ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 60664.1— 2012

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
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр «Энергия» (АНО «НТЦ «Энергия») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 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. № 822-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60664-1:2007 «Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 1. Принципы, требования и испытания», издание 2.0 (IEC 60664-1: 2007 «Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 1: Principles, requirements and tests»)

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 ежемесячного 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 . . . 2
3 Термины и определения . . . 3
4 Основы для координации изоляции . . . 6
4.1 Основные положения . . . 6
4.2 Координация изоляции в зависимости от напряжения . . . 6
4.3 Напряжения и значения напряжений . . . 8
4.4 Частота . . . 11
4.5 Время нахождения под воздействием напряжения, отличного от номинального . . . 11
4.6 Загрязнения . . . 11
4.7 Информация представляемая с оборудованием . . . 12
4.8 Изоляционные материалы . . . 12
5 Требования и правила для размеров . . . 13
5.1 Размеры изоляционных промежутков . . . 13
5.2 Размеры расстояний утечки . . . 15
5.3 Требования к твердой изоляции при проектировании . . . 17
6 Испытания и измерения . . . 21
6.1 Испытания . . . 21
6.2 Измерения изоляционных промежутков и расстояний утечки . . . 30
Приложение A (справочное) Основные данные по характеристикам устойчивости изоляционных воздушных промежутков . . . 34
Приложение B (справочное) Номинальные напряжения систем питания для различных способов контроля перенапряжений . . . 39
Приложение C (обязательное) Методы испытаний частичным разрядом . . . 41
Приложение D (справочное) Соответствующая информация для методов испытаний частичным разрядом . . . 45
Приложение E (справочное) Сравнение расстояний утечек приведенных в таблице F.4 и изоляционных промежутков в таблице A.1 . . . 47
Приложение F (обязательное) Таблицы . . . 48
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам) . . . 58
Библиография . . . 60

Введение

Настоящий стандарт устанавливает общую терминологию, основные общие требования и методы испытаний по координации изоляции низковольтной аппаратуры, комплектных устройств, распределительных низковольтных сетей, основные численные значения изоляционных промежутков, расстояний утечек, минимальных значений толщин твердой изоляции в зависимости от напряжений системы питания, ожидаемых значений и длительности воздействия перенапряжений и степени загрязнения среды.

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 1

Принципы, требования и испытания

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems. Part 1. Principles, requirements and tests

Дата введения — 2014—01—01

1 Область применения

Требования настоящего стандарта относятся к вопросам координации изоляции в оборудовании, применяемом в низковольтных системах. Требования применяются к оборудованию имеющему номинальное напряжение переменного тока до 1000 В частоты до 30 кГц или постоянного тока до 1500 В и устанавливаемому на высоте над уровнем моря не более 2000 м.

Настоящий стандарт устанавливает требования к изоляционным промежуткам, расстояниям утечек и твердой изоляции для оборудования на основе его характеристик, а также методы электрических испытаний, с учетом координации изоляции.

Минимальные изоляционные промежутки, указанные в настоящем стандарте, не применяются при наличии ионизированных газов. Специальные требования для данного случая могут быть указаны в документах соответствующих технических комитетов.

Настоящий стандарт не рассматривает расстояния и промежутки:

- через жидкую изоляцию;
- через газообразную изоляция иную, чем воздух;
- через сжатый воздух.

Примечание 1 — Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах при переменном токе номинальной частоты свыше 30 кГц рассматривается в МЭК 60664-4.

Примечание 2 — Во внутренних цепях оборудования может быть высокое напряжение.

Примечание 3 — Руководство по расстояниям для высоты над уровнем моря более 2000 м дано в таблице А.2.

Базой основных требований безопасности стандарта являются руководства технических комитетов, ответственных за различное оборудование и необходимые обобщения указанных в них соответствующих требований с тем, чтобы выполнялась координация изоляции.

Необходимая информация содержится в документах технических комитетов, в которых указываются изоляционные промежутки в воздушной среде, расстояния утечек и требования для твердой изоляции оборудования.

Особого внимания требует обратить на то, что изготовители и технические комитеты ответственны за опубликование требований, указываемых в основных публикациях по безопасности или за указание на ссылки, когда необходимо, на соответствующие стандарты на продукцию, относящуюся к сфере их деятельности.

В случае отсутствия в соответствующих стандартах на продукцию установленных значений изоляционных промежутков, расстояний утечек и требований к твердой изоляции применяется настоящий стандарт.

Издание официальное

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 60038:1983 Напряжения стандартные по МЭК (IEC 60038:1983 IEC standard voltages)

МЭК 60050(151):2001 Международный электротехнический словарь. Глава 151: Электрические и магнитные устройства (IEC 60050(151): 2001, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 151: Electrical and magnetic devices)

МЭК 60050(212):1990 Международный электротехнический словарь. Глава 212: Изоляция твердыми материалами, жидкостями и газами (IEC 60050(212):1990, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 212: Insulating solids, liquids and gases)

МЭК 60050(604):1987 Международный электротехнический словарь. Глава 604: Получение, передача и распределение электроэнергии. Эксплуатация, Изменение 1(1998), (IEC 60050(604):1987, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 604: Generation, transmission and distrution of electricity — Operation), (Amendment 1(1998))

МЭК 60050(826):1982 Международный электротехнический словарь. Глава 826: Электрические установки (IEC 60050(826):1982, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 826: Electrical installations of buildings)

МЭК 60068-1:1992 Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 1: Общие положения и руководство (IEC 60068-1:1992 Environmental testing. Part 1: General and guidance)

МЭК 60068-2-2:1974 Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 2: Испытания — Испытание B: Сухое тепло (IEC 60068-2-2:1974 Basic environmental testing procedures. Part 2 : Tests. Test B: Dry heat)

МЭК 60068-2-14:1974 Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 2: Испытания — Испытание N: Смена температур

(IEC 60068-2-14:1974 Basic environmental testing procedures. Part 2 : Tests. Test N: Change of temperature)

МЭК 60068-2-78:1974 Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 2-78: Испытания. Испытание Cab: Влажное тепло, установившийся режим (IEC Environmental testing. Part 2-78. Tests. Test Cab: Damp heat, steady state)

МЭК 60085:2004 Электрическая изоляция — Классификация по термическим свойствам (IEC 60068-2-78:1974 Thermal evaluation and classification of electrical insulation)

МЭК 60099-1:1991 Разрядники для защиты от перенапряжений. Часть 1. Искровые защитные разрядники с нелинейными резисторами для систем переменного тока (IEC 60099-1:1991 Surge arresters; part 1: non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems)

МЭК 60112:2003 Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения нормативного и сравнительного индексов трекингостойкости (IEC 60112:2003 Recommended method for determining the comparative tracking index of solid insulating materials under moist conditions)

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

МЭК 60243-1:1998 Материалы твердые изоляционные. Методы определения электрической прочности. Часть 1. Испытания на промышленных частотах (IEC 60243-1:1998 Electrical strength of insulating materials — Test methods — Part 1: Tests at power frequencies)

МЭК 60270:2000 Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов (IEC 60270:2000 High-voltage test techniques. Partial discharge measurements)

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 60664-4:2005 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. Комплексный 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)

МЭК 61180-1:1992 Техника испытаний высоким напряжением низковольтного оборудования. Часть 1. Определения, требования к испытанию и процедуре (IEC 61180-1:1992 High-voltage test techniques for low-voltage equipment; part 1: definitions, test and procedure requireme)

МЭК 61180-2:1994 Техника испытаний высоким напряжением низковольтного оборудования. Часть 2. Испытательное оборудование (IEC 61180-2:1994 High-voltage test techniques for low-voltage equipment — Part 2: Test equipment)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

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

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

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

[МЭС 151-15-50]

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

3.5 **рабочее напряжение** (working voltage): Наибольшее действующее значение напряжения переменного тока или наибольшее значение напряжения постоянного тока, приложенное через различные изолирующие части, когда оборудование питается номинальным напряжением.

Примечание 1 — Переходные напряжения не учитываются.

Примечание 2 — Учитываются включенное и отключенное состояния.

3.6 **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 восстанавливающим пиковым значением напряжения.

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

3.7.1 **временное перенапряжение** (temporary overvoltage): Перенапряжение промышленной частоты сравнительно продолжительной длительности.

3.7.2 **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]

3.7.3 **коммутационное перенапряжение** (switching overvoltage): Кратковременное перенапряжение, возникающее в различных точках системы при определенных коммутационных операциях или авариях.

3.7.4 **грозовое перенапряжение** (lightning overvoltage): Кратковременное перенапряжение, возникающее в различных точках системы при определенных разрядах молнии.

3.7.5 **функциональное перенапряжение** (functional overvoltage): Естественно возникающее перенапряжение в результате функционирования оборудования.

3.8 **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]

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

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

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

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

3.9 **номинальное напряжение** (rated voltage): Величина напряжения, установленная 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.

3.9.1 **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.

3.9.2 **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.

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

3.9.4 **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.

3.10 **категории перенапряжения** (overvoltage category): Установленные числовые значения условий временных перенапряжений.

Примечание 1 — Применяются категории перенапряжений I, II, III и IV, см. 4.3.3.2.

Примечание 2 — Термин «категории перенапряжения» в настоящем стандарте эквивалентен термину «категории импульсной устойчивости» примененному в МЭК 60364-4-44, глава 443.

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

3.12 **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, модифицированный]

3.12.1 **общая окружающая среда** (macro-environment): Окружающая среда помещения или локальной зоны, где установлено или используется оборудование.

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

3.13 **степень загрязнения** (pollution degree): Установленные числовые значения ожидаемых загрязнений локальной окружающей среды.

Примечание — Применяются степени загрязнений 1, 2, 3 и 4, установленные в 4.6.2.

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

Примечание — Условия однородного поля рассматривается как случай В.

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

Примечание — Условия неоднородного поля с игольчатой конфигурацией электродов является наихудшим случаем с точки зрения устойчивости к выдерживаемому напряжению и рассматривается как случай А.

3.16 **контроль условий перенапряжения** (controlled overvoltage condition): Условия, при которых электрическая система регистрирующая кратковременные перенапряжения ограничивает их до определенного уровня.

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

[МЭС 212-01-05]

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

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

[МЭС 826-12-14]

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

[МЭС 826-12-15]

3.17.4 **двойная изоляция** (doble insulation): Изоляция, содержащая основную и дополнительную изоляцию.

[МЭС 826-12-16]

3.17.5 **усиленная изоляция** (reinforced insulation): Изоляция опасных частей, находящихся под напряжением, обеспечивающая степень защиты против электрического удара эквивалентной 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]

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

3.18.1 **остаточный заряд *q*** (apparent charge *q*): Электрический заряд, который может быть измерен на выводах образца при испытаниях.

Примечание 1 — Остаточный заряд меньше частичного разряда.

Примечание 2 — Измерение остаточного заряда требуют условия короткого замыкания на выводах образца (см. раздел D.2) при испытаниях.

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

Примечание — Колебания максимума амплитуды должны быть измерены.

3.18.3 **частота повторения уровня** (pulse repetition rate): Среднее число всплесков в секунду остаточных зарядов больших по величине, чем обнаруженный уровень.

Примечание — Для целей настоящего стандарта нет установленного уровня разряда для частоты повторения уровня.

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

Примечание — Для переменного тока может быть применено действующее значение.

3.18.5 **затухающее напряжение частичного разряда U_e** (partial discharge extinction voltage U_e): Низшее пиковое значение испытательного напряжения, при котором остаточный заряд становится большим, чем установленный уровень разряда, когда испытательное напряжение снижается относительно высшего уровня когда имеет место пробой.

Примечание — Для переменного тока может быть применено действующее значение.

3.18.6 **испытательное напряжение частичного разряда U_t** (partial discharge test voltage U_t): Пиковое значение испытательного напряжения для процедуры по 6.1.3.5.3, когда остаточный заряд меньше, чем заданная величина разряда.

Примечание — Для переменного тока может быть применено действующее значение.

3.19 **испытание** (test): Техническая операция, заключающаяся в установлении одной или более характеристик имеющегося продукта, процессом или обслуживанием в соответствии с предписанными процедурами.

Примечание — Испытание может быть проведено измерением или классификацией характеристики или свойства, применением любого из перечисленных способов при окружающей среде и условиях оперирования и/или установленных требованиях.

[13.1 ИСО/МЭК, раздел 2][1]

3.19.1 **типовое испытание** (tipe test): Испытание одного или более образцов, имеющих определенную конструкцию, для установления соответствия определенным характеристикам.

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

3.19.3 **выборочное испытание** (sampling test): Испытание на числе образцов, отобранных случайно из партии.

3.20 **электрическое повреждение (пробой)** (electrical breakdown): Повреждение изоляции в результате электрического воздействия, при котором происходит пробой по изоляции до тех пор, пока напряжение между электродами не снизится почти до нуля.

3.20.1 **искровой пробой** (sparkover): Пробой изоляции в газообразной или жидкой среде.

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

3.20.3 **повреждение изоляции** (puncture): Пробой через твердую изоляцию.

4 Основы для координации изоляции

4.1 Основные положения

Координация изоляции подразумевает выбор характеристик электрической изоляции оборудования с учетом его конструкции и в зависимости от окружающей среды.

Координация изоляции достигается только при условии, что конструкция оборудования основывается на устойчивости к электрическим воздействиям в течение предусмотренного срока службы.

4.2 Координация изоляции в зависимости от напряжения

4.2.1 Основные положения

Должно быть принято во внимание:

- напряжение, которое может быть приложено к системе;
- напряжение, вырабатываемое оборудованием (имеющее противоположное воздействие, чем для питания оборудования в системе);
- непрерывность планируемого сервисного обслуживания;
- безопасность персонала и имущества в том, что вероятность случая электрического удара не должна достигать неприемлемой величины риска причинения вреда.

4.2.2 Координация изоляции с учетом длительности воздействия напряжения переменного или постоянного тока

Координация изоляции с учетом длительности воздействия напряжения основывается на:

- величине номинального напряжения;
- величине номинального напряжения изоляции;
- величине рабочего напряжения.

4.2.3 Координация изоляции с учетом воздействия кратковременных перенапряжений

Координация изоляции с учетом воздействия кратковременных перенапряжений основывается на условиях контроля перенапряжений. Существует два рода контроля:

- естественный контроль — условия в электрической системе, при которых характеристики системы способны ограничивать ожидаемые кратковременные перенапряжения до определенного уровня;
- защитный контроль — условия в электрической системе, при которых специальные части, ограничивающие перенапряжения, способны ограничивать ожидаемые кратковременные перенапряжения до определенного уровня.

Примечание 1 — Перенапряжения в больших и комплексных системах, например, в главных низковольтных системах подверженных многочисленным и изменяющимся помехам, могут быть оценены только на основе статистических данных. В частности для перенапряжений атмосферного характера, прикладываемых к системам с естественным контролем или к частям защитного контроля.

Примечание 2 — Анализ вероятности рекомендуется оценивать, если применяется естественный или защитный контроль. Данный анализ основан на знании характеристик электрических систем, границ значений уровня, значений кратковременных перенапряжений и т. д. Приближенные данные могут быть заимствованы из МЭК 60364-4-44 для электрических установок зданий соединенных с основными низковольтными системами.

Примечание 3 — Специфичные части, согласующие перенапряжения, могут быть оборудованием, имеющим части для накапливания или рассеивания энергии и, при определенных условиях, способным безопасно рассеять энергию перенапряжения в ожидаемом месте.

В порядке применения основ координации изоляции, имеются отличия между кратковременными перенапряжениями двух различных источников:

- временными перенапряжениями, образующимися в оборудовании на присоединительных выводах;
- временными перенапряжениями, возникающими в оборудовании.

Для координации изоляции применяется предпочтительный ряд номинальных значений импульсных напряжений:

330; 500; 800; 1500; 2500; 4000; 6000; 8000; 12000 В.

4.2.4 Координация изоляции с учетом пикового значения повторяющегося напряжения

Должно учитываться, что могут быть отдельные пробои через твердую изоляцию (см. 5.3.2.3.1) или по поверхности изоляции (см. таблицу F.7b).

4.2.5 Координация изоляции с учетом временных перенапряжений

Координация изоляции с учетом временных перенапряжений основана на временных перенапряжениях указанных в МЭК 60364-4-44, раздел 442 (см.5.3.3.2.3 настоящего стандарта).

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

4.2.6 Координация изоляции с учетом условий окружающей среды

Условия среды, окружающей изоляцию, должны учитываться в зависимости от количественных показателей загрязнения среды.

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

Примечание — Защита оболочек, обеспечиваемая в зависимости от классификации, указанной в МЭК 60529 [2], не обязательно улучшает локальную окружающую среду с точки зрения загрязнений.

Наиболее важными характеристиками окружающей среды являются следующие:

- для изоляционных промежутков:
  - давление воздуха,
  - температура, если она имеет значительные колебания;

- для расстояний утечки:
  - загрязнения,
  - относительная влажность,
  - конденсация влаги;
- для твердой изоляции:
  - температура,
  - относительная влажность.

4.3 Напряжения и значения напряжений

4.3.1 Основные положения

Для целей измерений оборудования с точки зрения координации изоляции, технические комитеты должны предоставлять:

- основы для уровней напряжений;
- категории перенапряжений согласно предполагаемых категорий применения оборудования, взятых из характеристик системы, к которой оно будет подключаться.

4.3.2 Определение напряжения при длительном воздействии

4.3.2.1 Основные положения

Предполагается, что номинальное напряжение оборудования не ниже, чем нормальное напряжение питающей системы.

4.3.2.2 Напряжение для проверки основной изоляции

4.3.2.2.1 Оборудование, питающееся непосредственно от главной низковольтной системы

Номинальное напряжение главной низковольтной сети должно быть в соответствии с таблицами F.3a и F.3b (приложение F) (см. 5.2.2.2) и это напряжение, как минимум, должно быть использовано для выбора расстояний утечек. Оно также может быть использовано для выбора номинального напряжения изоляции.

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

Технические комитеты должны учитывать, выбирается ли напряжение:

- основное межфазное; или
- основное между фазой и нейтралью.

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

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

Наибольшее действующее значение напряжения, приложенное к системе, оборудованию или внутренним сетям должно быть применено для основной изоляции. Напряжение, считающееся для источника как номинальное напряжение и в самых неблагоприятных сочетаниях с другими условиями, считается номинальным для оборудования.

Примечание — Аварийные условия не принимаются во внимание.

4.3.2.3 Напряжение для проверки функциональной изоляции

Для проверки функциональной изоляции применяется используемое рабочее напряжение.

4.3.3 Определение номинального импульсного напряжения

4.3.3.1 Основные положения

Кратковременные перенапряжения применяются как основа для установления номинального импульсного напряжения.

4.3.3.2 Категории перенапряжения

4.3.3.2.1 Основные положения

Концепция категорий перенапряжения применяется для оборудования, непосредственно питающегося от главной низковольтной сети.

Категории перенапряжения имеют большую вероятность применения, чем измерение физического затухания ниже возникающих кратковременных перенапряжений в установке.

Примечание 1 — Данная концепция категорий перенапряжения применена в МЭК 60364-4-44, глава 443.

Примечание 2 — Термин «категория перенапряжения» в настоящем стандарте эквивалентен термину «категории импульсной устойчивости», примененному в МЭК 60364-4-44, глава 443.

Аналогичная концепция может быть принята для оборудования, присоединенного к другим системам, например телекоммуникационным и информационным системам.

4.3.3.2.2 Оборудование, питающееся непосредственно от главного источника

Технические комитеты определяют категории перенапряжения, основываясь на следующих основных обоснованиях их категории (см. также МЭК 60364-4-44, глава 443):

- оборудование категорий перенапряжения IV для применения на вводе установки;

Примечание 1 — Примерами такого оборудования служат электрические измерительные приборы и оборудование защиты от перенапряжений.

- оборудование категории перенапряжения III — это оборудование стационарных установок, а также в случае, когда к надежности и доступности предъявляются специальные требования;

Примечание 2 — Примерами такого оборудования служат выключатели стационарной установки и оборудование промышленного применения с постоянным подключением к стационарной установке.

- оборудование категории перенапряжения II — это энергопотребляющее оборудование, питаемое от стационарных установок;

Примечание 3 — Примерами такого оборудования служат приборы, переносной инструмент и другое оборудование бытового и аналогичного назначения.

В случае, если к оборудованию предъявляются специальные требования по надежности и доступности, применяется категория перенапряжения III;

- оборудование категории перенапряжения I — это оборудование для присоединения к цепям, измерение которых выявили ограниченные кратковременные перенапряжения низкого уровня.

Такие измерения должны гарантировать, что временные перенапряжения должны ограничиваться приблизительно так, чтобы пиковые значения не превосходили соответствующих значений импульсных напряжений, указанных в таблице F.1 (приложение F).

Примечание 4 — Примерами такого оборудования служат постоянные электронные цепи защищенные до этого уровня, далее см. примечание к 4.2.5.

Примечание 5 — Если цепи спроектированы без учета временных перенапряжений, оборудование категории перенапряжения I не может непосредственно питаться от главного источника.

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

Рекомендуется, чтобы технические комитеты определяли подходящие категории перенапряжения или значения импульсных напряжений. Рекомендуется применение предпочтительных значений, указанных в 4.2.3.

Примечание — Телекоммуникационные или промышленные измерительные системы или независимые системы транспорта являются примерами таких систем.

4.3.3.3 Выбор номинального импульсного напряжения для оборудования

Номинальное импульсное напряжение оборудования должно выбираться из таблицы F.1 (приложение F), в зависимости от заданной категории перенапряжения и номинального напряжения оборудования.

Примечание 1 — Оборудование с отдельными значениями номинальных импульсных напряжений и имеющее более чем одно значение напряжения может быть предназначено для применения в различных категориях перенапряжения.

Примечание 2 — Для рассмотрения коммутационных перенапряжений см. 4.3.3.5.

4.3.3.4 Координация импульсных напряжений изоляции в оборудовании

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

Применяются номинальные импульсные напряжения оборудования. Кратковременные перенапряжения, которые могут вызвать срабатывание оборудования, не должны оказывать внешнего влияния на цепи больше, чем указано в 4.3.3.5.

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

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

4.3.3.5 Коммутационные перенапряжения генерируемые оборудованием

Для оборудования, способного генерировать перенапряжения на выводах, например, коммутационное оборудование, подразумевается, что оборудование не генерирует перенапряжение, выше номинального импульсного напряжения, когда применяется в соответствии со стандартом на это оборудование и инструкцией изготовителя.

Примечание 1 — Остаточный риск — это напряжения выше номинального импульсного напряжения которые могут генерироваться в зависимости от условий цепи.

Если коммутационное оборудование с отдельным значением номинального импульсного напряжения или категорией перенапряжения не генерирует перенапряжения величиной выше, чем напряжения для более низкой категории перенапряжения, это означает наличие двух номинальных импульсных напряжений или двух категорий перенапряжений: более высокое относится к импульсному выдерживаемому напряжению, более низкое — к генерируемым перенапряжениям.

Примечание 2 — Имеющееся значение номинального импульсного напряжения подразумевает, что перенапряжения выше по амплитуде могут быть эффективными в системе и, вследствие чего, оборудование может быть непригодно для применения в низкой категории перенапряжения или требуется их подавление способом подходящим для низкой категории.

4.3.3.6 Требования к внешним взаимодействиям

Оборудование может быть использовано в условиях более высокой категории перенапряжения, когда производится необходимое снижение перенапряжения. Необходимое снижение перенапряжения должно быть достигнуто путем:

- применения устройств защиты от перенапряжений;
- применением разделительных трансформаторов;
- применения системы установки с многочисленными или разветвленными цепями (способной разделять энергию импульса);
- применением емкостных сопротивлений для подавления энергии импульса;
- применением активных сопротивлений или аналогичного оборудования снижающего энергию импульса рассеиванием мощности.

Примечание — Заслуживает внимания тот факт, что различное оборудование защиты от перенапряжений в установке или в оборудовании может иметь более высокое значение энергии рассеивания чем различное оборудование защиты от перенапряжений в первичной установке, имеющей более высокое напряжение на выводах. Это, в частности, позволяет применять оборудование защиты от перенапряжений с более низким напряжением на выводах.

4.3.4 Определение повторяющегося пикового напряжения

Форма волны напряжения, измеряемая с помощью осциллографа с достаточной полосой пропускания, на которой пиковая амплитуда носит характер, представленный на рисунке 1.

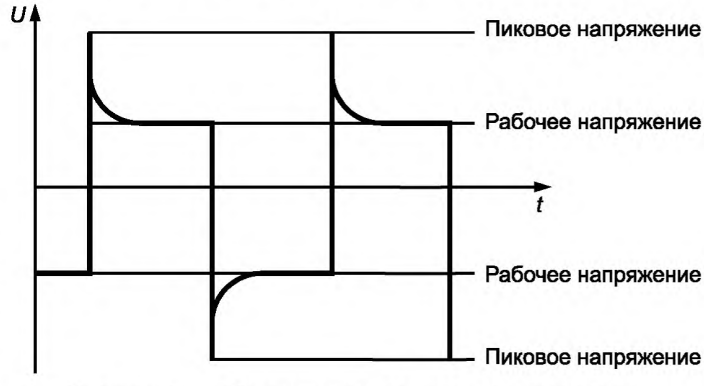


Рисунок 1 — Повторяющееся пиковое напряжение

4.3.5 Определение кратковременного перенапряжения

4.3.5.1 Основные положения

Ситуация связанная с наиболее сложными временными перенапряжениями, приводящими к авариям питающих систем содержится в МЭК 60364-4-44.

Примечание — МЭК 60364-4-44 рассматривает безопасность персонала и оборудования в низковольтных системах в случае повреждения между высоковольтной системой и заземления трансформатора питания низковольтной системы.

4.3.5.2 Напряжение повреждения

Амплитуда и продолжительность повреждающего напряжения или напряжение касания при замыкании на землю в высоковольтной системе как представлено в МЭК 60364-4-44 на рисунке 44А.

4.3.5.3 Воздействие от временного перенапряжения

Амплитуда и продолжительность временного перенапряжения в низковольтном оборудовании при замыкании на землю в высоковольтной системе как указано в 5.3.3.2.3.

4.4 Частота

Данный стандарт применяется для частоты до 30 кГц.

Примечание — Величины для частоты свыше 30 кГц оговорены в МЭК 60664-4.

4.5 Время нахождения под воздействием напряжения, отличного от номинального

С учетом расстояния утечки — это время нахождения под воздействием напряжения до того момента, когда число случаев высушивания, вследствие поверхностных кратковременных разрядов, при достаточно высокой энергии становится таким, что переходит в пробой. Число таких случаев много больше, чем случаев пробоя:

- в оборудовании, предназначенном для длительного использования, но не выделяющем достаточного тепла для сохранения поверхности изоляции в сухом состоянии;
- в оборудовании, являющемся объектом длительного периода конденсации, при котором оно находится во включенном и выключенном положении;
- на стороне ввода коммутационного оборудования и между вводными и выводными выводами, когда осуществляется непосредственное присоединение к главному источнику питания.

Расстояния утечек, представленных в таблице F.4 (приложение F), могут быть установлены для изоляции, предназначенной для длительного воздействия напряжения.

Примечание — Технические комитеты, ответственные за оборудование для изоляции оборудования подвергаемого кратковременному воздействию напряжения, могут установить уменьшенные расстояния утечек для функциональной изоляции, например для значений напряжения на одну ступень ниже, чем установленные в таблице F.4 (приложение F).

4.6 Загрязнения

4.6.1 Основные положения

Локальная окружающая среда выполняет роль загрязнения изоляции. Более того, окружающая макросреда может рассматриваться в случае, если содержит локальную окружающую среду (микросреду).

В зависимости от эффективности действия, для снижения загрязнений изоляции могут применяться оболочки, герметизирующие элементы или герметизация. Такие способы снижения загрязнений могут быть не эффективны, если оборудование подвергается конденсации влаги или при нормальном применении оборудование само является источником загрязнений.

Маленькие изоляционные промежутки могут полностью перекрываться мостиками из твердых частиц, пыли или влаги, поэтому минимальные изоляционные промежутки могут применяться с учетом загрязнения локальной окружающей среды.

Примечание 1 — Загрязнения становятся проводящими если образуются влагой. Загрязнения, образованные участками воды, соли, металла или угольной пыли по существу являются проводниками.

Примечание 2 — Проводящие загрязнения, такие как ионизированный газ и металлизация поверхности, появляющиеся только в специфичных местах, например в дугогасительных камерах пускателей и контакторов, не рассматривается настоящим стандартом.

4.6.2 Степень загрязнения локальной окружающей среды

Для целей назначения размеров изоляционных промежутков и расстояний утечек установлены следующие четыре степени загрязнения локальной среды:

- степень загрязнения 1 — без загрязнения или с сухим загрязнением не проводящими частицами. Проводящее загрязнение не допустимо;
- степень загрязнения 2 — наличие только не проводящего загрязнения исключая то, что возможно оно может стать временно проводящим в период конденсации влаги;
- степень загрязнения 3 — наличие проводящего загрязнения или сухого, не проводящего загрязнения, которое может стать проводящим в период конденсации влаги;
- степень загрязнения 4 — длительное наличие проводящего загрязнения в виде проводящей пыли, дождя или других влажных условий.

4.6.3 Условия проводящих загрязнений

Размеры для расстояний утечек не могут быть установлены, если имеются постоянные проводящие загрязнения (степень загрязнения 4). Для временных проводящих загрязнений (степень загрязнения 3) поверхность изоляции может быть применена для разделения длинных участков проводящих загрязнений, в т. ч. посредством ребер и углублений (см. 5.2.2.5 и 5.2.5).

4.7 Информация представляемая с оборудованием

Технические комитеты должны указывать соответствующую информацию, которая должна предоставляться с оборудованием и способ ее получения.

4.8 Изоляционные материалы

4.8.1 Сравнительный индекс трекингостойкости (СИТ)

4.8.1.1 Поведение изоляционных материалов при наличии кратковременных пробоев

В отношении пробоя изоляционные материалы могут иметь приблизительные характеристики вследствие разнообразия характера получаемых повреждений при выделении сконцентрированной энергии во время кратковременных пробоев, когда поверхностному току утечки препятствует высыхание участка поверхности. Могут иметь место следующие результаты воздействия на изоляционные материалы при проявлении кратковременных пробоев:

- отсутствие изменений изоляционного материала;
- повреждение изоляционного материала в результате электрического пробоя (электрическая эрозия);
- прогрессирующее формирование проводящей части, происходящее на поверхности изоляционного материала в результате комбинированного эффекта от воздействия напряжения и наличия электролитического проводящего загрязнения на поверхности (трекинг).

Примечание — Трекинг или эрозия происходит, когда:

- пленка жидкости покрывает поверхность, вызывая ток утечки; и
- приложенное напряжение достаточно для возникновения небольших разрывов, когда пленка формируется; и
- величина тока превысит предельное значение, которое неизбежно создаст необходимую энергию термически разрушающую в определенном месте под пленкой изоляционный материал.

Износ усиливается, когда достаточно времени для образования устойчивого тока.

4.8.1.2 Значения СИТ для категорий изоляционных материалов

Метода классификации изоляционных материалов основанного на 4.8.1.1 не существует. Поведение изоляционных материалов при различных загрязнителях и напряжениях является сложным комплексом. В этих условиях многие материалы могут иметь две и даже три определенные характеристики. Постоянная взаимосвязь с группами материалов по 4.8.1.3 не практична. Более того, данные полученные экспериментальными исследованиями и испытаниями показывают, что изоляционные материалы, имеющие высокие относительные характеристики также имеют приблизительно такую же градацию в соответствии со сравнительным индексом трекингостойкости. Поэтому, в настоящем стандарте к категориям изоляционных материалов применяют значения СИТ.

4.8.1.3 Группы материалов

Для целей настоящего стандарта материалы в зависимости от значений СИТ классифицируют по четырем группам. Эти значения определены в соответствии с МЭК 60112 при применении раствора А. Установлены следующие группы:

- материалы группы III-V — значения СИТ не более 600 ($600 \leq CTI$);
- материалы группы III-V — значения СИТ менее 600, но не менее 400 ($400 \leq CTI < 600$);

- материалы группы III-V — значения СИТ менее 400, но не менее 175 ($175 \leq CTI < 400$);
- материалы группы IV — значения СИТ менее 175, но не менее 100 ($100 \leq CTI < 175$).

Контрольный индекс трекингостойкости (КИТ) применяется для подтверждения характеристик трекингостойкости материалов. Материал может быть включен в одну из четырех групп на основе того, что контрольный индекс трекингостойкости, подтвержденный методом по МЭК 60112 с применением раствора А, не более нижнего значения, указанного для группы материалов.

4.8.1.4 Испытание для сравнительного индекса трекингостойкости

Испытание сравнительного индекса трекингостойкости в соответствии с МЭК 60112 предназначены для сравнения различных изоляционных материалов в условиях испытаний. Дается качественное сравнение и в случае, если изоляционные материалы имеют тенденцию к образованию токопроводящих дорожек. Этой тенденции также дается качественное сравнение.

4.8.1.5 Материалы не подверженные трекингу

Для стекла, керамики и других неорганических изоляционных материалов, которые не образуют токопроводящих дорожек, для целей координации изоляции нет необходимости назначать расстояния утечки большими, чем изоляционные промежутки. Пригодны размеры в таблице F.2 (приложение F) для неоднородного поля.

4.8.2 Характеристики электрической прочности

Характеристики электрической прочности изоляционных материалов должны быть рассмотрены техническими комитетами на основе данных по воздействиям, указанным в 5.3.1, 5.3.2.2.1 и 5.3.2.3.1.

4.8.3 Тепловые характеристики

Тепловые характеристики изоляционных материалов должны быть рассмотрены техническими комитетами на основе данных по воздействиям, указанным в 5.3.2.2.2, 5.3.2.3.2 и 5.3.3.5.

Примечание — См. также МЭК 60216.

4.8.4 Механические и химические характеристики

Механические и химические характеристики изоляционных материалов должны быть рассмотрены техническими комитетами на основе данных по воздействиям, указанных в 5.3.2.2.3, 5.3.2.3.3 и 5.3.2.4.

5 Требования и правила для размеров

5.1 Размеры изоляционных промежутков

5.1.1 Основные положения

Изоляционные промежутки должны быть назначены исходя из устойчивости к установленному импульсному выдерживаемому напряжению. Для оборудования, присоединенного непосредственно к главной низковольтной сети, требуемые выдерживаемые импульсные напряжения установлены на основе 4.3.3.3. Если действующее значение установившегося напряжения, временного напряжения или периодически повторяющегося пикового напряжения требует бóльших изоляционных промежутков, чем требуется для импульсного выдерживаемого напряжения, могут применяться соответствующие значения, указанные в таблице F.7a (приложение F). Исходя из результатов сравнения импульсного выдерживаемого напряжения, действующего значения установившегося напряжения, временного напряжения и периодически повторяющегося пикового напряжения, должны быть выбраны наибольшие изоляционные промежутки.

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

5.1.2 Критерии размеров

5.1.2.1 Основные положения

Изоляционные промежутки должны быть выбраны исходя из следующих воздействующих факторов:

- импульсного выдерживаемого напряжения в соответствии с 5.1.5 для функциональной изоляции и 5.1.6 для основной, дополнительной и усиленной изоляции;
- выдерживаемого установившегося напряжения и временного перенапряжения (см.5.1.2.3);
- периодически повторяющегося пикового напряжения (см. 5.1.2.3);
- условий электрического поля (см. 5.1.3);
- высоты: размеры изоляционных промежутков указанных в таблицах F.2 и F.7a (приложение F) имеют способность к устойчивости для оборудования используемого на высоте до 2000 м. Для оборудования, применяемого на больших высотах, применяется 5.1.4;
- степени загрязнения локальной окружающей среды (см. 4.6.2).

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

5.1.2.2 Размеры для выдерживаемого кратковременного перенапряжения

Изоляционные промежутки должны быть назначены для обеспечения стойкости к необходимого импульсному выдерживаемому напряжению в соответствии с таблицей F.2 (приложение F). Для оборудования, присоединенного непосредственно к главной низковольтной сети, требуемые выдерживаемые импульсные напряжения установлены на основе 4.3.3.3.

Примечание — МЭК 60664-5 устанавливает альтернативные и более точные размеры для изоляционных промежутков, равные или меньше чем 2 мм.

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

Изоляционные промежутки должны быть назначены в соответствии с таблицей F.7a (приложение F) для выдерживаемого пикового значения установившегося напряжения (постоянного тока или переменного тока 50/60 Гц), временного перенапряжения или периодически повторяющегося пикового напряжения.

Размеры в соответствии с таблицей F.7(приложение F) должны быть согласованы с таблицей F.2 (приложение F) с учетом степени загрязнения среды. Должны выбираться большие значения.

Примечание — Размеры устанавливаемые для частоты выше 30 кГц указаны в МЭК 60664-4.

5.1.3 Условия электрического поля

5.1.3.1 Основные положения

Форма и расположение проводящих частей (электродов) влияет на однородность поля и, следовательно, изоляционные промежутки должны выдерживать приложенные напряжения (см. таблицы F.2, F.7a (приложение F) и таблицу A.1 (приложение A)).

5.1.3.2 Условия неоднородного поля (случай А таблицы F.2 (приложение F))

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

Изоляционные промежутки через открытые выступы изоляционных материалов должны быть не меньше, чем указанные для условий неоднородного поля, так как конфигурация не контролируется, как это происходит в однородном электрическом поле.

5.1.3.3 Условия однородного поля (случай В таблицы F.2 (приложение F))

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

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

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

5.1.4 Высота (разрежение)

Значения в таблице F.2 и таблице F.7 (приложение F) действительны для высоты над уровнем моря не более 2000 м, корректировка значений в зависимости от высоты данная в таблице A.2 (приложение A) применима для изоляционных промежутков при высоте выше 2000 м.

Примечание — Для повторяющегося напряжения изоляционные промежутки в воздухе для однородного поля (выдерживаемое напряжение для случая В в таблице A.1), согласно закону Пашена, пропорциональны произведению расстояния между электродами и атмосферного давления. Поэтому экспериментальные значения, зарегистрированные приблизительно на уровне моря, корректируются в соответствии с разностью давлений между уровнем 2000 м и уровнем моря. Такая же корректировка проводится и для неоднородного поля.

5.1.5 Размеры изоляционных промежутков для функциональной изоляции

Для изоляционных промежутков функциональной изоляции в качестве необходимого выдерживаемого напряжения применяется максимальное импульсное напряжение, или установившееся напряжение (с учетом таблицы F.7 (приложение F)), или периодически повторяющееся пиковое напряжение (с учетом таблицы F.7 (приложение F)), ожидаемые к воздействию при номинальных условиях оборудования и, в частности, номинальное напряжение и номинальное импульсное напряжение (ссылка к таблице F.2 (приложение F)).

5.1.6 Размеры изоляционных промежутков для основной, дополнительной и усиленной изоляции

Изоляционные промежутки основной и дополнительной изоляции должны быть назначены каждый в отдельности, как указано в таблице F.2 (приложение F) с учетом:

- номинального импульсного напряжения согласно 4.3.3.3 или 4.3.3.4.1, или импульсного выдерживаемого напряжения установленного 4.3.3.4.2;

и, как указано в таблице F.7 (приложение F) с учетом:

- установившегося напряжения согласно 4.3.2.2;
- периодически повторяющегося пикового напряжения согласно 4.3.4;
- временных перенапряжений согласно 4.3.5.

По отношению к импульсному напряжению изоляционные промежутки усиленной изоляции должны быть установлены, как указано в таблице F.2 (приложение F) соответственно номинальному импульсному напряжению, но на один уровень больше в предпочтительном ряду значений в 4.2.3, указанных для основной изоляции. Если импульсное выдерживаемое напряжение, обязательное для основной изоляции в соответствии с 4.3.3.4.2, иное, чем значение взятое из предпочтительного ряда, размеры усиленной изоляции должны выдерживать 160 % импульсного выдерживаемого напряжения указанного для основной изоляции.

Примечание 1 — С точки зрения координации изоляции нет необходимости устанавливать изоляционные промежутки выше минимально требуемых для заданного импульсного выдерживаемого напряжения. Тем не менее, может возникнуть необходимость назначить увеличенные изоляционные промежутки (например, при механических воздействиях) для иных целей, чем необходимые для координации изоляции. В таких случаях испытательное напряжение основывается на номинальном импульсном напряжении оборудования, в противном случае доступная основная изоляция может оказаться под чрезмерным воздействием напряжения.

По отношению к установившемуся напряжению, периодически повторяющемуся пиковому напряжению и временному перенапряжению изоляционные промежутки усиленной изоляции должны быть установлены, как указано в таблице F.7а (приложение F), чтобы выдерживать 160 % выдерживаемого напряжения, установленного для основной изоляции.

Для оборудования, имеющего двойную изоляцию, когда основная изоляция и дополнительная изоляция не могут быть испытаны отдельно, система изоляции считается усиленной.

Примечание 2 — Когда назначены размеры изоляционных промежутков для доступных поверхностей из изоляционных материалов, такие поверхности должны быть покрыты металлической фольгой. Дальнейшие детали должны быть установлены техническими комитетами.

5.1.7 Расстояния изоляции

См. МЭК 61140 (8.3.2).

5.2 Размеры расстояний утечки

5.2.1 Основные положения

Значения, указанные в таблице F.4 (приложение F), пригодны для большинства конструкций. Если более точные размеры расстояний утечки не превышают 2 мм, целесообразно применение МЭК 60664-5.

5.2.2 Воздействующие факторы

5.2.2.1 Основные положения

Расстояния утечки выбираются из значений, указанных в таблице F.4 . (приложение F). Должны быть приняты во внимание следующие воздействующие факторы:

- напряжение согласно 4.3.2 (см. также 5.2.2.2);
- локальная окружающая среда (см. 5.2.2.3);
- ориентация и расположение расстояний утечки (см. 5.2.2.4);
- форма изоляционной поверхности (см. 4.6.3 и 5.2.2.5);
- изоляционный материал (см. 4.8.1);
- время под воздействием ненормального напряжения (см. 4.5).

Примечание — Значения в таблице F.4 (приложение F) основываются на существующих эмпирических значениях и подходит для большинства конструкций. Тем не менее, для функциональной изоляции могут быть установлены иные значения расстояний утечки, чем указанные в таблице F.4 (приложение F).

5.2.2.2 Напряжение

Основанием для назначения расстояний утечки является длительно приложенное действующее значение входящего напряжения. Это напряжение — рабочее напряжение (см. 5.2.3), номинальное напряжение изоляции (см. 5.2.4) или номинальное напряжение (см. 5.2.4).

Кратковременным перенапряжением пренебрегают, так как обычно при его воздействии нет проявления трекинга. Тем на менее, временные и функциональные перенапряжения должны учитываться, так как их продолжительность и частота проявления могут вызвать явление трекинга.

5.2.2.3 Загрязнения

Воздействие степени загрязнения локальной окружающей среды оговорено в 4.6.2, размеры расстояний утечки выбирают в соответствии с таблицей F.4 (приложение F).

Примечание — В оборудовании могут быть различные условия в локальных окружающих средах.

5.2.2.4 Ориентация и расположение расстояний утечки

Если необходимо, изготовитель указывает эксплуатационное положение оборудования или его компонентов в пространстве и другие условия для того, чтобы расстояния утечки не накапливали загрязнения.

Примечание — Должен учитываться срок длительного хранения.

5.2.2.5 Форма изоляционной поверхности

Формы изоляционных поверхностей влияют на назначение расстояний утечки только при степени загрязнения ниже 3. Предпочтительно, чтобы поверхность твердой изоляции имела поперечные ребра и выемки, чтобы разрушать непрерывность утечки образующейся за счет загрязнений. Более того, ребра и выемки могут быть использованы для отвода воды с изоляции. Соединения или утопленные соединения проводящих частей нежелательны, так как они могут собирать загрязнения или накапливать воду.

Примечание — Должен учитываться срок длительного хранения. Изменение длины пути утечки даны в 6.2.

5.2.2.6 Взаимосвязь с изоляционными промежутками

Расстояния утечки не могут быть меньше чем аналогичные изоляционные промежутки, но могут быть равными необходимым изоляционным промежуткам. Тем не менее, это не физическая зависимость, иная, чем это ограничение размеров между минимальными изоляционными промежутками в воздухе и минимальными приемлемыми расстояниями утечки. Расстояния утечки меньшие чем изоляционные промежутки, установленные для случая А таблицы F.2 (приложение F) могут быть только в условиях степени загрязнения 1 и 2, когда расстояния утечки могут выдерживать напряжение установленное для аналогичных изоляционных промежутков (таблица F.2 (приложение F)). Испытание, которое показывает, что расстояния утечки могут выдерживать напряжение, применяемое для аналогичных изоляционных промежутков должно проводится с учетом поправочного коэффициента на высоту (см. 6.1.2.2).

Сравнение минимальных изоляционных промежутков и минимальных расстояний утечек, устанавливаемых настоящим стандартом, описано в приложении Е.

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

Расстояния утечки могут быть разделены на несколько участков различными материалами и/или иметь различные степени загрязнения, если размеры одного из расстояний утечки устойчивы ко всем напряжениям или все размеры назначены из условия применения материала имеющего низшее значение СИТ и наибольшую степень загрязнения среды.

5.2.2.8 Расстояния утечки, разделяемые плавающими проводящими частями

Расстояние утечки может быть разделено на несколько частей, выполненных из одного изоляционного материала, соединенных или разделенных плавающими проводниками, длину которого определяют как сумму каждой отдельной части, равную или большую чем расстояние утечки установленное, когда отсутствуют плавающие части.

Минимальное расстояние X для каждой индивидуальной части расстояния утечки указано в 6.2 (см. также пример 11).

5.2.3 Расстояния утечки функциональной изоляции

Расстояния утечек функциональной изоляции должны назначаться в соответствии с таблицей F.4 (приложение F) с учетом рабочего напряжения приложенного к расстоянию утечки.

Когда рабочее напряжение применяется для назначения размеров, это допускает интерпретировать его как среднее значение, когда значение интерполируют, должна применяться линейная интерполяция и значения должны быть представлены в виде ряда чисел в табличной форме.

5.2.4 Расстояния утечек основной, дополнительной и усиленной изоляции

Расстояния утечек основной и дополнительной изоляции должны выбираться из таблицы F.4 (приложение F) для:

- рациональных напряжений (см. 4.3.2.2) взятых из колонок 2 и 3 таблицы F.3a (приложение F) и колонок 2, 3 и 4 таблицы F.3b (приложение F), соотнесенных к номинальному напряжению главного источника низковольтного напряжения;
- номинального напряжения изоляции в соответствии с 4.3.2.2.1;
- напряжения оговоренного в 4.3.2.2.2.

Примечание 1 — Для дополнительной изоляции степень загрязнения, изоляционный материал, механические воздействия и условия окружающей среды могут быть отличными от таких же факторов для основной изоляции.

Когда напряжение, указанное в 4.3.2.2.2 применяется для назначения размеров, это допускает интерпретировать его как среднее значение. Когда значение интерполируют, должна применяться линейная интерполяция. Значение должны быть представлены в виде ряда чисел в табличной форме.

Расстояния утечек двойной изоляции должны быть равны сумме значений базовой и дополнительной изоляции, которые образуют систему двойной изоляции.

Расстояния утечек усиленной изоляции должны быть равны удвоенному значению расстояний утечек основной изоляции из таблицы F.4 (приложение F).

Примечание 2 — Когда назначены размеры расстояний утечек доступных частей из изоляционного материала, такие поверхности должны быть покрыты металлической фольгой. Дальнейшие детали должны быть установлены техническими комитетами.

5.2.5 Уменьшение расстояний утечек при применении ребер

Расстояния утечки, равные или больше восьми миллиметров, могут быть уменьшены применением ребер при степени загрязнения 3. Значения уменьшенных расстояний утечек равны значениям, указанным в скобках в таблицы F.4 (см. примечание к таблице F.4 (приложение F)). Ребра должны иметь минимальную ширину (W) 20 % и минимальную высоту (H) 25 % от необходимого расстояния утечки включая ребра, указанные на рисунке 2.

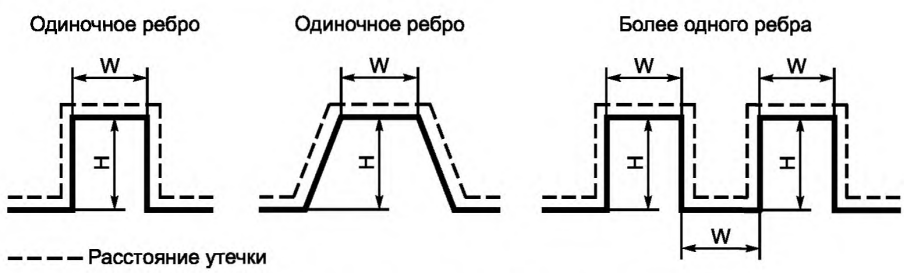


Рисунок 2 — Размеры высоты (H) и ширины (W) ребер

Когда применяется более одного ребра, требуемое расстояние утечки должно быть разделено на число участков, равных числу применяемых ребер. Для каждого участка должны применяться требования, касающиеся участка. Минимальные расстояния между ребрами должны быть равны минимальной ширине ребра, применяемого для каждого участка, измеренной по основанию ребра.

5.3 Требования к твердой изоляции при проектировании

Так как электрическая стойкость твердой изоляции значительно выше, чем стойкость воздушного промежутка, то это позволяет при проектировании низковольтных изоляционных систем уделять меньше внимания вопросам твердой изоляции. С другой стороны, изоляционные расстояния через твердую изоляцию как правило значительно меньше, чем изоляционные промежутки, стойкие к воздействиям значительных электрических ударов. Другой учитываемый фактор — воздействие значительных электрических ударов, на практике встречается редко. В изоляционных системах могут встречаться зазоры между электродами и изоляцией и между различными слоями изоляции или в пустотах. Частичные пробои могут происходить в таких зазорах или полостях при напряжении гораздо ниже уровня пробоя и это может влиять на срок службы твердой изоляции. Более того, частичные пробои маловероятны при пиковом значении напряжения ниже 500 В.

Аналогичным важным фундаментальным фактом является то, что твердая изоляция сопоставима с газом, так же не возобновляет изоляционную среду, например, изредка имеющие место высокие пиковые напряжения могут иметь большой повреждающий эффект для твердой изоляции. Такая ситуация может происходить при обслуживании и во время контрольных высоковольтных испытаний.

Число вредных воздействий накапливается в течении срока службы твердой изоляции. Это приводит к старению. Электрические и другие воздействия (например, тепловые, окружающей среды) накладываются друг на друга и способствуют старению.

Долгосрочные характеристики твердой изоляции могут быть симулированы кратковременными испытаниями в сочетании с необходимыми условиями воздействия (см. 6.1.3.2).

Если твердая изоляция подвержена воздействию высокой частоты, диэлектрические потери твердой изоляции и частичные повреждения играют важную роль. Эти условия могут быть заметны при источнике питания коммутирующего типа, когда изоляция подвержена воздействию пиковых напряжений при частоте выше 500 кГц.

Все это является основой взаимосвязи между толщиной основной изоляции и вышеупомянутыми повреждающими факторами. При снижении толщины основной изоляции растет фактор прочности и основным становится рост риска повреждения. Невозможно расчетным путем установить необходимую толщину твердой изоляции, только испытания могут определить ее характеристики.

5.3.2 Аномальные воздействия

5.3.2.1 Основные положения

Аномальные воздействия, прикладываемые к твердой изоляции делятся на:

- кратковременные;
- длительные.

Другие аномальные воздействия, (см. 5.3.2.4), которые указаны в 5.3.2.2 и 5.3.2.3, могут быть приложены к твердой изоляции в процессе применения.

5.3.2.2 Кратковременные аномальные воздействия и их последствия

5.3.2.2.1 Частота напряжения

Электрическая прочность в значительной степени зависит от частоты приложенного напряжения. Диэлектрический нагрев и вероятность тепловой неустойчивости увеличивается примерно пропорционально частоте. Измерение прочности изоляции, имеющей толщину 3 мм при частоте силового источника по МЭК 60243-1, дает результат между 10 кВ/мм и 40 кВ/мм. Увеличение частоты снижает электрическую прочность большинства изоляционных материалов.

Примечание — Воздействие частоты большей чем 30 кГц на электрическую прочность приведено в МЭК 60664-4.

5.3.2.2.2 Нагрев

Нагрев может вызывать:

- механические искажения формы в процессе зафиксированного аномального воздействия;
- размягчение термопластичных материалов при сравнительно низком превышении температуры на окружающей, например, температуре выше 60 °С;
- хрупкость некоторых материалов в результате потери пластичности;
- ослабление некоторых материалов, наполненных стеклянными нитями, если температура станет ниже температуры остеклования;
- снижения диэлектрических характеристик ведущих к тепловой нестабильности и повреждениям.

Высокий температурный перепад, например, во время короткого замыкания, может вызвать механические повреждения.

5.3.2.2.3 Механические удары

В случае аномальных ударных усилий, механические воздействия могут вызвать повреждения изоляции. Повреждения от механического воздействия могут также встречаться вследствие снижения механической прочности материалов:

- когда материал становится хрупким, когда температура падает ниже температуры остеклования;
- после продолжительного воздействия высокой температуры, что приводит к потере пластичности или разрушение основного компонента полимера.

Технические комитеты должны учитывать это при назначении условий для транспортирования, хранения, установки (монтажа) и применения.

5.3.2.3 Длительные аномальные воздействия и их последствия

5.3.2.3.1 Частичный пробой (ЧП)

В воздухе частичный пробой (ЧП) может происходить при пиковых напряжениях, превышающих 300 В (минимум Пашена). Повреждение выражается в постепенной эрозии или разветвленной сети точек на поверхности от искровых пробоев.

Изоляционные системы имеют различные свойства: некоторые могут быть устойчивыми к пробоям, предусмотренным в течение срока службы (например, керамические изоляторы), в то время как другие предназначены для недопущения пробоев (например, конденсаторы). Напряжение, частота повторения и энергия пробоя являются важными параметрами.

Частичный пробой зависит от воздействия частоты приложенного напряжения. Это использовано для ускорения испытаний путем повышения частоты, что дает снижение времени до пробоя приблизительно обратно пропорционально частоте приложенного напряжения. Однако, практически это применимо при частоте не более 5 кГц, при более высокой частоте возникают другие повреждающие факторы, например за счет нагрева диэлектрика.

Примечание — Воздействие частоты большей чем 30 кГц на проявление частичных пробоев приведено в МЭК 60664-4.

5.3.2.3.2 Нагрев

Нагрев вызывает разрушение изоляции, например улетучивание, окисление или другие постепенные химические изменения в материале. Однако, повреждения часто имеют механическую причину, например хрупкость ведущую к образованию трещин и электрическому пробою. Этот процесс продолжительный и не может быть воспроизведен краткосрочными испытаниями, так как может потребоваться проведение испытаний длительностью тысячу часов (см. МЭК 60216).

5.3.2.3.3 Механические удары

Механические воздействия в виде ударов или вибрации в процессе применения, хранения или транспортирования могут приводить к расслаиванию, растрескиванию или разрушению изоляционных материалов.

Примечание — Технические комитеты должны учитывать эти воздействия при формировании требований к испытаниям.

5.3.2.3.4 Влажность

Наличие паров воды может воздействовать на сопротивление изоляции и напряжение пробоя изоляции, усиливать эффект загрязнения поверхности, вызывать коррозию и изменение размеров. Для некоторых материалов высокая влажность значительно снижает электрическую прочность изоляции. Низкая влажность неблагоприятна в некоторых обстоятельствах, например, повышает опасность электрического пробоя и снижает механическую прочность некоторых материалов, например полиамида.

5.3.2.4 Другие аномальные воздействия

Множество других воздействий могут повредить изоляцию и должны быть учтены техническими комитетами.

Примеры таких воздействий включают:

- радиационное, ультрафиолетовое и ионизирующее излучения;
- воздействия растворителей или активных химикатов, вызывающих появление волосяных трещин;
- эффект улетучивания пластификатора;
- эффект воздействия бактерий, плесени или грибков;
- механическая деформация.

Эффективность указанных воздействий менее важна или реже встречается, но в отдельных случаях должна учитываться.

5.3.3 Требования

5.3.3.1 Основные положения

Основная твердая изоляция, дополнительная и усиленная изоляция должны быть длительно устойчивы к электрическим и механическим воздействиям в условиях тепловых воздействий и воздействий окружающей среды, происходящих в течении предусмотренного срока службы оборудования.

Примечание — Когда рассматриваются электрические воздействия на доступные поверхности твердой изоляции, такая поверхность подразумевается покрытой металлической фольгой. Дальнейшие детали должны оговариваться техническими комитетами.

В случае, когда рабочее напряжение несинусоидально, с периодическими пиковыми составляющими, специально учитывается то, что могут иметь место единичные пробои.

Аналогично, когда имеются слои изоляции и когда могут быть пустоты в толще изоляции, учитывается то, что могут иметь место единичные пробои и как следствие, разрушение твердой изоляции.

5.3.3.2 Устойчивость к воздействию напряжения

5.3.3.2.1 Основное положение

Технические комитеты должны определять уровень напряжения в зависимости от рассматриваемого оборудования.

5.3.3.2.2 Кратковременные перенапряжения

Основная и дополнительная изоляция должны иметь:

- или требования к импульсному выдерживаемому напряжению в зависимости от номинального значения основного напряжения (см. 4.3.3.3) и соответствующей категории перенапряжения согласно таблице F.1 приложения F;

- или требования к импульсному выдерживаемому напряжению внутренних цепей оборудования, установленные для соответствующих временных перенапряжений, ожидаемых в цепях (см. 4.3.3.4).

Усиленная изоляция должна иметь значение импульсного выдерживаемого напряжения в соответствии с номинальным импульсным напряжением, но на одну ступень выше в предпочтительном ряду значений, приведенном в 4.2.3 относительно указанного значения для основной изоляции. Если в соответствии с 4.3.3.4.2 значение импульсного выдерживаемого напряжения, установленное для основной изоляции, не соответствует значениям, приведенным в предпочтительном ряду, значение напряжения для усиленной изоляции должно составлять 160 % значения установленного для основной изоляции.

Подтверждение соответствия испытаниями — см. 6.1.3.3.

5.3.3.2.3 Временные перенапряжения

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

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

- временным перенапряжениям U_n + 250 В длительностью более 5 с, где U_n — номинальное напряжение между линией (фазой) и нейтралью в системе питания с заземленной нейтралью.

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

Подтверждение соответствия испытаниями — см. 6.1.3.

Примечание 1 — Указанные выше значения имеются в МЭК 60364-4-44, глава 442, где U_n называется U_0.

Примечание 2 — Значения U_n указаны как действующие значения.

5.3.3.2.4 Значения восстанавливающих напряжений

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

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

для каждой основной и дополнительной изоляции и

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

для усиленной изоляции.

Примечание — Значение $\sqrt{2} \cdot U_n$ в системе с заземленной нейтралью является пиковым значением основного (неискаженного) напряжения между линией (фазой) и нейтралью. Применение многочисленных факторов имеющихся в настоящем пункте дано в приложении D.

Для разъяснения фактора F см. 6.1.3.5.

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

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

и к твердой изоляции должны быть установлены соответствующие требования.

Подтверждение соответствия испытаниями — см. 6.1.3.5.

5.3.3.2.5 Напряжение высокой частоты

Для напряжения с частотой более высокой, чем промышленная частота, необходимо учитывать воздействие частоты в соответствии с 5.3.2.2.1 и 5.3.2.3.1. В настоящем стандарте частота выше 1 кГц рассматривается как высокая.

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

5.3.3.3 Устойчивость к кратковременным тепловым аномальным воздействиям

Твердая изоляция не должна быть ухудшена кратковременным аномальным тепловым воздействием при нормальном и, где возможно, ненормальном применении. Технические комитеты должны указывать степень жесткости воздействия.

5.3.3.4 Устойчивость к механическим воздействиям

Твердая изоляция не должна быть ухудшена механическими вибрациями и ударами при применении. Технические комитеты должны указывать степень жесткости воздействия.

5.3.3.5 Устойчивость к длительным тепловым аномальным воздействиям

Тепловое разрушение твердой изоляции не должно ухудшать координацию изоляции в процессе планируемого срока службы оборудования. Технические комитеты должны определять для этого необходимые испытания (см. также МЭК 60085 и МЭК 60216).

5.3.3.6 Устойчивость к последствиям воздействия влажности

Координация изоляции должна быть устойчива в условиях влажности указанных для оборудования.

5.3.3.7 Устойчивость к другим воздействиям

Оборудование может подвергаться не указанным выше воздействиям, например описанным в 5.3.2.4, способным причинить отрицательное воздействие на твердую изоляцию. Технические комитеты должны указывать перечень таких воздействий и определять методы испытаний.

6 Испытания и измерения

6.1 Испытания

6.1.1 Основные положения

Для типовых испытаний применяются следующие процедуры с учетом того, что допустимо возможное повреждение или износ испытуемого образца. Подразумевается, что испытанный образец не предназначен для дальнейшего использования.

Примечание 1 — Если планируется или необходимо дальнейшее использование испытанного образца, необходимо отдельное решение технического комитета. В этом случае любое высоковольтное испытание должно комбинироваться с отдельным пробоем, измеряемым в соответствии с 6.1.3.5 и приложением С.

Испытательные процедуры заключаются в:

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

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

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

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

6.1.2 Испытания для подтверждения соответствия изоляционных воздушных промежутков

6.1.2.1 Основные положения

Когда электрооборудование подвергается электрическим испытаниям для подтверждения соответствия изоляционных промежутков, испытания проводят на стойкость к напряжению, указанному в 5.1. Необходимое испытание для подтверждения соответствия изоляционных промежутков — испытание импульсным напряжением, однако в соответствии с 5.1.3 данное испытание требуется для изоляционных промежутков менее значений указанных для случая А таблицы F.2 (приложение F).

Если устойчивость к воздействиям длительного напряжения, пикового возвращающегося напряжения или временного перенапряжения в соответствии с 5.1 является определяющим для измерения изоляционных промежутков и если изоляционные промежутки менее значений указанных для случая А таблицы F.2 (приложение F), необходимы испытания переменным напряжением в соответствии с 6.1.2.2.2.

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

Примечание 1 — При испытании изоляционных промежутков также происходит воздействие и на смежную твердую изоляцию.

Примечание 2 — В некоторых случаях данные испытания можно использовать для проверки расстояний утечки, см. 5.2.2.6.

Примечание 3 — Для испытаний законченного (полнокомплектного) оборудования см. 6.1.4.

6.1.2.2 Испытания напряжением

6.1.2.2.1 Диэлектрическое испытание импульсным напряжением

6.1.2.2.1.1 Основные положения

Целью данного испытания является подтверждение соответствия изоляционных промежутков устойчивости к кратковременным перенапряжениям. Испытание импульсным выдерживаемым напряжением проводится импульсом формы волны 1.2/50 мс значением амплитуды в соответствии с таблицей F.5 (приложение F). Применяется форма волны по МЭК 61180-1, (пункты 6.1 и 6.2). Она применяется для моделирования перенапряжений возникающих вследствие процессов атмосферного характера и возникающих вследствие коммутационных процессов низковольтного оборудования. В силу разброса результатов испытаний при разных испытательных импульсах испытания должны проводится минимум тремя импульсами при каждой полярности с интервалами не менее 1 с между импульсами.

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

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

Примечание 2 — Значения указанные в таблице F.5 получены расчетами приведенными в 6.1.2.2.1.3. Для точности информации взяты наивысшие значения точности. В некоторых случаях технические комитеты могут округлять значения.

6.1.2.2.1.2 Выбор импульсного испытательного напряжения

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

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

Технические комитеты должны рассмотреть вопрос необходимости проведения выборочных или контрольных испытаний в дополнение к типовым испытаниям.

6.1.2.2.1.3 Расчет значений таблицы F.5 (приложение F).

Ниже приведены некоторые расчеты, объясняющие значения, указанные в таблице F.5 (приложение F):

a) Корректирующие коэффициенты для испытательного импульсного напряжения

Согласно 1.1 номинальное импульсное напряжение действительно для оборудования применяемого ниже высоты 2000 м над уровнем моря. При высоте 2000 м нормальное барометрическое давление равно 80 кПа, в то время как значение на уровне моря равно 101,3 кПа. Следовательно, для оборудования, испытываемого при высоте ниже, чем 2000 м, применяется наибольшее значение импульсного испытательного напряжения. В таблице F.5 (приложение F) приведены значения импульсного испытательного напряжения для подтверждения характеристик изоляции при различных высотах.

Основанием для расчета значения испытательного напряжения на уровне моря и данные для корректировки испытательного напряжения при испытании в иных местах служит следующее:

Поправочный корректирующий коэффициент, приведенный в таблице А.2 (приложение А) учитывает кривую зависимости, приведенную на рисунке А.1 (приложение А). Зависимость выражается уравнением

$$k_u = \left[\frac{1}{k_d}\right]^m, \text{ где:}$$

k_u — поправочный коэффициент зависимости напряжения от высоты над уровнем моря;

k_d — поправочный коэффициент зависимости от высоты над уровнем моря (см. таблицу F.8 (приложение F));

m — разница значений соответствующих прямых линий на кривой 1 рисунка А.1 (приложение А) (логарифмические шкалы на двух осях) и имеющие значения:

$m = 0{,}9163$ для $0{,}001 < d \leq 0{,}01$ мм;

$m = 0{,}3305$ для $0{,}01 < d \leq 0{,}0625$ мм;

$m = 0{,}6351$ для $0{,}0625 < d \leq 1$ мм;

$m = 0{,}8539$ для $1 < d \leq 10$ мм;

$m = 0{,}9243$ для $10 < d \leq 100$ мм.

Применяя корректирующий коэффициент по высоте над уровнем моря на основе кривой 1 рисунка А.1 (приложение А) напряжение должно изменяться четырьмя ступенями при только одном изменяющемся участке для изоляционного воздушного промежутка. Математическая формула для этого процесса приведена выше. Таблица F.5 (приложение F) включает указанный расчет.

b) Влияние на электрическую стойкость изоляционных воздушных промежутков имеют следующие факторы:

- давление воздуха;
- температура;
- влажность.

Для целей испытаний факторы температуры, влажности и климатических изменений атмосферного давления не рассматривается в связи с обеспечением наличия нормальных лабораторных условий.

Нормальными лабораторными условиями считаются условия, указанные в МЭК 60068-1:

- температура от 15 °С до 35 °С;
- атмосферное давление от 86 до 106 кПа на уровне моря;
- относительная влажность от 25 % до 75 %.

6.1.2.2.2 Альтернативные испытания диэлектрическим испытаниям импульсным напряжением

6.1.2.2.2.1 Основные положения

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

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

6.1.2.2.2.2 Диэлектрическое испытание напряжением переменного тока

Форма волны переменного тока промышленной частоты должна быть практически синусоидальной. Это требование считается выполненным, если соотношение между пиковым и действующим значением напряжения составляет $\sqrt{2}$ ± 3 %. Пиковое значение переменного испытательного напряжения должно быть равно импульсному испытательному напряжению, указанному в таблице F.5 (приложение F) и приложено тремя циклами.

6.1.2.2.2.3 Диэлектрическое испытание напряжением постоянного тока

Испытательное напряжение постоянного тока не должно содержать пульсации. Это требование выполнено, если соотношение между пиковым значением напряжения и средним значением составляет 1,0 ± 3 %. Среднее значение испытательного напряжения постоянного тока должно быть равно импульсному испытательному напряжению, указанному в таблице F.5 (приложение F) и приложено тремя циклами по 10 мс при каждой полярности.

6.1.3 Испытания для подтверждения соответствия твердой изоляции

6.1.3.1 Выбор испытаний

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

Примечание — Стандартные методы испытаний устанавливают из соответствующей части МЭК 60068.

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

a) Испытания импульсным выдерживаемым напряжением для подтверждения способности твердой изоляции выдерживать номинальное импульсное напряжение (см. 5.3.3.2.2).

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

- кратковременным перенапряжениям (см. 5.3.3.2.3);
- повышенному напряжению длительного воздействия;
- восстанавливающему пиковому напряжению (см. 5.3.3.2.4).

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

Твердая изоляция имеет различные характеристики стойкости по сравнению со стойкостью изоляционных воздушных промежутков, если время воздействия повышается. В этом случае стойкость изоляции значительно снижается, при этом испытание переменным током, если оно определено для подтверждения соответствия стойкости твердой изоляции, не может заменить испытание импульсным напряжением.

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

- повышенного напряжения длительного воздействия;
- перенапряжений временного действия (см. 5.3.3.2.3);
- восстанавливающего пикового напряжения (см. 5.3.3.2.4).

d) Испытание напряжением переменного тока высокой частоты для подтверждения отсутствия повреждений при диэлектрическом нагреве в соответствии с 5.3.3.2.5.

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

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

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

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

6.1.3.2 Условия испытаний

Если нет других указаний, испытания должны проводиться на новых испытательных образцах. Подготовка образцов температурой и обработка влажностью предназначена для:

- обеспечения наиболее сложных нормальных условий применения;
- выявления возможных слабых мест, которые не представлены в новых условиях.

Технические комитеты должны указывать соответствующие методы из следующих рекомендуемых:

a) сухое тепло (МЭК 60068-2-2) в порядке выполнения стабильных условий, которые не могут происходить непосредственно после изготовления;

b) циклическое сухое тепло (МЭК 60068-2-2) в порядке создания условий возникающих при транспортировании, хранении и нормальном применении;

c) тепловое воздействие (МЭК 60068-2-14) в порядке создания расслаивания в изоляционной системе, которое может возникнуть при транспортировании, хранении и нормальном применении;

d) влажное тепло (МЭК 60068-2-78) в порядке оценки воздействия эффекта поглощения влаги на электрические характеристики твердой изоляции.

Для испытаний импульсным напряжением, напряжением переменного тока промышленной частоты и высокочастотным напряжением переменного тока наиболее существенными являются методы указанные в перечислениях a) и d). Для испытаний единичным пробоем наиболее приемлемы методы, указанные в перечислениях b) и c).

Если назначаются требования к твердой изоляции, этому должны предшествовать типовые испытания. Значения температуры, влажности и времени воздействия берутся из таблицы F.6 (приложение F).

Это может быть применимо к отдельным компонентам, например электрическим частям, отдельным сборкам, изоляционным частям и материалам, подготавливаемым перед электрическими испытаниями. Когда компоненты уже прошли типовые испытания в соответствии с настоящим пунктом, такая подготовка не требуется.

6.1.3.3 Испытание импульсным напряжением

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

6.1.3.3.2 Применяемый критерий

Во время испытания не должно быть перекрытия или единичных пробоев твердой изоляции, но допускаются отдельные разряды. Отдельные пробои должны быть видны на результирующей волне предшествующего следующим за пробоем импульсам. Пробой на первом импульсе может выявить полное повреждение системы изоляции или вызвать срабатывание устройства защиты от импульсных напряжений в оборудовании.

Примечание 1 — Если устройство защиты от импульсных перенапряжений включено в оборудование, должна быть определена характеристика волны обеспечивающая при ее воздействии отсутствие повреждения изоляции. Искажение импульсного напряжения не меняющегося от импульса к импульсу, которое вызвано срабатыванием такого оборудования защиты от импульсных перенапряжений, не считается единичным пробоем.

Примечание 2 — В пустотах могут происходить частичные пробои крайне малой длительности, которые могут повторяться в течении воздействия импульса.

6.1.3.4 Испытания напряжением переменного тока промышленной частоты

6.1.3.4.1 Метод испытания

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.1.3.4.2 Применяемый критерий

Не должно быть случаев перекрытия твердой изоляции.

6.1.3.5 Испытания единичным пробоем

6.1.3.5.1 Основные положения

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

Методы испытания единичным пробоем приведены в приложении С. При выполнении испытания применяют повышающие коэффициенты. Такие примеры имеются для пикового восстанавливающего напряжения $U_{гр}$, аналогичные коэффициенты применяются для высокого устойчивого напряжения и продолжительных временных перенапряжений.

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

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

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

F_2 — коэффициент (фактор) запаздывания частичного разряда.

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

Примечание — Это учитывает то, что энергия частичного разряда инициирована временным перенапряжением превышающим U_i и может поддерживаться, например, при значениях пикового восстанавливающего напряжения превышающих значение U_e. Эта ситуация может потребовать применения для испытания комбинации импульсного и переменного напряжений, что неудобно. Из этого следует, что испытание переменным напряжением выполняют в качестве начального при испытаниях повышенными напряжениями.

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

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

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

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

6.1.3.5.2 Подтверждение соответствия

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

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

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

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

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

В соответствии с видом испытательного образца технические комитеты должны оговорить:

- испытательный ток (раздел C.1 (приложение C));
- измерительное оборудование (раздел C.3 (приложение C) и раздел D.2 (приложение D));
- измерение частоты (C.3.1 (приложение C) и D.3.3 (приложение D));
- процедуры испытаний (6.1.3.5.3).

6.1.3.5.3 Процедуры испытания

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

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

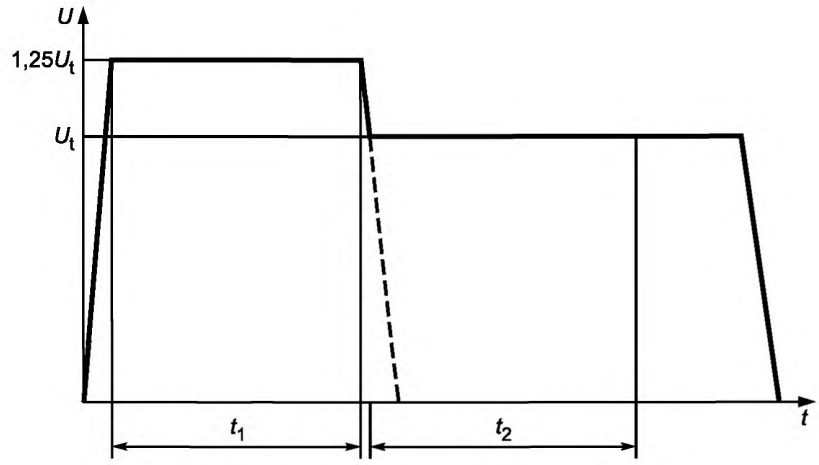


Рисунок 3 – Испытательное напряжение

6.1.3.5.4 Применяемый критерий

6.1.3.5.4.1 Указание амплитуды пробоя

Так как при нормальных условиях применения объективно отсутствует продолжительный частичный пробой, должно быть указано нижнее практическое значение (см. раздел D.3 (приложение D)).

Примечание 1 — Из пробоев исключаются случаи коронного разряда в воздухе (например, в негерметизированных трансформаторах), значения превышающие 10 пКл не приемлемы.

Примечание 2 — Значения менее чем 2 пКл возможны для аппаратов кратковременного действия.

Уровень помех не должен исключаться при анализе измерения частичного разряда.

6.1.3.5.4.2 Результат испытания

Твердая изоляция соответствует, если:

- отсутствует повреждение изоляции;
- в течение приложения испытательного напряжения нет случаев единичных пробоев или после времени воздействия t_2 амплитуда разряда не более указанного значения.

6.1.3.6 Испытание напряжением постоянного тока

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.1.3.7 Испытание напряжением переменного тока высокой частоты

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

6.1.4 Проведение диэлектрических испытаний на комплектном оборудовании

6.1.4.1 Основные положения

При проведении испытания импульсным напряжением на комплектном оборудовании следует учитывать ослабление или усиление испытательного напряжения. Необходимо гарантировать, чтобы при испытании установленное значение испытательного напряжения прикладывалось к выводам оборудования.

Перед диэлектрическими испытаниями должно быть разъединено устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).

Примечание — Если имеются конденсаторы с высокой емкостью, включенные параллельно частям, между которыми прикладывается испытательное напряжение, то трудно или невозможно обеспечить необходимое испытательное напряжение, так как разрядный ток может превышать нагрузочную способность высоковольтного источника (200 мА). В таких случаях перед испытаниями конденсаторы должны отделяться от цепей. Также, если невозможно провести испытания напряжением постоянного тока, то это должно быть учтено.

6.1.4.2 Испытуемые части

Испытательное напряжение должно быть приложено между частями оборудования, которые электрически отделены друг от друга.

Примерами таких частей служат:

- части находящиеся под напряжением;
- разделенные цепи;
- заземленные цепи;
- поверхности доступные для прикосновения.

Не токоведущие части доступные для прикосновения должны быть покрыты металлической фольгой.

Примечание — Если покрытие фольгой оболочки больших размеров не осуществимо, покрытие осуществляют на частях оболочки, которая обеспечивает защиту от электрического удара.

6.1.4.3 Подготовка цепей оборудования

Каждая цепь оборудования должна быть подготовлена для испытания следующим образом:

- внешние выводы цепей, если имеются, должны быть соединены вместе;
- аппаратура распределения и управления, имеющаяся в оборудовании, должна быть включена или закорочена;
- выводы компонентов блокирующих напряжение (например, выпрямительные диоды) должны быть соединены вместе;
- такие компоненты как фильтры радиопомех должны присутствовать при импульсных испытаниях, однако их необходимо разъединить при испытании напряжением переменного тока.

Примечание 1 — Компоненты чувствительные к напряжению в любых цепях оборудования и не имеющие контакта с основной или усиленной изоляцией могут быть зашунтированы короткими перемычками.

Примечание 2 — Испытанные ранее, извлекаемые из разъемов печатные платы и модули, имеющие многоконтактные соединения с оборудованием могут быть извлечены, разъединены или заменены на имитирующие их образцы так, чтобы испытательное напряжение распространялось внутри оборудования на необходимое пространство для испытания изоляции.

6.1.4.4 Значение испытательного напряжения

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

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

6.1.4.5 Критерии оценки

Во время испытания не должно быть разрушительных повреждений (разрядов, дуги или пробоев). Единичные пробои изоляционных промежутков, не приводящие к разрушению или повреждению изоляции, не учитываются, если иное не указывается техническими комитетами.

Примечание — Рекомендуется, чтобы при испытаниях импульсным напряжением для регистрации разрушительных пробоев применялись осциллографы.

6.1.5 Другие испытания

6.1.5.1 Испытания не для оценки координации изоляции

Технические комитеты, назначающие электрические испытания для иных целей, чем цели оценки соответствия координации изоляции, не должны устанавливать более высокий уровень испытательного напряжения, чем установленный для испытаний координации изоляции.

6.1.5.2 Выборочные и контрольные испытания

Выборочные и контрольные испытания применяются для контроля качества продукции. За это ответственны соответствующие технические комитеты и отдельные производители, назначающие эти испытания. Испытания должны проводиться при таком уровне и форме волны прилагаемого напряжения, чтобы оценка соответствия не вызывала повреждения испытываемого оборудования (твердой изоляции и компонентов).

Технические комитеты, устанавливающие выборочные и контрольные испытания, не должны допускать случаев установки значений испытательных напряжений более высоких, чем указанные для типовых испытаний.

6.1.6 Точность измерений испытуемых параметров

Все важные характеристики испытаний должны быть измерены с наивысшей точностью при выполнении и обработке результатов испытаний. Для целей гармонизации, точность измерительного оборудования для следующих испытательных параметров указанных в настоящем стандарте должна быть в следующих пределах:

a) при измерениях напряжения — ± 3 % при измерении напряжения переменного или постоянного тока и ± 5 % при измерении импульсного напряжения;

b) при измерениях тока — ± 1,5 %;

c) при измерениях частоты — ± 0,2 %;

d) при измерениях температуры — ± 2 °С для диапазона измеряемых температур ниже 100 °С и ± 3 % для диапазона от 100 °С до 500 °С;

e) при измерениях относительной влажности — ± 3 %.

Примечание — Данная точность измерения относится к прибору. Она не отражает точность измерения влажности в месте установки образца, так как измерение влажности в помещении отражает одинаковость ее значения в месте установки прибора. Влажность измеряется в помещении в месте установки измерительного прибора до начала испытаний образца.

f) при измерении амплитуды (энергии) частичного разряда — ± 10 % или ± 1 пКл (принимается большее значение);

g) при измерениях времени действия — ± 20 % при измерении длительности подачи импульсного напряжения, и ± 1 % при измерении продолжительных процессов.

6.2 Измерение изоляционных промежутков и расстояний утечки

Размер *X*, указанный на нижеприведенных примерах, в зависимости от степени загрязнения среды имеет следующие минимальные значения:

Степень загрязнения среды	Минимальное значение размера *X*, мм
1	0,25
2	1,0
3	1,5

Если взаимосвязанные изоляционные промежутки меньше 3 мм, то минимальные расстояния утечки *X* могут быть снижены на одну треть от значений этих изоляционных промежутков.

Методы измерения расстояний утечек и изоляционных промежутков приведены на следующих примерах 1—11. Приведенные примеры не делают различий между зазором и углублением (пазом) или между различными типами изоляции.

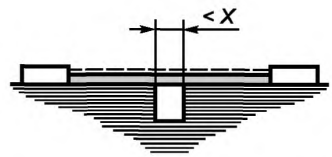
Применяются следующие допущения:

- любые ниши (углубления) представляют собой связанные пути изоляции равные указанному размеру *X*, расположенному в наиболее неблагоприятном месте (см. пример 3);

- когда расстояние вдоль углубления равно или больше чем указанная ширина углубления *X*, расстояние утечки измеряют вдоль контура углубления (см. пример 2);

- расстояния утечки и изоляционные промежутки между частями, которые могут занимать каждый раз различные положения, измеряют в наиболее неблагоприятных положениях.

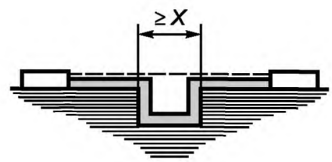
Пример 1



Условие: рассматриваемый путь утечки охватывает желобок с параллельными или сходящимися боковыми стенками любой глубины при ширине менее *X* мм.

Правило: расстояние утечки и воздушный зазор измеряют по прямой линии поверх желобка, как показано на схеме.

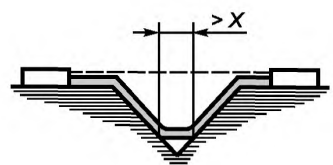
Пример 2



Условие: рассматриваемый путь охватывает желобок с параллельными боковыми стенками любой глубины шириной *X* мм или более.

Правило: воздушный зазор определяют по прямой. Расстояние утечки проходит по контуру желобка.

Пример 3



Условие: рассматриваемый путь охватывает клиновидный желобок шириной более *X* мм.

Правило: воздушный зазор определяют по прямой. Расстояние утечки проходит по контуру желобка, но замыкает накоротко его дно по вставке шириной *X* мм.

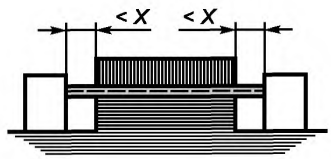
Пример 4



Условие: рассматриваемый путь охватывает ребро.

Правило: воздушный зазор — кратчайшее расстояние по воздуху над вершиной ребра. Путь тока утечки проходит по контуру ребра.

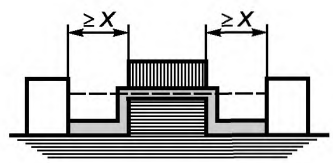
Пример 5



Условие: рассматриваемый путь включает не скрепленный стык с желобками шириной менее *X* мм по обе стороны от него.

Правило: воздушный зазор и путь тока утечки определяют по прямой.

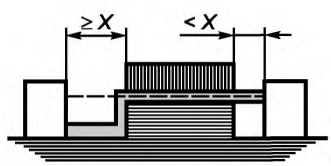
Пример 6



Условие: рассматриваемый путь охватывает не скрепленный стык с желобками шириной *X* мм или более по обе стороны от него.

Правило: воздушный зазор определяют по прямой. Путь тока утечки проходит по контуру желобков.

Пример 7



Условие: рассматриваемый путь охватывает не скрепленный стык с желобком шириной менее *X* мм с одной стороны и желобком шириной *X* мм и более с другой стороны.

Правило: воздушный зазор и путь утечки соответствуют схеме.

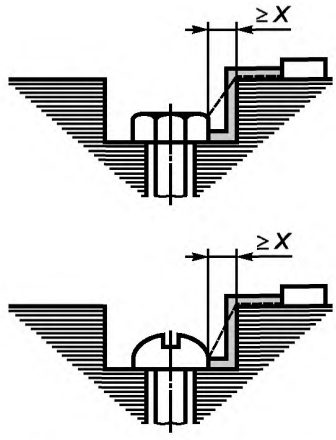
Пример 8



Условие: путь утечки поперек не скрепленного стыка меньше, чем поверх барьера.

Правило: воздушный зазор равен кратчайшему пути в воздухе поверх барьера.

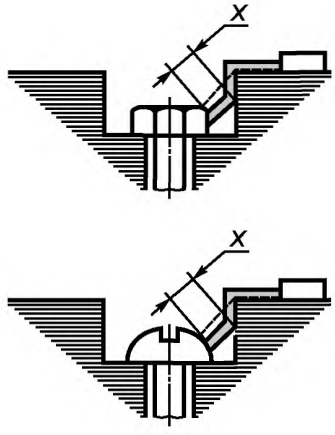
Пример 9



Условие: зазор между головкой винта и стенкой паза достаточно широкий, чтобы принять его во внимание.

Правило: воздушный зазор и путь утечки соответствуют схеме.

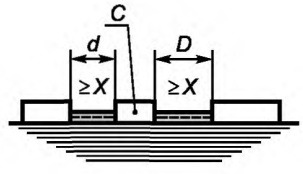
Пример 10



Условие: зазор между головкой винта и стенкой паза слишком узкий, чтобы принимать его во внимание.

Правило: расстояние утечки измеряют от винта до стенки, если оно равно X мм.

Пример 11



Воздушный зазор равен $d + D$
Расстояние утечки равно $d + D$
C — свободно движущаяся часть.

Примечание — Условные обозначения для примеров 1—11:

---- — расстояние утечки — воздушные зазоры

Приложение А
(справочное)

Основные данные по характеристикам устойчивости изоляционных воздушных промежутков

Таблица А.1 — Выдерживаемое напряжение для высоты над уровнем моря до 2000 м, кВ

Изоляционный воздушный промежуток	Случай А — неоднородное поле			Случай В — однородное поле	
	Напряжение переменного тока (50/60 Гц)		Импульсное напряжение (1,2/50)	Напряжение переменного тока (50/60 Гц)	Импульсное напряжение (1,2/50) и напряжение переменного тока (50/60 Гц)
мм	U (действующее значение)	$\hat{U}$	$\hat{U}$	U (действующее значение)	$\hat{U}$
0,001	0,028	0,040	0,040	0,028	0,04
0,002	0,053	0,075	0,075	0,053	0,07
0,003	0,078	0,110	0,110	0,078	0,11
0,004	0,102	0,145	0,145	0,102	0,14
0,005	0,124	0,175	0,175	0,124	0,17
0,00625	0,152	0,215	0,215	0,152	0,21
0,008	0,191	0,270	0,270	0,191	0,27
0,010	0,23	0,33+	0,33+	0,23	0,33+
0,012	0,25	0,35	0,35	0,25	0,35
0,015	0,26	0,37	0,37	0,26	0,37
0,020	0,28	0,40	0,40	0,28	0,40
0,025	0,31	0,44	0,44	0,31	0,44
0,030	0,33	0,47	0,47	0,33	0,47
0,040	0,37	0,52	0,52	0,37	0,52
0,050	0,40	0,56	0,56	0,40	0,56
0,0625	0,42	0,60+	0,60+	0,42	0,60+
0,080	0,46	0,65	0,70	0,50	0,70
0,10	0,50	0,70	0,81	0,57	0,81
0,12	0,52	0,74	0,91	0,64	0,91
0,15	0,57	0,80	1,04+	0,74	1,04
0,20	0,62	0,88	1,15	0,89	1,26
0,25	0,67	0,95	1,23	1,03	1,45
0,30	0,71	1,01	1,31	1,15	1,62
0,40	0,78	1,11	1,44	1,38	1,95
0,50	0,84	1,19	1,55	1,59	2,25
0,60	0,90	1,27	1,65	1,79	2,53
0,80	0,98	1,39	1,81	2,15	3,04
1,0	1,06	1,50+	1,95	2,47	3,50
1,2	1,20	1,70	2,20	2,89	4,09
1,5	1,39	1,97	2,56	3,50	4,95
2,0	1,68	2,38	3,09	4,48	6,33
2,5	1,96	2,77	3,60	5,41	7,65
3,0	2,21	3,13	4,07	6,32	8,94
4,0	2,68	3,79	4,93	8,06	11,4
5,0	3,11	4,40	5,72	9,76	13,8
6,0	3,51	4,97	6,46	11,5	16,2
8,0	4,26	6,03	7,84	14,6	20,7

Окончание таблицы А.1

Изоляционный воздушный промежуток	Случай А — неоднородное поле			Случай В — однородное поле	
	Напряжение переменного тока (50/60 Гц)		Импульсное напряжение (1,2/50)	Напряжение переменного тока (50/60 Гц)	Импульсное напряжение (1,2/50) и напряжение переменного тока (50/60 Гц)
мм	U (действующее значение)	$\hat{U}$	$\hat{U}$	U (действующее значение)	$\hat{U}$
10,0	4,95	7,00+	9,10	17,7	25,0+
12,0	5,78	8,18	10,6	20,9	29,6
15,0	7,00	9,90	12,9	25,7	36,4
20,0	8,98	12,7	16,4	33,5	47,4
25,0	10,8	15,3	19,9	41,2	58,3
30,0	12,7	17,9	23,3	48,8	69,0
40,0	16,2	22,9	29,8	63,6	90,0
50,0	19,6	27,7	36,0	78,5	111,0
60,0	22,8	32,3	42,0	92,6	131,0
80,0	29,2	41,3	53,7	120,9	171,0
100,0	35,4	50,0+	65,0	148,5	210,0+

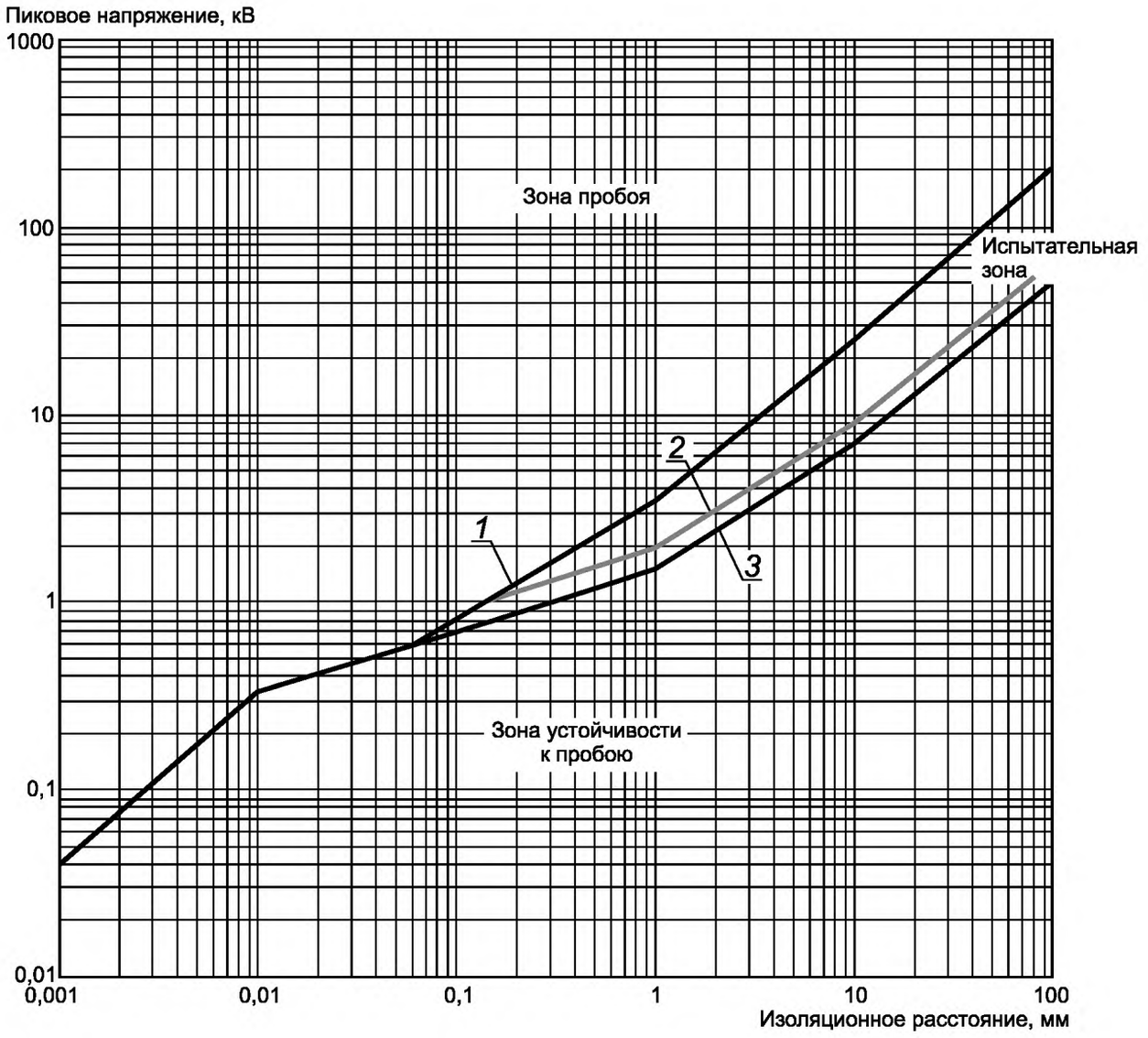
Примечание — Информация для изоляционных промежутков от 0,001 до 0,008 мм применена из документа «Electrical breakdown in air for micrometer gaps under various pressures» P. Hartherz. K. en Yahia, L. Müller, R. Pfendtner and W.Pfeiffer и материалов, принятых во время 9-го Международного симпозиума по газовым диэлектрикам 2001 года в г. Элиоте, штат Мериленд, США.

Более детальная информация может быть взята из тезисов P. Hartherz «Anwendungder Teilentladungsmebtechnik zur Fehleranalyse in festen isolirungen unter periodischen impulsspannungsbelastung». Диссертация Технического университета Дармштадт; Издательство Shaker, 2002.

Для упрощения, статистические измерения значений в соответствии с таблицей А.1 настоящего приложения свыше замещаются прямой линией между значением помеченным знаком «+» на двойной логарифмической диаграмме, взятой над корректирующим фактором зависимости от высоты над уровнем моря от 0 до 2000 м. Среднее значение взято из диаграммы (см. рисунок А.1) так, что оно включает измеренные значения с малой границей безопасности. Действующие значения напряжения U образовываются делением значения $\hat{U}$ на $\sqrt{2}$.

Таблица А.2 — Корректирующий коэффициент (фактор) высоты

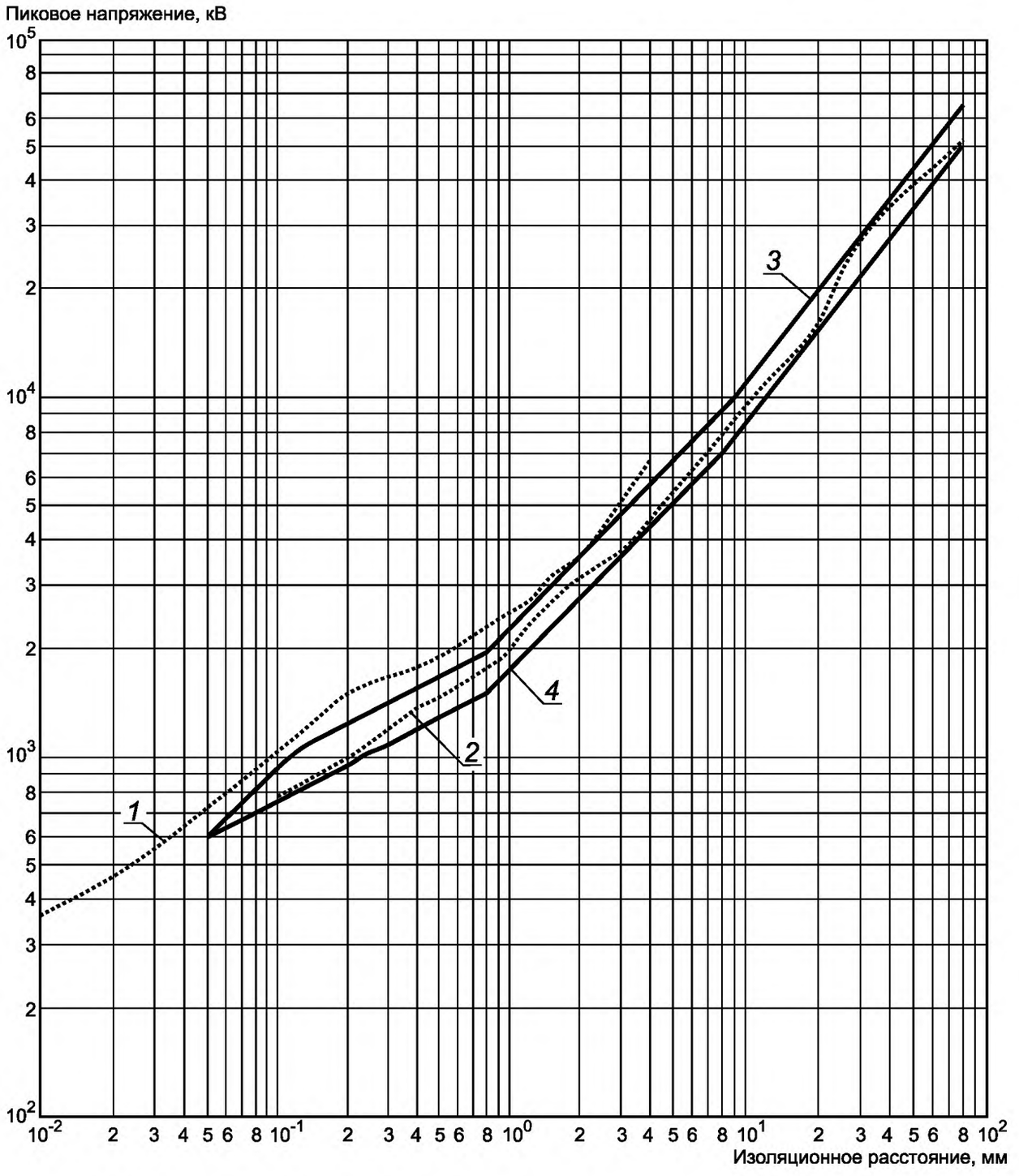
Высота над уровнем моря, м	Нормальное барометрическое давление, кПа	Корректирующий коэффициент для изоляционных воздушных промежутков
2000	80,0	1,00
3000	70,0	1,14
4000	62,0	1,29
5000	54,0	1,48
6000	47,0	1,70
7000	41,0	1,95
8000	35,5	2,25
9000	30,5	2,62
10000	26,5	3,02
15000	12,0	6,67
20000	5,5	14,5



1 — случай В: импульсное напряжение $\hat{U}$ 1,2/50 и напряжение переменного тока $\hat{U}$ частоты 50/60 Гц;

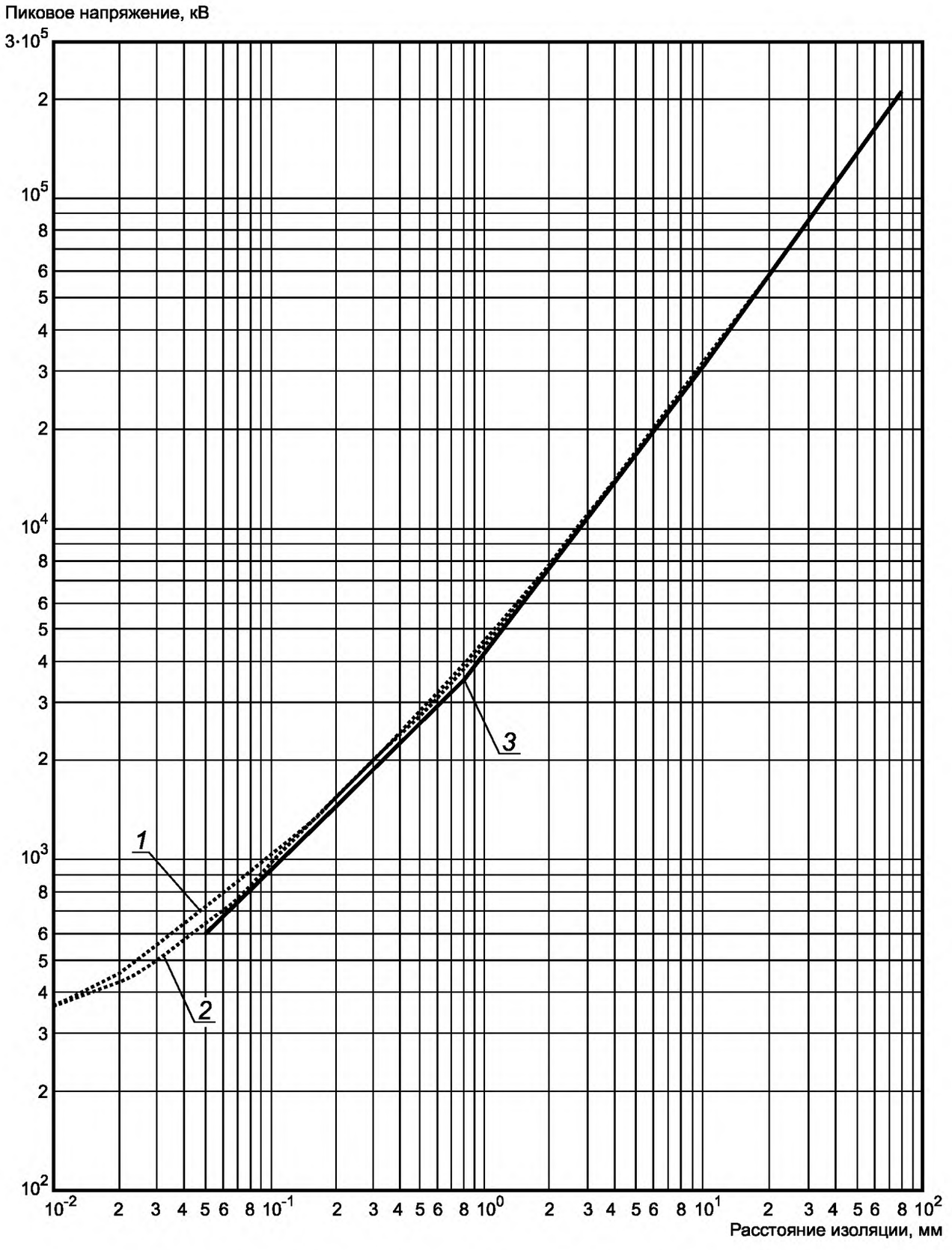
2 — случай А: импульсное напряжение $\hat{U}$ 1,2/50; *3* — случай А: напряжение переменного тока $\hat{U}$ частоты 50/60 Гц

Рисунок А.1 — Выдерживаемое напряжение на высоте ниже 2000 м над уровнем моря



1 — напряжение $\hat{U}$ 1,2/50; *2* — нижний уровень напряжения $\hat{U}$ 1,2/50; напряжение переменного тока $\hat{U}$ частоты 50 Гц; *4* — нижний уровень напряжения переменного тока $\hat{U}$ частоты 50 Гц

Рисунок А.2 — Экспериментальные значения, измеренные приблизительно на высоте уровня моря и их нижние пределы для неоднородного поля



1 — напряжение $\hat{U}$ 1,2/50; *2* — напряжение переменного тока $\hat{U}$ частоты 50 Гц;

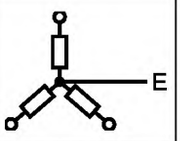
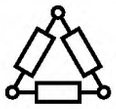
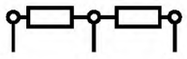
3 — нижний уровень напряжения переменного тока $\hat{U}$ частоты 50 Гц и напряжения $\hat{U}$ 1,2/50

Рисунок А.3 — Экспериментальные значения, измеренные приблизительно на высоте уровня моря и их нижние пределы для однородного поля

Приложение В
(справочное)

Номинальные напряжения систем питания для различных способов контроля перенапряжений

Таблица В.1 – Обычные системы питания и эквивалентные защищенные системы

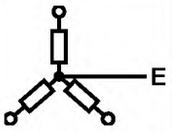
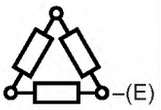
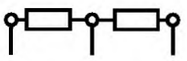
Значения напряжения между линией и нейтралью при номинальном напряжении сети переменного или постоянного тока[1)], не менее, В	Значения номинальных напряжений, предпочтительно применяемых в различных странах мира, В				Номинальное импульсное напряжение для оборудования категорий перенапряжения[1)], В			
	Трехфазная система с глухозаземленной нейтралью	Трехфазная трехпроводная изолированная система	Однофазная двухпроводная система переменного или постоянного тока	Однофазная трехпроводная система переменного или постоянного тока	Категория I	Категория II	Категория III	Категория VI
								
50	—	—	12,5; 24; 25; 30; 42; 48	30–60	330	500	800	1500
100	66/115	66	60	—	500	800	1500	2500
150	120/208* 127/220	115, 120 127	100**, 110,120	100–200**, 110–220 120–240	800	1500	2500	4000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	220**, 230, 240, 260, 277, 347, 380, 400, 415, 440, 480	220	220–440	1500	2500	4000	6000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	500, 577, 600	480	480–960	2500	4000	6000	8000
1000	—	660 690, 720 830, 1000	1000	—	4000	6000	8000	12000

[1)] Данные колонки взяты из таблицы F.1 приложения F, когда установлено номинальное импульсное напряжение

* Применяется в США и Канаде.

** Применяется в Японии.

Таблица В.2 — Случай, когда необходим контроль защиты от перенапряжений и контроль осуществляется разрядниками, имеющими номинальное напряжение на зажимах не менее указанного в МЭК 60099-1

Значения напряжения между линией и нейтралью при номинальном напряжении сети переменного или постоянного тока[1], не менее, В	Значения номинальных напряжений, предпочтительно применяемых в различных странах мира, В				Номинальное импульсное напряжение для оборудования категорий перенапряжения[1], В			
	Трехфазная система с глухозаземленной нейтралью	Трехфазная трехпроводная изолированная или заземленная система	Однофазная двухпроводная система переменного или постоянного тока	Однофазная трехпроводная система переменного или постоянного тока	Категория I	Категория II	Категория III	Категория VI
								
50	—	—	12,5; 24; 25; 30; 42; 48	30–60	330	500	800	1500
100	66/115	66	60	—	500	800	1500	2500
150	120/208* 127/220	115, 120 127	100**, 110,120	100–200**, 110–220 120–240	800	1500	2500	4000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	200**, 220, 230, 240, 260, 277	220	220–440	1500	2500	4000	6000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	347, 380, 400, 415, 440, 480 500, 577, 600	480	480–960	2500	4000	6000	8000
1000	—	660 690, 720 830, 1000	1000	—	4000	6000	8000	12000

[1] Данные колонки взяты из таблицы F.1 приложения F, когда установлено номинальное импульсное напряжение

* Применяется в США и Канаде.

** Применяется в Японии.

Приложение С
(обязательное)

Методы испытаний частичным разрядом

С.1 Испытательные цепи

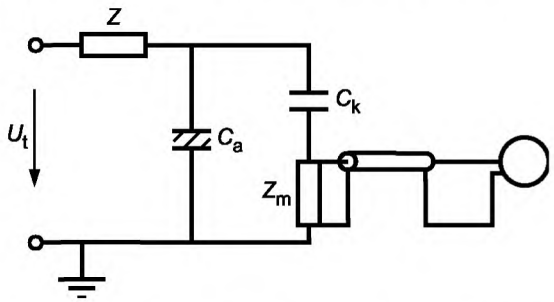
С.1.1 Основные положения

Испытательные цепи должны соответствовать МЭК 60270. Следующие цепи, приведенные в настоящем приложении, содержат эти требования и приведены в качестве примеров.

Примечание 1 — В большинстве случаев, испытательное оборудование спроектированное в соответствии с примерами, приведенными в настоящем приложении должно соответствовать требованиям. В особых случаях, например для применения оборудования в условиях высокогорья, необходимо обязательно учитывать требования МЭК 60270.

Примечание 2 — Для понимания основных действий, см. раздел D.2 (приложение D).

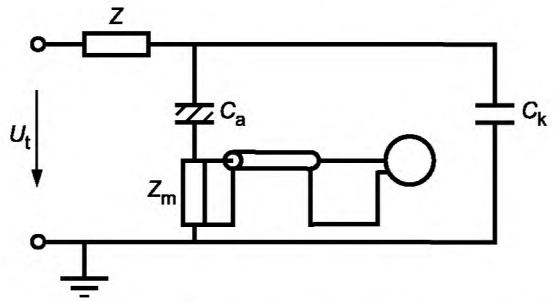
С.1.2 Испытательная цепь для заземленного испытательного образца



U_1 — испытательное напряжение; Z — фильтр; C_a — испытуемый образец (обычно он может быть емкостью); C_k — накопительная емкость; Z_m — измерительный импеданс

Рисунок С.1 — Заземленный испытательный образец

С.1.3 Испытательная цепь для незаземленного испытательного образца



U_1 — испытательное напряжение; Z — фильтр; C_a — испытуемый образец (обычно он может быть емкостью); C_k — накопительная емкость; Z_m — измерительный импеданс

Рисунок С.1 — Незаземленный испытательный образец

С.1.4 Выбор критериев

В основном обе цепи эквивалентны. Однако встречающиеся конденсаторы испытательных образцов имеют различную чувствительность воздействия. Заземленные конденсаторы высоковольтных выводов испытательных образцов имеют тенденцию к снижению чувствительности цепей соответствующих С.1.2 и тенденцию к увеличению чувствительности цепей соответствующих С.1.3, следовательно, это должно быть определяющим.

С.1.5 Измерительный импеданс (полное сопротивление)

Измерительный импеданс (полное сопротивление, далее — импеданс) должен обеспечивать незначительное снижение напряжения при испытательной частоте. Импеданс для измерения частоты должен выбираться в порядке обеспечения приемлемой чувствительности согласно, раздел D.2 (приложение D).

Если применяются компоненты ограничивающие напряжение, это не должно влиять на пределы измерения.

С.1.6 Накопительный конденсатор C_k

Такой конденсатор должен быть низкоиндуктивным с резонансной частотой трехкратно превосходящей значение f_2 (см. раздел С.3). Он не должен допускать отдельных пробоев при приложении верхнего значения испытательного напряжения.

С.1.7 Фильтр

Применение фильтра не обязательно. Если он применяется, его импеданс должен быть высоким для измеряемой частоты.

С.2 Испытательные параметры

С.2.1 Основные положения

Технические комитеты должны устанавливать:

- частоту f_1 испытательного напряжения (С.2.2);
- определенную энергию разряда (6.1.3.5.4.1);
- климатические условия для испытания единичным разрядом (С.2.3).

Примечание — Могут понадобиться различные характеристики и условия для типовых и контрольных испытаний.

С.2.2 Требования для испытательного напряжения

Должно применяться нормальное напряжение переменного тока. Общие гармонические искажения не должны превышать 3 %.

Примечание 1 — Низкое искажение формы волны позволяет использовать стандартный вольтметр и пересчет измеренного действующего значения в пиковое значение. При больших искажениях должны применяться вольтметры, измеряющие пиковые значения напряжения.

Обычно испытания проводят при промышленной частоте. Если оборудование имеет другую частоту переменного тока, то технические комитеты должны учитывать возможное воздействие частоты на энергию разряда.

Примечание 2 — Испытание отдельным разрядом постоянным током не рекомендовано, так как затруднено выполнение условий окружающей обстановки с отсутствием электрических шумов (помех). К тому же, может быть невозможной установка (настройка) напряжений переменного и постоянного тока, значительно отличающихся друг от друга.

С.2.3 Климатические условия

Рекомендуется. Чтобы испытания проводились в условиях комнатной температуры и влажности (температура 23 °С, относительная влажность 50 %, см. МЭК 60068-1 (пункт 5,3)).

С.3 Требования к измерительным приборам

С.3.1 Основные положения

Должны применяться как широкополосные, так и узкополосные измерительные приборы (см. С.3.3). Частотозависимые вольтметры могут применяться только с мерами предосторожности, указанными в С.3.2.

Нижний предел измеряемой частоты определяется частотой f_1 испытательного напряжения и частотной характеристикой измерительного импеданса Z_m (см. С.1.5). Он не должен быть ниже десятикратного значения частоты f_t.

Верхний предел измеряемой частоты определяется формой импульса частичного разряда и частотой ответного (сопутствующего) испытательного тока. Отсутствует необходимость в частоте выше 2 МГц. Для узкополосного измерителя частичного разряда измерение частоты должно быть выбрано с учетом узкой полосы источника шума (см. приложение D, D.3.3).

Примечание — Рекомендуется применение узкополосного измерителя.

С.3.2 Классификация измерителей частичного разряда

Должна обеспечиваться регистрация тока проходящего через измерительный импеданс Z_m пропорционально q_m (см рисунок D.1 (приложение D)).

Измерение должно быть обеспечено измерительным импедансом. В этом случае он представляет собой емкостное сопротивление для всех частот выше нижнего значения измеряемой частоты. Усиленное импульсным усилителем напряжение, приложенное к емкостному сопротивлению, должно быть пропорционально q_m. Должны быть также обеспечены периодические пробои.

Если сопротивление измерительного импеданса является активным для всех частот выше нижнего значения измеряемой частоты, измерение должно быть сделано с импульсным усилителем.

Одиночные импульсы должны быть измерены и импульс с максимальной амплитудой должен быть оценен. В порядке ограничения ошибок вызванных частичными перекрытиями, время действия импульса должно быть менее 100 мкс.

Частотозависимый измеритель должен быть узкополосным измерителем пикового напряжения. Он применяется для измерения помех радиочастотного сигнала. Это включает в себя специальный фильтр цепи, который создает зависимость регистрации уровня повторяющихся импульсов в соответствии с субъективным учетом человеческого восприятия.

Для измерения отдельных разрядов, измеритель гармонических искажений может быть применен, когда фильтр цепи отсоединен. Также требуется соответствующее измерение импеданса.

С.3.3 Полоса пропускания испытательной цепи

Обычно измеритель частичного разряда ограничивается полосой пропускания испытательной цепи. Измерители частичного разряда классифицируются в соответствии с полосой пропускания как широкополосные и узкополосные.

a) Нижней и верхней частотой среза f_1 и f_2 считаются частоты, при которых их значение снижаются на 3 дБ относительно линейной характеристики в случае применения широкополосного измерителя и на 6 дБ в случае применения узкополосного измерителя пикового значения.

b) Для узкополосного усилителя измеренная частота f_0 аналогична пику резонанса на частотной характеристике.

c) Полоса пропускания Δf определяется как $\Delta f = f_1 - f_2$.

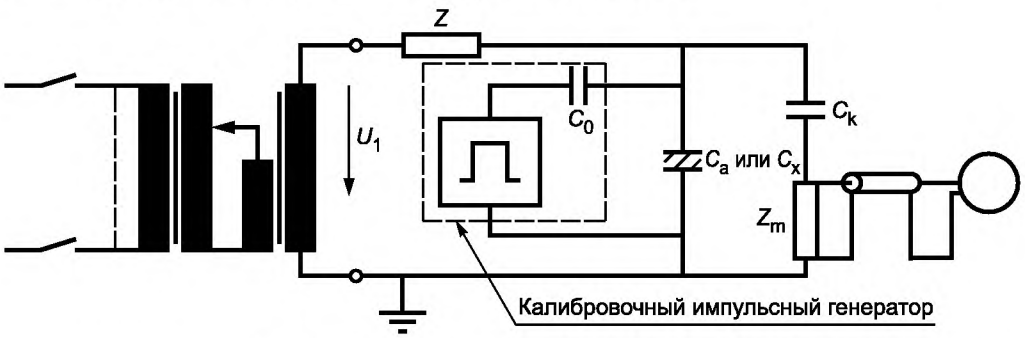
Для широкополосного измерителя полоса пропускания Δf имеет один порядок значения с частотой f_2. Для узкополосного измерителя полоса пропускания Δf много меньше частоты f_0.

С.4 Калибровка

С.4.1 Калибровка величины разряда перед измерением уровня шума (помех)

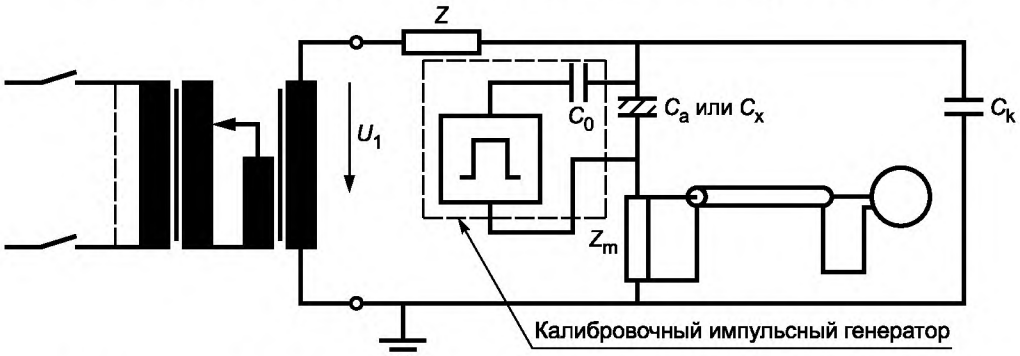
Калибровка испытательной цепи (рисунки С.3 или С.4) должна проводится при заданном уровне разряда с заменой испытуемого образца C_a на конденсатор C_x когда не возникают отдельные пробои. Импеданс конденсатора C_x должен быть таким же незначительным, как и у испытуемого образца C_a.

Трансформатор должен соответствовать заданному напряжению частичного разряда, но не быть подключенным к сети и с закороченной первичной обмоткой. Заданный уровень разряда прикладывается к выводам конденсатора посредством калибровочного генератора импульсов. Индикация уровня разряда на измерителе разряда должна быть согласована с размахом калибровочного сигнала.



U_1 — испытательное напряжение; Z — фильтр; C_0 — емкостное сопротивление калибровочного генератора импульсов; C_a или C_x — испытуемый образец (обычно он может быть емкостным сопротивлением); C_k — накопительный конденсатор; Z_m — измерительный импеданс

Рисунок С.3 — Калибровочная цепь для заземленного испытуемого образца



U_1 — испытательное напряжение; Z — фильтр; C_0 — емкостное сопротивление калибровочного генератора импульсов; C_a или C_x — испытуемый образец (обычно он может быть емкостным сопротивлением); C_k — накопительный конденсатор; Z_m — измерительный импеданс

Рисунок С.4 — Калибровочная цепь для незаземленного испытуемого образца

С.4.2 Подтверждение уровня шума (помех)

В установках, применяемых в С.4.1, испытательное напряжение частичного разряда должно быть поднято до наибольшего значения испытательного напряжения. Максимальный уровень шума должен быть менее 50 % установленного значения разряда. Другие измерения в соответствии с разделом D.3 (приложение D) являются обязательными.

С.4.3 Калибровка для испытания частичным разрядом

При установке испытуемого образца в цепь, процедуры указанные в С.4.1 должны быть повторены.

Изменения в испытательной цепи или замена испытуемого образца требует перекалибровки. В случае испытаний множества аналогичных испытуемых образцов повторная перекалибровка считается достаточной, если импеданс накопительного конденсатора менее, чем 1/10 часть импеданса испытуемого образца, или импеданс у испытуемых образцов не отличается в процессе калибровки более чем на ± 10 %.

Примечание — Когда установлены интервалы времени для калибровки, технические комитеты должны указывать, что в случае недостаточности чувствительности измерителя частичного разряда, потенциально могут быть не найдены полноценные разряды.

С.4.4 Калибровка генератора импульсов

Ток импульсов от импульсного генератора должен иметь время нарастания меньше чем $0{,}03/f_2$. Значение C_0 не должно быть выше, чем 0,1 емкостного сопротивления конденсатора C_k. Время спадания импульса должно быть больше, чем 100 мкс.

Для подтверждения характеристик измерителя одиночного разряда его калибруют во всем измеряемом диапазоне. Измерительный импеданс и соединительный кабель должны быть применены при этой процедуре.

Должны быть проверены следующие характеристики:

- точность и стабильность калибровочного генератора импульсов;
- возможность регистрации формы импульса при различных его амплитудах при частоте повторения импульсов 100 Гц;
- возможность регистрации времени импульса при импульсах постоянной амплитуды и максимальной частоте повторения;
- нижнее и верхнее значение частот среза f_1 и f_2.

Эта процедура должна проводиться каждый раз после поверки или ремонта измерителя одиночных разрядов, но не реже одного раза в год.

Приложение D
(справочное)

Соответствующая информация для методов испытаний частичным разрядом

D.1 Измерение начала разряда и затухания напряжения

Значение испытательного напряжения повышают до достижения напряжения частичного разряда (напряжение U_i начала частичного разряда). После очередного повышения напряжения на 10 %, напряжение снижают до достижения значения меньшего, чем для достижения заданного значения разряда (напряжение U_e затухания частичного разряда). При этом напряжение испытания изоляции для испытуемого образца не может превосходить этого значения.

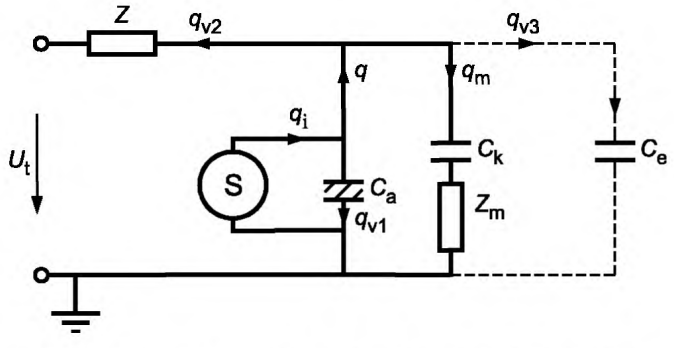
Примечание — Может быть что затухающее напряжение частичного разряда, воздействующее в течение времени действия ненормального напряжения превосходит значение начального напряжения частичного разряда.

Эта процедура предназначена для исследовательских измерений.

D.2 Описание испытательной цепи частичного разряда

Каждая цепь состоит из следующего оборудования:

- испытуемого образца C_a (в специальных случаях это может быть импедансем Z_a);
- накопительного конденсатора C_k;
- измерительной цепи состоящей из импеданса Z_m, соединительного кабеля и измерителя частичных разрядов;
- необязательного фильтра Z снижающего разряды, возникающие параллельно источнику испытательного напряжения.



U_t — испытательное напряжение; Z — фильтр; S — источник тока частичного разряда; C_a — емкостное сопротивление испытуемого образца; C_k — накопительный конденсатор; Z_m — измерительный импеданс; C_e — емкость заземления; q_i — исходный разряд (не измеряется); q — приложенный разряд; q_m — измеряемый разряд; q_{v1} — разряд потерянный при прохождении через испытуемый образец; q_{v2} — разряд потерянный при прохождении через источник испытательного напряжения; q_{v3} — разряд потерянный при прохождении через емкость заземления

Рисунок D.1 — Испытательные цепи испытания отдельным пробоем

Прямое измерение приложенного разряда q требует короткого замыкания на выводах испытуемого образца для измерения частоты. Эти условия должны быть приблизительно следующими:

- $C_k > (C_a + C_e)$;
- высокий импеданс Z;
- низкий измерительный импеданс Z_m.

Иначе могут быть значительные потери q_{v1} и q_{v2}. Такая потеря заряда может быть исправлена калибровкой, но это может снизить чувствительность. Ситуация ухудшается, если испытуемый образец имеет высокое емкостное сопротивление.

D.3 Предостережение по снижению помех

D.3.1 Основное положение

На результат измерения частичного разряда значительное влияние оказывают помехи. Так помехи могут быть внесены кондуктивной связью или электромагнитными помехами. В неэкранированных промышленных испытательных объектах одиночный импульс разряда величиной 100 пКл может быть помехой. В благоприятных условиях не возможно определить заряд менее 20 пКл.

D.3.2 Источник помех

В основном имеется два основных отличающихся источника помех.

D.3.2.1 Источники помех в не генерирующей испытательной цепи

Помехи бывают в смежных цепях в случае коммутации. В случае кондуктивной связи это бывает только когда цепи присоединены к главной низковольтной сети. В случае электромагнитной связи это бывает также при отключении от главного источника (включая и защитный проводник).

D.3.2.2 Источники помех в генерирующей испытательной цепи

Обычно помехи усиливаются с испытательным напряжением и в случае частичного разряда на поверхности испытуемого образца. Частичный пробой может быть в испытательном трансформаторе, высоковольтных проводниках, изолирующих втулках (изоляторах) и в точках плохого контакта. Гармоники испытательного напряжения также могут способствовать росту помех.

D.3.3 Измерения для снижения помех

Помехи, вызванные кондуктивной связью, могут быть снижены применением линейного фильтра в центральном питающем проводнике испытательной цепи. Это должно быть выполнено в незаземленной петле.

Электромагнитные помехи вида радиочастотного сигнала должны быть исключены, например способом изменения частоты измерения f_0 для узкополосного измерителя разряда. Для широкополосного измерителя разряда должны обязательно применяться частотные фильтры, широкополосные сигналы могут быть ослаблены только экранированием. Наиболее эффективным способом является полное экранирование оболочкой с высокой электрической связью ее элементов.

D.4 Применение повышающих коэффициентов для испытательного напряжения

D.4.1 Основное положение

Значения повышающих коэффициентов, приведенных в 6.1.3.5 и применяемых в 5.3.3.2.4 и 6.1.3.5, вычисляются следующим образом:

Примечание — Эти примеры даны для периодически повторяющегося пикового напряжения $U_{гр}$. Аналогичные коэффициенты применяются для длительного стабильного напряжения и длительного действующего временного перенапряжения.

D.4.2 Пример 1

Цепь соединенная с главным низковольтным питанием

D.4.2.1 Максимальное периодически повторяющееся пиковое напряжение $U_{гр}$

$$U_{гр} = \sqrt{2} \cdot U_n \cdot F_4 = 1{,}1 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n$$

D.4.2.2 Одиночный разряд повышенным напряжением U_e

$$U_e = \sqrt{2} \cdot U_n \cdot F_4 \cdot F_1$$

$$U_e = \sqrt{2} \cdot U_n \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}2 = 1{,}32 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n$$

D.4.2.3 Начальное значение напряжения частичного разряда U_1 (основная изоляция)

$$U_1 = \sqrt{2} \cdot U_n \cdot F_4 \cdot F_1 \cdot F_2$$

$$U_1 = \sqrt{2} \cdot U_n \cdot 1{,}32 \cdot 1{,}25 = 1{,}65 \cdot \sqrt{2} \cdot U_n$$

D.4.3 Пример 2

Внутренние цепи с максимальным периодически повторяющимся пиковым напряжением $U_{гр}$.

D.4.3.1 Одиночный разряд повышенным напряжением U_e (основная изоляция)

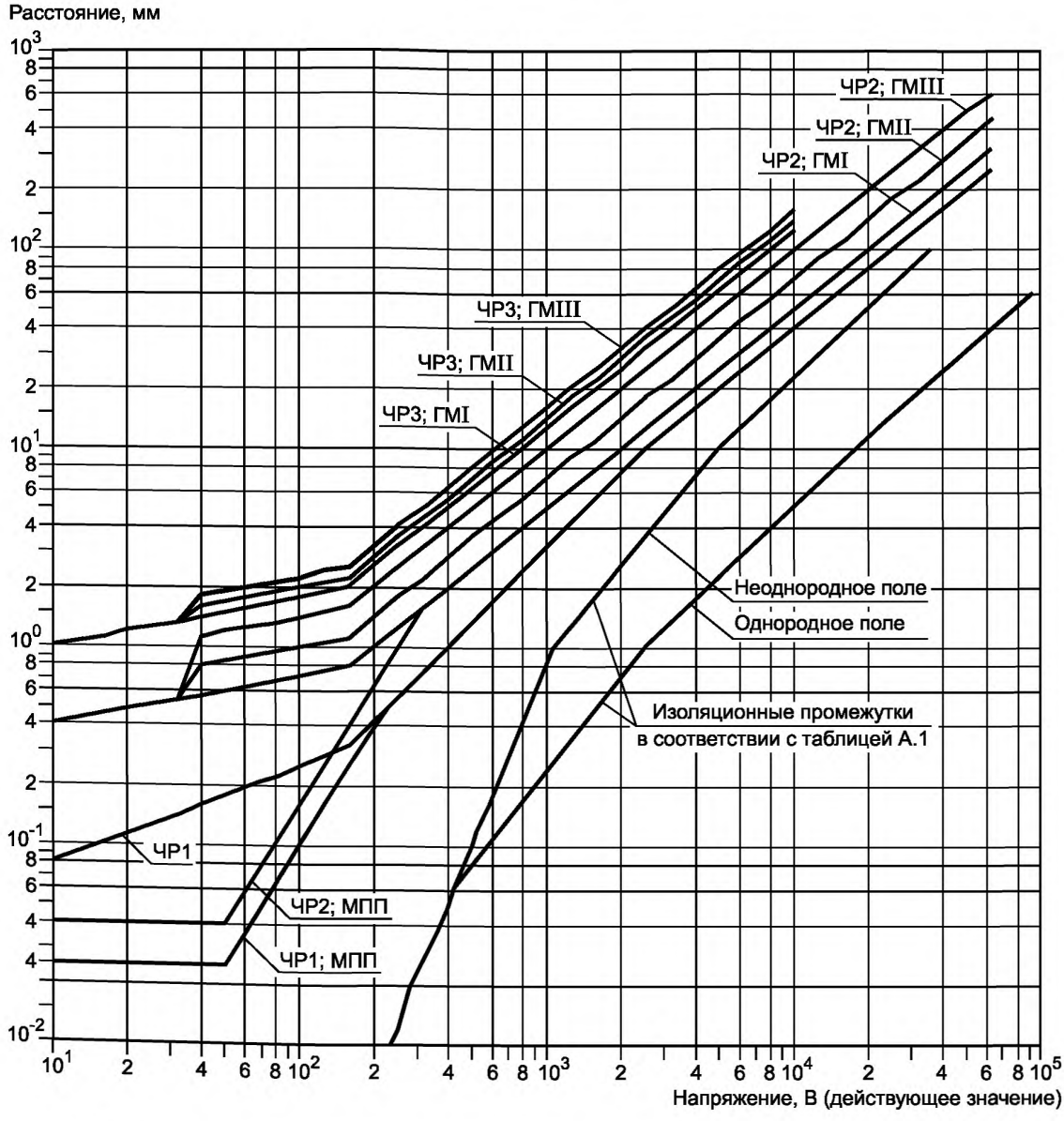
$$U_e = U_{гр} \cdot F_4 = U_{гр} \cdot 1{,}2$$

D.4.3.2 Начальное значение напряжения частичного разряда U_1 (основная изоляция)

$$U_1 = U_{гр} \cdot F_1 \cdot F_2 = U_{гр} \cdot 1{,}5$$

Приложение Е
(справочное)

Сравнение расстояний утечек, приведенных в таблице F.4 и изоляционных промежутков в таблице А.1



ЧР — частичный разряд (пробой); ГМ — группа материалов; МПП — материал — печатная плата

Рисунок Е.1 — Взаимосвязь между расстояниями утечки, указанными в таблице F.4 и изоляционными промежутками из таблицы А.1

Приложение F
(обязательное)

Таблицы

Таблица F.1 — Номинальное импульсное напряжение для оборудования, питаемого непосредственно от главной низковольтной сети

Номинальное напряжение системы питания[1] соответствующее МЭК 60038[3]		Напряжение линия — нейтраль сети переменного или постоянного тока, не более, В	Номинальное импульсное напряжение[1] для категорий перенапряжения[4], В			
Трехфазное, В	Однофазное, В		I	II	III	IV
—	—	50	330	500	800	1500
		100	500	800	1500	2500
	120 — 240	150[5]	800	1500	2500	4000
230/400 277/480	—	300	1500	2500	4000	6000
400/690	—	600	2500	4000	6000	8000
1000	—	1000	4000	6000	8000	12000

[1] См. приложение В для установки содержащей различные различные цепи низковольтного питания и соответственно номинальные напряжения.

[2] Оборудование с этим номинальным импульсным напряжением может применяться в установке в соответствии с МЭК 60364-4-44.

[3] Знак « / » в маркировке напряжения означает четырехпроводную трехфазную систему питания. Меньшее значение напряжения — напряжение между линией и нейтралью, большее значение — межфазное значение напряжения. Если указывается только одно значение, то это означает применение трехпроводной системы питания и устанавливает значение межфазного напряжения.

[4] Для разъяснения характеристик категорий применения см. 4.3.3.2.2.

[5] Номинальное напряжение для однофазной системы питания в Японии 100 В или 100—200 В. Отсюда значение номинального импульсного напряжение устанавливается для указанного в колонке значения напряжения 150 В (см. приложение В).

Таблица F.2 — Изоляционные воздушные промежутки для выдерживаемых кратковременных перенапряжений

Установленное значение импульсного выдерживаемого напряжения[1), 5)], кВ	Минимальные изоляционные воздушные промежутки при высоте до 2000 м над уровнем моря, мм					
	Случай А. Неоднородное поле (см. 3.15) для степени загрязнения среды[6)]:			Случай В. Однородное поле (см. 3.14) для степени загрязнения среды[6)]:		
	1	2	3	1	2	3
0,33[2)]	0,01	0,2[3), 4)]	0,8[4)]	0,01	0,2[3), 4)]	0,8[4)]
0,40	0,02			0,02		
0,50[2)]	0,04			0,04		
0,60	0,06			0,06		
0,80[2)]	0,10			0,10		
1,0	0,15			0,15		
1,2	0,25	0,25		0,2		
1,5[2)]	0,5	0,5		0,3	0,3	
2,0	1,0	1,0	1,0	0,45	0,45	
2,5[2)]	1,5	1,5	1,5	0,60	0,60	
3,0	2,0	2,0	2,0	0,80	0,80	
4,0[2)]	3,0	3,0	3,0	1,2	1,2	1,2
5,0	4,0	4,0	4,0	1,5	1,5	1,5
6,0[2)]	5,5	5,5	5,5	2,0	2,0	2,0
8,0[2)]	8,0	8,0	8,0	3,0	3,0	3,0
10	11	11	11	3,5	3,5	3,5
12[2)]	14	14	14	4,5	4,5	4,5
15	18	18	18	5,5	5,5	5,5
20	25	25	25	8,0	8,0	8,0
25	33	33	33	10	10	10
30	40	40	40	12,5	12,5	12,5
40	60	60	60	17	17	17
50	75	75	75	22	22	22
60	90	90	90	27	27	27
80	130	130	130	35	35	35
100	170	170	170	45	45	45

[1)] Данное напряжение является:

- для функциональной изоляции — максимальное импульсное напряжение через изоляционные воздушные промежутки (см. 5.1.5);
- для основной изоляции непосредственно подвергаемой кратковременным перенапряжениям главной низковольтной сети (см. 4.3.3.3, 4.3.3.4.1 и 5.1.6) — номинальное импульсное напряжение оборудования;
- для остальной основной изоляции (см. 4.3.3.4.2) — наибольшее импульсное напряжение, которое может прилагаться к цепям.

Для усиленной изоляции — см. 5.1.6.

[2)] Предпочтительные значения указаны в 4.2.3.

[3)] Для материала печатных плат применяется значение для степени загрязнения среды 1, исключая то, что значения не могут быть меньше 0,04 мм, как указано в таблице F.4.

[4)] Минимальные изоляционные воздушные промежутки, установленные для степени загрязнения среды 2 и 3, основаны на сниженных характеристиках устойчивости соответствующих расстояний утечки в условиях влажности (см МЭК 60664-5).

[5)] Для частей цепей в оборудовании, являющемся объектом импульсных напряжений в соответствии с 4.3.3.4.2, допускается усреднение значений. Однако стандартизация требует применения предпочтительных значений импульсных напряжений, указанных в 4.2.3.

[6)] Размеры для степени загрязнения среды 4 такие же как указаны для степени загрязнения среды 3, исключая то, что минимальные изоляционный промежуток равен 1,6 мм.

Таблица F.3а — Однофазная трех или двухпроводная система переменного или постоянного тока

Номинальное напряжение системы питания*, В	Напряжения адаптированные для таблицы F.4, В	
	Для изоляции напряжения между линиями питания для обоих видов систем распределения	Для изоляции напряжения между линией и заземлением в трехпроводной системе со средней точкой заземления
12,5	12,5	—
24; 25	25	—
30	32	—
42; 48; 50**	50	—
60	63	—
30—60	63	32
100**	100	—
110; 120	125	—
150**	160	—
200	200	—
100–200	200	100
220	250	—
110—220, 120—240	250	125
300**	320	—
220–440	500	250
600**	630	—
100—200	1000	500
1000**	1000	—

[1)] Уровень изоляции линия — земля для изолированной или заземленной через резистор систем одинаков с уровнем изоляции между линиями потому, что рабочее напряжение для каждого другого проводника практически равно полному напряжению линия — линия. Это объяснимо, так как действительное напряжение определяется изоляцией активным и реактивным сопротивлениями для каждой линии; таким образом, низкое (но приемлемое) сопротивление изоляции одной линии эффективно для каждой из них и повышается в два раза для полного напряжения линия — линия.

* Взаимосвязь номинальных напряжений — см. 4.3.2.

** Данные значения относятся к значениям, установленным в таблице F.1.

Таблица F.3b — Трехфазная трех или четырехпроводная система переменного тока

Номинальное напряжение системы питания*, В	Напряжения адаптированные для таблицы F.4, В		
	Для межфазной (межлинейной) изоляции	Для изоляции линия—земля	
	Все системы	Трехфазная четырехпроводная система с заземленной нейтралью[2]	Трехфазная трехпроводная система с изолированной нейтралью[1] или с заземлением одной фазы
60	63	32	63
110; 120; 127	125	80	125
150**	160	—	160
200	200	—	200
208	200	125	200
220; 230; 240	250	160	250
300	320	—	320
380; 400; 415	400	250	400
440	500	250	500
480; 500	500	320	500
575	630	400	630
600**	630	—	630
660; 690	630	400	630
720; 830	800	500	800
960	1000	630	1000
1000**	1000	—	1000

[1] Уровень изоляции линия — земля для изолированной или заземленной через резистор систем одинаков с уровнем изоляции между линиями потому, что рабочее напряжение для каждого другого проводника практически равно полному напряжению линия — линия. Это объяснимо, так как действительное напряжение определяется изоляцией активным и реактивным сопротивлениями для каждой линии; таким образом, низкое (но приемлемое) сопротивление изоляции одной линии эффективно для каждой из них и повышается в два раза для полного напряжения линия — линия.

[2] Для оборудования, применяемого в трехфазных четырехпроводных и трехфазных трехпроводных заземленных и изолированных системах питания, применяются значения только трехпроводных систем.

* Взаимосвязь номинальных напряжений — см. 4.3.2.

** Данные значения относятся к значениям, установленным в таблице F.1.

Таблица F.4 — Расстояния утечки исключающие повреждения вследствие трекинга

Действующее значение напряжения, В	Минимальные расстояния утечки, мм								
	Материал для печатных плат		Другие изоляционные материалы						
	Степень загрязнения 1	Степень загрязнения 2	Степень загрязнения 1	Степень загрязнения 2			Степень загрязнения 3		
	Группа материала								
	Все группы	Все группы исключая IIIb	Все группы	I	II	III	I	II	III[2)]
10	0,025	0,04	0,080	0,40	0,40	0,40	1,000	1,000	1,000
12,5	0,025	0,04	0,090	0,42	0,42	0,42	1,050	1,050	1,050
16	0,025	0,04	0,100	0,45	0,45	0,45	1,100	1,100	1,100
20	0,025	0,04	0,110	0,48	0,48	0,48	1,200	1,200	1,200
25	0,025	0,04	0,125	0,50	0,50	0,50	1,250	1,250	1,250
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,30	1,30	1,30
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,80	1,10	1,40	1,60	1,80
50	0,025	0,04	0,18	0,60	0,85	1,20	1,50	1,70	1,90
63	0,040	0,063	0,20	0,63	0,90	1,25	1,60	1,80	2,00
80	0,063	0,100	0,22	0,67	0,95	1,30	1,70	1,90	2,10
100	0,100	0,160	0,25	0,71	1,00	1,40	1,80	2,00	2,20
125	0,160	0,250	0,28	0,75	1,05	1,50	1,90	2,10	2,40
160	0,250	0.400	0,32	0,80	1,10	1,60	2,00	2,20	2,50
200	0,400	0,630	0,42	1,00	1,40	2,00	2,50	2,80	3,20
250	0,560	1,000	0,56	1,25	1,80	2,50	3,20	3,60	4,00
320	0,75	1,6	0,75	1,60	2,20	3,20	4,00	4,50	5,0
400	1,0	2,0	1,0	2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0 (7,9)[4)]
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0 (7,9)[4)]	9,0 (8,4)[4)]	10,0 (9,0)[4)]
800	2,4	4,0	2,4	4,0	5,6	8,0	10,0 (9,0)[4)]	11,0 (9,6)[4)]	12,5 (10,2)[4)]
1000	3,2	5,0	3,2	5,0	7,1	10,0	12,5 (10,2)[4)]	14,0 (11,2)[4)]	16,0 (12,8)[4)]
1250	—	—	4,2	6,3	9,0	12,5	16,0 (12,8)[4)]	18,0 (14,4)[4)]	20,0 (16,0)[4)]
1600	—	—	5,6	8,0	11,0	16,0	20,0 (16,0)[4)]	22,0 (17,6)[4)]	25,0 (20,0)[4)]
2000	—	—	7,5	10,0	14,0	20,0	25,0 (20,0)[4)]	28,0 (22,4)[4)]	32,0 (25,6)[4)]
2500	—	—	10,0	12,6	18,0	25,0	32,0 (25,6)[4)]	36,0 (28,8)[4)]	40,0 (32,0)[4)]
3200	—	—	12,5	16,0	22,0	32,0	40,0 (32,0)[4)]	45,0 (36,0)[4)]	50,0 (40,0)[4)]

Окончание таблицы F.4

Действующее значение напряжения, В	Минимальные расстояния утечки, мм								
	Материал для печатных плат		Другие изоляционные материалы						
	Степень загрязнения 1	Степень загрязнения 2	Степень загрязнения 1	Степень загрязнения 2			Степень загрязнения 3		
	Группа материала								
	Все группы	Все группы исключая IIIb	Все группы	I	II	III	I	II	III[2)]
4000	—	—	16,0	20,0	28,0	40,0	50,0 (40)[4)]	56,0 (44,8)[4)]	63,0 (50,4)[4)]
5000			20,0	25,0	36,0	50,0	63,0 (50,4)[4)]	71,0 (56,8)[4)]	80,0 (64,0)[4)]
6300			25,0	32,0	45,0	63,0	80,0 (64,0)[4)]	90,0 (72,0)[4)]	100,0 (80,0)[4)]
8000			32,0	40,0	56,0	80,0	100,0 (80,0)[4)]	110,0 (88,0)[4)]	125,0 (100,0)[4)]
10000			40,0	50,0[3)]	71,0	100	125,0 (100,0)[4)]	140,0 (112,0)[4)]	160,0 (128,0)[4)]
12500			50,0[3)]	63,0[3)]	90,0[3)]	125[3)]	—	—	—
16000			63,0[3)]	80,0[3)]	110,0[3)]	160[3)]			
20000			80,0[3)]	100[3)]	140[3)]	200[3)]			
25000			100[3)]	125[3)]	180[3)]	250[3)]			
32000			125[3)]	160[3)]	220[3)]	320[3)]			
40000			160[3)]	200[3)]	280[3)]	400[3)]			
50000			200[3)]	250[3)]	360[3)]	500[3)]			
63000			250[3)]	320[3)]	450[3)]	600[3)]			

[1)] Данное напряжение является:

- для функциональной изоляции — рабочим напряжением;
- для основной и дополнительной изоляции цепей непосредственно питаемых от главной низковольтной сети (см. 4.3.2.2.1) — напряжением, адаптированным посредством таблиц F.3a или F.3b, основанным на номинальном напряжении оборудования или номинальном напряжении изоляции;
- для основной и дополнительной изоляции систем, оборудования и внутренних цепей, не питаемых непосредственно от главной питающей сети (см. 4.3.2.2.2) — наибольшее действующее значение напряжения, возникающее в системе, оборудовании или внутренней цепи, когда питание номинальным напряжением производится в наиболее неблагоприятных сочетаниях условий с учетом параметров оборудования.

[2)] Материалы группы IIIb не рекомендованы для установок выше 630 В в условиях степени загрязнения 3.

[3)] Временное значение, основанное на экстраполяции. Технические комитеты имеющие иные данные, основанные на экспериментах могут устанавливать соответствующие размеры.

[4)] Значения, приведенные в скобках, могут быть использованы для снижения расстояний утечки в случае применения ребер (см. 5.2.5).

Примечание — Высокая точность значений расстояний утечки, приведенных в данной таблице, не означает необходимости выполнения измерений с высокой степенью точности.

Таблица F.5 — Испытательные напряжения для подтверждения изоляционных воздушных промежутков в зависимости от высоты над уровнем моря

Испытательные напряжения, приведенные в таблице F.5, применяют только для подтверждения соответствия изоляционных воздушных промежутков

Номинальное импульсное напряжение $\hat{U}$, кВ	Импульсное испытательное напряжение $\hat{U}$ на высоте уровня моря, кВ	Импульсное испытательное напряжение $\hat{U}$ на высоте 200 м над уровнем моря, кВ	Импульсное испытательное напряжение $\hat{U}$ на высоте 500 м над уровнем моря, кВ
0,33	0,357	0,355	0,350
0,5	0,541	0,537	0,531
0,8	0,934	0,920	0,899
1,5	1,751	1,725	1,685
2,5	2,920	2,874	2,808
4,0	4,923	4,824	4,675
6,0	7,385	7,236	7,013
8,0	9,847	9,648	9,350
12,0	14,770	14,471	14,025

Примечание 1 — Разъяснение влияния воздействующих факторов (атмосферного давления, температуры, влажности) применительно к электрической стойкости изоляционных воздушных промежутков приведено в 6.1.2.2.1.3.

Примечание 2 — Когда испытываются изоляционные воздушные промежутки, доступная твердая изоляция должна быть объектом приложения испытательного напряжения. Так импульсное испытательное напряжение по таблице F.2 повышают с учетом номинального импульсного напряжения, твердая изоляция должна иметь соответствующую конструкцию. Эти результаты приведены в порядке возрастания импульсной устойчивости твердой изоляции.

Таблица F.6 — Жесткость факторов для проверки устойчивости твердой изоляции

Испытания	Температура, °С	Относительная влажность, %	Время, час	Число циклов
a) Сухое тепло	55	—	48	1
b) Циклическое сухое тепло	от минус 10 до 55	—	Продолжительность цикла 24 часа	3
c) Тепловой удар (быстрая смена температур)	от минус 10 до 55	—	2)	—
d) Влажное тепло	30/40[1)]	93	96	1

1) Стандартная температура для испытания воздействием влажного тепла уточняется в МЭК 60068-2-78.

2) Продолжительность смены температуры зависит от постоянной времени нагрева испытуемого образца, см. МЭК 60068-2-14.

Примечание — В некоторых стандартах на изделия для испытания воздействием сухого тепла применяется значение температуры 25 °С.

Таблица F.7а — Размеры изоляционных воздушных промежутков, устойчивых к воздействию длительных устойчивых напряжений, временных перенапряжений и периодически повторяющихся пиковых напряжений

Напряжение[1] (пиковое значение)[2], кВ	Минимальные воздушные изоляционные промежутки при высоте над уровнем моря не более 2000 м, мм	
	Случай А: условия неоднородного поля (см. 3.15)	Случай В: условия однородного поля (см. 3.14)
0,04	0,001[3]	0,001[3]
0,06	0,002[3]	0,002[3]
0,1	0,003[3]	0,003[3]
0,12	0,004[3]	0,004[3]
0,15	0,005[3]	0,005[3]
0,20	0,006[3]	0,006[3]
0,25	0,008[3]	0,008[3]
0,33	0,01	0,01
0,4	0,02	0,02
0,5	0,04	0,04
0,6	0,06	0,06
0,8	0,13	0,10
1,0	0,26	0,15
1,2	0,42	0,20
1,5	0,76	0,30
2,0	1,27	0,45
2,5	1,8	0,60
3,0	2,4	0,80
4,0	3,8	1,2
5,0	5,7	1,5
6,0	7,9	2,0
8,0	11,0	3,0
10	15,2	3,5
12	19	4,5
15	25	5,5
20	34	8,0
25	44	10,0
30	55	12,5
40	77	17,0
50	100	22,0
60	—	27,0
80		35,0
100		45,0

[1] Изоляционные промежутки для других напряжений вычисляют интерполяцией.
[2] См. рисунок 1 формы повторяющегося пикового напряжения.
[3] Эти значения основаны на экспериментальных значениях полученных при атмосферном давлении.

Таблица F.7b — Дополнительная информация, содержащая размеры изоляционных воздушных промежутков, устойчивых к воздействию частичных разрядов

Напряжение[1] (пиковое значение)[2], кВ	Минимальные воздушные изоляционные промежутки при высоте над уровнем моря не более 2000 м, мм
	Случай А: условия неоднородного поля (см. 3.15)
0,04	Те же значения, как указано для случая А в таблице F.7a
0,06	
0,1	
0,12	
0,15	
0,20	
0,25	
0,33	
0,4	
0,5	
0,6	
0,8	
1,0	
1,2	
1,5	
2,0	
2,5	2,0
3,0	3,2
4,0	11
5,0	24
6,0	64
8,0	184
10	290
12	320
15	[3]
20	
25	
30	
40	
50	
60	
80	
100	

[1] Изоляционные промежутки для других напряжений вычисляют интерполяцией.

[2] См. рисунок 1 формы повторяющегося пикового напряжения.

[3] Назначение размеров, устойчивых к частичным разрядам, для условий неоднородного поля невозможно.

Т а б л и ц а F.8 — Корректирующие коэффициенты в зависимости от высоты над уровнем моря

Высота над уровнем моря, м	Коэффициент k_d для корректировки значений изоляционных промежутков
0	0,784
200	0,803
500	0,833
1000	0,844
2000	1

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 Российской Федерации или межгосударственного стандарта
МЭК 60038:1983	MOD	ГОСТ 29322—92 (МЭК 60038—83) Стандартные напряжения
МЭК 60050(151):2001	—	*
МЭК 60050(212):1990	—	*
МЭК 60050(604):1987	—	*
МЭК 60050(826):1982	—	*
МЭК 60068-1:1992	—	*
МЭК 60068-2-2:1974	IDT	ГОСТ Р МЭК 60068-2-2—2009 Испытание на воздействие внешних факторов. Част 2-2. Испытания. Испытание В. Сухое тепло
МЭК 60068-2-14:1974	NEQ	ГОСТ Р 51368—99 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на устойчивость к воздействию температуры
МЭК 60068-2-78:1974	IDT	ГОСТ Р МЭК 60068-2-78—2009 Испытания на воздействия внешних факторов. Часть 2-78. Испытания. Испытание Cab: Влажное тепло, постоянный режим
МЭК 60085:2004	IDT	ГОСТ Р МЭК 60085—2011 Электрическая изоляция. Классификация и обозначение по термическим свойствам
МЭК 60099-1:1991	—	*
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 60243-1:1998	—	*
МЭК 60270:2000	—	*
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

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование национального стандарта Российской Федерации или межгосударственного стандарта
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
МЭК 61180-1:1992	—	*
МЭК 61180-2:1994	—	*

* 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

[1] МЭК Глава 104:1997 Подготовка публикаций по безопасности и использование основополагающих и групповых публикаций по безопасности (IEC Guide 104:1997 The preparation of safety publication and the use of safety publications and group safety publications)

[2] МЭК 60529:1989 Степени защиты, обеспечиваемые корпусами (Код IP) (IEC 60529:1989 Degrees of protection provided by enclosures (IP code))

УДК 621.315.01.001.4:006.354 ОКС 29.035.01 Е30 ОКСТУ 3400

Ключевые слова: координация изоляции, изоляция, пробой изоляции

Редактор *Е. С. Котлярова*
Технический редактор *Е. В. Беспрозванная*
Корректор *Л. Я. Митрофанова*
Компьютерная верстка *В. Н. Романовой*

Сдано в набор 29.08.2014. Подписано в печать 28.11.2014. Формат $60\times84^{1}/_{8}$. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,80. Тираж 46 экз. Зак. 1485.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru