ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**ГОСТ IEC 61558-2-16—2015**

**Безопасность силовых трансформаторов, источников питания, реакторов и аналогичных изделий**

**Часть 2-16**

# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКОВ ПИТАНИЯ И ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКОВ ПИТАНИЯ

**Бяспека сілавых трансфарматараў, крыніц сілкавання, рэактараў і аналагічных вырабаў**

**Частка 2-16**

# ДАДАТКОВЫЯ ПАТРАБАВАННІ І МЕТАДЫ ВЫПРАБАВАННЯЎ ІМПУЛЬСНЫХ БЛОКАЎ ХАРЧАВАННЯ І ТРАНСФАРМАТАРАЎ ДЛЯ ІМПУЛЬСНЫХ БЛОКАЎ СІЛКАВАННЯ

**(IEC 61558-2-16:2013, IDT)**

**Издание официальное**



**Госстандарт**

**Минск**

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

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

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

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС)

2 ВНЕСЕН Госстандартом Республики Беларусь

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол 77-П от 29 мая 2015 г.)

За принятие стандарта проголосовали:

| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации |
|---|---|---|
| Армения | AM | Минэкономики Республики Армения |
| Беларусь | BY | Госстандарт Республики Беларусь |
| Казахстан | KZ | Госстандарт Республики Казахстан |
| Кыргызстан | KG | Кыргызстандарт |
| Молдова | MD | Молдова-Стандарт |
| Таджикистан | TJ | Таджикстандарт |
| Узбекистан | UZ | Узстандарт |
| Украина | UA | Минэкономразвития Украины |

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61558-2-16:2013 Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1100 V. Part 2-16. Particular requirements and tests for constant voltage transformers and power supply units for constant voltage (Безопасность трансформаторов, реакторов, блоков питания и аналогичных изделий с напряжением питания до 1100 В. Часть 2-16. Дополнительные требования и методы испытаний импульсных блоков питания и трансформаторов для импульсных блоков питания).

Международный стандарт разработан техническим комитетом 96 «Трансформаторы, реакторы, источники электропитания и аналогичное оборудование с напряжением питания до 1100 В» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, и международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Национальном фонде ТНПА.

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

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

Степень соответствия — идентичная (IDT).

5 ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 28 августа 2015 г. № 38 непосредственно в качестве государственного стандарта Республики Беларусь с 1 августа 2016 г.

© Госстандарт, 2016

Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

## Содержание

1 Область применения ..... 1
2 Нормативные ссылки ..... 3
3 Термины и определения ..... 4
4 Общие требования ..... 5
5 Общие условия проведения испытаний ..... 5
6 Номинальные значения параметров ..... 5
7 Классификация ..... 5
8 Маркировка и другая информация ..... 5
9 Защита от поражения электрическим током ..... 6
10 Изменение установки первичного напряжения ..... 6
11 Вторичное напряжение и вторичный ток под нагрузкой ..... 7
12 Вторичное напряжение холостого хода ..... 7
13 Напряжение короткого замыкания ..... 8
14 Нагрев ..... 8
15 Короткое замыкание и защита от перегрузки ..... 8
16 Механическая прочность ..... 8
17 Защита от вредного проникновения пыли, твердых предметов и влаги ..... 8
18 Сопротивление изоляции, электрическая прочность и ток утечки ..... 8
19 Конструкция ..... 9
20 Компоненты ..... 14
21 Внутренняя проводка ..... 14
22 Присоединение к источнику питания и другие внешние гибкие кабели и шнуры ..... 14
23 Выводы для внешних проводов ..... 15
24 Средства обеспечения защитного заземления ..... 15
25 Винты и соединения ..... 15
26 Пути утечки, зазоры и расстояния через изоляцию ..... 15
27 Теплостойкость, огнестойкость и трекингостойкость ..... 26
28 Стойкость к коррозии ..... 26
Приложение К (обязательное) Изолированные обмоточные провода ..... 27
Приложение АА (справочное) Метод измерения частичных разрядов ..... 30
Приложение ВВ (обязательное) Дополнительные требования к присоединенным трансформаторам импульсных источников питания с внутренней частотой, превышающей 500 Гц ..... 30
Библиография ..... 32
Приложение Д.А (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам ..... 33

## Введение

Настоящий стандарт представляет собой прямое применение международного стандарта IEC 61558-2-16:2013.

Настоящий стандарт применяют совместно с IEC 61558-1. Если в настоящем стандарте встречается ссылка на часть 1, то это соответствует IEC 61558-1.

Настоящий стандарт дополняет или изменяет соответствующие положения IEC 61558-1 с учетом его назначения и области распространения импульсных источников питания и трансформаторов импульсных источников питания.

В случае, если какой-либо пункт стандарта части 1 отсутствует в настоящем стандарте, требования этого пункта распространяются на настоящий стандарт там, где это применимо. Наличие в тексте настоящего стандарта слов-указателей «дополнение», «изменение» или «замена» указывает на необходимость соответствующего изменения текста IEC 61558-1.

Нумерация пунктов настоящего стандарта, дополняющих разделы IEC 61558-1, начинается с цифры 101; дополнительные приложения обозначаются AA, BB и т. д.

В настоящем стандарте использованы следующие шрифтовые выделения:

- текст требований — светлый;
- методы испытаний — курсив;
- примечания — петит.

Термины, приведенные в разделе 3, в тексте стандарта выделены полужирным шрифтом.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

# Безопасность силовых трансформаторов, источников питания, реакторов и аналогичных изделий
# Часть 2-16
# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКОВ ПИТАНИЯ И ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ БЛОКОВ ПИТАНИЯ

# Бяспека сілавых трансфарматараў, крыніц сілкавання, рэактараў і аналагічных вырабаў
# Частка 2-16
# ДАДАТКОВЫЯ ПАТРАБАВАННІ І МЕТАДЫ ВЫПРАБАВАННЯЎ ІМПУЛЬСНЫХ БЛОКАЎ ХАРЧАВАННЯ І ТРАНСФАРМАТАРАЎ ДЛЯ ІМПУЛЬСНЫХ БЛОКАЎ СІЛКАВАННЯ

Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products
Part 2-16
Particular requirements and tests for switch mode power supply units
and transformers for switch mode power supply units

**Дата введения — 2016-08-01**

## 1 Область применения

*Замена*

Настоящая часть IEC 61558 устанавливает требования безопасности к **импульсным источникам питания** и к **трансформаторам** для **импульсных источников питания**. Настоящий стандарт также распространяется на **трансформаторы**, содержащие **электронные схемы**.

Примечание 1 — Требования безопасности включают в себя электрические, тепловые и механические характеристики.

Настоящий стандарт распространяется на:

a) **импульсные источники питания,** содержащие **безопасный разделительный трансформатор,** спроектированный для цепей питания БСНН, ЗСНН, ФСНН **вторичного (ых) напряжения (ий**) постоянного и переменного тока, или их комбинация в соответствии с IEC 61140 и IEC 60364-4-41, предназначенная для изделий бытового назначения и других потребительских изделий, за исключением изделий, на которые распространяются требования IEC 60065, стандартов серий IEC 61347, IEC 61204-7 и IEC 60950-1;

b) **импульсные источники питания** с максимальным **вторичным напряжением**, не превышающим 1100 В переменного тока и 1400 В постоянного тока без пульсаций, предназначенным для изделий бытового назначения и других потребительских изделий, кроме потребительских изделий, указанных в a) и потребительских изделий, за исключением изделий, на которые распространяются требования IEC 60065, стандартов серий IEC 61347, IEC 61204-7 и IEC 60950-1;

c) требования настоящего стандарта распространяются на **трансформаторы**, предназначенные для **импульсных источников питания** (см. приложение BB).

Настоящая часть устанавливает требования безопасности для:

- отделяющие **ИИП** общего назначения, в соответствии с частью 2-1;
- разделительные **ИИП** общего назначения в соответствии с частью 2-4;
- безопасные разделительные **ИИП** общего назначения в соответствии с частью 2-6;
- автоматические разделительные **ИИП** общего назначения в соответствии с частью 2-13.

**Издание официальное**

Для **ИИП**, предназначенного для использования в конкретной области, в соответствии с областью применения, установленной в другой части серии стандартов IEC 61558, устанавливают требования в соответствии с этой частью указанной серии стандартов. Дополнительно, устанавливают требования в соответствии с настоящим стандартом. В случае если эти требования противоречат друг другу, преимущественное значение имеет наиболее жесткое из них.

Примечание 2 — Так как максимальное значение **номинального напряжения питания** внутреннего **трансформатора** — 1000 В, максимальное значение **номинального напряжения питания импульсных источников питания** может быть менее из-за выпрямления электрического тока.

**Импульсные источники питания,** входящие в область применения настоящего стандарта — **автономные**, **присоединяемые**, **стационарные**, **переносные**, однофазные или многофазные с воздушным охлаждением (естественным или принудительным), с **номинальным напряжением питания** не более 1100 В переменного тока, **номинальной частотой питания,** не превышающей 500 Гц, **номинальной внутренний рабочей частотой,** превышающей 500 Гц, но не более 100 МГц, и **номинальной выходной мощностью** не более 1 кВ·А или 1 кВт, в т. ч. **сухие трансформаторы** с герметизированными или негерметизированными обмотками.

**Присоединенный трансформатор** для **импульсных источников питания,** в соответствии с приложением ВВ настоящего стандарта, должны иметь **номинальная выходную мощность**:

- для однофазных **трансформаторов** не более 25 кВ·А;
- для многофазных **трансформаторов** не более 40 кВ·А.

Примечание 3 — Необходимость в увеличении верхней частотной границы может быть связана с предъявлением дополнительных требований к трансформаторам. В таком случае настоящий стандарт применяют как руководящий документ.

Значения **вторичного напряжения холостого хода** или **номинального вторичного напряжения импульсных источников питания** не должны превышать:

- 1000 В переменного тока или 1415 В постоянного тока без пульсаций, при применении для **отделяющих трансформаторов и автотрансформаторов;**
- 500 В переменного тока или 708 В постоянного тока без пульсаций, при применении **в разделительных трансформаторах;**
- 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока без пульсаций, при применении **в безопасных разделительных трансформаторах.**

Значения **вторичного напряжения холостого хода** или **номинального вторичного напряжения автономных импульсных источников питания** не должны быть менее:

- 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока без пульсаций, при применении **в отделяющих трансформаторах и автотрансформаторах.**

Настоящий стандарт распространяется на **импульсные источники питания,** выпрямляющие и инвертирующие без ограничения **номинальную выходную мощность**. Область применения таких **импульсных источников питания** подлежит согласованию между потребителем и изготовителем.

Примечание 4 — По тексту настоящего стандарта под выпрямителями и инверторами подразумевают **импульсные источники питания**.

Настоящий стандарт может быть использован как руководящий документ для установления требований к изделиям, не входящих в область применения настоящего стандарта, IEC 61204-7 и серию стандартов IEC 61347.

Настоящий стандарт не распространяется на:

- двигатель-генераторные агрегаты;
- источники бесперебойного питания в соответствии с IEC 62040;
- импульсные источники питания, на которые распространяются требования IEC 61204-7 (т. е. низковольтные источники питания устройств, вырабатывающие постоянный ток, с необходимыми характеристиками);
- аппараты пускорегулирующие для ламп в соответствии с IEC 61347-1;
- внешние цепи и их компоненты, предназначенные для присоединения к входным или выходным выводам **трансформаторов**.

Примечание 5 — IEC 61204-7 подлежит обновлению в соответствии с SC 22E.

Примечание 6 — Следует обратить снимание на следующее:

- для **трансформаторов**, предназначенных для использования на автомобильном, морском и воздушном транспорте, может возникнуть необходимость в дополнительных требованиях (согласно другим применяемым стандартам, национальным правилам и т. д.);

- должны быть предусмотрены меры по защите **оболочки** и компонентов внутри нее от внешних воздействий, таких как плесневые грибы, грызуны, термиты, солнечная радиация и обледенение;
- должны учитываться различные условия перевозки, хранения и эксплуатации **трансформаторов**;
- к **трансформаторам**, предназначенным для использования в окружающей среде с особыми условиями, например,в среде тропического климата, могут быть применены дополнительные требования согласно другим соответствующим стандартам и национальным правилам.

Примечание 7 — Технологическое совершенствование **трансформаторов** может вызвать необходимость в увеличении верхней частотной границы, а до тех пор настоящий стандарт может использоваться как руководящий документ.

В настоящем стандарте по всему тексту и далее аббревиатура **ИИП** означает **импульсные источники питания**.

## 2 Нормативные ссылки

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующим дополнением.

*Дополнение:*

IEC 60227 (все части), *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V (Кабели с поливинилхлоридной изоляцией на номинальное напряжение до 450/750 В включительно)*

IEC 60317-0-7:2012 *Specifications for particular types of winding wires — Part 0-7: General requirements — Fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wire with nominal conductor diameter of 0,040 mm to 1,600 mm (Технические условия на конкретные типы обмоточных проводов. Часть 0-7. Общие требования. Полностью изолированные (FIW) бездефектные эмалированные медные провода круглого сечения с номинальным диаметром жилы от 0,040 мм до 1,600 мм)*

IEC 60317-43:2010 *Specifications for particular types of winding wires — Part 43: Aromatic polyimide tape wrapped round copper wire, class 240 (Технические условия на конкретные типы обмоточных проводов. Часть 43. Медные провода круглого сечения, обернутые лентой из ароматического полиимида, класс 240).*

IEC 60317-56:2012 *Specifications for particular types of winding wires — Part 56: Solderable fully insulated (FIW) zero-defect polyurethane enamelled round copper wire with nominal conductor diameter 0,040 mm to 1,600 mm, class 180 (Технические условия на конкретные типы обмоточных проводов. Часть 56. Поддающиеся пайке, полностью изолированные (FIW), бездефектные медные провода круглого сечения с эмалевой изоляцией на основе полиуретана с номинальным диаметром жилы от 0,040 мм до 1,600 мм, класс 180)*

IEC 60364-4-41:2005 *Low-voltage electrical installations — Part 4-41: Protection for safety — Protection against electric shock (Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Защита в целях безопасности. Защита от поражения электрическим током)*

IEC 60601-1:2012 *Medical electrical equipment — Part 1:General requirements for basic safety and essential performance (Оборудование медицинское электрическое. Часть 1. Общие требования к безопасности и основным характеристикам)*

IEC 60664-4:2005 *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems — Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress (Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 4. Анализ высокочастотного напряжения)*

IEC 60851-3:2009* *Winding wires — Test methods — Part 3: Mechanical properties (Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 3. Механические свойства*

IEC 60851-3:2013 *Winding wires — Test methods — Part 3: Mechanical properties (Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 3. Механические свойства)*

IEC 60851-5:2008 * *Winding wires — Test methods — Part 5: Electrical properties (Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 5. Электрические свойства)*

IEC 60851-5:2011 *Winding wires — Test methods — Part 5: Electrical properties (Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 5. Электрические свойства)*

IEC 60950-1:2013 *Information technology equipment — Safety — Part 1:General requirements (Оборудование информационных технологий. Безопасность. Часть 1. Общие требования)*

---

* Действует только для датированной ссылки.

IEC 61010-1:2010 *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use — Part 1:General requirements (Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования)*

IEC 61204-7:2006 *Low voltage power supplies, d.c. output — Part 7:Safety requirements (Источники питания низковольтные, вырабатывающие постоянный ток. Часть 7. Требования к безопасности)*

IEC 61347 (all parts) *Lamp controlgear (Аппараты пускорегулирующие для ламп)*

IEC 61558-1:2009 *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products — Part 1: General requirements and tests (Безопасность силовых трансформаторов, блоков питания, реакторов и аналогичных изделий. Часть 1. Общие требования и испытания)*

IEC 61558-2-1:2007 *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products — Part 2-1: Particular requirements and tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformers for general applications (Безопасность силовых трансформаторов, блоков питания, реакторов и аналогичного оборудования. Часть 2-1. Дополнительные требования и испытания разделительных трансформаторов и блоков питания с разделительными трансформаторами общего назначения)*

IEC 61558-2-4:2009 *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers (Безопасность трансформаторов, реакторов, блоков питания и аналогичного оборудования с напряжением питания до 1100 В. Часть 2-4. Дополнительные требования и испытания изолирующих трансформаторов и блоков питания с изолирующими трансформаторами)*

IEC 61558-2-6:2009 *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V — Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers (Безопасность трансформаторов, реакторов, блоков питания и аналогичного оборудования с напряжением питания до 1100 В. Часть 2-6. Дополнительные требования и испытания безопасных изолирующих трансформаторов и блоков питания с безопасными изолирующимитрансформаторами)*

IEC 61558-2-13: *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V — Part 2-13: Particular requirements and tests for auto transformers and power supply units incorporating auto transformers (Безопасность трансформаторов, реакторов, блоков питания и аналогичного оборудования с напряжением питания до 1100 В. Часть 2-13. Дополнительные требования и испытания автотрансформаторов и блоков питания с автотрансформаторами)*

IEC 62040 (все части) *Uninterruptible power systems (UPS) (Системы бесперебойного энергоснабжения (UPS))*

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте, применяя соответствующий раздел части 1 под термином «**трансформатор**» подразумевают **ИИП**.

В приложении ВВ настоящего стандарта под термином «**трансформатор**» подразумевают **трансформатор ИИП**.

В настоящем стандарте применяют соответствующий раздел части 1 со следующими изменениями и дополнениями.

Замена

3.3.8 **рабочее напряжение** (working voltage): Наибольшее среднеквадратическое значение напряжения переменного тока или значение напряжения постоянного тока, которое может возникать (локально) по любой изоляции при **номинальном напряжении питания** в условиях холостого хода или при нормальных условиях эксплуатации без учета переходных процессов. **Рабочее напряжение** между любой точкой в цепи, возникающее в основной или любой изолированной частях, должно приниматься как:

- номинальное входное напряжение, или
- измеренное рабочее напряжение, в зависимости от того, которое значение больше.

Примечание 1 — При рассмотрении систем изоляции между обмотками, которые не предназначены для соединения между собой, считают, что **рабочее напряжение** — это наибольшее напряжение, возникающее в любой из этих обмоток.

Примечание 2 — **Рабочее напряжение** в трехфазных системах может отличаться от номинального напряжения.

*Дополнение:*

3.101 **полностью изолированный обмоточный провод**; **FIW-провод** (fully insulated winding wire; FIW): Обмоточный провод, имеющий конструкцию **бездефектного провода**, требования к которому установлены в соответствии с IEC 60317-0-7, IEC 60317-56 и IEC 60851-5:2008.

3.102 **бездефектный провод** (zero-defect wire): Обмоточный провод, при испытании которого на число точечных повреждений в соответствующих условиях сохраняется целостность его изоляции.

3.103 **класс FIW-провода** (grade of FIW): Провод с соответствующим диапазоном наружных диаметров (например, FIW3 — FIW9).

## 4 Общие требования

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 5 Общие условия проведения испытаний

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 6 Номинальные значения параметров

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующими дополнениями.

*Дополнение:*

6.101 Значение **номинального напряжения питания** не должно превышать:

- 1000 В переменного тока или 1415 В постоянного тока без пульсаций для **ИИП** со встроенными **отделяющими трансформаторами и автотрансформаторами**;
- 500 В переменного тока или 708 В постоянного тока без пульсаций для **ИИП** со встроенными **разделительными трансформаторами;**
- 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока без пульсаций для **ИИП** со встроенными **безопасными разделительными трансформаторами.**

Для **автономных ИИП** со **встроенными разделительными трансформаторами** или **автотрансформаторами номинальное вторичное напряжение** должно быть более 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока без пульсаций и не должно превышать 1000 В переменного тока или 1415 В постоянного тока без пульсаций.

6.102 Значение **номинальной выходной мощности** не должно превышать 1 кВ·А или 1 кВ.

Примечание — Значения номинальной выходной мощности для **ИИП** со **встроенными трансформаторами** в соответствии с приложением BB.

6.103 Значение **номинальной частоты питания** не должно превышать 500 Гц.

6.104 Значение **номинальной внутренней рабочей частоты** не должно превышать 100 МГц.

6.105 Значение **номинального напряжения питания** не должно превышать 1100 В переменного тока.

*Соответствие требованиям 6.101 — 6.105 проверяют осмотром маркировки.*

## 7 Классификация

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 8 Маркировка и другая информация

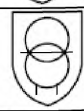
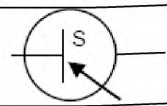
Применяют соответствующий раздел части 1 со следующими изменениями:

8.1 *Замена перечисления* h) *следующим содержанием:*

h) соответствующие графические обозначения, приведенные в 8.11, указывают тип **трансформатора** с дополнением графического обозначения для **ИИП**. Если **трансформаторы** и (или) **присоединенные трансформаторы** со степенью защиты IP00 содержат цепи, соответствующие различным стандартам части 2 (например, **вторичная цепь БСНН** согласно части 2-6 и **вторичная цепь** с напряжением 230 В согласно части 2-4), то должны быть использованы соответствующие символы. Термин «**трансформатор**» заменяют на **ИИП**, за исключением маркировки, **применяемой для встроенных трансформаторов** и **встроенным ИИП**.

**8.11** *Дополнение*

Для определения типа встроенного (ых) **трансформатора (ов)** применяют следующие символы:

| Символ или графическое обозначение | Пояснение | Идентификация |
|---|---|---|
|   | **ИИП со** встроенным **безопасным при повреждении отделяющим трансформатором** | – |
|   | **ИИП со** встроенным **отделяющим трансформатором, не стойким к короткому замыканию** | IEC 60417-5223 (2002-10) |
|   | **ИИП со** встроенным **отделяющим трансформатором, стойкий к короткому замыканию** (условно или безусловно) | IEC 60417-5220 (2002-10) |
|   | **ИИП со** встроенным **безопасным при повреждении разделительным трансформатором** | – |
|   | **ИИП со** встроенным **разделительным трансформатором не стойким к короткому замыканию** | – |
|   | **ИИП со** встроенным **разделительным трансформатором стойким к короткому замыканию** | – |
|   | **ИИП со** встроенным **разделительным трансформатором безопасным при повреждении** | – |
|  | **ИИП со** встроенным **безопасным разделительным трансформатором не стойким к короткому замыканию** | – |
|  | **ИИП со** встроенным **безопасным разделительным трансформатором стойким к короткому замыканию** (условно или безусловно) | – |
|   | **ИИП со** встроенным **безопасным при повреждении автотрансформатором** | – |
|   | **ИИП со** встроенным **не стойким к короткому замыканию автотрансформатором** | – |
|   | **ИИП со** встроенным **стойким к короткому замыканию автотрансформатором** | – |
|   | **ИИП** (импульсные источники питания) | – |

## 9 Защита от поражения электрическим током

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 10 Изменение установки первичного напряжения

Применяют соответствующий раздел части 1, со следующим дополнением.

*Дополнение:*

10.101 Допускается широкий диапазон **напряжения питания** (например, от 100 до 240 В переменного тока), если **вторичное напряжение** не превышает **номинальное вторичное напряжение** и **вторичное напряжение холостого хода** не превышает допустимых пределов вторичного напряжения в зависимости от типа **трансформатора**, питаемого соответствующей **вторичной цепью**.

## 11 Вторичное напряжение и вторичный ток под нагрузкой

Применяют соответствующий раздел части.

## 12 Вторичное напряжение холостого хода

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующими дополнениями:

*Дополнение:*

**Вторичное напряжение холостого хода** измеряют при питании **ИИП номинальным напряжением питания** с **номинальной частотой питания** и при температуре окружающей среды.

12.101 Значение **вторичного напряжения холостого хода** не должно превышать:

- 1000 В переменного тока или 1415 В постоянного тока без пульсаций для **ИИП** со встроенным **отделяющим трансформатором** или **автотрансформатором**;
- 500 В переменного тока или 708 В постоянного тока без пульсаций для **ИИП** со встроенным **разделительным трансформатором;**
- 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока без пульсаций для **ИИП** со встроенным **безопасным разделительным трансформатором.**

Для **автономных трансформаторов** это **вторичное напряжение** ограничивается даже тогда, когда **вторичные обмотки**, не предназначенные для соединения, соединены последовательно.

12.102 Разница между значением **вторичного напряжения холостого хода** и значением вторичного напряжения под нагрузкой не должна быть слишком большой.

Разница между значением **вторичного напряжения холостого хода**, измеренного по настоящему разделу и значением **вторичного напряжения** под нагрузкой, измеренного в ходе испытаний по разделу 11, выраженная в процентах относительно последнего напряжения, не должна превышать 10 %.

Примечание — Отношение определяется следующим образом:

$$\frac{U_{\text{no-load}} - U_{\text{load}}}{U_{\text{load}}} \times 100\ \%,$$

где $U_{\text{no-load}}$ — вторичное напряжение холостого хода;
$U_{\text{load}}$ — вторичное напряжение под нагрузкой.

Таблица 101 — Коэффициент вторичного напряжения

| Номинальная мощность для типа трансформатора, В·А | Соотношение между вторичным напряжением холостого хода и вторичным напряжением под нагрузкой, % |
|---|---|
| До 63 включ. | 20 |
| Св. 63 до 250 включ. | 15 |
| « 250 до 630 « | 10 |
| « 630 | 5 |

Соответствие требованиям 12.101 и 12.102 проверяют измерением **вторичного напряжения холостого хода** при температуре окружающей среды и при питании **трансформатора номинальным напряжением питания** с прибавлением наибольшего колебания первичного напряжения с **номинальной частотой питания**.

Разница не должна превышать значения, указанные в таблице 101.

Примечание — Значения, указанные в Таблице 101, основаны на значениях Части 2-4, а также применимы для БПП согласно Части 2-1, 2-6, 2-13.

**12.103** Если иное не указано изготовителем, **ИИП** с высокой частотой номинальной **выходной мощности** испытывают при помощи провода длиной от 20 до 200 см, присоединенного к **выходным выводам** при самых неблагоприятных условиях. Для таких испытаний используют два витых провода или кабеля с кодовым обозначением 60227 IEC 53.Площадь поперечного сечения проводников, определяют в соответствии с **номинальной выходной мощностью ИИП**, а значение плотности тока не должно превышать 5 А/мм$^2$ при нормальном режиме эксплуатации.

## 13 Напряжение короткого замыкания

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 14 Нагрев

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующим дополнением:

*Дополнение*

14.101 Для определения температуры обмоток и изоляционных материалов при проведении испытаний **ИИП** со встроенными **трансформаторами** с внутренней частотой, превышающей 1 кГц, для измерения температуры используют термопары или другие эквивалентные средства.

*Измеренные термопарами максимальные значения температуры обмоток выбирают из таблицы 1 части 1, при этом максимальные значения температуры должны быть снижены на 10 °С Термопары устанавливают только на доступных поверхностях встроенных трансформаторов.*

Примечание — Термопары не должны быть встроены в обмотки.

## 15 Короткое замыкание и защита от перегрузки

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующим дополнением:

*Дополнение.*

15.101 Электронные схемы должны быть спроектированы и применяться так, чтобы в случае повреждения **ИИП** не создавали опасность поражения электрическим током, возгорания или неправильное срабатывание не вызвало бы нарушение безопасности.

*Соответствие проверяют оценкой условий неисправности, указанных в приложении Н части 1.*

## 16 Механическая прочность

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 17 Защита от вредного проникновения пыли, твердых предметов и влаги

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 18 Сопротивление изоляции, электрическая прочность и ток утечки

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующим изменением:

Таблица 8а: добавить строку 5).

Таблица 8а — Испытательные напряжения для испытаний на диэлектрическую прочность

| Место приложения испытательного напряжения | Рабочее напряжение, В | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | < 50 | 150 | 300 | 600 | 1 000 |
| 5) Через функциональную изоляцию обмоток, предназначенных для последовательного или параллельного соединения | Рабочее напряжение + 500 В | | | | |

Замена текста в примечании к таблице 8а.

[a] Для конструкции согласно 26.2.4.1 (испытание В) напряжение умножается на коэффициент 1,25. Для конструкции согласно 26.2.4.2 напряжение умножается на коэффициент 1,35.

**18.4** Не применяют

*Дополнение:*

Взамен термина «**трансформатор**» применяют **ИИП** в тех случаях, где это применимо.

18.101 **ИИП** подвергают испытанию импульсным напряжением в соответствии с требованиями IEC 60664-1 (таблица F.5) с 1,2/50 мкс.

*После испытания по 18.3* ***ИИП*** *подключают к оборудованию для проведения испытания импульсным напряжением. Испытание импульсным напряжением проводят 10 импульсами каждой полярности между вводами и выводами* ***ИИП****. Интервал между импульсами должен составлять не менее 1 с, если импульсы возникают внутри* ***ИИП****.*

Во время испытания не должно быть нарушения в изоляции между витками обмотки, между **первичной** и **вторичной цепями**, между близлежащими **первичными** и **вторичными цепями**, или между обмотками и любым проводящим сердечником.

18.102 Измерение частичных разрядов проводят в соответствии с IEC 60664-1 (описание испытания см. ниже) в случае, если для изоляции использованы **FIW-провода** и если повторяющиеся рабочее пиковое напряжение через изоляцию $U_t$ составляет более 750 В. За соответствующее повторяющееся пиковое напряжение принимают максимальное измеренное напряжение между первичной и вторичной цепями **ИИП**, при заземленной вторичной обмотке. Измерения проводят при значении напряжения 1,0 максимального номинального первичного напряжения. Измерение частичных разрядов проводят на трансформаторе ИИП с измеренным повторяющимся пиковым напряжением U*t*, более 750 В.

$U_t$ – максимальное пиковое рабочее напряжение;

$t_1$ составляет 5 с;

$t_2$ составляет 15 с.

Значение частичных разрядов должно быть менее или равно 10 пКл в момент времени $t_2$. Испытание проводят в соответствии с рисунком 104. Для других случаев применяют более высокие значения напряжения (например, в соответствии с IEC 61800-5-1).

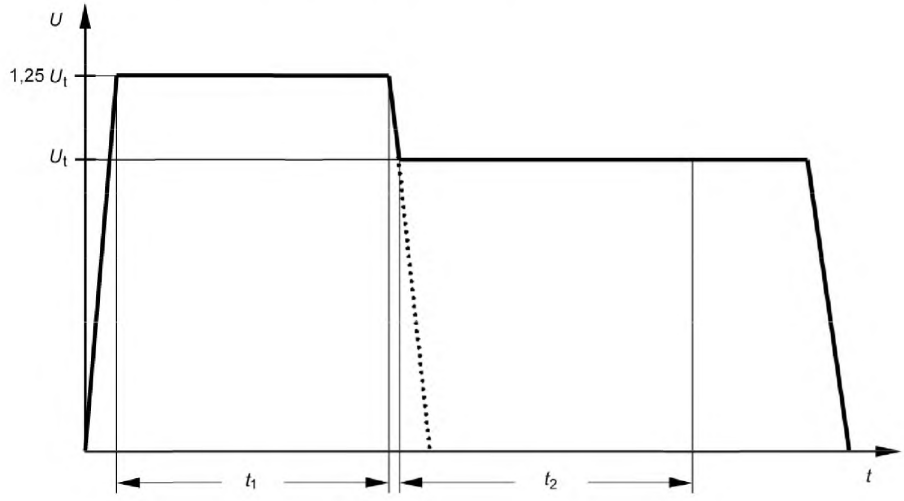



Рисунок 104 — Диаграмма зависимости испытательного напряжения от времени

## 19 Конструкция

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующими изменениями.

19.1 *Замена*

19.1.1 **ИПП со встроенными автотрансформаторами**

19.1.1.1 Подключаемые с помощью вилки **автотрансформаторы со стабилизированным вторичным напряжением** с **номинальным первичным напряжением** большим, чем **номинальное вторичное напряжение**, не должны иметь относительно земли на выходной розетке потенциал больший, чем **номинальное вторичное напряжение**.

*Данное требование выполняется с помощью одного из следующих методов:*

19.1.1.2 Система поляризованных входных и выходных штепсельных вилки и розетки.

В этом случае должно быть даны указания о запрете использования такого трансформатора с системой неполяризованных штепсельных вилки и розетки;

19.1.1.3 Устройство для определения полярности (для системы неполяризованных входных и выходных штепсельных вилок и розеток).

Устройство для определения полярности должно подавать напряжение на вторичную обмотку только после того, как потенциал относительно земли и полюсами штепсельной розетки не превышает значения **номинального вторичного напряжения**. Расстояние между контактами разъединяющего устройства должно быть как минимум 3 мм для каждого полюса.

Примечание — Магнитное реле является примером устройства для определения полярности.

*Соответствие проверяют следующим испытанием:*

***Автотрансформатор** подключают к сети электропитания со значением напряжения в 1,06 раза от **номинального первичного напряжения** при наиболее неблагоприятных условиях нагрузки и вторичного напряжения. Испытания повторяют при смене полярности на входе. Во время испытания измеренное значение потенциала земли и каждого полюса не должно превышать наибольшего значения **вторичного напряжения** под нагрузкой (значение напряжения в 1,06 раза **номинального вторичного напряжения** с учетом допустимых отклонений по разделу 11).*

*Соответствие проверяют измерением.*

Если устройство для определения полярности использует для определения ток, протекающий относительно земли, то этот ток не должен превышать 0,75 мА и должен протекать только в течение периода измерений до смены полярности.

*Соответствие проверяют измерением.*

Все испытания повторяют в условиях неисправности, описанных в H.2.3 части 1. В этом случае, потенциал относительно земли каждого полюса не должен превышать более чем в 1,06 раза наибольшее вторичное напряжение под нагрузкой в течение более 5 с.

*Соответствие проверяют измерением.*

**19.1.2 ИИП со встроенными отделяющими трансформаторами**

19.1.2.1 **Первичные** и **вторичные цепи** должны быть электрически отделены друг от друга, и конструкция должна исключать возможность любого соединения между этими цепями, прямого или косвенного, через другие **токопроводящие части**, за исключением преднамеренного соединения.

*Соответствие проверяют осмотром и измерениями с учетом разделов 18 и 26 части 1.*

19.1.2.2 Изоляция между **первичной (ыми)** и **вторичной (ыми) обмоткой (ами)** должна состоять по крайней мере из **основной изоляции.**

Кроме того, применяют следующие требования:

- для **ИПП класса I** изоляция между **первичными обмотками** и **корпусом**, и между **вторичными обмотками** и **корпусом**, должна состоять, по крайней мере, из **основной изоляции** (обе **основные изоляции** рассчитаны на **рабочее напряжение**);

- для **ИПП класса II** изоляция между **первичными обмотками** и **корпусом**, и между **вторичными обмотками** и **корпусом**, должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (обе **двойные** или **усиленные изоляции** рассчитаны на **рабочее напряжение**).

19.1.2.3 Для **ИПП** с промежуточной **токопроводящей частью** (например, стальным сердечником) или колебательным контуром, не подключенным к **корпусу** и расположенным между **первичной** и **вторичной обмотками**, изоляция между промежуточной **токопроводящей частью** (или колебательным контуром) и **первичными обмотками** и между промежуточной **токопроводящей частью** (или колебательным контуром) и **вторичными обмотками** должна состоять, по крайней мере, из **основной изоляции**.

Примечание — Промежуточная **токопроводящая часть** (или колебательный контур), не отделенная от **первичной** и **вторичной обмоток** или **корпуса**, по крайней мере, **основной изоляцией**, считается присоединенной к соответствующей части (частям).

Кроме того, применяют следующие требования:

- для **ИПП класса I** изоляция между **первичными** и **вторичными обмотками** через промежуточные **токопроводящие части** должна состоять, по крайней мере, из **основной изоляции** (рассчитанной на **рабочее напряжение**);

- для **ИПП класса II** изоляция между **первичными обмотками** и **корпусом**, и между **вторичными обмотками** и **корпусом** через промежуточные **токопроводящие части**, должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (рассчитанной на **первичное** и **вторичное напряжения**).

19.1.2.4 Части **вторичных цепей** могут быть присоединены к защитному заземлению.

19.1.2.5 Не должно быть никаких соединений между **вторичной цепью** и **корпусом,** кроме разрешаемых соответствующим стандартом на оборудование с **присоединенными трансформаторами** или обеспечивается выполнение требований 19.8 части 1. В соответствии с 19.8 допускается применение конденсаторов.

*Соответствие проверяют осмотром.*

**19.1.3 ИИП со встроенными разделительными и безопасными разделительными трансформаторами**

19.1.3.1 **Первичные** и **вторичные цепи** должны быть электрически разделены друг с другом, а так же конструкция должна исключать возможность любого соединения между этими цепями, прямого или косвенного, через другие **токопроводящие части**, за исключением преднамеренного соединения.

*Соответствие проверяют осмотром и измерениями с учетом разделов 18, 19 и 26 части 1.*

19.1.3.2 Изоляция между **первичной (ыми)** и **вторичной (ыми) обмоткой( ами)** должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (рассчитанной на **рабочее напряжение**), кроме случая соответствия требованиям 19.1.3.4.

Кроме того, дополнительно применяют следующие требования:

- для **трансформаторов класса I**, не предназначенных для присоединения к сети питания с помощью вилки, изоляция между **первичным обмотками** и **корпусом**, соединенным с землей, должна состоять, по крайней мере, из **основной изоляции**, рассчитанной на **первичное напряжение**. Изоляция между **вторичными обмотками** и **корпусом**, соединенным с землей, должна состоять, по крайней мере, из **основной изоляции** (рассчитанной на **вторичное напряжение**);

- для **трансформаторов класса I**, предназначенных для присоединения к сети питания с помощью вилки, изоляция между **первичными обмотками** и **корпусом** должна состоять, по крайней мере, из **основной изоляции**, а изоляция между **вторичными обмотками** и **корпусом** должна состоять, по крайней мере, из **дополнительной изоляции** (обе **основная** и **дополнительная изоляции** рассчитаны на **рабочее напряжение**);

- для **трансформаторов класса II** изоляция между **первичными обмотками** и **корпусом** должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (рассчитанной на **первичное напряжение**). Изоляция между **вторичными обмотками** и **корпусом** должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (рассчитанной на **вторичное напряжение**).

19.1.3.3 Для **трансформаторов** с промежуточными токопроводящими частями (например, сердечником) или колебательным контуром, не присоединенным к **корпусу** и расположенным между **первичными** и **вторичными обмотками**, применяют следующие требования:

19.1.3.3.1 для **трансформаторов класса I** и **класса II** изоляция между **первичными** и **вторичными обмотками** через промежуточные **токопроводящие части** должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (рассчитанной на **рабочее напряжение**);

- для **трансформаторов класса II** изоляция между **первичными обмотками** и **корпусом**, и между **вторичными обмотками** и **корпусом** через промежуточные токопроводящие части должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (рассчитанной на **первичное** и **вторичное напряжения**), для цепей БСНН требуется только **основная изоляция**.

- для **трансформаторов,** не являющихся автономными (IP00), изоляция между **первичными** и **вторичными обмотками** через промежуточные **токопроводящие части** должна состоять из **двойной** или **усиленной изоляции** (рассчитанной на **рабочее напряжение**);

19.1.3.3.2 в качестве альтернативы 19.1.3.3.1 для **трансформаторов класса I**, не предназначенных для присоединения вилкой, и для **трансформаторов**, не являющихся автономными (IP00), если конструкцией обеспечивается, что все пластины сердечника соединены с землей (например, пайкой/сваркой) и если в паспорте или инструкции четко определено, что безопасность **трансформатора** зависит от наличия заземления и поэтому не допускается его использование в оборудовании **класса II**, применяют следующее: изоляция между **первичными обмотками** и промежуточной **токопроводящей частью**, соединенной с землей, и между **выходными обмотками** и промежуточной **токопроводящей частью**, соединенной с землей, должна состоять как минимум из **основной изоляции** (рассчитанной на **первичное** и **вторичное напряжения**);

19.1.3.3.3 в дополнение к 19.1.3.3.1 и 19.1.3.3.2 изоляция между промежуточными **токопроводящими частями** и **первичными обмотками**, и между промежуточными **токопроводящими частями** и **вторичными обмотками**, должна состоять, по крайней мере, из **основной изоляции** (рассчитанной на **рабочее первичное** и **вторичное напряжения**). Промежуточная **токопроводящая часть**,

не отделенная от **первичной** или **вторичной обмоток** или **корпуса**, по крайней мере, **основной изоляцией**, считается присоединенной к соответствующей (им) части (ям).

Примечание — Промежуточная металлическая часть, изолированная от одной из обмоток двойной или усиленной изоляцией, считается соединенной к другой обмотке.

19.1.3.4 Для **трансформаторов класса I**, не предназначенных для присоединения к электрической сети вилкой, изоляция между **первичными** и **вторичными обмотками** может состоять из **основной изоляции** с **защитным экранированием** вместо **двойной** или **усиленной изоляции** при условии выполнении следующих условий:

- изоляция между **первичной обмоткой** и защитным экраном должна соответствовать требованиям к **основной изоляции** (рассчитанной на первичное напряжение);
- изоляция между **вторичной обмоткой** и защитным экраном должна соответствовать требованиям к **основной изоляции** (рассчитанной на вторичное напряжение);
- **защитный экран**, если не указано иное, должен быть выполнены из металлической фольги или проволочного экрана, охватывая **первичную обмотку** по всей ширине, и не должен иметь зазоров и отверстий;
- если защитный экран не охватывает **первичную обмотку** по всей ширине, должны использоваться дополнительные липкие ленты или подобная изоляция для обеспечения **двойной изоляции** в этой области;
- если защитный экран изготовлен из фольги, то каждый ее оборот должен быть изолирован от других. В случае только одного оборота перекрытие слоев изоляции должно быть как минимум 3 мм;
- проволока проволочного экрана и выводной провод **защитного экрана** должны иметь **площадь** поперечного сечения, соответствующую **номинальному току** устройства защиты от перегрузки, для обеспечения того, чтобы в случае пробоя **изоляции** или **изоляционной системы** устройство защиты от перегрузки разомкнуло цепь до разрушения выводного провода;
- выводной провод должен быть припаян к **защитному экрану** или закреплен другим столь же надежным способом.

Для **трансформаторов,** предназначенных для присоединения к электрической сети вилкой (в т. ч. встроенной), не допускается изоляция**,** состоящая из **основной изоляции** с **защитным экранированием.**

Примечание — В настоящем подразделе термин «обмотки» не включает в себя **первичные цепи,** такие как колебательный контур.

Примеры конструкции обмоток приведены в приложении М части 1.

19.1.3.5 Не должно быть никаких соединений между **вторичными цепями** и защитным заземлением, кроме установленных требованиями соответствующего стандарта или при выполнении требований части 1 (подраздел 19.8) на оборудование с **присоединенными трансформаторами**.

19.1.3.6 Не должно быть никаких соединений между **вторичной цепью** и **корпусом**, кроме установленных требованиями соответствующего стандарта или при выполнении требований части 1 (подраздел 19.8) на оборудование с **присоединенными трансформаторами**.

*Соответствие проверяют осмотром.*

19.1.3.7 Для **ИИП** со встроенными **разделительным трансформатором и безопасным разделительным трансформатором** вводы и выводы для подключения внешней проводки должны располагаться так, чтобы расстояние, измеренное между точками подключения проводов к этим вводам и выводам, составляло не менее 25 мм. Если для создания этого расстояния используют перегородку, то измерение проводят поверх и вокруг перегородки из изолирующего материала, стационарно закрепленной на **трансформаторе**.

*Соответствие проверяют осмотром и измерением без учета промежуточных токопроводящих частей.*

19.1.3.8 **Переносные трансформаторы** с **номинальной выходной мощностью**, не превышающей 630 В·А, должны быть **класса II**.

19.1.3.9 Для **трансформаторов,** предназначенных для присоединения к электрической сети вилкой (в т. ч. встроенной), не допускается изоляция**,** состоящая из **основной изоляции** с **защитным экранированием.**

19.12.3 Замена.

**Изолированные обмоточные провода** в системах изоляции, обеспечивающих **основную** или **усиленную изоляцию**, должны соответствовать следующим требованиям:

Провод с многослойной экструдированной или спирально намотанной изоляцией (испытанию подвергают только провода как готовое изделие) подвергают испытанию в соответствии с приложением К. Минимальное количество слоев изоляции в конструктивном исполнении проводников должно быть следующим:

- в основной изоляции: два слоя спиральной намотки или один экструдированный слой;
- в дополнительной изоляции: два слоя спиральной намотки или экструдированные;
- в усиленной изоляции: три слоя спиральной намотки или экструдированные.

В изоляции слоя спиральной намотки пути утечки между слоями не должны быть менее значений, указанных в разделе 26, для степени загрязнения 1 пути утечки между слоями должны быть герметично закрыты, как и для неплотных соединений, в соответствии с 26.2.3 (испытание А) и испытательные напряжения при типовых испытаниях согласно К.2 увеличивают в 1,35 раза их нормальных значений.

Примечание 1 — Один слой материала, намотанного с более чем 50%-ым перекрытием принимают за два слоя.

Провода подвергают проверке электрической прочности изоляции при соответствующем значении испытательного напряжения, как указано в 18.3, при приемо-сдаточных испытаниях.

Соответствие проверяют осмотром и измерением и, при необходимости, в соответствии с приложением К.

а) там, где изоляцию обмоточного провода в обмотках используют в качестве **основной** и **дополнительной изоляции**:

- изолированный провод (например, с применением полиамида или изоляции равноценного качества) должен соответствовать требованиям, установленным в приложении К;
- изоляция одного **изолированного обмоточного провода** должна состоять, по крайней мере, из двух слоев **дополнительной изоляции**;
- изоляция одного **изолированного обмоточного провода** должна состоять, по крайней мере, из одного слоя **основной изоляции**;
- изоляцию, обеспечивающую механическое разделение, подвергают испытанию на электрическую прочность **основной изоляции** между изолированными и эмалированными проводами

Примечание 2 — Если основная или дополнительная изоляции состоят из тройного изолированного провода в комбинации с эмалированным проводом, то дополнительное чередование изоляции (механическое разделение) не требуется.

b) там, где изоляцию обмоточного провода в обмотке используют в качестве **усиленной изоляции**:

- изолированный провод (например, с применением полиамида или изоляции равноценного качества) должен соответствовать требованиям, установленным в приложении К;
- изоляция одного **изолированного обмоточного провода** должна состоять, по крайней мере, из трех слоев;
- изоляцию подвергают соответствующему испытанию на электрическую прочность изоляции по 18.3.

Там, где **изолированный обмоточный провод** намотан:

- на металлический или ферритовый сердечник, или
- на эмалированный провод, или
- под эмалированным проводом,

изоляцию, обеспечивающую механическое разделение, подвергают испытанию на электрическую прочность **основной изоляции** между изолированными проводами и сердечником и между изолированными и эмалированными проводами. Обе обмотки не должны соприкасаться друг с другом и оба провода не должны соприкасаться с сердечником.

Примечание 3 — Это требование учитывает механические напряжения, возникающие в **изолированных обмоточных проводах.**

Изготовитель **трансформатора** должен указать, что обмоточный провод прошел испытания на электрическую прочность в полном объеме (100 %) приемо-сдаточных испытаний в соответствии с К.3.

Требования по **путям утечки** и **зазорам** не предъявляют к **изолированным обмоточным проводам**.

Для обмоток, обеспечивающих **усиленную изоляцию**, не требуются значения, указанные в перечислениях 2) с) таблиц 13, С.1 и D.1 или не требуются значения, указанные в 26.106.

*Соответствие проверяют осмотром обмотки и проверкой документации изготовителя провода.*

19.12.101 Трансформаторы, в которых используются полностью изолированные обмоточные провода (**FIW-провода**), должны иметь изоляцию температурного класса F.

19.12.102 Полностью изолированные обмоточные провода (**FIW-провода**) должны соответствовать требованиям, установленным в IEC 60851-5:2008, IEC 60317-0-7 и IEC 60317-56. Если значение номинального диаметра провода, отличается от указанного значения диаметра в таблице 111, то минимальное значение электрической прочности изоляции при высоком напряжении рассчитывают по формуле, указанной после таблице 111:

• **FIW-провода** обеспечивают основную или дополнительную изоляции в соответствии с 19.1.2:

- испытательное напряжение выбирают из таблицы 8а для основной и (или) дополнительной изоляции в соответствии с рабочим напряжением трансформатора, значение электрической прочности должно соответствовать минимальному значению, указанному в таблице 111, для **FIW-проводов,** обеспечивающих основную изоляцию**;**

- между основной изоляцией **FIW-провода** и эмалированного провода используют изоляцию механического разделения. Обе обмотки не должны касаться друг друга. Изоляция, предназначенная для механического разделения, должна выдержать испытание высоким напряжением как для основной изоляции. Требования к путям утечки и зазорам для **FIW-проводов** не предъявляют.

• **FIW-провода,** обеспечивающие двойную или усиленную изоляции в соответствии с 19.1.3:

- испытательное напряжение выбирают из таблицы 8а для основной и (или) дополнительной изоляции в соответствии с рабочим напряжением трансформатора, электрическая прочность основной изоляции **FIW-проводов** должна соответствовать значениям, указанным в таблице 111. Для первичной и вторичной обмотки **FIW-провода** используют как основную изоляцию;

- между двумя основными изоляциями **FIW-проводов** необходимо использовать изоляцию механического разделения. Обе обмотки не должны касаться друг друга. Изоляция для механического разделения должна выдержать испытание высоким напряжением как для основной изоляции. Пути утечки и зазоры между FIW-проводами не проверяют.

• В качестве альтернативы конструкция **FIW-провода** может обеспечивать усиленную изоляцию:

- испытательное напряжение выбирают из таблицы 8а для усиленной изоляции в соответствии с рабочим напряжением трансформатора, значение электрической прочности изоляции **FIW-проводов** должно соответствовать минимальному значению, указанному в таблице 111;

- между усиленной изоляцией **FIW-провода** и эмалированного провода**,** необходимо использовать изоляцию механического разделения. Обе обмотки не должны касаться друг друга. Изоляция механического разделения должна выдержать испытание высоким напряжением как для основной изоляции. Требования к путям утечки и зазорам для **FIW-проводов** не предъявляют.

• В качестве альтернативы конструкция **FIW-провода** может обеспечивать основную и дополнительную изоляции в соответствии с 19.1.3:

- испытательное напряжение выбирают из таблицы 8а для основной и (или) дополнительной изоляции в соответствии с рабочим напряжением трансформатора, значение электрической прочности основной изоляции **FIW-проводов** должно соответствовать минимальному значению, указанному в таблице 111. Для первичной или вторичной обмоток в качестве основной изоляции используют **FIW-провод.** Для других обмоток в качестве основной изоляции используют эмалированный провод;

- между основной изоляцией **FIW-провода** и дополнительной изоляцией эмалированного провода проверяют рабочее напряжение. Требования по **путям утечки** и **зазорам** между FIW-проводами и эмалированными проводами, обеспечивающими дополнительную изоляцию, предъявляют.

• Там где **FIW провода** намотаны:

- на металлические или ферритовые сердечники, изоляцию механического разделения проверяют электрическую прочность как **основную изоляцию** между **FIW-проводами** и сердечником. **FIW-провод** и эмалированные провода (при наличии) не должны соприкасаться с металлическим или ферритовым сердечником.

## 20 Компоненты

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 21 Внутренняя проводка

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 22 Присоединение к источнику питания и другие внешние гибкие кабели и шнуры

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 23 Выводы для внешних проводов

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 24 Средства обеспечения защитного заземления

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 25 Винты и соединения

Применяют соответствующий раздел части 1.

## 26 Пути утечки, зазоры и расстояния через изоляцию

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующими дополнениями.

*Дополнение:*

*Соответствие проверяют испытаниями в соответствии с Н.3 части 1 с учетом следующих требований.*

26.101 **Пути утечки**, **воздушные зазоры** и расстояния через изоляцию применяют в соответствии с таблицей 13 и таблицей D.

26.102 В соответствии с IEC 60664-4:2005 применяют следующие требования для частот, превышающих 30 кГц. В соответствии с IEC 60664-4 для значений **путей утечки**, зазоров и твердой **изоляции** применяют частоту 3 МГц. Если в настоящем стандарте рассматривают частоты свыше 3 МГц, то применяют испытания согласно IEC 60664-4 (раздел 7), высокочастотные испытания (испытание высокой частотой, испытание повышенным напряжением и измерение при повышенной частоте **частичных разрядов**).

**26.103 Зазор**

a) для частот свыше 30 кГц (см. рисунок 101, схема измерений) используют два метода измерения зазоров:

- измерение на основе измеренного пикового рабочего напряжения в соответствии с таблицей 104 и подобным методом измерения для однородного поля в соответствии с таблицей 102.
- измерение на основе измеренного среднеквадратического рабочего напряжения в соответствии с таблицами 13, C.1 и D.1 IEC 61558-1.

Минимальный зазор определяется по наибольшему из двух значений.

b) для частот свыше и равным 30 кГц (см. рисунок 101, на котором приведен пример измерения) используют два метода измерений зазоров, основанных на:

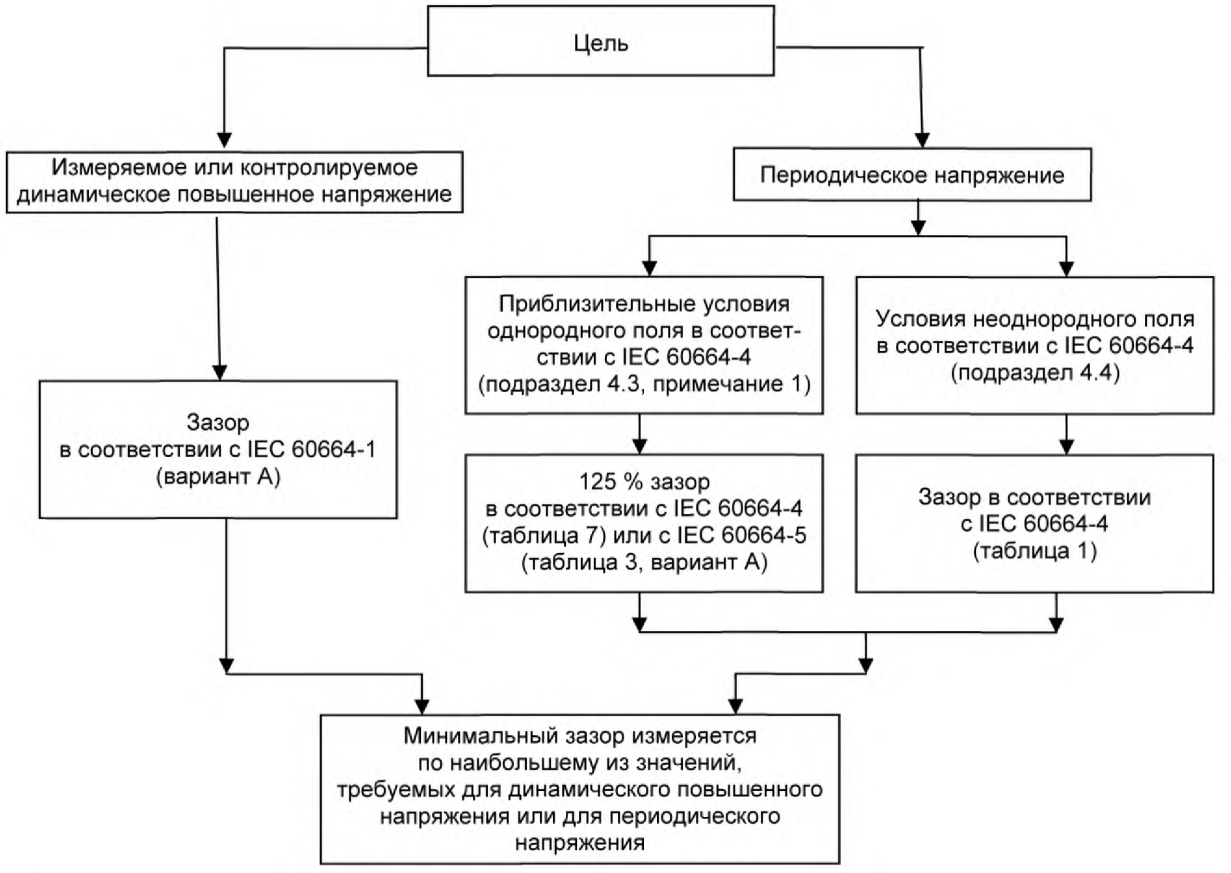
- основе измеренного рабочего пикового напряжения с повторяющимся пиковым напряжением, в соответствии с таблицей 103.
- основе измеренного среднеквадратического рабочего напряжения в соответствии с IEC 61558-1 (таблицы 13, C.1 и D.1).

Минимальный зазор определяется по наибольшему из двух значений.

**Схематический пример проведения измерений**

На схемах приведены примеры установления факторов, влияющих на выбор размеров зазоров и путей утечки при расположении изоляции. Схемы являются примером проведения измерений, и не заменяют соответствующие требования, установленные в настоящем стандарте. А именно, они не учитывают измерения для однородного поля (значения, указанные для варианта B), более точного измерения зазоров для частот между $f_{crit}$ и $f_{min}$ и размеров твердой **изоляции** и последовательность испытаний высокочастотным напряжением.

Измерение зазоров и путей утечки является независимым. Поэтому при случайном возникновении зазоров и путей утечки на поверхности при сравнении с аналогичной изоляционной поверхностью, выбирают наибольший из зазоров или путей утечки.




Примечания

1 Для частот приблизительное однородное поле возникает, если радиус кривизны токопроводящих частей равен или превышает 20 % размера зазора. Необходимый радиус кривизны определяют только по завершении процесса измерения.

2 Схема измерений содержит аналогичные требования, установленные в IEC 60664-4 (приложение F).

Рисунок 101 — Схематический пример проведения измерений зазоров

Таблица 102 — Значения зазоров для частот свыше 30 кГц с приблизительно однородным состоянием поля в соответствии с IEC 60664-4 (подраздел 4.3)

| Рабочее напряжение (пиковое значение) | Зазоры для приблизительного однородного поля | |
|---|---|---|
| | Основная изоляция | Двойная или усиленная изоляция |
| *В* | мм | |
| 330 | 0,02 | 0,03 |
| 400 | 0,04 | 0,06 |
| 500 | 0,07 | 0,11 |
| 600 | 0,1 | 0,16 |
| 800 | 0,15 | 0,33 |
| 1000 | 0,2 | 0,45 |
| 1200 | 0,3 | 0,57 |
| 1500 | 0,43 | 0,8 |
| 2000 | 0,6 | 1,2 |
| 2500 | 0,86 | 1,5 |
| 3000 | 1,1 | 2,0 |
| 4000 | 1,5 | 3,0 |
| 5000 | 2,1 | 3,5 |

*Окончание таблицы 102*

| Рабочее напряжение (пиковое значение) | Зазоры для приблизительного однородного поля | |
|---|---|---|
| | Основная изоляция | Двойная или усиленная изоляция |
| *В* | мм | |
| 6000 | 3,1 | 4,5 |
| 8000 | 3,5 | 6,0 |
| Примечание — Значения, приведенные в таблице 102, основаны на значениях, указанных в IEC 60664-1 (таблица 7 и таблица 7а — 125 % импульсного напряжения). Значения двойной или усиленной изоляции рассчитывают в соответствии с IEC 60664-1 с учетом коэффициента 1,6 напряжения (пикового значения выдерживаемого напряжения). | | |

Если величина зазора, приведенного в таблице 102, менее значения, установленного в IEC 61558-1 (таблица 13) (IEC 60664-1, таблица F.2), то применяют значение, установленное в IEC 61558-1.

Приблизительное однородное поле возникает, если радиус кривизны токопроводящих частей равен или превышает 20 % зазора.

Таблица 103 — Значения зазоров для динамического перенапряжения или повторяющегося импульсного напряжения, возникающего в первичной цепи ИИП для частот менее или равным 30 кГц

| Напряжение (пиковое значение) | Зазоры для неоднородного поля | |
|---|---|---|
| | Основная изоляция | Двойная или усиленная изоляция |
| *В* | мм | мм |
| 330 | 0,01 | 0,04 |
| 400 | 0,02 | 0,07 |
| 500 | 0,04 | 0,13 |
| 600 | 0,06 | 0,2 |
| 800 | 0,13 | 0,5 |
| 1000 | 0,26 | 0,87 |
| 1200 | 0,42 | 1,18 |
| 1500 | 0,76 | 1,7 |
| 2000 | 1,27 | 2,7 |
| 2500 | 1,8 | 3,8 |
| 3000 | 2,4 | 5,4 |
| 4000 | 3,8 | 8,5 |
| 5000 | 5,7 | 11 |
| 6000 | 7,9 | 14,4 |
| 8000 | 11,0 | 20,6 |
| Примечание — Значения, приведенные в таблице 103, основаны на значениях, указанных в IEC 60664-1 (таблица 7а). Значения двойной или усиленной изоляции рассчитывают в соответствии с IEC 60664-1 с учетом коэффициента 1,6 напряжения (пикового значение выдерживаемого напряжения). | | |

Если величина зазора, указанного в таблице 104, менее установленного значения в соответствии с IEC 61558-1 (таблица 13), (IEC 60664- 1, таблица F.2), то применяют значение, установленное в соответствии с IEC 61558-1.

Таблица 104 — Минимальные значения зазоров в пространстве для неоднородного поля с частотой, превышающей 30 кГц

| Рабочее напряжение $U_{пико}$ (кВ) | Основная или дополнительная изоляция Зазоры (мм) | Двойная или усиленная изоляция Зазоры (мм) |
|---|---|---|
| До 0,6 | 0,06 | 0,12 |
| 0,8 | 0,18 | 0,36 |
| 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| 1,2 | 1,4 | 2,8 |
| 1,4 | 2,35 | 4,7 |
| 1,6 | 4,0 | 8,0 |
| 1,8 | 6,7 | 13,4 |

*Окончание таблицы 104*

| Рабочее напряжение $U_{пико}$ (кВ) | Основная или дополнительная изоляция Зазоры (мм) | Двойная или усиленная изоляция Зазоры (мм) |
|---|---|---|
| 2,0 | 11 | 22,0 |
| Примечание — Значения, приведенные в таблице 104, основаны на значениях, указанных в IEC 60664-4:2005 (таблица 1), значения двойной или усиленной изоляции в два раза превышают значение основной изоляции в соответствии с 109/58/CDV. | | |

Допускается интерполяция.

Если значение зазора, приведенного в таблице 104 менее установленного значения в соответствии с IEC 61558-1 (таблица 13), (IEC 60664-1, таблица F.2), то применяют значение, установленное в IEC 61558-1.

**26.104** Рабочее напряжение для измерения зазоров, приведенное в таблицах 102, 103 и 104, представляет собой пиковое значение.

Все значения импульсного напряжения, а также пиковое значение в момент времени (мкс), выбирают в соответствии с таблицами 102 — 104.

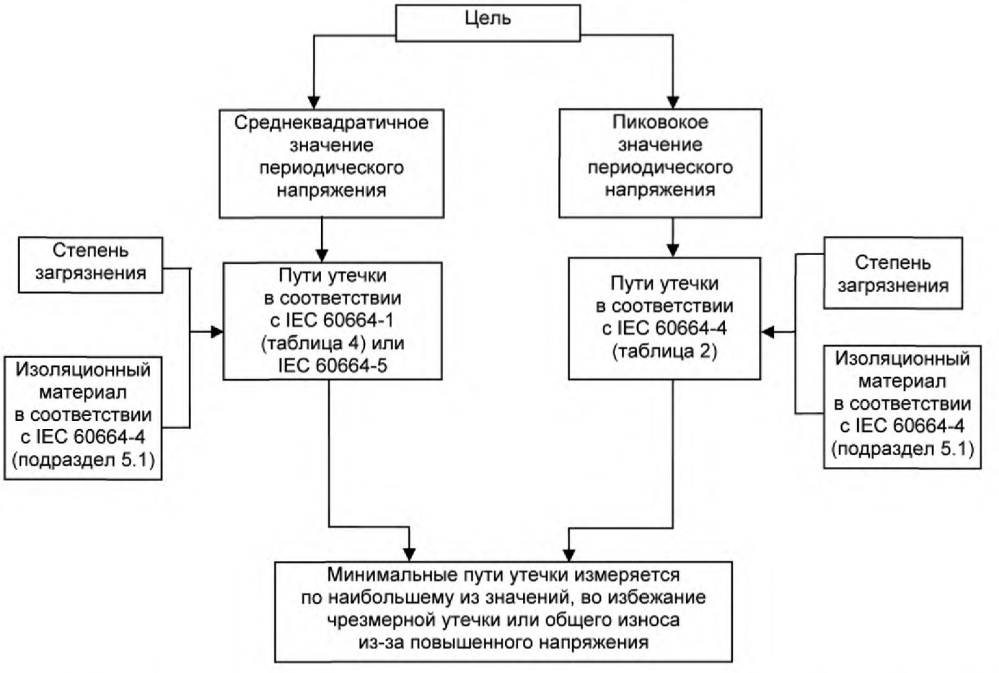
Измеренное среднеквадратичное значение напряжения вычисляют в соответствии IEC 61558-1 (таблице 13), (IEC 60664-1, таблица F.2). Если конструкция удовлетворяет требованиям IEC 60664-4 (подраздел 4.3) для однородного состояния поля, применяют значения, приведенные в таблице 102 (125 % — значения, указанные в IEC 60664-1, таблица 7).

**26.105 Пути утечки**

Используют два метода измерения расстояний путей утечки (см. рисунок 102):

- на основе измеренного рабочего пикового напряжения в соответствии с таблицами 105–110;
- на основе среднеквадратичного рабочего напряжения в соответствии IEC 61558-1 (таблицы 13, C.1 и D.1 IEC 61558-1).

Значения, приведенные в таблицах 105-110, не учитывают отслеживания явлений для частот свыше или 30 кГц. Все пики включаются в пиковые значения рабочего напряжения. Поэтому, если значения для частот свыше 30 кГц в таблицах 105–110 настоящего стандарта, и менее, чем соответствующие значения в таблицах 13, C.1 или D.1 IEC 61558-1, то выбирают наибольшие значения из указанных.




Примечания — Схема измерений содержит аналогичные требования, установленные в IEC 60664-4 (приложение F).

Рисунок 102 — Схематический пример проведения измерений путей утечки

Таблица 105 — Основная или дополнительная изоляция. Минимальные значения путей утечки для различных диапазонов частот (степень загрязнения 1)

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < $f$ < 100 кГц | $f$ < 150 кГц | $f$ < 200 кГц | $f$ < 300 кГц | $f$ < 400 кГц | $f$ < 500 кГц | $f$ < 600 кГц | $f$ < 700 кГц | $f$ < 800 кГц | $f$ < 900 кГц | $f$ < 1 МГц | $f$ < 2 МГц | $f$ < 3 МГц |
| 0,1 | 0,02 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,30 |
| 0,2 | 0,04 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,15 | 2,80 |
| 0,3 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,80 | 20,00 |
| 0,4 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,24 | 0,30 | 0,35 | 4,50 | – |
| 0,5 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,77 | 1,13 | 1,50 | 20,00 | – |
| 0,6 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,34 | 0,40 | 0,55 | 0,70 | 0,85 | 2,23 | 3,62 | 5,00 | – | – |
| 0,7 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,53 | 0,68 | 1,09 | 1,49 | 1,90 | 7,93 | 13,97 | 20,00 | – | – |
| 0,8 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,83 | 1,10 | 2,00 | 2,90 | 3,80 | – | – | – | – | – |
| 0,9 | 0,53 | 0,67 | 0,82 | 1,36 | 1,90 | 4,17 | 6,43 | 8,70 | – | – | – | – | – |
| 1 | 0,60 | 0,88 | 1,15 | 2,08 | 3,00 | 8,00 | 13,00 | 18,00 | – | – | – | – | – |
| 1,1 | 0,68 | 1,19 | 1,70 | 3,35 | 5,00 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,2 | 0,85 | 1,63 | 2,40 | 5,30 | 8,20 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,3 | 1,20 | 2,35 | 3,50 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,4 | 1,65 | 3,33 | 5,00 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,5 | 2,30 | 4,80 | 7,30 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,6 | 3,15 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,7 | 4,40 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,8 | 6,10 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

[a] Напряжение, указанное в этой графе, является максимальным пиковым значением напряжения высокочастотного напряжения. Такое напряжение может возникать между изоляцией первичной и вторичной цепи при номинальном напряжении питания и при нормальном режиме работы. Вторичную цепь заземляют при измерении данного напряжения. Включены переходные процессы.

Значения путей утечки для промежуточных значений рабочих напряжений могут быть найдены путем интерполяции между значениями, указанными в таблице.

Если значение длины пути утечки менее установленных значений зазоров, то значение зазора применяют к длине пути утечки.

Рабочее пиковое напряжение включает в себя небольшие пики (см. 26.105). Необходимо измерить среднеквадратичное значение напряжения (см. 26.104 и таблицу 105).

Если числовое значение заменено прочерком в графе таблицы, это означает, что значение этого показателя не установлено. Данные значения находятся на стадии рассмотрения.

Таблица 106 — Основная или дополнительная изоляция. Минимальные значения путей утечки для различных диапазонов частот (степень загрязнения 2)

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < $f$ < 100 кГц | $f$ < 150 кГц | $f$ < 200кГц | $f$ < 300 кГц | $f$ < 400 кГц | $f$ < 500 кГц | $f$ < 600 кГц | $f$ < 700 кГц | $f$ < 800 кГц | $f$ < 900 кГц | $f$ < 1 МГц | $f$ < 2 МГц | $f$ < 3 МГц |
| 0,1 | 0,02 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,36 |
| 0,2 | 0,05 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,18 | 3,36 |
| 0,3 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,96 | 24,00 |
| 0,4 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,29 | 0,36 | 0,42 | 5,40 | – |
| 0,5 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,36 | 0,42 | 0,48 | 0,92 | 1,36 | 1,80 | 24,00 | – |
| 0,6 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,40 | 0,48 | 0,66 | 0,84 | 1,02 | 2,68 | 4,34 | 6,00 | – | – |
| 0,7 | 0,43 | 0,44 | 0,46 | 0,64 | 0,82 | 1,30 | 1,79 | 2,28 | 9,52 | 16,76 | 24,00 | – | – |
| 0,8 | 0,54 | 0,60 | 0,66 | 0,99 | 1,32 | 2,40 | 3,48 | 4,56 | – | – | – | – | – |
| 0,9 | 0,63 | 0,81 | 0,98 | 1,63 | 2,28 | 5,00 | 7,72 | 10,44 | – | – | – | – | – |

*Окончание таблицы 106*

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < *f* < 100 кГц | *f* < 150 кГц | *f* < 200кГц | *f* < 300 кГц | *f* < 400 кГц | *f* < 500 кГц | *f* < 600 кГц | *f* < 700 кГц | *f* < 800 кГц | *f* < 900 кГц | *f* < 1 МГц | *f* < 2 МГц | *f* < 3 МГц |
| 1 | 0,72 | 1,05 | 1,38 | 2,49 | 3,60 | 9,60 | 15,60 | 21,60 | – | – | – | – | – |
| 1,1 | 0,82 | 1,43 | 2,04 | 4,02 | 6,00 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,2 | 1,02 | 1,95 | 2,88 | 6,36 | 9.84 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,3 | 1,44 | 2,82 | 4,20 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,4 | 1,98 | 3,99 | 6,00 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,5 | 2,76 | 5,76 | 8,76 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,6 | 3,78 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,7 | 5,28 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,8 | 7,32 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

[a] Напряжение, указанное в этой графе, является максимальным пиковым значением напряжения высокочастотного напряжения. Такое напряжение может возникать между изоляцией первичной и вторичной цепи при номинальном напряжении питания и при нормальном режиме работы. Вторичную цепь заземляют при измерении данного напряжения. Включены переходные процессы.

Значения путей утечки для промежуточных значений рабочих напряжений могут быть найдены путем интерполяции между значениями, указанными в таблице.

Если значение длины пути утечки менее установленных значений зазоров, то значение зазора применяют к длине пути утечки.

Рабочее пиковое напряжение включает в себя небольшие пики (см. 26.105). Необходимо измерить среднеквадратичное значение напряжения (см. 26.104 и таблицу 105).

Если числовое значение заменено прочерком в графе таблицы, это означает, что значение этого показателя не установлено. Данные значения находятся на стадии рассмотрения.

Таблица 107 — Основная или дополнительная изоляция. Минимальные значения путей утечки для различных диапазонов частот (степень загрязнения 3)

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < *f* < 100 кГц | *f* < 150 кГц | *f* < 200 кГц | *f* < 300 кГц | *f* < 400 кГц | *f* < 500 кГц | *f* < 600 кГц | *f* < 700 кГц | *f* < 800 кГц | *f* < 900 кГц | *f* < 1 МГц | *f* < 2 МГц | *f* < 3 МГц |
| 0,1 | 0,02 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,42 |
| 0,2 | 0,06 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,21 | 3,92 |
| 0,3 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 1,12 | 28,00 |
| 0,4 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,34 | 0,42 | 0,49 | 6,30 | – |
| 0,5 | 0,26 | 0,26 | 0,27 | 0,31 | 0,35 | 0,42 | 0,49 | 0,56 | 1,07 | 1,59 | 2,10 | 28,00 | – |
| 0,6 | 0,37 | 0,38 | 0,38 | 0,47 | 0,56 | 0,77 | 0,98 | 1,19 | 3,13 | 5,06 | 7,00 | – | – |
| 0,7 | 0,50 | 0,52 | 0,53 | 0,74 | 0,95 | 1,52 | 2,09 | 2,66 | 11,11 | 19,55 | 28,00 | – | – |
| 0,8 | 0,63 | 0,70 | 0,77 | 1,16 | 1,54 | 2,80 | 4,06 | 5,32 | – | – | – | – | – |
| 0,9 | 0,74 | 0,94 | 1,15 | 1,90 | 2,66 | 5,83 | 9,01 | 12,18 | – | – | – | – | – |
| 1 | 0,84 | 1,23 | 1,61 | 2,91 | 4,20 | 11,20 | 18,20 | 25,20 | – | – | – | – | – |
| 1,1 | 0,96 | 1,67 | 2,38 | 4,69 | 7,00 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,2 | 1,19 | 2,28 | 3,36 | 7,42 | 11,48 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,3 | 1,68 | 3,29 | 4,90 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,4 | 2,31 | 4,66 | 7,00 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,5 | 3,22 | 6,72 | 10,22 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,6 | 4,41 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,7 | 6,16 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

*Окончание таблицы 107*

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < *f* < 100 кГц | *f* < 150 кГц | *f* < 200 кГц | *f* < 300 кГц | *f* < 400 кГц | *f* < 500 кГц | *f* < 600 кГц | *f* < 700 кГц | *f* < 800 кГц | *f* < 900 кГц | *f* < 1 МГц | *f* < 2 МГц | *f* < 3 МГц |
| 1,8 | 8,54 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

[a] Напряжение, указанное в этой графе, является максимальным пиковым значением напряжения высокочастотного напряжения. Такое напряжение может возникать между изоляцией первичной и вторичной цепи при номинальном напряжении питания и при нормальном режиме работы. Вторичную цепь заземляют при измерении данного напряжения. Включены переходные процессы.

Значения путей утечки для промежуточных значений рабочих напряжений могут быть найдены путем интерполяции между значениями, указанными в таблице.

Если значение длины пути утечки менее установленных значений зазоров, то значение зазора применяют к длине пути утечки.

Рабочее пиковое напряжение включает в себя небольшие пики (см. 26.105). Необходимо измерить среднеквадратичное значение напряжения (см. 26.104 и таблицу 105).

Если числовое значение заменено прочерком в графе таблицы, это означает, что значение этого показателя не установлено. Данные значения находятся на стадии рассмотрения.

Таблица 108 — Двойная или усиленная изоляция. Минимальные значения путей утечки для различных диапазонов частот (степень загрязнения 1)

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < *f* < 100 кГц | *f* < 150 кГц | *f* < 200 кГц | *f* < 300 кГц | *f* < 400 кГц | *f* < 500 кГц | *f* < 600 кГц | *f* < 700 кГц | *f* < 800 кГц | *f* < 900 кГц | *f* < 1 МГц | *f* < 2 МГц | *f* < 3 МГц |
| 0,1 | 0,03 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,60 |
| 0,2 | 0,08 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,30 | 5,60 |
| 0,3 | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 1,60 | 40,00 |
| 0,4 | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,33 | 0,35 | 0,38 | 0,49 | 0,59 | 0,70 | 9,00 | – |
| 0,5 | 0,37 | 0,37 | 0,38 | 0,44 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 1,53 | 2,27 | 3,00 | 40,00 | – |
| 0,6 | 0,53 | 0,54 | 0,54 | 0,67 | 0,80 | 1,10 | 1,40 | 1,70 | 4,47 | 7,23 | 10,00 | – | – |
| 0,7 | 0,72 | 0,74 | 0,76 | 1,06 | 1,36 | 2,17 | 2,99 | 3,80 | 15,87 | 27,93 | 40,00 | – | – |
| 0,8 | 0,90 | 1,00 | 1,10 | 1,65 | 2,20 | 4,00 | 5,80 | 7,60 | – | – | – | – | – |
| 0,9 | 1,05 | 1,35 | 1,64 | 2,72 | 3,80 | 8,33 | 12,87 | 17,40 | – | – | – | – | – |
| 1 | 1,20 | 1,75 | 2,30 | 4,15 | 6,00 | 16,00 | 26,00 | 36,00 | – | – | – | – | – |
| 1,1 | 1,37 | 2,38 | 3,40 | 6,70 | 10,00 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,2 | 1,70 | 3,25 | 4,80 | 10,60 | 16,40 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,3 | 2,40 | 4,70 | 7,00 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,4 | 3,30 | 6,65 | 10,00 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,5 | 4,60 | 9,60 | 14,60 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,6 | 6,30 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,7 | 8,80 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,8 | 12,20 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

[a] Напряжение, указанное в этой графе, является максимальным пиковым значением напряжения высокочастотного напряжения. Такое напряжение может возникать между изоляцией первичной и вторичной цепи при номинальном напряжении питания и при нормальном режиме работы. Вторичную цепь заземляют при измерении данного напряжения. Включены переходные процессы.

Значения путей утечки для промежуточных значений рабочих напряжений могут быть найдены путем интерполяции между значениями, указанными в таблице.

Если значение длины пути утечки менее установленных значений зазоров, то значение зазора применяют к длине пути утечки.

Рабочее пиковое напряжение включает в себя небольшие пики (см. 26.105). Необходимо измерить среднеквадратичное значение напряжения (см. 26.104 и таблицу 105).

Если числовое значение заменено прочерком в графе таблицы, это означает, что значение этого показателя не установлено. Данные значения находятся на стадии рассмотрения.

Таблица 109 — Двойная или усиленная изоляция. Минимальные значения путей утечки для различных диапазонов частот (степень загрязнения 2)

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30кГц < $f$ < 100кГц | $f$ < 150 кГц | $f$ < 200кГц | $f$ < 300 кГц | $f$ < 400 кГц | $f$ < 500 кГц | $f$ < 600 кГц | $f$ < 700 кГц | $f$ < 800 кГц | $f$ < 900 кГц | $f$ < 1 МГц | $f$ < 2 МГц | $f$ < 3 МГц |
| 0,1 | 0,04 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,72 |
| 0,2 | 0,10 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,36 | 6,72 |
| 0,3 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 1,92 | 48,00 |
| 0,4 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | 0,34 | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 0,46 | 0,58 | 0,71 | 0,84 | 10,80 | – |
| 0,5 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,53 | 0,60 | 0,72 | 0,84 | 0,96 | 1,84 | 2,72 | 3,60 | 48,00 | – |
| 0,6 | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,80 | 0,96 | 1,32 | 1,68 | 2,04 | 5,36 | 8,66 | 12,00 | – | – |
| 0,7 | 0,86 | 0,89 | 0,91 | 1,27 | 1,63 | 2,61 | 3,58 | 4,56 | 19,04 | 33,52 | 48,00 | – | – |
| 0,8 | 1,08 | 1,20 | 1,32 | 1,98 | 2,64 | 4,80 | 4,96 | 9,12 | – | – | – | – | – |
| 0,9 | 1,26 | 1,61 | 1,97 | 3,26 | 4,56 | 10,00 | 15,44 | 20,88 | – | – | – | – | – |
| 1 | 1,44 | 2,10 | 2,76 | 4,98 | 7,20 | 19,20 | 31,20 | 43,20 | – | – | – | – | – |
| 1,1 | 1,64 | 2,86 | 4,08 | 8,04 | 12,00 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,2 | 2,04 | 3,90 | 5,76 | 12,72 | 19,68 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,3 | 2,88 | 6,64 | 8,40 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,4 | 3,96 | 7,98 | 12,00 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,5 | 5,52 | 11,52 | 17,52 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,6 | 7,56 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,7 | 10,56 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,8 | 14,64 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

[a] Напряжение, указанное в этой графе, является максимальным пиковым значением напряжения высокочастотного напряжения. Такое напряжение может возникать между изоляцией первичной и вторичной цепи при номинальном напряжении питания и при нормальном режиме работы. Вторичную цепь заземляют при измерении данного напряжения. Включены переходные процессы.

Значения путей утечки для промежуточных значений рабочих напряжений могут быть найдены путем интерполяции между значениями, указанными в таблице.

Если значение длины пути утечки менее установленных значений зазоров, то значение зазора применяют к длине пути утечки.

Рабочее пиковое напряжение включает в себя небольшие пики (см. 26.105). Необходимо измерить среднеквадратичное значение напряжения (см. 26.104 и таблицу 105).

Если числовое значение заменено прочерком в графе таблицы, это означает, что значение этого показателя не установлено. Данные значения находятся на стадии рассмотрения.

Таблица 110 — Двойная или усиленная изоляция. Минимальные значения путей утечки для различных диапазонов частот (степень загрязнения 3)

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < $f$ < 100 кГц | $f$ < 150 кГц | $f$ < 200кГц | $f$ < 300 кГц | $f$ < 400 кГц | $f$ < 500 кГц | $f$ < 600 кГц | $f$ < 700 кГц | $f$ < 800 кГц | $f$ < 900 кГц | $f$ < 1 МГц | $f$ < 2 МГц | $f$ < 3 МГц |
| 0,1 | 0,05 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,84 |
| 0,2 | 0,12 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 0,42 | 7,84 |
| 0,3 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 2,24 | 56,00 |
| 0,4 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 0,46 | 0,49 | 0,53 | 0,68 | 0,83 | 0,98 | 12,60 | – |
| 0,5 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,62 | 0,70 | 0,84 | 0,98 | 1,12 | 2,15 | 3,17 | 4,20 | 56,00 | – |
| 0,6 | 0,75 | 0,75 | 0,76 | 0,94 | 1,12 | 1,54 | 1,96 | 2,38 | 6,25 | 10,13 | 14,00 | – | – |
| 0,7 | 1,00 | 1,03 | 1,06 | 1,48 | 1,90 | 3,04 | 4,18 | 5,32 | 22,21 | 39,11 | 56,00 | – | – |
| 0,8 | 1,26 | 1,40 | 1,54 | 2,31 | 3,08 | 5,60 | 8,12 | 10,64 | – | – | – | – | – |
| 0,9 | 1,47 | 1,88 | 2,30 | 3,81 | 5,32 | 11,67 | 18,01 | 24,36 | – | – | – | – | – |
| 1 | 1,68 | 2,45 | 3,22 | 5,81 | 8,40 | 22,40 | 36,40 | 50,40 | – | – | – | – | – |

*Окончание таблицы 110*

| Рабочее напряжение | Пути утечки (мм) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{пик}$ (кВ) [a] | 30 кГц < *f* < 100 кГц | *f* < 150 кГц | *f* < 200кГц | *f* < 300 кГц | *f* < 400 кГц | *f* < 500 кГц | *f* < 600 кГц | *f* < 700 кГц | *f* < 800 кГц | *f* < 900 кГц | *f* < 1 МГц | *f* < 2 МГц | *f* < 3 МГц |
| 1,1 | 1,91 | 3,34 | 4,76 | 9,38 | 14,00 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,2 | 2,38 | 4,55 | 6,72 | 14,84 | 22,96 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,3 | 3,36 | 6,58 | 9,80 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,4 | 4,62 | 9,31 | 14,00 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,5 | 6,44 | 13,44 | 20,44 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,6 | 8,82 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,7 | 12,32 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1,8 | 17,08 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

[a] Напряжение, указанное в этой графе, является максимальным пиковым значением напряжения высокочастотного напряжения. Такое напряжение может возникать между изоляцией первичной и вторичной цепи при номинальном напряжении питания и при нормальном режиме работы. Вторичную цепь заземляют при измерении данного напряжения. Включены переходные процессы.

Значения путей утечки для промежуточных значений рабочих напряжений могут быть найдены путем интерполяции между значениями, указанными в таблице.

Если значение длины пути утечки менее установленных значений зазоров, то значение зазора применяют к длине пути утечки.

Рабочее пиковое напряжение включает в себя небольшие пики (см. 26.105). Необходимо измерить среднеквадратичное значение напряжения (см. 26.104 и таблицу 105).

Если числовое значение заменено прочерком в графе таблицы, это означает, что значение этого показателя не установлено. Данные значения находятся на стадии рассмотрения.

**26.106 Расстояние через изоляцию**

Вместо измерения частичных разрядов высокочастотным напряжением (PD-измерение), проводят испытание расстояния через изоляцию методом расчета напряженности электрического поля, значения которого не должны быть менее допустимых значений указанных ниже. Этот метод используют только при соблюдении следующих условий:

- если значение максимальной частоты не превышает 10 МГц;
- если напряженность электрического поля примерно одинаковая и не превышает значений указанные на рисунке 103;
- если между твердой изоляцией отсутствуют другие зазоры и пустоты.

Примечание 1 — Требования, перечисленные далее и график, приведены в соответствии с IEC 60664-4:2005 (подраздел 6.3)

Для толстых слоев твердой изоляции $d_1 \geq 0{,}75$ мм, пиковое значение напряженности электрического поля $E$ должно быть равно или менее допустимого значения 2 кВ/мм.

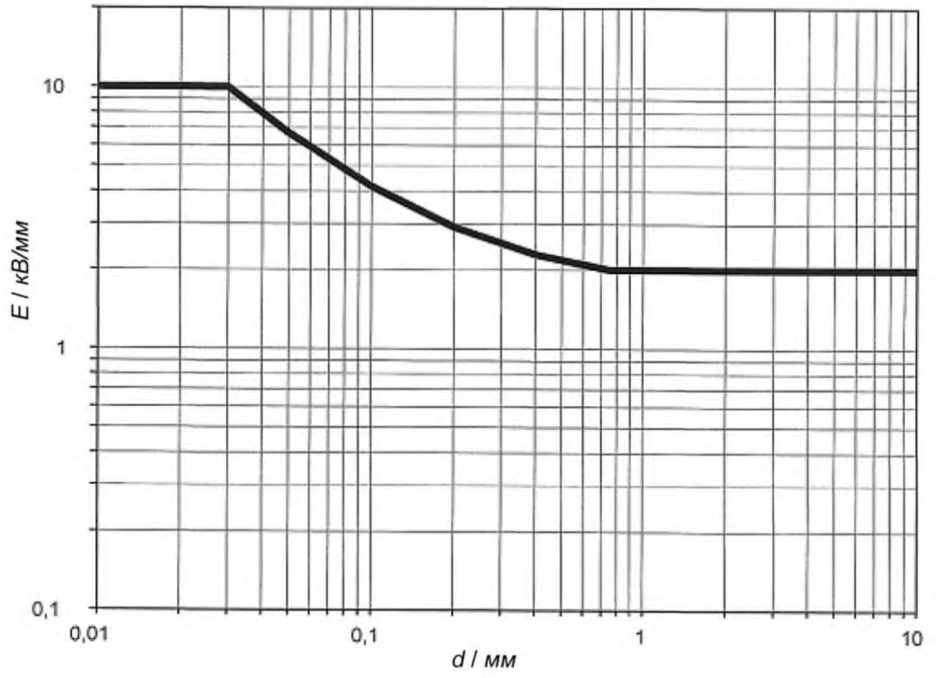
Для тонких слоев твердой изоляции $d_2 \leq 30$ мкм, пиковое значение напряженности электрического поля должно быть равно или менее допустимого значения 10 кВ/мм.

Для $d_1 > d > d_2$, следующее уравнение должно использоваться для расчета пикового значения напряженности поля в зависимости от толщины d (см. также рис 103). Расчетное значение напряженности электрического поля $E$ должно быть равно или менее допустимого значения и определено по следующей формуле

$$E = (\frac{0{,}25}{d} + 1{,}667)\ \frac{\text{êÂ}}{\text{ì ì}} \quad (1)$$

где $d$ — расстояние по изоляции.

Примечание 2 — Электрическое поле считается приблизительно равномерным, если отклонения менее ± 20 % среднего значения напряженности поля.




*E* — напряженность электрического поля

Использование напряженности электрического поля для определения размеров твердой изоляции требует примерно равномерного распределения поля без пустот или зазоров между ними. Если напряженность поля не может быть рассчитана (поскольку поле не является равномерным), или если пиковое значение выше, чем данное в уравнении (1) или на рисунке 103, соответственно; или если наличие пустот или воздушных зазоров не может быть исключено или если на более высоких частотах, больше 10 МГц, то требуется провести испытания на стойкость или измерение высокочастотного напряжения. Первое относится к кратковременным периодам напряжения, второе — к продолжительным периодам напряжения, в соответствии с 5.3.2.2 части 1.

Рисунок 103 — Допустимая напряженность электрического поля при расчете параметров твердой изоляции в соответствии с значением, определяемым по уравнению (1)

26.107 Для трансформаторов с проводами FIW следующее испытание необходимо:

Для проверки FIW-обмотки в конечном трансформаторе используют три образца. Образцы подвергают воздействию температуры 10 циклов в следующей последовательности:

- 68 ч при повышенной температуре обмотки ± 2 °С, измеренной при нормальных условиях эксплуатации плюс 10 К и минимальной температуре 85 °С;
- 1 ч при (25 ± 2) °С;
- 2 ч при (0 ± 2) °С;
- 1 ч при (25 ± 2) °С.

Во время каждого теплового воздействия на образцы между обмотками прикладывают напряжение, равное удвоенному значению рабочего напряжения частотой 50 или 60 Гц, там, где приведенные значения применимы.

Два из трех образцов подвергают испытанию на воздействие влажности по 17.2 (48 ч воздействия) и соответствующее испытание электрической прочности по 18.3.

Один из трех образцов подвергают соответствующему испытанию электрической прочности по 18.3, сразу же по окончании последнего периода испытаний при повышенной температуре во время циклического теплового воздействия.

Измерение частичных разрядов проводят в конце циклического испытания при нормальной комнатной температуре в соответствии с 18.101.

Таблица 111 — Значения минимального испытательного напряжения для FIW-проводов в зависимости от максимального наружного диаметра и в соответствии с увеличением слоя эмали

| Номинальный диаметр по меди FIW-провода | Значения в соответствии с таблицей 7 IEC 60317-0-7:2012 | Максимальный наружный диаметр FIW-проводов с изоляцией | | | | | | | Электрическая прочность основной, дополнительной и усиленной изоляции FIW-проводов | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | FIW 3 | FIW 4 | FIW 5 | FIW 6 | FIW 7 | FIW 8 | FIW 9 | FIW 3 | FIW 4 | FIW 5 | FIW 6 | FIW 7 | FIW 8 | FIW 9 |
| мм | В/мкм | мм | | | | | | | В | | | | | | |
| 0,04 | 56 | 0,058 | 0,069 | 0,079 | 0,089 | 0,099 | 0,0109 | – | 504 | 812 | 1092 | 1372 | 1652 | 1932 | – |
| 0,045 | 56 | 0,066 | 0,078 | 0,089 | 0,100 | 0,111 | 0,122 | – | 588 | 924 | 1232 | 1540 | 1848 | 2156 | – |
| 0,05 | 56 | 0,072 | 0,083 | 0,094 | 0,105 | 0,116 | 0,127 | – | 616 | 924 | 1232 | 1540 | 1848 | 2156 | – |
| 0,056 | 56 | 0,081 | 0,092 | 0,104 | 0,116 | 0,128 | 0,140 | – | 700 | 1008 | 1344 | 1680 | 2016 | 2352 | – |
| 0,063 | 56 | 0,090 | 0,102 | 0,115 | 0,128 | 0,141 | 0,154 | | 756 | 1092 | 1456 | 1820 | 2184 | 2548 | – |
| 0,071 | 56 | 0,098 | 0,110 | 0,120 | 0,100 | 0,149 | 0,102 | 0,170 | 750 | 1092 | 1450 | 1020 | 2104 | 2040 | 2912 |
| 0,08 | 56 | 0,108 | 0,122 | 0,136 | 0,150 | 0,164 | 0,178 | 0,192 | 784 | 1176 | 1568 | 1960 | 2352 | 2744 | 3136 |
| 0,09 | 56 | 0,120 | 0,134 | 0,148 | 0,162 | 0,176 | 0,190 | 0,204 | 840 | 1232 | 1624 | 2016 | 2408 | 2800 | 3192 |
| 0,1 | 56 | 0,132 | 0,148 | 0,164 | 0,180 | 0,196 | 0,212 | 0,228 | 896 | 1344 | 1792 | 2240 | 2688 | 3136 | 3584 |
| 0,112 | 53 | 0,147 | 0,164 | 0,181 | 0,198 | 0,215 | 0,232 | 0,249 | 928 | 1378 | 1829 | 2279 | 2730 | 3180 | 3631 |
| 0,125 | 53 | 0,163 | 0,181 | 0,199 | 0,217 | 0,235 | 0,253 | 0,271 | 1007 | 1484 | 1961 | 2438 | 2915 | 3392 | 3869 |
| 0,14 | 53 | 0,181 | 0,201 | 0,221 | 0,241 | 0,261 | 0,281 | 0,301 | 1087 | 1617 | 2147 | 2677 | 3207 | 3737 | 4267 |
| 0,16 | 53 | 0,250 | 0,227 | 0,249 | 0,271 | 0,293 | 0,315 | 0,337 | 1193 | 1776 | 2359 | 2942 | 3525 | 4108 | 4691 |
| 0,18 | 53 | 0,229 | 0,253 | 0,277 | 0,301 | 0,325 | 0,349 | 0,373 | 1299 | 1935 | 2571 | 3207 | 3843 | 4479 | 5115 |
| 0,2 | 53 | 0,252 | 0,277 | 0,302 | 0,327 | 0,352 | 0,377 | 0,402 | 1378 | 2041 | 2703 | 3366 | 4028 | 4691 | 5353 |
| 0,224 | 53 | 0,280 | 0,307 | 0,334 | 0,361 | 0,388 | 0,415 | 0,442 | 1484 | 2200 | 2915 | 3631 | 4346 | 5062 | 5777 |
| 0,25 | 53 | 0,312 | 0,342 | 0,372 | 0,402 | 0,432 | 0,462 | 0,492 | 1643 | 2438 | 3233 | 4028 | 4823 | 5618 | 6413 |
| 0,28 | 53 | 0,345 | 0,376 | 0,407 | 0,438 | 0,469 | 0,500 | 0,531 | 1723 | 2544 | 3366 | 4187 | 5009 | 5830 | 6652 |
| 0,315 | 53 | 0,384 | 0,415 | 0,446 | 0,477 | 0,508 | 0,539 | 0,570 | 1829 | 2650 | 3472 | 4293 | 5115 | 5936 | 6758 |
| 0,355 | 49 | 0,428 | 0,459 | 0,490 | 0,521 | 0,552 | 0,583 | 0,614 | 1789 | 2548 | 3308 | 4067 | 4827 | 5586 | 6346 |
| 0,4 | 49 | 0,478 | 0,509 | 0,540 | 0,571 | 0,602 | 0,633 | – | 1911 | 2671 | 3430 | 4190 | 4949 | 5709 | – |
| 0,45 | 49 | 0,533 | 0,564 | 0,595 | 0,626 | 0,657 | 0,688 | – | 2034 | 2793 | 3553 | 4312 | 5072 | – | – |
| 0,5 | 49 | 0,587 | 0,628 | 0,669 | 0,710 | 0,751 | – | – | 2132 | 3136 | 4141 | 5145 | 6150 | – | – |
| 0,56 | 37 | 0,653 | 0,694 | 0,753 | 0,776 | 0,817 | – | – | 1721 | 2479 | 3571 | 3996 | 4755 | – | – |
| 0,63 | 37 | 0,728 | 0,769 | 0,810 | 0,851 | 0,892 | – | – | 1813 | 2572 | 3330 | 4089 | 4847 | – | – |
| 0,71 | 37 | 0,814 | 0,855 | 0,896 | 0,937 | 0,978 | – | – | 1924 | 2683 | 3441 | 4200 | 4958 | – | – |
| 0,8 | 37 | 0,911 | 0,962 | 1,013 | 1064 | – | – | – | 2054 | 2997 | 3941 | 4884 | – | – | – |
| 0,9 | 37 | 1,018 | 1,069 | 1,120 | 1,171 | – | – | – | 2183 | 3127 | 4070 | 5014 | – | – | – |
| 1 | 37 | 1,124 | 1,175 | 1,226 | 1,277 | – | – | – | 2294 | 3238 | 4181 | 5125 | – | – | – |
| 1,12 | 33 | 1,248 | 1,309 | 1,370 | – | – | – | – | 2112 | 3119 | 4125 | – | – | – | – |
| 1,25 | 33 | 1,381 | 1,442 | 1,503 | – | – | – | – | 2162 | 3168 | 4175 | – | – | – | – |
| 1,4 | 33 | 1,535 | 1,596 | 1,657 | – | – | – | – | 2228 | 3234 | 4241 | – | – | – | – |
| 1,6 | 33 | 1,740 | 1,801 | 1,862 | – | – | – | – | 2310 | 3317 | 4323 | – | – | – | – |

Расчет испытательного напряжения для следующих диаметров FIW-проводов: (Толщина изоляции (мкм) определяется как разница между наружным диаметром и диаметром медного провода, разделенная на 2).

Минимальная электрическая прочность изоляции для FIW-проводов, определяется как произведение толщины изоляции (мкм) на электрическую прочность1 мкм изоляции.

Значения электрической прочности для FIW-проводов других диаметров, не указанных в таблице 111, определяют по формуле

$$V = \frac{d_a - d_{CU}}{2} \times U \times 10^3,$$

где, $d_a$ — максимальный наружный диаметр, мм;

$d_{CU}$ — номинальный диаметр по меди, мм;

$U$ — значение напряжения в соответствии с IEC 60317-0-7 (таблица 7, графа 2), В/мкм;

$V$ — допустимая электрическая прочность изоляции для FIW-проводов, В.

Значения высокого напряжения, основанные на «повышении эмали» в соответствии с требованиями IEC 60317-0-7 (таблица 7), находятся на стадии рассмотрения.

## 27 Теплостойкость, огнестойкость и трекингостойкость

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующим изменением.

27.2 Не применяют

## 28 Стойкость к коррозии

Применяют соответствующий раздел части 1.

## Приложения

Применяют соответствующие приложения части 1 со следующими изменениями.
Замена приложения К.

## Приложение К
## (обязательное)

## Изоляция обмоточных проводов

### К.1 Основные требования

Настоящее приложение устанавливает требования к обмоточным проводам с изоляцией, которая может использоваться как **основная**, **дополнительная, двойная** или **усиленная изоляции** в наматываемых частях. Основные требования к проводам указаны в 19.12.3.

Настоящее приложение распространяется на круглые обмоточные провода с твердой изоляцией и многожильные обмоточные провода диаметром 0,05 и 5,0 мм, на квадратные и прямоугольные (изгиб в плоскости) обмоточные провода с твердой изоляцией с эквивалентной площадью поперечного сечения (0,002 до 19,6 мм$^2$).

Для проводов, изолированных двумя или более спирально намотанными слоями ленты, перекрытие слоев должно быть достаточным для обеспечения непрерывного перекрытия в наматываемых частях. Для проводов слоев спирально намотанной изоляции должно быть достаточное количество для обеспечения необходимого уровня перекрытия.

### К.2 Испытания типа

#### К.2.1 Основные требования

Обмоточные провода подвергают **испытаниям типа** при температуре от 15 °С до 35 °С и относительной влажности воздуха от 25 % до 75 %, если не указано иное.

#### К.2.2 Электрическая прочность

**К.2.2.1 Круглые обмоточные провода с твердой изоляцией и многожильные обмоточные провода**

Испытуемый образец подготавливают в соответствии с IEC 60851-5:2008 (пункт 4.4.1) (витая пара). Образец подвергают испытанию на электрическую прочность изоляции в соответствии с 18.3 испытательным напряжением, значение которого должно быть не менее:

- 6 кВ (среднеквадратическое значение) для **усиленной изоляции**;
- 3 кВ (среднеквадратическое значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции.**

**К.2.2.2 Квадратные или прямоугольные провода**

Испытуемый образец отбирают в соответствии с IEC 60851-5:2008 (пункт 4.7.1) (провод, испытанный металлической дробью). Затем образец испытывают на электрическую прочность изоляции в соответствии с требованиями 18.3 настоящего стандарта испытательным напряжением, значение которого должно быть не менее:

- 5,5 кВ (среднеквадратичное значение) для **усиленной изоляции**;
- 2,75 кВ (среднеквадратичное значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции**.

#### К.2.3 Сцепление и гибкость

Проводят испытание 8 в соответствии с IEC 60851-3:2009 (подраздел 5.1), используя оправку диаметром, указанным в таблице К.1. Испытательное напряжение прикладывают между проводом и оправкой.

*Испытуемый образец подготавливают в соответствии с требованиями IEC 60851-3:2009 (пункт 5.1.1.4) и подвергают испытанию на электрическую прочность в соответствии с требованиями 18.3 настоящего стандарта испытательном напряжении,* значение которого должно быть не менее:

- 5,5 кВ (среднеквадратичное значение) для **усиленной изоляции**;
- 2,75 кВ (среднеквадратичное значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции**.

Испытательное напряжение прикладывают между проводом и оправкой.

Таблица К.1 — Диаметр оправки

| Номинальный диаметр проводника или его толщина, мм | Диаметр оправки, мм |
|---|---|
| 0,35 | 4,0 ± 0,2 |
| 0,50 | 6,0 ± 0,2 |
| 0,75 | 8,0 ± 0,2 |
| 2,50 | 10,0 ± 0,2 |
| 5,00 | В четыре раза больше диаметра проводника или его толщины [a] |
| [a] В соответствии с IEC 60317-43. | |

*Усилие натяжения, прикладываемое к проводу при намотке на оправку, выбирают расчетным путем исходя из диаметра провода и соответствующей (эквивалентной) ему нагрузки 118 МПа ± 10% (118 Н/мм$^2$ ± 10%).*

*Прямоугольные провода по широкой стороне (толщине) не изгибают. При испытании квадратных и прямоугольных проводов, намотанных на оправку, два соседних витка не должны соприкасаться друг с другом.*

### К.2.4 Тепловой удар

*Испытуемый образец подготавливают в соответствии с требованиями IEC 60851-6:1996 (пункт 3.1.1, испытание 9), с последующим испытанием на электрическую прочность по 18.3 испытательным напряжением,* значение которого должно быть не менее*:*

*- 5,5 кВ (среднеквадратичное значение) для **усиленной изоляции**;*

*- 2,75 кВ (среднеквадратичное значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции**.*

Испытательное напряжение прикладывают между проводом и оправкой. Испытание проводят в термостате при температуре, установленной в соответствии с температурным классом изоляции согласно таблицы К.2. Диаметр оправки и усилие натяжения, прикладываемое к проводу при намотке на оправку, выбирают в соответствии с К.2.3 и таблицей К.1. Испытательное напряжение прикладывают между проволокой и оправкой.

*Испытание электрической прочности проводят при комнатной температуре после извлечения из термостата испытуемого образца.*

Таблица К.2 — Температура термостата

| Температурный класс изоляции | Класс 105 (A) | Класс 120 (E) | Класс 130 (B) | Класс 155 (F) | Класс 180 (H) |
|---|---|---|---|---|---|
| Температура термостата, °С | | | | | |

*Прямоугольные провода по широкой стороне (толщине) не изгибают.*

Примечание — Испытание 9 в соответствии с IEC 60851-6:2009 не проводят для квадратных и прямоугольных обмоточных проводов с твердой изоляцией.

### К.2.5 Сохранение электрической прочности после изгиба

Пять образцов подготавливают в соответствии с требованиями, установленными в К.2.3 и испытывают следующим образом. Каждый образец извлекают из оправки и помещают в контейнер так, чтобы слой дроби вокруг образца был не менее 5 мм. Концы проводника должны быть достаточной длины, чтобы избежать короткого замыкания. Диаметр металлической дроби должен быть не менее 2 мм, допускается применять дробь из нержавеющей или никелированной стали, а также никеля. Контейнер постепенно заполняют дробью до тех пор, пока образец не покроется слоем дроби толщиной не менее 5 мм. Дробь периодически очищают в подходящем растворителе.

Примечание * — Метод испытаний был установлен в IEC 60851-5:1988 (пункт 4.6.1, перечисление c), но не включен в IEC 60851-5:2008, указанного в ссылках настоящего стандарта.

Образцы подвергают испытанию на электрическую прочность изоляции в соответствии с требованиями 18.3 настоящего стандарта испытательным напряжением, значение которого должно быть не менее:

*- 5,5 кВ (среднеквадратичное значение) для **усиленной изоляции**;*

*- 2,75 кВ (среднеквадратичное значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции**.*

* Этот метод испытаний установлен в IEC 60851-5:2008 с изменением Amd 2:2011.

Диаметр оправки и усилие натяжения, прикладываемое к проводу при намотке на оправку, выбирают в соответствии с К.2.3 и таблицей К.1.

## К.3 Испытания, проводимые изготовителем

### К.3.1 Основные требования

*При изготовлении проводов их подвергают испытанию на электрическую прочность изоляции совместно с проводами изготовителя в соответствии с требованиями К.3.2 и К.3.3*

### К.3.2 Приемо-сдаточные испытания

*При проведении **приемо-сдаточных испытаний** провода подвергают испытанию на электрическую прочность изоляции испытательным напряжением, значение которого должно быть не менее:*

*- 4,2 кВ (среднеквадратичное значение) для **усиленной изоляции**;*

*- 2,1 кВ (среднеквадратичное значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции**.*

### К.3.3 Периодические испытания

#### К.3.3.1 Круглые обмоточные провода с твердой изоляцией и многожильные обмоточные провода

*Для испытаний подготавливают образцы проводов типа «витая пара» в соответствии с IEC 60851-5:2008 (пункт 4.4.1). Электрическую прочность изоляции проверяют в соответствии с 18.3 настоящего стандарта испытательным напряжением, значение которого должно быть не менее:*

*- 6 кВ (среднеквадратическое значение) для **усиленной изоляции**;*

*- 3 кВ среднеквадратическое значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции**.*

#### К.3.3.2 Квадратные или прямоугольные провода

*Испытуемый образец подготавливают в соответствии с требованиями IEC 60851-5:2008 (пункт 4.7.1). Далее образец подвергают испытанию на электрическую прочность по 18.3 испытательным напряжением,* значение которого должно быть не менее*:*

*- 5,5 кВ (среднеквадратическое значение) для **усиленной изоляции**;*

*- 3 кВ среднеквадратическое значение) для **основной изоляции** или **дополнительной изоляции**.*

*Дополнение:*

## Приложение AA
## (справочное)

## Измерение частичных разрядов

Требования к измерению частичных разрядов, используемых для испытания методом «черного ящика», находятся на стадии рассмотрения.

## Приложение BB
## (обязательное)

## Дополнительные требования к присоединенным трансформаторам импульсных источников питания с внутренней частотой более 500 Гц

### BB.0 Введение

В настоящем приложении установлены методы испытаний, присоединенных трансформаторов ИИП с внутренней частотой более 500 Гц.

Требования, установленные в настоящем приложении, не применяют, если ИПП, включающий трансформатор, соответствует требованиям настоящего стандарта.

Примечание — Приложение заменяет IEC 61558-17:1997.

### BB.1 Область применения

Применяют соответствующие приложения части 1 со следующим дополнением.

*Дополнение:*

Требования настоящего приложения распространяются на присоединенные силовые однофазные или многофазные трансформаторы с воздушным охлаждением для **ИПП с внутренней частотой,** превышающей 500 Гц:

**- отделяющие трансформаторы;**

**- разделительные трансформаторы;**

**- безопасные разделительные трансформаторы**,

с **номинальным напряжением питания** не более 1000 В переменного тока и **номинальной частотой** не более 500 Гц, но не более 100 МГц, а также **номинальной мощностью** не превышающей:

- 25 кВ·А для однофазных трансформаторов;

- 40 кВ·А для многофазных трансформаторов.

Требования настоящего стандарта распространяются на **сухие трансформаторы**. Обмотки могут быть капсулированы или не капсулированы.

### BB.4 Общие требования

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующими изменениями.

BB.4.2 *Замена:*

*Трансформаторы **ИИП** должны соответствовать требованиям, установленным в соответствующих разделах IEC 61558-1 и настоящего стандарта, а условия применения их в приборе, или оборудовании должны в соответствии с указанной на них маркировкой. Разделительные трансформаторы импульсных источников питания, применяемые в приборах или оборудовании, испытывают в тех же условиях эксплуатации, установленных в соответствии с требованиями стандартов, распространяющихся на это оборудование или приборы.*

*Следовательно, такие трансформаторы импульсных источников питания должны соответствовать требованиям, установленным в соответствующих разделах части 1 и настоящего стандарта:*

*1 – 2 – 3 – 4 – 5.1 – 5.2 – 5.3 – 5.4 – 5.5 – 5.6 – 5.7 – 5.15 – 7.2 – 7.5 – 8.2 – 8.11 – 14.2 – 14.3 – 18.1 – 18.2 – 18.3 – 19.1 – 19.12 – 26.1 – 26.2 – 26.3 – 26.101 – 26.102 – 26.103 – 26.104 – 26.105 – 26.106; приложения A, C, D, E, G, K, L, M, N, P, R, W.*

Дополнительные требования устанавливают в соответствии с требованиями соответствующего стандарта на такую продукцию. Если для соответствия продукции требованиям стандарта, распространяющемуся на эту продукцию, устанавливаемых им требований не достаточно, то применяют соответствующие требования, установленные в настоящем стандарте.

### BB.6 Номинальные параметры

Применяют соответствующий раздел части 1 со следующим дополнением:

*Дополнение:*

BB.6.101 **Вторичное напряжение холостого хода** не должно превышать:

- 1000 В переменного тока для **отделяющих трансформаторов**. Значения **номинального вторичного напряжения** для переменного тока выбирают из ряда: 72, 120, 230, 400, 440, 660 В;
- 500 В переменного тока для **разделительных трансформаторов**. Значения **номинального вторичного напряжения** для переменного тока выбирают из ряда: 72, 120, 230, 400, 440 В;
- 50 В переменного тока для **безопасных разделительных трансформаторов**. Значения **номинального вторичного напряжения** для переменного тока выбирают из ряда: 6, 12, 24, 42, 48 В.

BB.6.102 **Номинальная выходная мощность** не должна превышать следующих значений:

- 1 кВ·А для однофазных и 5 кВ·А для многофазных **отделяющих трансформаторов**.
- 10 кВ·А для однофазных и 16 кВ·А для многофазных **разделительных трансформаторов**.
- 25 кВ·А для однофазных и 40 кВ·А для многофазных **безопасных разделительных трансформаторов**,

за исключением отделяющих, разделительных и безопасных разделительных трансформаторов импульсных источников питания, значения параметров которых оговариваются между изготовителем и потребителем.

BB.6.103 **Номинальные диапазоны частот** должны находиться в диапазоне от 500 Гц до 100 МГц.

BB.6.104 **Номинальное напряжение питания** не должно превышать 1000 В переменного тока.

## Библиография

Применяют библиографию части 1 со следующим дополнением:

*Дополнение:*

IEC 61800-5-1:2007 *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*
(Системы силовых электрических приводов с регулируемой скоростью. Часть 5-1. Требования безопасности. Электро-, тепло- и энергобезопасность)

## Приложение Д.А
## (справочное)

## Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица Д.А.1 — Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

| Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование межгосударственного стандарта |
|---|---|---|
| IEC 61558-1:2009 Безопасность силовых трансформаторов, блоков питания, реакторов и аналогичных изделий. Часть 1. Общие требования и испытания | IDT | ГОСТ IEC 61558-1-2012 Безопасность силовых трансформаторов, блоков питания, реакторов и аналогичных изделий. Часть 1. Общие требования и испытания |
| IEC 61558-2-1:2007 Безопасность силовых трансформаторов, блоков питания, реакторов и аналогичного оборудования. Часть 2-1. Дополнительные требования и испытания разделительных трансформаторов и блоков питания с разделительными трансформаторами общего назначения | IDT | ГОСТ IEC 61558-2-1-2015 Безопасность силовых трансформаторов, источников питания, реакторов и аналогичных изделий. Часть 2-1. Дополнительные требования и методы испытаний отделяющих трансформаторов и источников питания с отделяющими трансформаторами общего назначения |
| IEC 61558-2-4:2009 Безопасность трансформаторов, реакторов, блоков питания и аналогичного оборудования с напряжением питания до 1100 В. Часть 2-4. Дополнительные требования и испытания изолирующих трансформаторов и блоков питания с изолирующими трансформаторами | IDT | ГОСТ IEC 61558-2-4-2015 Безопасность силовых трансформаторов, источников питания, реакторов и аналогичных изделий. Часть 2-4. Дополнительные требования и методы испытаний разделительных трансформаторов и блоков питания с разделительными трансформаторами |
| IEC 61558-2-6:2009 Безопасность трансформаторов, реакторов, блоков питания и аналогичного оборудования с напряжением питания до 1100 В. Часть 2-6. Дополнительные требования и испытания безопасных изолирующих трансформаторов и блоков питания с безопасными изолирующими трансформаторами | IDT | ГОСТ IEC 61558-2-6-2012 Безопасность силовых трансформаторов, источников питания, электрических реакторов и аналогичных изделий. Часть 2-6. Дополнительные требования и методы испытаний безопасных разделительных трансформаторов и источников питания с безопасными разделительными трансформаторами |
| IEC 61558-2-13:2009 Безопасность трансформаторов, реакторов, блоков питания и аналогичного оборудования с напряжением питания до 1100 В. Часть 2-13. Дополнительные требования и испытания автотрансформаторов и блоков питания с автотрансформаторами | IDT | ГОСТ IEC 61558-2-13-2015 Безопасность силовых трансформаторов, источников питания, реакторов и аналогичных изделий. Часть 2-13. Дополнительные требования и методы испытаний автотрансформаторов и блоков питания с автотрансформаторами |
| IEC 60950-1:2013 Оборудование информационных технологий. Безопасность. Часть 1. Общие требования | IDT | ГОСТ IEC 60950-1-2014 * Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования |
| * На территории Республики Беларусь действует СТБ МЭК 60950-1-2003. | | |

Таблица Д.А.2 — Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам другого года издания

| Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта | Обозначение и наименование международного стандарта другого года издания | Степень соответствия | Обозначение и наименование межгосударственного стандарта |
|---|---|---|---|
| IEC 60364-4-41:2005 Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Защита в целях безопасности. Защита от поражения электрическим током | IEC 60364-4-41:1992 Электрические установки зданий. Часть 4. Защита, обеспечивающая безопасность. Глава 41. Защита от поражения электрическим током | IDT | ГОСТ 30331.3-95 (МЭК 364-4-41-92) Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током (IEC 60364-4-41:1992, IDT) |
| IEC 60601-1:2012 Оборудование медицинское электрическое. Часть 1. Общие требования к безопасности и основным характеристикам | IEC 60601-1:1988 Безопасность электромедицинской аппаратуры. Часть 1. Общие требования | IDT | ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1-88) Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности (IEC 60601-1:1988, IDT) |
| IEC 60851-3:2009 Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 3. Механические свойства | IEC 60851-3:1996 Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 3. Механические свойства | IDT | ГОСТ IEC 60851-3-2011 Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 3. Механические свойства (IEC 60851-3:1996, IDT) |
| IEC 60851-5:2008 Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 5. Электрические свойства | IEC 60851-5:1996 Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 5. Электрические свойства | IDT | ГОСТ IEC 60851-5-2011 Провода обмоточные. Методы испытаний. Часть 5. Электрические свойства (IEC 60851-5:1996, IDT) |
| IEC 61010-1:2010 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования | IEC 61010-1:2001 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования | MOD | ГОСТ 12.2.091-2012 (IEC 61010-1:2001) Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования (IEC 61010-1:2001, MOD) |

УДК 621.314.222.6-78(083.74)(476) МКС 29.180 IDT

Ключевые слова: безопасность, трансформатор, реактор, блок питания, импульсный источник питания, трансформатор импульсного источника питания

Ответственный за выпуск *Н. А. Баранов*

Сдано в набор 31.05.2016. Подписано в печать 14.06.2016. Формат бумаги 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Arial. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 5,12 Уч.-изд. л. 2,65 Тираж 2 экз. Заказ 1196

Издатель и полиграфическое исполнение:
Научно-производственное республиканское унитарное предприятие
«Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС)
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/303 от 22.04.2014
ул. Мележа, 3, комн. 406, 220113, Минск.

gost.e-ecolog.ru