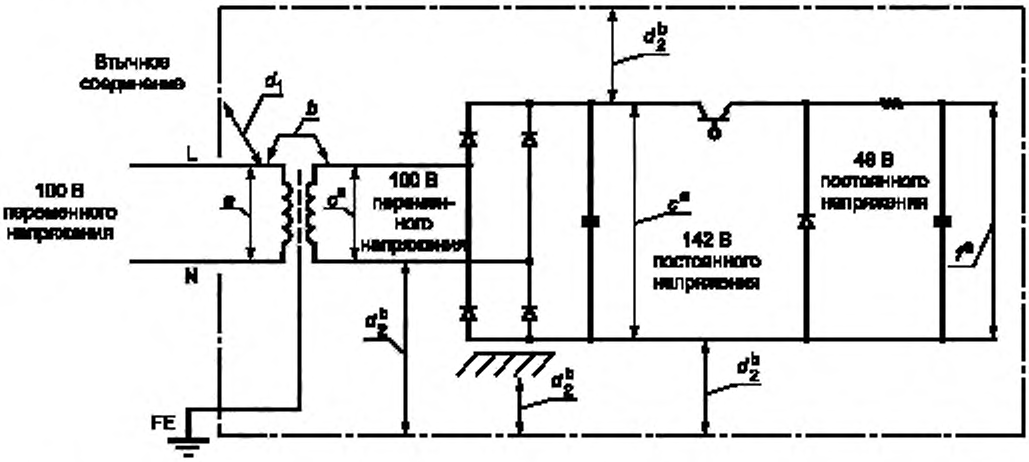
[b)] Если изоляционная система оценивается по эксплуатационному напряжению, в расчет принимают пиковые значения повторяющегося напряжения. В данном примере пиковые значения повторяющегося напряжения незначительны. Рассматривают только пиковое значение синусоидального сетевого напряжения.

[c)] Для назначения применяют пиковое значение временного перенапряжения.

[d)] В то время как изоляционный промежуток для усиленной изоляции измеряют при 160 % временного перенапряжения для основной и дополнительной изоляции, то испытательное напряжение для проверки изоляционного промежутка для усиленной изоляции составляет двойное испытательное напряжение для проверки изоляционного промежутка для основной и дополнительной изоляции.

* NA — не применяется.

5.4 Примеры назначения изоляционных промежутков для оборудования класса II согласно МЭК 60664-5



a — функциональная изоляция, категория перенапряжения III, *b* — основная изоляция, категория перенапряжения III; c^a, f^a — функциональная изоляция, d_1, $d_2{}^b$ — усиленная изоляция; L — линейный проводник; N — нейтральный проводник; FE — функциональный заземленный проводник;

«– · –» — защита против прямого контакта посредством непроводящей оболочки из твердого изоляционного материала или изоляционного промежутка обеспечивающего усиленную изоляцию

Рисунок 5d — Пример 4 — Назначение изоляционных промежутков (оборудование класса II)

Таблица 6 — Пример 4 — Назначение изоляционных промежутков по МЭК 60664-5 (таблица 2) (см. пример 4 на рисунке 5d)

Пример 4	Тип изоляции	Импульсное выдерживаемое напряжение[c], В	Изоляционный промежуток[c], мм
a	функциональная	800 (1500)	0,1 (0,5)
b	основная	800 (1500)	0,1 (0,5)
$c^{a)}$	функциональная	500 (800)	0,04 (0,01)
d_1	усиленная	1500 (2500)	0,5 (1,5)
$d_2{}^{b)}$	усиленная	800 (1500)	0,1 (0,5)
$f^{a)}$	функциональная	500 (800)	0,04 (0,01)

[a] Изоляционный промежуток привязан к категории перенапряжения, определяемой сетевым напряжением (100 В переменного тока, категория перенапряжения II) и на один уровень импульсного выдерживаемого напряжения ниже, чем уровень трансформатора. Фактический уровень постоянного тока после выпрямления не влияет на импульсное выдерживаемое напряжение, использованное в конструкции изоляционной системы.

[b] Изоляционный промежуток для усиленной изоляции привязан к категории перенапряжения, определяемой сетевым напряжением (100 В переменного тока, категория перенапряжения II) и на один уровень импульсного выдерживаемого напряжения ниже, чем уровень трансформатора. Более подробную информацию см. 4.2.

[c] Значения в скобках предусмотрены для Японии. (См. МЭК 60664-1 (приложение F, сноска [5] к таблице F.1).

Таблица 7 — Пример 4 — Назначение изоляционных промежутков согласно таблицам 2 и 3 МЭК 60664-5 для временных перенапряжений согласно 5.3.3.2.3 МЭК 60664-1 (U_n + 1200 В) (см. пример 4 на рисунке 5d)

Пример 4	Тип изоляции	Импульсное выдерживаемое напряжение[d], В	Временное перенапряжение (пиковое)/эксплуатационное напряжение (пиковое)[b], В	Изоляционный промежуток[d] (по МЭК 60664-5 (таблица 2)) (импульсное выдерживаемое напряжение), мм	Изоляционный промежуток (по МЭК 60664-5 (таблица 3)) (временное перенапряжение/эксплуатационное напряжение), мм[c]	Изоляционный промежуток[a], [d], мм
a	функциональная	800(1500)	NA*/141	0,1 (0,5)	NA*/0,005	0,1 (0,5)
b	основная	800 (1500)	1838/141	0,1 (0,5)	1,1[c]/0,005	1,1
c	функциональная	500 (800)	NA*/141	0,04 (0,1)	NA*/0,005	0,04 (0,1)
d_1	усиленная	1500 (2500)	3676/282[e]	0,5 (1,5)	3,4[c]/0,001[e]	3,4
d_2	усиленная	800 (1500)	3676/282[e]	0,1 (0,5)	3,4[c]/0,001[e]	3,4
f	функциональная	500 (800)	NA*/48	0,04 (0,1)	NA*/0,01	0,04 (0,1)

[a] Размеры по МЭК 60664-5 (таблица 2) в сравнении с МЭК 60664-1 (таблица 3). Выбран больший изоляционный промежуток.

[b] Если изоляционная система оценивается по эксплуатационному напряжению, в расчет принимают пиковые значения повторяющегося напряжения. В данном примере пиковые значения повторяющегося напряжения незначительны. Рассматривают только пиковое значение синусоидального сетевого напряжения.

[d] Значения в скобках приведены для Японии. См. МЭК 60664-1 (приложение F, сноска [5] к таблице F.1).

[c] Определено использованием метода интерполяции по МЭК 60664-1 (приложение F, случай A, таблица F.7a).

[e] В то время как изоляционный промежуток для усиленной изоляции измеряют при 160 % временного перенапряжения для основной и дополнительной изоляции, то испытательное напряжение для проверки изоляционного промежутка для усиленной изоляции составляет двойное испытательное напряжение для проверки изоляционного промежутка для основной и дополнительной изоляции.

* NA — не применяется.

6 Практическое применение серии МЭК 60664 по отдельным вопросам

6.1 Общие положения

В разделе 4 настоящего документа предусмотрена информация об измерении изоляционных промежутков, расстояний утечки и твердой изоляции для функциональной, основной, дополнительной, двойной и усиленной изоляций в соответствии с эксплуатационным напряжением, включая пиковое значение повторяющегося напряжения, временное перенапряжение и кратковременное перенапряжение через указанную изоляцию. Данный раздел содержит несколько типичных примеров испытания изоляционного промежутка и твердой изоляции в нескольких типичных назначениях. Данные примеры не охватывают все назначения.

Настоящий раздел не предусматривает информации по испытательным расстояниям утечки, поскольку получить ее невозможно. Испытание расстояния утечки скорее всего является оценкой эффективности расстояния и материала, обеспечивающих изолирование через рассматриваемую изоляцию.

6.2 Испытание комплектного оборудования в случае компонентов, перекрывающих основную изоляцию

Оборудование в первую очередь подготавливают для того, чтобы отсоединять любой компонент, перекрывающий основную изоляцию, как например, устройства для защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) в соответствии с МЭК 60664-1 (пункт 6.1.4) по условиям или ограничениям, предусмотренным в соответствующих стандартах на изделия.

Тогда возникает необходимость в том, чтобы компоненты, перекрывающие основную изоляцию и отсоединенные при испытании основной изоляции на импульсное выдерживаемое напряжение, не влияли на функционирование или безопасность основной изоляции оборудования при нормальной эксплуатации.

Компоненты отсоединяют и вновь подсоединяют, а оборудование испытывают согласно следующей процедуре, проводя испытание переменным током, имеющее целью проверить, что компоненты, перекрывающие основную изоляцию, не снижают безопасность со стороны кратковременных перенапряжений.

Испытательное напряжение имеет частоту 50/60 Гц. Для основной изоляции действующее значение испытательного напряжения равно кратковременному перенапряжению, что соответствует 1200 В + U_n. U_n — это значение паспортного напряжения между фазой и нейтралью. Испытательные периоды приведены в МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.3.4.1).

Примечание 1 — В качестве примера для оборудования, имеющего номинальное напряжение U_n = 250 В, значение испытательного напряжения переменного тока для основной изоляции составляет 1200 В + 250 В, таким образом действующее значение испытательного напряжения равно 1450 В.

Примечание 2 — Не представляется возможным проведение испытания с переменным током, для испытания с постоянным током значение напряжения можно считать равным или превышающим пиковое напряжение переменного тока.

Примечание 3 — Выходной ток короткого замыкания генератора составляет не менее 200 мА. Для испытательных напряжений свыше 3 кВ номинальной мощности испытательного оборудования 600 ВА и более будет достаточно. Генератору необходима регулировка тока расцепления до 100 мА или для испытательных напряжений свыше 6 кВ до наибольшего возможного значения.

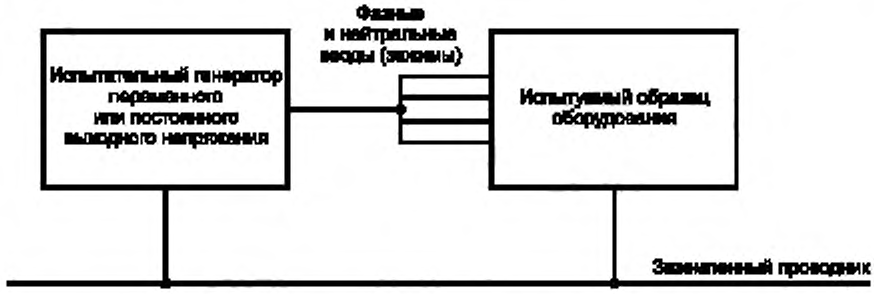


Рисунок 6 — Установка для испытания напряжением переменного (или постоянного тока)

Напряжение последовательно прикладывают в течение периодов времени, указанных в МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.3.4.1).

Критерии соответствия: оборудование проверяют визуально; ни один компонент, перекрывающий основную изоляцию, не должен демонстрировать видимых изменений. Оборудование подсоединяют к сети в соответствии с инструкциями изготовителя. Оборудование должно работать согласно своему назначению.

Примечание 4 — Допускается замена предохранителя или аналогичного защитного устройства до подсоединения оборудования к сети. Если предохранитель, защищающий импульсный разрядник, вышел из строя, допускается также замена разрядника.

6.3 Испытание комплекта оборудования в случае компонентов, перекрывающих функциональную изоляцию

6.3.1 Общие положения

Если оборудование, содержащее компоненты, перекрывающие функциональную изоляцию между токоведущими частями, подключено к сетевому питанию, проводят испытание на импульсное выдерживаемое напряжение, указанное в 6.3.2 и 6.3.3.

6.3.2 Проверка изоляционных промежутков и расстояний утечки

Правильность измерений изоляционных расстояний вначале проводят без компонентов, перекрывающих изоляцию. Оборудование подготавливают для того, чтобы отсоединять любой компонент, перекрывающий изоляцию между токоведущими частями, как например, устройства для защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) в соответствии с МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.4.1). Затем проводят

испытание в соответствии с МЭК 60664-1 (пункт 6.1.4) по условиям или ограничениям, предусмотренным в соответствующих стандартах на изделия.

Примечание — Выходной ток короткого замыкания генератора составляет не менее 200 мА. Для испытательных напряжений свыше 3 кВ номинальной мощности испытательного оборудования 600 ВА и более будет достаточно. Генератору необходима регулировка тока расцепления до 100 мА или для испытательных напряжений свыше 6 кВ до наибольшего возможного значения.

6.3.3 Проверка компонентов, перекрывающих изоляцию

Для проверки безопасного функционирования компонентов, отсоединяемых для испытания по 6.3.2, их снова присоединяют. Затем оборудование испытывают вторично при тех же условиях.

Примечание 1 — Если компоненты, перекрывающие функциональную изоляцию, используют исключительно для целей ЭМС, например УЗИП, допускается применять генератор с максимальным внутренним полным сопротивлением 500 Ом.

Критерии соответствия: оборудование проверяют визуально; ни один компонент, перекрывающий функциональную изоляцию, не должен демонстрировать видимых изменений. Оборудование подсоединяют к сети в соответствии с инструкциями изготовителя. Оборудование должно работать согласно своему назначению.

Примечание 2 — Если компоненты, перекрывающие функциональную изоляцию, используют исключительно для целей ЭМС, например УЗИП, допускается замена предохранителя или аналогичного защитного устройства до подсоединения оборудования к сети. Если предохранитель, защищающий компоненты, отсоединяемые для испытания по 6.3.2, вышел из строя, допускается также замена компонентов.

6.4 Назначение изоляционных промежутков для частей оборудования, которые могут иметь изолирующую способность

6.4.1 Общие положения

Общие принципы назначение изоляционных промежутков для низковольтного оборудования приведены в 4.1.

Назначение изоляционных промежутков через разомкнутые контакты или изоляционных промежутков между подвижными частями внутри оборудования, например полюса выключателя, должно соответствовать тем же требованиям, что и предъявляемые к основной изоляции.

Примечание — По данному вопросу см. МЭК 60947-1 (подпункт 7.2.3.1), МЭК 60669-1 (пункт 7.1.2) или МЭК 62019 (пункты 4.5.1 и 4.5.2).

6.4.2 Назначение для устройств, связанных с оборудованием, указанным, как пригодное для разъединения

Если устройство связано или добавлено в качестве вспомогательного элемента в оборудование, указанное как пригодное для разъединения, то минимальное требование к изоляционным промежуткам между подвижными частями такого вспомогательного элемента соответствует минимальным требованиям к основной изоляции (см. МЭК 60664-1 (пункт 5.1.7) и МЭК 61140 (пункт 8.3.2)). Технические комитеты определяют минимальные требования к цепи дистанционной индикации.

6.4.3 Назначение для устройств, связанных с оборудованием, не указанным, как пригодное для разъединения

Если устройство связано или добавлено в качестве вспомогательного элемента в оборудование, не указанное как пригодное для разъединения, то Технические комитеты могут ввести требования, менее тех, что указаны для основной изоляции. Однако, изделие должно иметь соответствующую маркировку.

Примечание — Например, по поводу маркировки «m» см. МЭК 60669-1 или МЭК 62019.

6.5 Испытания с учетом воздействия высокочастотного напряжения

4.7.1—4.7.4 настоящего стандарта так же посвящены частоте напряжения, как и МЭК 60664-4.

Однако, следует учитывать, что значения устойчивости к пробою как для изоляционных промежутков, так и для твердой изоляции снижаются с повышением частоты.

Согласно 4.7.2 настоящего стандарта необходимо знать, что частота испытательного напряжения такая же, как и частота подаваемого напряжения. Минимальная длительность испытания составляет 60 с, как установлено для испытания с напряжением переменного тока промышленной частоты. Может быть установлена большая длительность, в частности, для материалов с высокими потерями в

диэлектрике, когда повышенный нагрев в результате потерь в диэлектрике имеет решающее значение для повреждения. Важным фактором при испытании напряжением высокой частоты является емкостная нагрузка, вызванная испытательным образцом. Допустимая емкостная нагрузка используемого испытательного оборудования должна составлять не более 100 пФ с незначительным падением напряжения на выходе и незначительным влиянием на частоту. Для крупногабаритных низковольтных комплектных устройств (НКУ) или комплектного оборудования необходимость проведения испытания может быть необходима только для критических компонентов. В этом случае испытание для комплектного оборудования проводят с напряжением промышленной частоты.

6.6 Практическое руководство в связи с заменой испытания импульсным выдерживаемым напряжением на испытание переменным или постоянным током

6.6.1 Общие положения

Целью испытания импульсным выдерживаемым напряжением является проверка способности изоляционных промежутков выдерживать установленные кратковременные перенапряжения. Испытание импульсным выдерживаемым напряжением проводят с напряжением формы волны 1,2/50 мкс и значениями по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.5).

Из-за разброса результатов испытания импульсным напряжением испытание проводят при минимум трех импульсах в каждой полярности с интервалом не менее 1 с между импульсами.

Технические комитеты могут рассмотреть испытание напряжением переменного или постоянного тока для отдельного оборудования в качестве альтернативы испытанию импульсным напряжением.

Примечание — Технические комитеты должны быть осведомлены о том, что испытания с напряжением переменного или постоянного тока такого же пикового значения, как и при испытании импульсным напряжением по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.5) проверяют устойчивость изоляционных промежутков, причем они увеличивают нагрузку на твердую изоляцию, так как период прикладывания напряжения более продолжителен. В ходе испытаний может произойти перегрузка или повреждение твердой изоляции, поэтому Технические комитеты должны иметь это в виду при рассмотрении испытаний с напряжением переменного или постоянного тока в качестве альтернативных испытаниям импульсным выдерживаемым напряжением согласно МЭК 60664-1 (подпункт 6.1.2.2.1).

6.6.2 Характеристики напряжения переменного тока, заменяющего импульсное выдерживаемое напряжение при испытании электроизоляционных свойств:

- форма волны испытательного напряжения промышленной частоты в основном синусоидальная. Данное требование выполняется, если соотношение между пиковым значением и действующим значением равно $\sqrt{2} \pm 3$ %;
- пиковое значение равно импульсному испытательному напряжению по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.5) и прикладывается в течение трех периодов испытательного напряжения переменного тока.

Примечание — Не представляется возможным снизить пиковое значение испытательного напряжения переменного тока, если длительность испытания более трех периодов.

6.6.3 Характеристики напряжения постоянного тока, заменяющего импульсное выдерживаемое напряжение при испытании электроизоляционных свойств:

- испытательное напряжение постоянного тока в основном прямолинейное. Данное требование выполняется, если соотношение между пиковыми значениями напряжения и средним значением составляет 1,0 ± 3 %;
- среднее значение испытательного напряжения постоянного тока равно импульсному испытательному напряжению по МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.5) и прикладывается трижды в течение 10 мс для каждой полярности.

7 Примеры размерных рабочих листов (на основе случая А по МЭК 60664-1)

7.1 Применение МЭК 60664-1 для цепей оборудования, непосредственно подключенного или не подключенного к сетевому питанию

В данном примере исходят из предположения, что наиболее строгие требования к измерению связаны с импульсным выдерживаемым напряжением.

Таблица 8 — Взаимосвязь между воздействующими параметрами и нормативными ссылками на МЭК 60664-1

Воздействующий параметр	Выбираемый параметр	Ссылка на МЭК 60664-1	Значение в таблице
Изоляционный промежуток			
Напряжение или номинальное напряжение изоляции	Категория перенапряжения оборудования	Таблица F.1 (примечание)	Таблица F.2
Расстояние утечки			
Напряжение	Номинальное напряжение или номинальное напряжение изоляции	Таблицы F.3a и F.3b	Таблица F.4
Загрязнение	Степень загрязнения (микросреды)	4.6.2	Таблица F.4
Изоляционный материал	СИТ	4.8.1.3	Таблица F.4
Примечание — Для цепей, не питаемых непосредственно от сети, импульсное выдерживаемое напряжение устанавливает Технический комитет или изготовитель. Техническим комитетам следует принять во внимание 4.2.			

Процедуру выполняют в следующем порядке:

Этап 1: Выбор категории перенапряжения

Этап 2: Выбор импульсного напряжения (таблица F.1)

Этап 3: Установление значения минимального изоляционного промежутка (таблица F.2) и применение корректирующего коэффициента высоты (таблица А.2) для оборудования на высоте свыше 2000 м

Этап 4: Выбор номинального напряжения для расстояния утечки (таблицы F.3a и F.3b)

Этап 5: Установление степени загрязнения и сравнительного индекса трекингостойкости (СИТ) по МЭК 60664-1 (пункт 4.8.1)

Этап 6: Установление минимального расстояния утечки (таблица F.4)

Этап 7: Где расстояние утечки меньше изоляционного промежутка:

- если степень загрязнения равна 3, расстояние по изоляционному материалу соответствует значению изоляционного промежутка; см. МЭК 60664-1 (подпункт 5.2.2.6);
- если степень загрязнения равна 1 или 2, расстояние по изоляционному материалу может соответствовать значению расстояния утечки, если оно выдерживает импульсное выдерживаемое напряжение, применяемое для проверки изоляционного промежутка.

7.2 Применение МЭК 60664-5-2007 для цепей оборудования, непосредственно подключенного или не подключенного к сетевому питанию

В данном примере исходят из предположения, что наиболее строгие требования к измерению связаны с импульсным выдерживаемым напряжением.

Процедуру выполняют в следующем порядке:

Этап 1: Выбор категории перенапряжения

Этап 2: Выбор импульсного напряжения (таблица F.1 МЭК 60664-1)

Этап 3: Установление значения минимального изоляционного промежутка (таблица 2 МЭК 60664-5) и применение корректирующего коэффициента высоты (таблица А.2 МЭК 60664-1) для оборудования на высоте свыше 2000 м

Таблица 9 — Взаимосвязь между воздействующими параметрами и нормативными ссылками на МЭК 60664-1 или МЭК 60664-5

Воздействующий параметр	Выбираемый параметр	Ссылка на МЭК 60664-1 или МЭК 60664-5	МЭК 60664-5 Значение в таблице
Изоляционный промежуток			
Напряжение или номинальное напряжение изоляции	Категория перенапряжения оборудования	МЭК 60664-1, приложение F, примечание к таблице F.1	Таблица 2
Расстояние утечки			
Назначение по отношению к трекингу			
Напряжение	Номинальное напряжение или номинальное напряжение изоляции	МЭК 60664-1, приложение F, таблицы F.3a и F.3b	Таблица 4
Загрязнение	Степень загрязнения (микросреды)	МЭК 60664-1, пункт 4.6.2	Таблица 4
Изоляционный материал	СИТ	МЭК 60664-5, подпункт 4.8.2.3	Таблица 4
Назначение по отношению к пробою			
Максимальное пиковое напряжение	Устанавливает изготовитель (Кратковременное перенапряжение или наибольшее пиковое напряжение, происходящее в цепи)		Таблица 5
Микросреда	Уровень влажности См. таблицу 1 МЭК 60664-5	4.6.4 МЭК 60664-5	Таблица 5
Изоляционный материал	ВАГ (водоабсорбирующая группа)	4.8.6 МЭК 60664-5	Таблица 5
Примечание — Для цепей, не питаемых непосредственно от сети, импульсное выдерживаемое напряжение устанавливает Технический комитет или изготовитель. Техническим комитетам следует принять во внимание 4.2.			

Назначение расстояния утечки по отношению к трекингу:

Этап 4: Выбор номинального напряжения для расстояния утечки (МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.3a и F.3b))

Этап 5: Установление степени загрязнения и сравнительного индекса трекингостойкости (СИТ) по МЭК 60664-1 (пункт 4.8.1)

Этап 6: Установление минимального расстояния утечки (МЭК 60664-5, таблица 4)

Назначение расстояния утечки по отношению к пробою:

Этап 7: Определение максимального пикового напряжения, которое может возникнуть в цепи

Этап 8: Установление уровня влажности (УВ) и водоабсорбирующей группы (ВАГ)

Этап 9: Установление минимального расстояния утечки (МЭК 60664-5, таблица 5)

Этап 10: Выбор наибольшего расстояния утечки по отношению к трекингу и пробою

Этап 11: Где расстояние утечки меньше изоляционного промежутка:

- если степень загрязнения равна 3, расстояние по изоляционному материалу соответствует значению изоляционного промежутка; см. МЭК 60664-5 (подпункт 5.3.2.6);

- если степень загрязнения равна 1 или 2, расстояние по изоляционному материалу может соответствовать значению расстояния утечки, если оно выдерживает импульсное выдерживаемое напряжение, применяемое для проверки изоляционного промежутка.

7.3 Применение МЭК 60664-4 для цепей оборудования, непосредственно подключенного или не подключенного к сетевому питанию

Таблица 10 — Взаимосвязь между воздействующими параметрами и нормативными ссылками на МЭК 60664-1 или МЭК 60664-4

Воздействующий параметр	Выбираемый параметр	Ссылка на МЭК 60664-1 или МЭК 60664-4	Значение в таблице
Изоляционный промежуток			
Напряжение или номинальное напряжение изоляции	Категория перенапряжения оборудования	МЭК 60664-1, (приложение F, примечание к таблице F.1)	МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.2)
Пиковое значение максимального установившегося напряжения	Устанавливает изготовитель	МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.7a) или МЭК 60664-4 (таблица 1) в зависимости от распределения поля	В зависимости от распределения поля
Расстояние утечки			
Назначение по отношению к трекингу			
Напряжение	Номинальное напряжение или номинальное напряжение изоляции	МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.3a и F.3b)	МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.4)
Загрязнение	Степень загрязнения (микросреды)	МЭК 60664-1, пункт 4.6.2	МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.4)
Изоляционный материал	СИТ	МЭК 60664-1, подпункт 4.8.1.3	МЭК 60664-1, (приложение F, таблица F.4)
Назначение по отношению к тепловым эффектам			
Пиковое значение максимального установившегося напряжения	Устанавливает изготовитель		МЭК 60664-4, таблица 2
Микросреда	Степень загрязнения микросреды	МЭК 60664-1, пункт 4.6.2	МЭК 60664-4, таблица 2
Изоляционный материал	Такие назначения применимы для всех материалов, подверженных повреждению в результате тепловых эффектов	МЭК 60664-5, раздел 5	МЭК 60664-4, таблица 2
Частота	Устанавливает изготовитель	МЭК 60664-5, раздел 5	МЭК 60664-4, таблица 2
Примечание — Для цепей, не питаемых непосредственно от сети, импульсное выдерживаемое напряжение устанавливает Технический комитет или изготовитель.			

Процедуру выполняют в следующем порядке:

Этап 1: Выбор категории перенапряжения

Этап 2: Выбор импульсного напряжения (МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1))

Этап 3: Установление значения минимального изоляционного промежутка (МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1)) и применение корректирующего коэффициента высоты (МЭК 60664-1, таблица 2) для оборудования на высоте свыше 2000 м

Этап 4: Установление пикового значения максимального установившегося напряжения

Этап 5: Установление распределения поля

Этап 6: Установление значения минимального изоляционного промежутка (МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.7a) для 125 % пикового значения максимального установившегося напряжения или МЭК 60664-4 (таблица 1) для пикового значения максимального установившегося напряжения)

Этап 7: Выбор наибольшего изоляционного промежутка по отношению к кратковременным перенапряжениям или установившимся напряжениям

Назначение расстояния утечки по отношению к загрязнению:

Этап 8: Выбор номинального напряжения для расстояния утечки (МЭК 60664-1 (приложение F, таблицы F.3a и F.3b))

Этап 9: Установление степени загрязнения и СИТ по МЭК 60664-1 (пункт 4.8.1)

Этап 10: Установление минимального расстояния утечки (МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4))

Назначение расстояния утечки по отношению к тепловым эффектам:

Этап 11: Установление максимального пикового значения установившегося напряжения, которое может произойти в данной цепи

Этап 12: Установление степени загрязнения по МЭК 60664-1

Этап 13: Установление частоты напряжения

Этап 14: Установление минимального расстояния утечки (МЭК 60664-4, таблица 2)

Этап 15: Выбор наибольшего расстояния утечки по отношению к трекингу и тепловым эффектам

7.4 Примеры сравнения измерений изоляционных промежутков и расстояний утечки по МЭК 60664-1 и МЭК 60664-5 на основе случая А (основная изоляция, высота до 2000 м)

Из следующих примеров можно сделать заключение:

- для печатных плат МЭК 60664-1 допускает меньшие размеры;
- для печатных плат и эквивалентных конструкций в пределах области распространения МЭК 60664-4, МЭК 60664-5 в зависимости от характеристик групп материалов (СИТ и ВАГ) допускаются меньшие размеры изоляционных промежутков.

Примечание 1 — В данных примерах степень загрязнения 2 и УВ 2 выбраны для упрощения. На самом деле УВ может отличаться от степени загрязнения.

Примечание 2 — Словосочетание «печатная плата» в МЭК 60664-3 трактуется как «печатная монтажная плата».

7.4.1 Цепи, непосредственно не соединенные с сетевым питанием

7.4.1.1 Назначение изоляционных промежутков и расстояний утечки согласно МЭК 60664-1

Таблица 11 — Пример назначения размеров изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-1

Изоляционный промежуток			
Импульсное напряжение	1500 В	Изоляционный промежуток	0,5 мм
Расстояние утечки (трекинг)			
Степень загрязнения	2	—	—

Окончание таблицы 11

Расстояние утечки (трекинг)			
Изоляционный материал	СИТ Гр. III	—	—
Номинальное напряжение	200 В	Расстояние утечки	0,63 мм на печатных платах; 2,00 мм — для других конструкций
Примечание — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток для печатных плат 0,63 мм, для других конструкций — 2,0 мм.			

7.4.1.2 Назначение изоляционных промежутков и расстояний утечки согласно МЭК 60664-5

Таблица 12 — Пример назначений изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-5

Изоляционный промежуток			
Импульсное напряжение	1500 В	Изоляционный промежуток	0,5 мм
Расстояние утечки (трекинг)			
Степень загрязнения	2	—	—
Изоляционный материал	СИТ Гр. III	—	—
Номинальное напряжение (действующее переменного тока или постоянного тока (см. примечание 2)	200 В	Расстояние утечки	0,63 мм
Расстояние утечки (пробой)			
Максимальное пиковое напряжение	1500 В	—	—
Уровень влажности	2	—	—
Водоабсорбирующая группа	ВАГ 1	Расстояние утечки	0,93 мм
	ВАГ 2		1,02 мм
	ВАГ 3		1,11 мм
	ВАГ 4		1,20 мм
Примечание 1 — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток и расстояние утечки для печатных плат составляет от 0,93 мм до 1,20 мм в зависимости от водоабсорбирующей характеристики изоляционного материала. Примечание 2 — В случае питания постоянным током Технические комитеты должны внимательно рассмотреть вопрос назначения взаимосвязанных изоляционных промежутков и расстояний утечки, чтобы избежать пробоя, так как последствия пробоя в цепи постоянного тока более серьезны, чем в цепи переменного тока.			

7.4.2 Цепи, непосредственно не соединенные с сетевым питанием

7.4.2.1 Назначение изоляционных промежутков и расстояний утечки согласно МЭК 60664-1

Таблица 13 — Пример назначения изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-1 в цепях, непосредственно не соединенных с сетевым питанием

Изоляционный промежуток			
Импульсное напряжение	500 В	Изоляционный промежуток	0,20 мм для других конструкций; 0,04 мм для печатных плат

Окончание таблицы 13

Расстояние утечки (трекинг)			
Номинальное напряжение	50 В	Расстояние утечки	0,04 мм на печатных платах; 1,20 мм — для других конструкций
Степень загрязнения	2	—	—
Изоляционный материал	СИТ Гр. III	—	—
Примечание — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток и расстояние утечки для печатных плат составляет 0,04 мм, для других конструкций — 1,20 мм.			

7.4.2.2 Назначение изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-5

Таблица 14 — Пример назначения изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-5

Изоляционный промежуток			
Импульсное напряжение	500 В	Изоляционный промежуток	0,04 мм
Расстояние утечки (трекинг)			
Номинальное напряжение	50 В	Расстояние утечки	0,04 мм
Степень загрязнения	2		
Изоляционный материал	СИТ Гр. III		
Расстояние утечки (пробой)			
Максимальное пиковое напряжение	500 В		
Уровень влажности	2		
Водоабсорбирующая группа	ВАГ 1	Расстояние утечки	0,17 мм
	ВАГ 2		0,18 мм
	ВАГ 3		0,20 мм
	ВАГ 4		0,22 мм
Примечание 1 — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток и расстояние утечки для печатных плат составляет от 0,17 мм до 0,22 мм в зависимости от водоабсорбирующей характеристики изоляционного материала.			
Примечание 2 — В случае питания постоянным током Технические комитеты должны внимательно рассмотреть вопрос назначения взаимосвязанных изоляционных промежутков и расстояний утечки, чтобы избежать пробоя, так как последствия пробоя в цепи постоянного тока более серьезны, чем в цепи переменного тока.			

7.5 Примеры сравнения размеров изоляционных промежутков и расстояний утечки согласно МЭК 60664-1 и МЭК 60664-4 на основе случая А (основная изоляция, высота до 2000 м)

Из двух следующих примеров можно сделать заключение:

- назначение согласно МЭК 60664-4 дают большие результаты по сравнению с назначениями согласно МЭК 60664-1, если требования изоляционному промежутку по отношению к периодическому напряжению имеют решающее значение для назначения;

- назначения согласно МЭК 60664-4 не отличаются от результатов назначений согласно МЭК 60664-1, если требования к расстоянию утечки по отношению к трекингу имеют решающее значение для назначения. Данный случай относится к довольно небольшим значениям установившегося напряжения для конструкций, кроме печатных плат.

7.5.1 Цепи, непосредственно не соединенные с сетевым питанием

7.5.1.1 Назначение изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-1

Таблица 15 — Пример назначения изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-1 в цепях, непосредственно не соединенных с сетевым питанием

Изоляционный промежуток			
Пиковое значение повторяющегося напряжения	1000 В	Изоляционный промежуток	0,26 мм
Расстояние утечки (трекинг)			
Установившееся напряжение (действующее значение)	200 В	Расстояние утечки	0,63 мм для печатных плат; 2,00 мм — для других конструкций
Степень загрязнения	2	—	—
Изоляционный материал	СИТ Гр. III	—	—
Примечание 1 — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток и расстояние утечки для печатных плат составляет 0,63 мм, для других конструкций — 2,00 мм. Примечание 2 — В случае питания постоянным током Технические комитеты должны внимательно рассмотреть вопрос назначения взаимосвязанных изоляционных промежутков и расстояний утечки, чтобы избежать пробоя, так как последствия пробоя в цепи постоянного тока более серьезны, чем в цепи переменного тока.			

7.5.1.2 Назначение изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-4 (приближенно однородное поле)

Таблица 16 — Пример назначения изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-4 (приближенно однородное поле)

Изоляционный промежуток			
Пиковое значение повторяющегося напряжения	1000 В		
Напряжение для назначения по таблице F.7a МЭК 60664-1	1250 В	Изоляционный промежуток	0,48 мм
Расстояние утечки (трекинг)			
Установившееся напряжение (действующее значение)	200 В	Расстояние утечки	0,63 мм для печатных плат; 2,00 мм — для других конструкций
Степень загрязнения	2		
Изоляционный материал	СИТ Гр. III		
Расстояние утечки (тепловые эффекты)			
Максимальное установившееся напряжение (пиковое)	1000 В		
Частота	30 кГц< f <100 кГц	Расстояние утечки	0,72 мм
	100 кГц< f <200 кГц		1,38 мм

Окончание таблицы 16

Расстояние утечки (тепловые эффекты)			
Частота	200 кГц < *f* <400 кГц		3,60 мм
	400 кГц < *f* <700 кГц		21,60 мм
Степень загрязнения	2	Повышающий коэффициент 1,2 для значений по таблице 2 МЭК 60664-4	
Примечание — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток и расстояние утечки для печатных плат для частот до 100 кГц составляет 0,72 мм, для других конструкций для частот до 200 кГц — 2,00 мм.			

7.5.2 Цепи, непосредственно не соединенные с сетевым питанием

7.5.2.1 Назначение изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-1

Таблица 17 — Пример назначения изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-1 в цепях, непосредственно не соединенных с сетевым питанием

Изоляционный промежуток			
Пиковое значение повторяющегося напряжения	500 В	Изоляционный промежуток	0,20 мм для других конструкций; 0,04 для печатных плат
Расстояние утечки (трекинг)			
Установившееся напряжение (действующее значение)	50 В	Расстояние утечки	0,04 мм для печатных плат; 1,20 мм — для других конструкций
Степень загрязнения	2		
Изоляционный материал	СИТ Гр. III		
Примечание 1 — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток и расстояние утечки для печатных плат составляет 0,04 мм, для других конструкций — 1,20 мм.			
Примечание 2 — В случае питания постоянным током Технические комитеты должны внимательно рассмотреть вопрос назначения взаимосвязанных изоляционных промежутков и расстояний утечки, чтобы избежать пробоя, так как последствия пробоя в цепи постоянного тока более серьезны, чем в цепи переменного тока.			

7.5.2.2 Назначение изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-4 (приближенно однородное поле)

Таблица 18 — Пример назначения изоляционного промежутка и расстояния утечки согласно МЭК 60664-4 (приближенно однородное поле)

Изоляционный промежуток			
Пиковое значение повторяющегося напряжения	500 В		
Напряжение для назначения по таблице F.7a МЭК 60664-1	625 В	Изоляционный промежуток	0,200 мм для других конструкций; 0,069 для печатных плат
Расстояние утечки (трекинг)			
Установившееся напряжение (действующее значение)	50 В	Расстояние утечки	0,04 мм для печатных плат; 1,20 мм — для других конструкций
Степень загрязнения	2		
Изоляционный материал	СИТ Гр. III		

Окончание таблицы 18

Расстояние утечки (тепловые эффекты)			
Максимальное установившееся напряжение (пиковое)	500 В		
Частота	30 кГц< *f* <100 кГц	Расстояние утечки	0,22 мм
	100 кГц< *f* <200 кГц		0,23 мм
	200 кГц < *f* <400 кГц		0,30 мм
	400 кГц < *f* <700 кГц		0,48 мм
	700 кГц < *f* <1 МГц		1,80 мм
	1 МГц < *f* < 2 МГц		24,00 мм
Степень загрязнения	2	Повышающий коэффициент 1,2 для значений по таблице 2 МЭК 60664-4	
Примечание — В местах, где изоляционный промежуток и расстояние утечки не могут различаться (например, на печатных платах), применяют большее расстояние. Поэтому минимальный изоляционный промежуток и расстояние утечки для печатных плат для частот до 100 кГц составляет 0,22 мм, для других конструкций для частот до 700 кГц — 1,20 мм.			

Приложение А
(справочное)

Обзор разделов МЭК 60664-1, требующих решений Технических комитетов, альтернативных решений или участия изготовителей

А.1 Решения, принимаемые Техническими комитетами

Когда требует МЭК 60664-1, Технические комитеты уточняют требования для следующих пунктов указанного стандарта

Таблица А.1 — Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1 и вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
4.3.1 Основные положения о: 4.3 Напряжения и значения напряжений	Уточнение о: - основах для уровней напряжений; - категории перенапряжения в соответствии с планируемым применением оборудования, рассматриваемой в связи с характеристикой системы, к которой должно подключаться оборудование
4.3.2.2.1 Оборудование, питающееся непосредственно от главной низковольтной сети	Выбор основано ли напряжение на: - межфазном напряжении, или - напряжении между фазой и нейтралью. В последнем случае Технические комитеты должны уточнить каким образом информируют пользователя что оборудование предназначено только для использования в системе с глухозаземленной нейтралью
4.3.3.2.2 Оборудование, питающееся непосредственно от главного источника	Уточнение категории перенапряжения основано на основных разъяснениях категорий перенапряжений (см. также МЭК 60364-4-44, раздел 443)
4.7 Информация предоставляемая с оборудованием	Уточнение соответствующей информации прилагаемой к оборудованию и сопроводительным документам
4.8.2 Характеристики электрической прочности	Рассмотрение характеристик электрической прочности изоляционных материалов в зависимости от воздействий описанных в 5.3.1, 5.3.2.2.1 и 5.3.2.3.1
4.8.3 Тепловые характеристики	Рассмотрение тепловых характеристик изоляционных материалов в зависимости от воздействий описанных в 5.3.2.2.2, 5.3.2.3.2 и 5.3.3.5 Примечание — См. также серию МЭК 60216
4.8.4 Механические и химические характеристики	Рассмотрение механических и химических характеристик изоляционных материалов в зависимости от воздействий описанных в 5.3.2.2.3, 5.3.2.3.3 и 5.3.2.4
5.3.2.2.3 Механические удары	Рассмотрение ненормальных ударных нагрузок, механических ударов, сниженных ударных нагрузок материалов в заданных условиях окружающей среды при транспортировании, хранении, установке и применении
5.3.2.4 Другие аномальные воздействия	Рассмотрение других аномальных воздействий, таких как: - радиационных, включая ультрафиолетовое и ионизирующее; - образование волосных или более глубоких трещин происходящее при воздействии кислоты или активных химикатов; - эффекта усадки пластиков; - бактерий, плесени или грибков; - механических деформаций

Продолжение таблицы А.1

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
5.3.3.2.1 Основное положение о: 5.3.3.2 Устойчивость к воздействию напряжения	Уточнение, что уровень напряжения должен соответствовать оборудованию
5.3.3.2.5 Напряжение высокой частоты	Уточнение, соответствуют ли испытания по 6.1.3.7 необходимым
5.3.3.3 Устойчивость к кратковременным тепловым аномальным воздействиям	Уточнение уровня жесткости
5.3.3.4 Устойчивость к механическим воздействиям	Уточнение уровня жесткости
5.3.3.5 Устойчивость к длительным тепловым аномальным воздействиям	Уточнение необходимости испытаний (см. также МЭК 60085 и серию МЭК 60216)
5.3.3.7 Устойчивость к другим воздействиям	Утверждение других воздействий и уточнение методов испытаний
6.1.2.2.1.2 Выбор импульсного испытательного напряжения	Уточнение значений температуры и влажности для условий испытаний Подтверждение того, что контрольные или выборочные испытания проводятся дополнительно к типовым испытаниям
6.1.3.1 Выбор испытаний	Уточнение, что требования к типовым испытаниям в части воздействующих факторов соответствуют воздействиям на оборудование. Уточнение, что контрольные или выборочные испытания в порядке контроля качества изоляции проводятся в период производства. Уточнение, что параметры и условия испытаний обеспечивают проверку стойкости адекватную условиям обнаружения повреждения без случаев повреждения изоляции
6.1.3.2 Условия испытаний	Уточнение применяемых аттестованных методов испытаний
6.1.3.4.1 Метод испытания	Рассмотрение необходимости замены испытаний напряжением переменного тока испытаниями напряжением постоянного тока со значением напряжения эквивалентным пиковому значению напряжения переменного тока с учетом того, что последствия данного испытания менее жесткие, чем при испытании переменным напряжением
6.1.3.5.2 Подтверждение соответствия	Уточнение: - испытательной цепи (раздел С.1 приложения С); - измерительного оборудования (разделы С.3 и D.2 соответствующих приложений); - измерительной частоты (С.3.1 и D.3.3 соответствующих приложений); - испытательной процедуры (6.1.3.5.3) в соответствии с типом испытательного образца
6.1.4.5 Критерии оценки	Уточнение, игнорируется ли частичный пробой воздушного изоляционного промежутка не приводящий к повреждению
6.1.5.1 Испытания не для оценки координации изоляции	Уточнение того, что испытательные напряжения не превышают значений, установленных для координации изоляции
6.1.5.2 Выборочные и контрольные испытания	Уточнение видов контрольных и выборочных испытаний предназначенных для обеспечения качества продукции. Уточнение, не превышают ли испытательные напряжения значений, установленных для типовых испытаний

Окончание таблицы А.1

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
С.2.1 Основные положения к: С.2 Испытательные параметры	Уточнение: - частоты f_t испытательного напряжения (С.2.2); - установленной магнитуды разряда (6.1.3.5.4.1): - климатический условий испытания частичным разрядом. Примечание — Могут понадобиться разные уточнения для типовых и контрольных испытаний.
С.2.2 Требования для испытательного напряжения	Рассмотрение возможных воздействий значений частоты на магнитуду разряда

А.2 Альтернативные решения, принимаемые Техническими комитетами

Когда требует МЭК 60664-1, Технические комитеты уточняют требования для следующих пунктов указанного стандарта и альтернативные решения:

Таблица А.2 — Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1 и альтернативные решения, принимаемые Техническими комитетами

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
1 Область применения	Уточнение специальных требований при наличии ионизированных окружающих газов
4.3.3.2.3 Системы и оборудование, не питающееся непосредственно от главного источника низкого напряжения	Уточнение категории перенапряжения или уровня импульсного напряжения, что применимо. Рекомендации по применению предпочтительных значений, указанных в 4.2.3
4.5 Время нахождения под воздействием ненормального напряжения	Рассмотрение возможности сокращения расстояний утечки для функциональной изоляции, при условии кратковременных воздействий напряжения, например на одно значение ниже, чем указано для соответствующего напряжения в таблице F.4
5.1.1 Основные положения 5.1 Размеры изоляционных промежутков	Выбор с учетом того, что преобладает при назначении размеров — действующее значение установившегося напряжения или повторяющееся пиковое напряжение при условии того, что отсутствует запас по пробою при продолжении применения этого вида напряжения
5.1.6 Размеры для основной, дополнительной и усиленной изоляции	Уточнение дальнейших деталей назначения размеров воздушных изоляционных промежутков для доступных поверхностей из изоляционных материалов
5.2.4 Расстояния утечек основной, дополнительной и усиленной изоляции	Уточнение дальнейших деталей назначения размеров расстояний утечки для доступных поверхностей из изоляционных материалов
5.3.2.3.3 Механические удары	Рассмотрение механических воздействий, когда заданы условия для длительных воздействий при испытаниях
5.3.3.1 Основные положения для: 5.3.3 Требования	Уточнение дальнейших деталей когда учитываются электрические воздействия на твердую изоляцию доступных поверхностей
6.1.1 Основные положения 6.1 Испытания	Рассмотрение комбинаций различных высоковольных испытаний с частичными разрядами, измеряемыми в соответствии с 6.1.3.5 и приложением С для испытываемого образца предназначенного для дальнейшего применения после типовых испытаний
6.1.2.2.1.1 Основные положения для: 6.1.2.2.1 Диэлектрическое испытание импульсным напряжением	Уточнения для альтернативных диэлектрических испытаний в соответствии с 6.1.2.2.2

Окончание таблицы А.2

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
6.1.2.2.1.1 Основные положения для: 6.1.2.2.1 Диэлектрическое испытание импульсным напряжением	Для отдельных установок округление значений таблицы F.5 для импульсного испытательного напряжения
6.1.2.2.2.1 Основные положения для: 6.1.2.2.2 Альтернативные испытания диэлектрическим испытаниям импульсным напряжением	Уточнение того, применимо ли испытательное напряжение переменного или постоянного тока как альтернативный метод испытанию импульсным испытательным напряжением взятым по 6.1.2.2.1 для частного оборудования с учетом того, что это может вызвать перегрузку и несомненное повреждение твердой изоляции
6.1.3.1 Выбор испытаний	Уточнение методов испытаний с учетом воздействий ударов и вибрации перед диэлектрическими испытаниями
6.1.3.4.1 Метод испытания	Снижение длительности испытания до минимального значения 5 с в тех случаях, когда кратковременные перенапряжения приводят к самым жестким требованиям с учетом амплитуды испытательного напряжения
6.1.3.4.1 Метод испытания	Введение запаса безопасности значением испытательного напряжения в случае испытаний с учетом наибольшего установившегося напряжения, включая наибольшее повторяющееся пиковое напряжение
С.4.3 Калибровка для испытания частичным разрядом	Рассмотрение того, что в случае, когда устанавливается интервал времени для перекалибровки при недостаточной чувствительности измерителя энергии разряда, потенциальные гармонические разряды не могут быть зарегистрированы
Приложение F (Таблица F.4): Расстояния утечки исключающие повреждения вследствие трекинга	Назначения размеров на собственном опыте по таблице F.4 при значении напряжений свыше 10000 В

А.3 Разделы, требующие принятия решения производителем

При применении МЭК 60664-1 совместно со стандартом на продукцию или при его отсутствии изготовитель устанавливает не только соответствующие размеры и испытания, но и также выполнение следующего:

Таблица А.3 — Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1 и требования принятые изготовителем

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
3.9 Номинальное напряжение	Установление значения напряжения для компонентов, устройств, с которыми соотносятся характеристики управления и применения
3.9.1 Номинальное напряжение изоляции	Установление действующего значения выдерживаемого напряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную (длительную) способность устойчивости его изоляции
3.9.2 Номинальное импульсное напряжение	Установление значения номинального импульсного напряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную кратковременную способность устойчивости его изоляции против кратковременных перенапряжений
3.9.3 Номинальное пиковое значение повторяющегося напряжения	Установление значения номинального импульсного напряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную способность устойчивости его изоляции против повторяющегося пикового напряжения

Окончание таблицы А.3

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-1	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
3.9.4 Номинальное временное перенапряжение	Установление значения временного перенапряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную кратковременную способность устойчивости его изоляции против переменного напряжения
5.2.2.4 Ориентация и расположение изоляционных промежутков	Если необходимо, указание необходимой ориентации оборудования или его компонентов с указанием, что при неправильной установке элементы расстояния утечки обладают эффектом сбора загрязнений
6.1.5.2 Выборочные и контрольные испытания	Уточнение контрольных и выборочных испытаний предназначенных для проверки качества продукции, проводящихся при форме волны и значениях напряжений обеспечивающих обнаружение повреждения без случаев повреждения оборудования (твердой изоляции или компонентов)

Приложение В
(справочное)

Обзор разделов МЭК 60664-4, требующих решений Технических комитетов

В.1 Решения, принимаемые Техническими комитетами

Не применяется

В.2 Уточнение вариантов Техническими комитетами

Когда имеются ссылки на МЭК 60664-4, Технические комитеты выносят на рассмотрение указанный ниже перечень и решение вариантами:

Таблица В.1 — Наименование разделов и пунктов ГОСТ Р МЭК 60664-4 и варианты решений, рассматриваемые Техническими комитетами

Наименование разделов и пунктов ГОСТ Р МЭК 60664-4	Вопросы, рассматриваемые Техническими комитетами в МЭК 60664-1
1 Область применения	Уточнение специальных требований при наличии ионизированных окружающих газов
7.3 Подготовка	Уточнение испытаний

Приложение С
(справочное)

Обзор разделов МЭК 60664-5 требующих решений Технических комитетов, альтернативных решений или участия изготовителей

С.1 Решения, принимаемые Техническими комитетами

Когда требует МЭК 60664-5, Технические комитеты уточняют требования для следующих пунктов указанного стандарта.

Таблица С.1 — Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5 и вопросы рассматриваемые Техническими комитетами

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5	Ссылки на МЭК 60664-1	Пункты для рассмотрения (в случае ссылки на МЭК 60664-1 необходимо рассмотрение соответствующего пункта этого стандарта)
4.3.1 Основные положения о: 4.3 Напряжения и значения напряжений	Применяется МЭК 60664-1, пункт 4.3.1	Уточнение о: - основах для уровней напряжений; - категории перенапряжения в соответствии с планируемым применением оборудования, рассматриваемой в связи с характеристикой системы, к которой должно подключаться оборудование
4.3.2.2.1 Оборудование, питающееся непосредственно от главной низковольтной сети	—	Выбор основано ли напряжение на: - межфазном напряжении, или - напряжении между фазой и нейтралью. В последнем случае Технические комитеты должны уточнить каким образом информируют пользователя что оборудование предназначено только для использования в системе с глухозаземленной нейтралью
4.3.3.2.2 Оборудование, питающееся непосредственно от главного источника	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 4.3.3.2.2	Уточнение категории перенапряжения основано на основных разъяснениях категорий перенапряжений (см. также МЭК 60364-4-44, раздел 443)
4.7 Информация предоставляемая с оборудованием	Применяется МЭК 60664-1, подраздел 4.7	Уточнение соответствующей информации прилагаемой к оборудованию и сопроводительным документам
4.8.1 Основные положения о: 4.8 Изоляционные материалы	—	Классификация изоляционных материалов по группам в соответствии со значением контрольного индекса трекингостойкости (КИТ)
4.8.3 Характеристики электрической прочности	Применяется МЭК 60664-1, пункт 4.8.2	Рассмотрение характеристик электрической прочности изоляционных материалов в зависимости от воздействий описанных в 5.3.1, 5.3.2.2.1 и 5.3.2.3.1
4.8.4 Тепловые характеристики	Применяется МЭК 60664-1, пункт 4.8.3	Рассмотрение тепловых характеристик изоляционных материалов в зависимости от воздействий описанных в 5.3.2.2.2, 5.3.2.3.2 и 5.3.3.5. Примечание — См. также серию МЭК 60216
4.8.5 Механические и химические характеристики	Применяется МЭК 60664-1, пункт 4.8.4	Рассмотрение механических и химических характеристик изоляционных материалов в зависимости от воздействий описанных в 5.3.2.2.3, 5.3.2.3.3 и 5.3.2.4
5.4.2.2.3 Механические удары	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.3.2.2.3	Рассмотрение ненормальных ударных нагрузок, механических ударов, сниженных ударных нагрузок материалов в заданных условиях окружающей среды при транспортировании, хранении, установке и применении

Продолжение таблицы С.1

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5	Ссылки на МЭК 60664-1	Пункты для рассмотрения (в случае ссылки на МЭК 60664-1 необходимо рассмотрение соответствующего пункта этого стандарта)
5.4.2.4 Другие аномальные воздействия	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.3.2.4	Рассмотрение других аномальных воздействий, таких как: - радиационных, включая ультрафиолетовое и ионизирующее; - образование волосных или более глубоких трещин происходящее при воздействии кислоты или активных химикатов; - эффекта усадки пластиков; - бактерий, плесени или грибков; - механических деформаций
5.4.3.2.1 Основное положение о: 5.4.3.2 Устойчивость к воздействию напряжения	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.2.1	Уточнение, что уровень напряжения должен соответствовать оборудованию
5.4.3.2.5 Высокочастотное напряжение	—	Уточнение необходимости испытания в соответствии 6.1.3.7
5.4.3.3 Устойчивость к кратковременным тепловым аномальным воздействиям	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.3	Уточнение уровня жесткости
5.4.3.4 Устойчивость к механическим воздействиям	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.4	Уточнение уровня жесткости
5.4.3.5 Устойчивость к длительным тепловым аномальным воздействиям	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.5	Уточнение необходимости испытаний (см. также МЭК 60085 и серию МЭК 60216)
5.4.3.7 Устойчивость к другим воздействиям	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.3.3.7	Утверждение других воздействий и уточнение методов испытаний
6.1.2.2.1.2 Выбор импульсного испытательного напряжения	—	Уточнение значений температуры и влажности для условий испытаний. Подтверждение того, что контрольные или выборочные испытания проводятся дополнительно к типовым испытаниям
6.1.3.1 Выбор испытаний	—	Уточнение, что требования к типовым испытаниям в части воздействующих факторов соответствуют воздействиям на оборудование. Уточнение, что контрольные или выборочные испытания в порядке контроля качества изоляции проводятся в период производства. Уточнение, что параметры и условия испытаний обеспечивают проверку стойкости адекватную условиям обнаружения повреждения без случаев повреждения изоляции.
6.1.3.2 Условия испытаний	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 6.1.3.2	Уточнение применяемых аттестованных методов испытаний
6.1.3.4.1 Методы испытаний	—	Рассмотрение необходимости замены испытаний напряжением переменного тока испытаниями напряжением постоянного тока со значением напряжения эквивалентным пиковому значению напряжения переменного тока с учетом того, что последствия данного испытания менее жесткие, чем при испытании переменным напряжением

Окончание таблицы С.1

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5	Ссылки на МЭК 60664-1	Пункты для рассмотрения (в случае ссылки на МЭК 60664-1 необходимо рассмотрение соответствующего пункта этого стандарта)
6.1.3.5.2 Подтверждение соответствия	—	Уточнение: - испытательной цепи (раздел С.1 приложения С); - измерительного оборудования (разделы С.3 и D.2 соответствующих приложений); - измерительной частоты (С.3.1 и D.3.3 соответствующих приложений); - испытательной процедуры (6.1.3.5.3) в соответствии с типом испытательного образца
6.1.4.5 Критерии оценки	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 6.1.4.5	Уточнение, игнорируется ли частичный пробой воздушного изоляционного промежутка не приводящий к повреждению
6.1.5.1 Испытания не для оценки координации изоляции	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 6.1.5.1	Уточнение того, что испытательные напряжения не превышают значений, установленных для координации изоляции
6.1.5.2 Выборочные и контрольные испытания	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 6.1.5.2	Уточнение видов контрольных и выборочных испытаний предназначенных для обеспечения качества продукции. Уточнение, не превышают ли испытательные напряжения значений, установленных для типовых испытаний
	С.2.1 Основные положения к: С.2 Испытательные параметры	Уточнение: - частоты f_t испытательного напряжения (С.2.2); - установленной магнитуды разряда (6.1.3.5.4.1); - климатических условий испытания частичным разрядом. Примечание — Могут понадобиться разные уточнения для типовых и контрольных испытаний
	С.2.2 Требования для испытательного напряжения	Рассмотрение возможных воздействий значений частоты на магнитуду разряда

С.2 Альтернативные решения, принимаемые Техническими комитетами

Когда требует МЭК 60664-5, Технические комитеты уточняют требования для следующих пунктов указанного стандарта и варианты решения.

Таблица С.2 — Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5 и варианты решений, рассматриваемые Техническими комитетами

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5	Ссылки на МЭК 60664-1	Пункты для рассмотрения (в случае ссылки на МЭК 60664-1 необходимо рассмотрение соответствующего пункта этого стандарта)
4.3.3.2.3 Системы и оборудование, не питающееся непосредственно от главного источника низкого напряжения	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 4.3.3.2.3	Уточнение категории перенапряжения или уровня импульсного напряжения, что применимо. Рекомендации по применению предпочтительных значений, указанных в 4.2.3
5.2.1 Основные положения 5.2 Размеры изоляционных промежутков	—	Выбор с учетом того, что преобладает при назначении размеров — действующее значение установившегося напряжения или повторяющееся пиковое напряжение при условии того, что отсутствует запас по пробою при продолжении применения этого вида напряжения

Продолжение таблицы С.2

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5	Ссылки на МЭК 60664-1	Пункты для рассмотрения (в случае ссылки на МЭК 60664-1 необходимо рассмотрение соответствующего пункта этого стандарта)
5.2.6 Размеры для основной, дополнительной и усиленной изоляции	—	Уточнение дальнейших деталей назначения размеров воздушных изоляционных промежутков для доступных поверхностей из изоляционных материалов
5.3.2.3.2 Способность к сохранению сопротивления изоляции	—	Выбор с учетом того, что для назначения размеров указано сопротивление изоляции, когда ток утечки между токоведущими частями или токоведущими частями и доступными пововерхностями оборудования имеет максимальное значение
5.3.4 Расстояния утечек основной, дополнительной и усиленной изоляции	—	Уточнение дальнейших деталей назначения размеров расстояний утечки для доступных поверхностей из изоляционных материалов
5.4.2.3.3 Механические удары	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.4.2.3.3	Рассмотрение механических воздействий, когда заданы условия для длительных воздействий при испытаниях
5.4.3.1 Основные положения для: 5.4.3 Требования	—	Уточнение дальнейших деталей, когда учитываются электрические воздействия на твердую изоляцию доступных поверхностей
6.1.1 Основные положения 6.1 Испытания	—	Рассмотрение комбинаций различных высоковольных испытаний с частичными разрядами, измеряемыми в соответствии с 6.1.3.5 и приложением С для испытываемого образца предназначенного для дальнейшего применения после типовых испытаний
6.1.2.2.1.1 Основные положения для: 6.1.2.2.1 Диэлектрическое испытание импульсным напряжением	—	Уточнения для альтернативных диэлектрических испытаний в соответствии с 6.1.2.2.2
6.1.2.2.1.1 Основные положения для: 6.1.2.2.1 Диэлектрическое испытание импульсным напряжением	—	Для отдельных установок округление значений Таблицы F.5 для импульсного испытательного напряжения
6.1.2.2.2.1 Основные положения для: 6.1.2.2.2 Альтернативные испытания диэлектрическим испытаниям импульсным напряжением	—	Уточнение того, применимо ли испытательное напряжение переменного или постоянного тока как альтернативный метод испытанию импульсным испытательным напряжением взятым по 6.1.2.2.1 для частного оборудования с учетом того, что это может вызвать перегрузку и несомненное повреждение твердой изоляции
6.1.3.1 Выбор испытаний	—	Уточнение методов испытаний с учетом воздействий ударов и вибрации перед диэлектрическими испытаниями
6.1.3.4.1 Метод испытания	—	Снижение длительности испытания до минимального значения 5 с в тех случаях, когда кратковременные перенапряжения приводят к самым жестким требованиям с учетом амплитуды испытательного напряжения

Окончание таблицы С.2

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5	Ссылки на МЭК 60664-1	Пункты для рассмотрения (в случае ссылки на МЭК 60664-1 необходимо рассмотрение соответствующего пункта этого стандарта)
6.1.3.4.1 Метод испытания	—	Введение запаса безопасности значением испытательного напряжения в случае испытаний с учетом наибольшего установившегося напряжения, включая наибольшее повторяющееся пиковое напряжение
	С.4.3 Калибровка для испытания частичным разрядом	Рассмотрение того, что в случае, когда устанавливается интервал времени для перекалибровки при недостаточной чувствительности измерителя энергии разряда, потенциальные гармонические разряды не могут быть зарегистрированы
	Приложение F, таблица F.4: Расстояния утечки исключающие повреждения вследствие трекинга	Назначения размеров на собственном опыте по таблице F.4 при значении напряжений свыше 10000 В

С.3 Разделы, требующие принятия решения производителем

При применении МЭК 60664-5 совместно со стандартом на продукцию или при его отсутствии изготовитель устанавливает не только соответствующие размеры и испытания, но и также выполнение следующего:

Таблица С.3 — Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5 и требования принятые изготовителем

Наименование разделов и пунктов МЭК 60664-5	Ссылки на МЭК 60664-1	Пункты для рассмотрения (в случае ссылки на МЭК 60664-1 необходимо рассмотрение соответствующего пункта этого стандарта)
—	3.9 Номинальное напряжение	Установление значения напряжения для компонентов, устройств, с которыми соотносятся характеристики управления и применения
—	3.9.1 Номинальное напряжение изоляции	Установление действующего значения выдерживаемого напряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную (длительную) способность устойчивости его изоляции
—	3.9.2 Номинальное импульсное напряжение	Установление значения номинального импульсного напряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную кратковременную способность устойчивости его изоляции против кратковременных перенапряжений
-	3.9.3 Номинальное пиковое значение повторяющегося напряжения	Установление значения номинального импульсного напряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную способность устойчивости его изоляции против повторяющегося пикового напряжения
-	3.9.4 Номинальное временное перенапряжение	Установление значения временного перенапряжения для оборудования или его части, характеризующего установленную кратковременную способность устойчивости его изоляции против переменного напряжения
5.2.2.4 Ориентация и расположение изоляционных промежутков	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 5.4.2.4	Если необходимо, указание необходимой ориентации оборудования или его компонентов с указанием, что при неправильной установке элементы расстояния утечки обладают эффектом сбора загрязнений
6.1.5.2 Выборочные и контрольные испытания	Применяется МЭК 60664-1, подпункт 6.1.5.2	Уточнение контрольных и выборочных испытаний предназначенных для проверки качества продукции, проводящихся при форме волны и значениях напряжений обеспечивающих обнаружение повреждения без случаев повреждения оборудования (твердой изоляции или компонентов)

Приложение D
(справочное)

Назначение изоляционных промежутков и расстояний утечки для напряжения постоянного тока свыше 1000 В

D.1 Вводное замечание

МЭК 60664-1 относятся к вопросам координации изоляции в оборудовании, применяемом в низковольтных системах имеющих номинальное напряжение постоянного тока до 1500 В. Таблица, приведенная в МЭК 60664-1, не дает значений для номинальных напряжений постоянного тока от 1000 до 1500 В. Настоящее приложение дополняет таблицу, приведенную в МЭК 60664-1 (приложение F).

D.2 Номинальное импульсное напряжение для оборудования питаемое непосредственно от главных низковольтных сетей

Таблица D.1 применяется дополнительно к информации приведенной в таблице F.1 МЭК 60664-1.

Таблица D.1 — Номинальное импульсное напряжение для оборудования

Номинальное напряжение системы питания в соответствии с МЭК 60038, однофазное, В	Напряжение постоянного тока, образующееся между линией и нейтралью, не более, В	Номинальное импульсное напряжение, В			
		Для категорий перенапряжения[a)]			
		I	II	III	IV
В соответствии с МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1)	Ниже 1 000 в соответствии с МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1)	В соответствии с МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.1)			
1 500 постоянного тока[b)]	1 500	6 000	8 000	10 000	15 000

[a)] Для разъяснения категорий перенапряжения см. МЭК 60664-1 (подпункт 4.3.3.2.2).
[b)] Информация по устойчивости установок железных дорог имеется в Техническом комитете МЭК 64.

D.3 Назначение размеров изоляционных промежутков для основной, дополнительной и усиленной изоляции

Размеры изоляционных промежутков для основной и дополнительной изоляции приведены в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.2).

Размеры изоляционных промежутков для усиленной изоляции должны быть назначены с учетом импульсного напряжения, в том числе как описано в МЭК 60664-1 (пункт 5.1.6).

D.4 Назначение размеров расстояний утечки

Размеры расстояний утечки при напряжении выше 1 000 В приведены в МЭК 60664-1 (приложение F, таблица F.4).

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам)

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование национального стандарта или межгосударственного стандарта
МЭК 60085:2004	IDT	ГОСТ Р МЭК 60085—2011 «Электрическая изоляция. Классификация и обозначение по термическим свойствам»
МЭК 60112:2003	NEQ	ГОСТ 27473—87 (МЭК 112—79) «Материалы электроизоляционные твердые. Метод определения сравнительного и контрольного индексов трекингостойкости во влажной среде»
МЭК 60216 (все части)	—	*
МЭК 60364-4-44:2001	MOD	ГОСТ Р 50571-4-44—2011 (МЭК 60364-4-44:2007) «Электроустановки низковольтные. Часть 4-44. Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех»
МЭК 60664-1:2005	IDT	ГОСТ Р МЭК 60664-1—2013 Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 1. Принципы, требования и испытания
МЭК 60664-3:2003	—	*
МЭК 60664-4:2005	—	*
МЭК 60664-5:2003	—	*
МЭК 61140:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 61140—2000 «Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи».

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Библиография

МЭС 60050—151	International Electrotechnical Vocabulary — Part 151: Electrical and magnetic devices Международный электротехнический словарь. Часть 151. Электрическое и магнитное оборудование
МЭС 60050—212	International Electrotechnical Vocabulary — Part 212: Electrical insulating solids, liquids and gases Международный электротехнический словарь. Часть 212. Твердая, жидкая и газообразная электрическая изоляция
МЭС 60050—604	International Electrotechnical Vocabulary — Part 604: Generation, transmission and distrution of electricity — Operation Международный электротехнический словарь. Часть 604. Получение, передача и распределение электроэнергии — Эксплуатация
МЭС 60050— 826	International Electrotechnical Vocabulary — Chapter 826: Electrical installations Международный электротехнический словарь. Часть 826. Электрические установки
МЭК 60038	IEC standart voltages Стандартные напряжения по МЭК
МЭК 60079 (all parts)	Explosive atmospheres Атмосферные разряды
МЭК 60194	Printed board design, manufacture and assembly — Terms and definitions Проектирование, производство и применение печатных плат — Термины и определения
МЭК 60669-1:1998	Switches for household and similar fixed-electrical installations — Part 1: General rules Amendment 1 (1999), Amendment 2 (2006) Выключатели для бытовых и аналогичных стационарных установок — Часть 1. Общие требования (с изменением 1:1999 и изменением 2:2006)
МЭК 60947-1:2007	Low-voltage switchgear and controlgear — Part 1: General rules Аппаратура распределения управления низковольтная. Часть 1. Общие требования
МЭК 62019:1999	Electrical accessories — Circuit-breakers and similar equipment for householder use — Auxiliary contact units Amendment 1 (2002) Аппаратура малогабаритная электрическая — Автоматические выключатели бытового и аналогичного назначения — Присоединяемые вспомогательные контакты (с изменением 1:2002)
ИСО/МЭК Раздел 2	Standardization and related activities — General vocabulary Стандартизация и связанная деятельность — Основной словарь

УДК 621.315.01.001.4:006.354 ОКС 29.080.30 Е30 ОКСТУ 3400

Ключевые слова: координация изоляции, изоляция, пробой изоляции

Редактор *Е.С. Котлярова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.Е. Кругова*

Сдано в набор 08.10.2014. Подписано в печать 14.11.2014. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 6,10. Тираж 51 экз. Зак. 4658

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru