ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСТ IEC 61869-1-2015

ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Часть 1

Общие требования

ТРАНСФАРМАТАРЫ ВЫМЯРАЛЬНЫЯ

Частка 1

Агульныя патрабаванні

(IEC 61869-1:2007, 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

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61869-1:2007 Instrument transformers — Part 1: General requirements (Трансформаторы измерительные. Часть 1. Общие требования)

Международный стандарт разработан техническим комитетом IEC/TC 38 «Трансформаторы измерительные» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, и 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 Д.А.

Степень соответствия — идентичная (IDT)

© Госстандарт, 2016

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

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.

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 1
3 Термины и определения 3
4 Нормальные и особые условия эксплуатации 6
5 Нормируемые параметры 8
6 Проектирование и конструирование 11
7 Испытания 21
8 Правила транспортирования, хранения, монтажа, эксплуатации и технического обслуживания 37
9 Безопасность 37
10 Воздействие оборудования на окружающую среду 37
Приложение А (обязательное) Идентификация испытуемого образца 38
Приложение В (справочное) Правила транспортирования, хранения, монтажа эксплуатации и технического обслуживания 39
Приложение С (справочное) Пожаробезопасность 43
Приложение D (справочное) Выборочное испытание 44
Библиография 45
Приложение Д.А (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам и документам 47

Введение

Настоящий стандарт включает в себя общие требования, содержащиеся в отдельных стандартах серии IEC 60044. Кроме того, в него дополнительно включены следующие требования:

- к измерительным трансформаторам с газовой изоляцией;
- к защите от воздействия внутренней электрической дуги при коротком замыкании;
- к степени защиты, обеспечиваемой оболочкой;
- к коррозионной стойкости;
- безопасности и экологическим факторам;
- к проведению дополнительных специальных испытаний.

В настоящем стандарте использованы следующие шрифтовые выделения:

- текст требований — светлый;
- примечания — петит.

Термины, приведенные в разделе 3, выделены полужирным шрифтом.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
Часть 1
Общие требования

ТРАНСФАРМАТАРЫ ВЫМЯРАЛЬНЫЯ
Частка 1
Агульныя патрабаванні

Instrument transformers
Part 1
General requirements

Дата введения 2016-08-01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на вновь изготовленные измерительные трансформаторы с аналоговым или цифровым выходом для использования с электроизмерительными приборами или электрическими защитными устройствами с номинальными частотами от 15 до 100 Гц.

Настоящий стандарт распространяется на все виды изделий и устанавливает только общие требования. Измерительные трансформаторы конкретного вида должны соответствовать требованиям, установленным в настоящем стандарте, и требованиям, установленным в соответствующем стандарте на конкретное изделие.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные стандарты (документы). Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного стандарта (документа) (включая все его изменения).

IEC 60060-1:2010 High-voltage test techniques — Part 1: General definitions and test requirements (Методы испытаний высоким напряжением. Часть 1. Общие определения и требования к испытаниям)

IEC 60068-2-11:1981 Basic environmental testing procedures — Part 2-11: Tests — Test Ka: Salt mist (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-11. Испытания. Испытание Ka. Соляной туман)

IEC 60068-2-17:1994 Basic environmental testing procedures — Part 2-17: Tests — Test Q: Sealing (Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-17. Испытания. Испытание Q. Герметичность)

IEC 60068-2-75:2014 Environmental testing — Part 2-75: Tests — Test Eh: Hammer tests (Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 2-75. Испытания. Испытание Eh. Испытание молотком

IEC 60071-1:2011 Insulation co-ordination — Part 1: Definitions, principles and rules (Координация изоляции. Часть 1. Определения, принципы и правила)

IEC 60085:2007 Electrical insulation — Thermal classification (Изоляция электрическая. Термическая оценка и обозначение)

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

IEC 60296:2012 Fluids for electrotechnical applications — Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear (Жидкости электротехнического назначения. Неиспользованные минеральные изоляционные масла для трансформаторов и распределительных устройств)

IEC 60376:2005 Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF_6) for use in electrical equipment (Технические условия на элегаз (SF_6) технического сорта для электрического оборудования)

IEC 60417-DB-12M:2002 Graphical symbols for use on equipment (Графические символы для использования на оборудовании. 12-месячный абонемент на свободный доступ в базу данных, содержащую все графические символы, опубликованные в IEC 60417)

IEC 60455 (all parts) Resin based reactive compounds used for electrical insulation (Компаунды реактивные на основе смол, применяемые для электрической изоляции)

Издание официальное

IEC 60480:2004 Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF_6) taken from electrical equipment and specification for its re-use (Руководство по проверке и обработке серы шестифтористой (SF_6), взятой из электротехнического оборудования, и технические условия на ее повторное использование)

IEC 60529:2013 Degrees of protection provided by enclosures (IP code) (Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)

IEC 60567:2011 Oil-filled electrical equipment — Sampling of gases and analysis of free and dissolved gases — Guidance (Электрооборудование маслонаполненное. Отбор проб газов и анализ свободных и растворенных газов. Руководство)

IEC 62271-1:2011 High-voltage switchgear and controlgear — Part 1: Common specifications (Аппаратура распределения и управления высоковольтная. Часть 1. Общие технические условия

IEC 60695-1-10:2009 Fire hazard testing — Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products — General guidelines (Испытание на пожароопасность. Часть 1-10. Руководство по оценке пожароопасности электротехнической продукции. Общее руководство)

IEC 60695-1-11:2014 Fire hazard testing — Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products — Fire hazard assessment (Испытание на пожароопасность. Часть 1-11. Руководство по оценке пожароопасности электротехнической продукции. Оценка пожароопасности)

IEC 60695-1-30:2008 Fire hazard testing — Part 1-30: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Preselection testing process — General guidelines (Испытание на пожароопасность. Часть 1-30. Руководство по оценке пожароопасности электротехнической продукции. Процесс испытаний с выбором позиций. Общее руководство)

IEC 60695-7-1:2010 Fire hazard testing — Part 7-1: Toxicity of fire effluent — General guidance (Испытание на пожароопасность. Часть 7-1. Токсичность продуктов горения. Общее руководство)

IEC 60721-3-3:2002 Classification of environmental conditions — Part 3-3: Classification of groups of environmental parameters and their severities — Stationary use of weatherprotected locations (Классификация внешних воздействующих факторов. Часть 3-3. Классификация групп параметров окружающей среды и степени их жесткости. Использование в стационарных условиях, защищенных от атмосферных воздействий)

IEC 60721-3-4:1995 Classification of environmental conditions — Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities — Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations (Классификация внешних воздействующих факторов. Часть 3. Классификация групп параметров окружающей среды и степени их жесткости. Раздел 4. Использование в стационарных условиях, незащищенных от атмосферных воздействий)

IEC/TS 60815-1:2008 [1)] Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions — Part 1: Definitions, information and general principles (Выбор и определение размеров высоковольтных изоляторов, предназначенных для использования в условиях загрязнения. Часть 1. Определения, информация и общие принципы)

IEC/TS 60815-2:2008 [1)] Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions — Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems ((Выбор и определение размеров высоковольтных изоляторов, предназначенных для использования в условиях загрязнения. Часть 2. Керамические и стеклянные изоляторы для систем переменного тока)

IEC 60867:1993 Insulating liquids — Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons (Диэлектрики жидкие. Технические условия на неиспользованные жидкости на основе синтетических ароматических углеводородов)

IEC 61462:2007 Composite hollow insulators — Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater that 1000 B — Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations (Изоляторы полые комбинированные. Герметизированные и негерметизированные изоляторы для электрического оборудования с номинальным напряжением более 1000 В. Определения, методы испытаний, критерии приемки и рекомендации по проектированию)

IEC 62271-4:2013 [2)] High-voltage switchgear and controlgear — Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF_6) and its mixtures (Аппаратура распределения и управления высоковольтная. Часть 4. Процедуры обращения с элегазом (SF_6) и его смесями)

[1)] Действует взамен IEC/TR 60815:1986.

[2)] Действует взамен IEC/TS 61634:1995.

IEC 62155:2003 Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater that 1000 В (Изоляторы стеклянные и керамические полые герметичные и негерметичные для электрического оборудования с номинальным напряжением более 1000 В)

IEC 62262:2002 Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code) (Степени защиты электрического оборудования от внешних механических ударов, обеспечиваемые оболочками (код IK)

IEC 62271-207:2012 [1)] High-voltage switchgear and controlgear — Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV (Аппаратура распределения и управления высоковольтная. Часть 207. Сейсмическая квалификация для элегазовых комплектных распределительных устройств на номинальные напряжения выше 52 кВ)

IEC 62271-203:2011 High-voltage switchgear and controlgear — Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV (Аппаратура распределения и управления высоковольтная. Часть 203. Элегазовые распределительные устройства в металлической оболочке на номинальные напряжения выше 52 кВ)

CISPR/TR 18-2:2010 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment — Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits (Характеристики радиопомех от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Часть 2. Методы измерений и методика определения предельных значений)

IEC Guide 109:2012 Environmental aspects — Inclusion in electrotechnical product standards (Вопросы, касающиеся окружающей среды. Включение в стандарты на электротехническую продукцию)

ISO 3231:1993 Paints and varnishes — Determination of resistance to humid atmospheres containing sulfur dioxide (Краски и лаки. Определение стойкости к воздействию влажной атмосферы, содержащей диоксид серы)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 Общие термины и определения

3.1.1 **измерительный трансформатор** (instrument transformer): Трансформатор, предназначенный для передачи информационного сигнала на измерительные приборы, счетчики, устройства защиты или управления и аналогичные приборы.

[IEV 321-01-01, модифицированный].

3.1.2 **оболочка** (enclosure): Кожух, обеспечивающий тип и степень защиты, соответствующие определенным условиям применения.

[IEV 826-12-20].

3.1.3 **выводы первичной обмотки** (primary terminals): Выводы, к которым подводится напряжение или ток для их последующей трансформации.

3.1.4 **выводы вторичной обмотки** (secondary terminals): Выводы, с которых снимается информационный сигнал для его передачи на измерительные приборы, счетчики и устройства защиты и управления или аналогичные устройства.

3.1.5 **вторичная цепь** (secondary circuit): Внешняя цепь, в которую поступают информационные сигналы с выводов вторичной обмотки измерительного трансформатора.

[IEV 321-01-08, модифицированный].

3.1.6 **секция** (section): Электрически проводящая часть измерительного трансформатора, изолированная от других аналогичных частей и оснащенная выводами.

3.2 Термины и определения, относящиеся к диэлектрическим параметрам

3.2.1 **наибольшее рабочее напряжение электрической сети U_{sys}** (highest voltage of a system *U*sys): Максимальное среднеквадратичное значение рабочего линейного напряжения, которое может возникнуть при нормальном режиме работы в любой момент времени и любой точке электрической сети.

[IEV 601-01-23, модифицированный].

[1)] Действует взамен IEC 62271-2:2003.

3.2.2 **наибольшее рабочее напряжение электрооборудования U_m** (highest voltage for equipment U_m): Максимальное среднеквадратичное значение линейного напряжения, предусмотренное для электрооборудования в отношении его изоляции, а также других характеристик, которые определяются соотношением с этим значением напряжения в соответствующих стандартах на электрооборудование.

[IEV 604-03-01].

3.2.3 **номинальный уровень изоляции** (rated insulation level): Совокупность значений напряжения, которая характеризует изоляцию трансформатора с учетом ее способности выдерживать электрические перенапряжения.

3.2.4 **электрическая сеть с изолированной нейтралью** (isolated neutral system): Электрическая сеть, нейтраль которой преднамеренно не соединена с землей, за исключением соединения с землей через высокоомный резистор в целях обеспечения защиты или для проведения измерений.

[IEV 601-02-24].

3.2.5 **электрическая сеть с компенсированной нейтралью (электрическая сеть с заземлением нейтрали через дугогасящий реактор)** (resonant earthed system (a system earthed through an arc-suppression coil): Электрическая сеть, в которой одна или несколько нейтральных точек соединены с землей через дугогасящие реакторы, которые практически полностью компенсируют емкостный ток при однофазных замыканиях на землю.

[IEV 601-02-27].

Примечание — В электрической сети с компенсированной нейтралью остаточный ток короткого замыкания ограничивается до такой степени, что короткое замыкание через дугу в воздухе является самоустраняющимся.

3.2.6 **коэффициент замыкания на землю** (earth fault factor): В заданном месте трехфазной электрической сети и для ее заданной конфигурации отношение самого высокого среднеквадратичного фазного напряжения промышленной частоты в точке неповрежденной фазы трехфазной электрической сети во время замыкания одной или нескольких фаз в любой точке системы к среднеквадратичному значению фазного напряжения промышленной частоты на землю, которые будут получены в заданном месте при отсутствии такой неисправности.

[IEV 604-03-06].

3.2.7 **электрическая сеть с заземленной нейтралью** (earthed neutral system): Электрическая сеть, нейтраль которой соединена с землей наглухо либо через активное или реактивное сопротивление, значение которого достаточно мало, чтобы существенно ограничить колебания переходного процесса и обеспечить значение тока, необходимое для селективной защиты от замыкания на землю.

a) Трехфазная электрическая сеть с эффективно заземленной нейтралью в той или иной точке — это такая электрическая сеть, в которой значение коэффициента замыкания на землю в этой точке не превышает 1,4.

Примечание — Это условие получается примерно тогда, когда для всех конфигураций электрической сети, отношение реактивного сопротивления нулевой последовательности к реактивному сопротивлению прямой последовательности менее 3, а отношение активного сопротивления нулевой последовательности к реактивному сопротивлению прямой последовательности менее единицы.

b) Трехфазная электрическая сеть с неэффективно заземленной нейтралью в той или иной точке — это такая электрическая сеть, в которой значение коэффициента замыкания на землю в этой точке может превышать 1,4.

3.2.8 **электрическая сеть с глухозаземленной нейтралью** (solidly earthed neutral system): Электрическая сеть, в которой точка (и) нейтрали соединена (ы) непосредственно с землей.

[IEV 601-02-25].

3.2.9 **электрическая сеть с заземлением нейтрали через полное сопротивление** (impedance earthed neutral system): Электрическая сеть, у которой точка (и) нейтрали заземлена (ы) через полное сопротивление для ограничения тока замыкания на землю.

[IEV 601-02-26].

3.2.10 **незащищенная установка** (exposed installation): Установка, в которой оборудование подвергается перенапряжениям атмосферного происхождения.

Примечание — Такие установки обычно подключают к воздушным линиям электропередачи непосредственно или посредством короткого кабеля.

3.2.11 **защищенная установка** (non-exposed installation): Установка, в которой оборудование не подвергается перенапряжениям атмосферного происхождения.

Примечание — Такие установки обычно подключают к подземным кабельным электрическим сетям.

3.3 Термины и определения, относящиеся к токовым параметрам

См. стандарт, устанавливающий конкретные требования к изделию.

3.4 Термины и определения, относящиеся к точности

3.4.1 **действительный коэффициент трансформации *k*** (actual transformation ratio *k*): Отношение действительного первичного напряжения или тока к действительному вторичному напряжению или току.

3.4.2 **номинальный коэффициент трансформации k_r** (rated transformation ratio k_r): Отношение номинального первичного напряжения или тока к номинальному вторичному напряжению или току.

3.4.3 **погрешность коэффициента трансформации** ε (ratio error ε): Ошибка, которую измерительный трансформатор вносит в измерение и которая возникает вследствие того, что действительный коэффициент трансформации не равен номинальному коэффициенту трансформации.

3.4.4 **угловая погрешность** $\Delta\varphi$ (phase displacement $\Delta\varphi$): Разность фаз между векторами первичного и вторичного тока или напряжения при таком выборе направления векторов, чтобы для идеального трансформатора этот угол равнялся нулю.

Примечание 1 — Это определение применимо только для синусоидальных напряжений или токов.

Примечание 2 — Электронные измерительные трансформаторы могут учитывать время задержки вследствие передачи цифровых данных и обработки цифровых сигналов.

[IEV 321-01-23, модифицированный].

3.4.5 **класс точности** (accuracy class): Характеристика измерительного трансформатора, относительная и угловая погрешность которого остаются в установленных пределах при заданных условиях работы.

[IEV 321-01-24, модифицированный].

3.4.6 **нагрузка** (burden): Полная проводимость (или полное сопротивление) вторичного контура, выраженная в сименсах (или омах) с указанием коэффициента мощности.

Примечание — Нагрузка обычно выражается как полная мощность в вольт-амперах, поглощаемая при указанном коэффициенте мощности и при номинальном вторичном напряжении или токе.

3.4.7 **номинальная нагрузка** (rated burden): Значение нагрузки, для которого установлены требования к точности.

3.4.8 **номинальная выходная мощность S_r** (rated output S_r): Значение полной мощности (в вольт-амперах при указанном коэффициенте мощности), которую обеспечивает трансформатор во вторичной цепи при номинальном вторичном напряжении или токе и номинальном сопротивлении нагрузки, подключенной к нему.

3.5 Термины и определения, относящиеся к иным нормируемым параметрам

3.5.1 **номинальная частота f_R** (rated frequency f_R): Значение частоты, для которого установлены требования настоящего стандарта.

3.5.2 **механическая нагрузка *F*** (mechanical load *F*): Нагрузка на различные части измерительного трансформатора как функция четырех основных воздействий:

- воздействия на выводы вследствие подключения к питающей сети потребителя;
- воздействия, обусловленные ветром;
- сейсмические воздействия;
- электродинамические воздействия, обусловленные током короткого замыкания.

3.5.3 **измерительный трансформатор с защитой от воздействия электрической дуги при внутреннем коротком замыкании** (internal arc fault protection instrument transformer): Измерительный трансформатор, сконструированный таким образом, чтобы обеспечивался уровень соответствующей защиты от воздействия электрической дуги при внутреннем коротком замыкании.

3.6 Термины и определения, относящиеся к газовой изоляции

3.6.1 **устройство сброса давления** (pressure relief device): Устройство, пригодное для ограничения опасного превышения давления внутри измерительного трансформатора.

3.6.2 **измерительный трансформатор в металлической оболочке с элегазовой изоляцией** (gas-insulated metal-enclosed instrument transformer): Измерительный трансформатор в металлической оболочке, предназначенный для применения совместно с комплектным распределительным устройством с элегазовой изоляцией внутри или снаружи оболочки комплектного распределительного устройства.

3.6.3 **замкнутая система с избыточным давлением** (closed pressure system): Объем, который пополняется только периодически посредством ручного подключения к внешнему источнику газа.

3.6.4 **номинальное давление заполняющего газа** (rated filling pressure): Давление, приведенное к стандартным атмосферным условиям (20 °С и 101,3 кПа), при котором измерительный трансформатор с газовой изоляцией заполняется газом перед вводом в эксплуатацию или периодически им пополняется.

3.6.5 **минимальное функциональное давление** (minimum functional pressure): Давление, приведенное к стандартным атмосферным условиям (20 °С и 101,3 кПа), при котором и свыше которого поддерживается номинальный уровень изоляции и других характеристик измерительного трансформатора с газовой изоляцией и при котором пополнение газом становится необходимым.

3.6.6 **расчетное давление в оболочке** (design pressure of the enclosure): Давление, используемое для определения прочности оболочки, которое равняется максимальному избыточному давлению в оболочке при наивысшей температуре, достигаемой газом, который используется для изоляции.

3.6.7 **расчетная температура оболочки** (design temperature of the enclosure): Максимально допустимая рабочая температура, до которой может нагреваться оболочка.

3.6.8 **абсолютная скорость утечки** (absolute leakage rate): Количество газа, испускаемого в единицу времени, выраженное в паскалях на метр кубический, деленный на секунду ($Па \cdot м^3/с$).

3.6.9 **относительная скорость утечки F_{rel}** (relative leakage rate F_{rel}): Абсолютная скорость утечки, отнесенная к общему количеству газа в измерительном трансформаторе при номинальном давлении наполнения (или плотности). Выражается в процентах в год.

3.7 Обозначения и сокращения

IT — Instrument Transformer — измерительный трансформатор;

CT — Current Transformer — трансформатор тока;

CVT — Capacitive Voltage Transformer — емкостный трансформатор напряжения;

VT — Voltage Transformer — трансформатор напряжения;

AIS — Air-Insulated Switchgear — распределительное устройство с воздушной изоляцией;

GIS — Gas-Insulated Switchgear — комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией;

k — действительный коэффициент трансформации;

k_r — номинальный коэффициент трансформации;

ε — погрешность коэффициента трансформации;

$\Delta\varphi$ — угловая погрешность;

S_r — номинальная выходная мощность;

U_{sys} — наибольшее рабочее напряжение электрической сети;

U_m — наибольшее рабочее напряжение оборудования;

f_R — номинальная частота;

F — механическая нагрузка;

F_{rel} — относительная скорость утечки.

4 Нормальные и особые условия эксплуатации

4.1 Общие положения

Если не указано иное, IT предназначены для использования при номинальных значениях параметров и в нормальных условиях эксплуатации, указанных в 4.2.

Если фактические условия эксплуатации отличаются от указанных нормальных условий эксплуатации, то IT должны быть спроектированы таким образом, чтобы они удовлетворяли требованиям для особых условий эксплуатации, требуемых заказчиком, или должны быть предприняты соответствующие меры (см. 4.3).

Подробная информация по классификации условий эксплуатации приведена в IEC 60721-3-3 (для IT внутренней установки) и IEC 60721-3-4 (для IT наружной установки).

Требования к IT в металлической оболочке с элегазовой изоляцией установлены в IEC 62271-203 (раздел 2).

4.2 Нормальные условия эксплуатации

4.2.1 Температура окружающего воздуха

Для IT установлены три диапазона рабочих температур, как указано в таблице 1.

Таблица 1 — Диапазоны рабочих температур

Диапазон рабочих температур, °С	Минимальная температура, °С	Максимальная температура, °С
Минус 5/40	Минус 5	40
Минус 25/40	Минус 25	40
Минус 40/40	Минус 40	40
Примечание 1 — При выборе диапазона рабочих температур следует также учитывать условия хранения и транспортирования. Примечание 2 — В случае, если IT входит в состав другого оборудования (например, GIS, автоматический выключатель), то IT должен соответствовать температурным условиям для соответствующего оборудования.		

4.2.2 Высота над уровнем моря

Высота над уровнем моря не должна превышать 1000 м.

4.2.3 Механические или сейсмические воздействия

Механические воздействия на IT, обусловленные внешней средой, или сейсмические воздействия во внимание не принимаются.

4.2.4 Иные факторы условий эксплуатации измерительных трансформаторов внутренней установки

Дополнительными факторами условий эксплуатации, подлежащими рассмотрению, являются следующие:

a) солнечная радиация, влиянием которой можно пренебречь;

b) окружающий воздух, который не должен быть в значительной степени загрязнен пылью, дымом, коррозийными газами, парами или солью;

c) условия влажности, которые должны соответствовать нижеследующим:

1) среднесуточное значение относительной влажности воздуха должно быть не более 95 %;

2) среднесуточное значение парциального давления водяного пара должно быть не более 2,2 кПа;

3) среднемесячное значение относительной влажности воздуха должно быть не более 90 %;

4) среднемесячное значение парциального давления водяного пара должно быть не более 1,8 кПа.

В вышеперечисленных условиях влажности иногда может происходить конденсация влаги.

Примечание 1 — Конденсация влаги может возникнуть в случае резких изменений температуры, происходящих в периоды высокой влажности.

Примечание 2 — Для устойчивости к воздействию высокой влажности и конденсированной влаги, приводящему к пробою изоляции и коррозии металлических частей, должны использоваться IT, предназначенные для таких условий.

Примечание 3 — Конденсация влаги может быть предотвращена посредством использования кожуха специальной конструкции, соответствующих систем вентиляции и обогрева или применением устройства осушения воздуха.

4.2.5 Иные факторы условий эксплуатации измерительных трансформаторов наружной установки

Должны быть приняты во внимание следующие факторы условий эксплуатации:

a) среднесуточное значение температуры окружающего воздуха должно быть не более 35 °С;

b) следует учитывать интенсивность солнечной радиации вплоть до значения 1000 Вт/м^2 (в полдень ясного дня);

c) окружающий воздух может быть загрязнен пылью, дымом, коррозийными газами, парами или солью. Уровень загрязнения не должен превышать значений, установленных в IEC/TS 60815-1 и IEC/TS 60815-2;

d) давление ветра должно быть не более 700 Па (что соответствует скорости ветра 34 м/с);

e) следует учитывать возможность образования конденсированной влаги или выпадения атмосферных осадков;

f) толщина обледенения должна быть не более 20 мм.

4.3 Особые условия эксплуатации

4.3.1 Общие положения

Если IT предназначены для использования в условиях, отличающихся от нормальных условий эксплуатации, указанных в 4.2, то требования, устанавливаемые к ним заказчиком, должны учитывать нижеприведенные определяющие факторы.

4.3.2 Высота над уровнем моря

4.3.2.1 Воздействие высоты над уровнем моря на внешнюю изоляцию

При установке IT на высоте более 1000 м над уровнем моря на пробивное напряжение внешней изоляции оказывает влияние уменьшение плотности воздуха (см. 6.2.2).

4.3.2.2 Воздействие высоты над уровнем моря на превышение температуры

При установке IT на высоте более 1000 м над уровнем моря на тепловой режим IT оказывает влияние уменьшение плотности воздуха (см. 6.4.2).

4.3.3 Температура окружающего воздуха

Для устройств, устанавливаемых в местах, где температура окружающего воздуха может значительно выходить за пределы диапазонов рабочих температур, установленных в 4.2.1, предпочтительны следующие минимальные и максимальные значения диапазонов рабочих температур:

a) минус 50 °C и плюс 40 °C для очень холодного климата;

b) минус 5 °C и плюс 50 °C для очень жаркого климата.

В некоторых макроклиматических районах с частыми теплыми влажными ветрами резкое изменение температуры воздуха, приводящее к образованию конденсации влаги, может происходить даже внутри помещения.

Примечание — Для того чтобы не превысить нормированное превышение температуры воздуха при определенных условиях солнечной радиации, могут потребоваться соответствующие меры, например, использование солнцезащитной кровли, системы принудительной вентиляции и т. п. Также можно уменьшить потребляемую устройством мощность.

4.3.4 Вибрация или подземные толчки

Вибрация может возникнуть из-за работы аппаратуры распределительного устройства или вследствие механических воздействий при возникновении короткого замыкания.

Для IT, встроенных в распределительные устройства (GIS или AIS), необходимо учитывать вибрацию, создаваемую этими устройствами.

4.3.5 Землетрясения

Для устройств, предназначенных для эксплуатации в сейсмоопасных районах, заказчик должен указывать соответствующий уровень сейсмической опасности согласно IEC 62271-207.

Соблюдение таких особых требований при необходимости должно быть подтверждено посредством расчета или испытаний, как это установлено требованиями соответствующих стандартов.

4.4 Электрические сети с заземлением

Рассматривают следующие электрические сети с заземлением:

a) электрическая сеть с изолированной нейтралью (см. 3.2.4);

b) электрическая сеть с компенсированной нейтралью (см. 3.2.5);

c) электрическая сеть с заземленной нейтралью (см. 3.2.7).

1) электрическая сеть с глухозаземленной нейтралью (см. 3.2.8);

2) электрическая сеть с заземлением нейтрали через полное сопротивление (см. 3.2.9).

5 Нормируемые параметры

5.1 Общие положения

Для IT с их вспомогательными устройствами, если таковые имеются, должны быть указаны значения для следующих нормируемых параметров:

a) наибольшего рабочего напряжения электрооборудования U_m;

b) номинального уровня изоляции;

c) номинальной частоты f_R;

d) номинальной мощности;

e) номинального класса точности.

Значения нормируемых параметров приводят для стандартных атмосферных условий (температура воздуха 20 °С, атмосферное давление 101,3 кПа и абсолютная влажность воздуха 11 г/м^3), установленных в IEC 60071-1.

5.2 Наибольшее рабочее напряжение электрооборудования

Значение этого параметра должно быть выбрано, исходя из нормированных значений, приведенных в таблице 2.

Значение U_m выбирают таким, чтобы нормированное значение было равно или превышало значение U_{sys}, для работы в той электрической сети, для которой предназначено электрооборудование.

Для электрооборудования, которое предназначено для работы в нормальных условиях эксплуатации в отношении его изоляции, значение U_m должно быть выбрано по крайней мере равным значению U_{sys}.

Для электрооборудования, которое предназначено для работы в условиях, отличающихся от нормальных условий эксплуатации в отношении его изоляции, значение U_m в соответствии с особенностями применения электрооборудования может быть выбрано более высоким, чем нормированное значение U_m, равное или превышающее значение U_{sys}.

Примечание — Например, следующее нормированное значение U_m, равное или превышающее значение U_{sys}, может быть выбрано в случае эксплуатации электрооборудования на высоте более 1000 м, чтобы компенсировать уменьшение выдерживаемого напряжения внешней изоляции.

5.3 Номинальный уровень изоляции

5.3.1 Общие положения

Для большинства значений U_m имеется несколько значений номинального уровня изоляции, учитывающих возможность применения изоляции с отличающимися эксплуатационными показателями или режимами перенапряжения. Выбор должен быть сделан с учетом степени воздействия перенапряжений с быстрой скоростью нарастания фронта импульса или перенапряжений с медленной скоростью нарастания фронта импульса, способа заземления нейтрали электрической сети и типа ограничителей перенапряжений.

Таблица 2 — Номинальный уровень изоляции выводов первичной обмотки измерительных трансформаторов

Наибольшее рабочее напряжение оборудования U_m (среднеквадратичное значение), кВ	Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (среднеквадратичное значение), кВ	Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса (пиковое значение), кВ	Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса (пиковое значение), кВ
0,72	3	–	–
1,2	6	–	–
3,6	10	20 40	– –
7,2	20	40 60	– –
12	28	60 75	– –
17,5	38	75 95	– –
24	50	95 125	– –
36	70	145 170	– –
52	95	250	–
72,5	140	325	–
100	185	450	–
123	185 230	450 550	– –
145	230 275	550 650	– –

Окончание таблицы 2

Наибольшее рабочее напряжение оборудования U_m (среднеквадратичное значение), кВ	Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (среднеквадратичное значение), кВ	Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса (пиковое значение), кВ	Номинальное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса (пиковое значение), кВ
170	275 325	650 750	– –
245	395 460	950 1050	– –
300	395 460	950 1050	750 850
362	460 510	1050 1175	850 950
420	570 630	1300 1425	950 1050
550	630 680	1425 1550	1050 1175
800	880 975	1950 2100	1425 1550

Примечание 1 — Для незащищенных установок рекомендуется выбирать максимальный уровень изоляции.

Примечание 2 — В случае, если IT предназначены для встраивания в GIS, требования к номинальному выдерживаемому напряжению промышленной частоты должны соответствовать IEC 62271-203.

Примечание 3 — Альтернативный вариант значений уровня изоляции приведен в IEC 60071-1.

5.3.2 Номинальный уровень изоляции выводов первичной обмотки

Номинальный уровень изоляции выводов первичной обмотки IT устанавливают, исходя из значения U_m согласно таблице 2.

Для вывода первичной обмотки, который должен быть заземлен, значение U_m принимают равным 0,72 кВ.

Для IT, устанавливаемых на газоизолирующих подстанциях, значение номинального уровня изоляции, методы испытаний и критерии приемки должны соответствовать требованиям, установленным в IEC 62271-203. Требуемые значения номинального уровня изоляции (изоляция фазы относительно земли) приведены в IEC 62271-203 (таблицы 2 и 3).

5.3.3 Дополнительные требования к изоляции выводов первичной обмотки

5.3.3.1 Частичные разряды

Требования к IT в части испытания изоляции на частичный разряд применяют при значении U_m, равном или превышающем 7,2 кВ.

Уровень частичного разряда не должен превышать максимально допустимых значений, указанных в таблице 3. Методика испытаний приведена в 7.3.2.2.

Таблица 3 — Испытательные напряжения и допустимые уровни частичного разряда

Способ заземления нейтрали электрической сети	Тип IT	Испытательное напряжение частичного разряда (среднеквадратичное значение), кВ	Максимально допустимый уровень частичного разряда, пКл	
			Тип изоляции	
			Жидкая или газовая	Твердая
Электрическая сеть с заземленной нейтралью (коэффициент замыкания на землю ≤ 1,4)	СТ и заземляемый VT	U_m $1{,}2\ U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
	незаземляемый VT	$1{,}2\ U_m$	5	20

Окончание таблицы 3

Способ заземления нейтрали электрической сети	Тип IT	Испытательное напряжение частичного разряда (среднеквадратичное значение), кВ	Максимально допустимый уровень частичного разряда, пКл	
			Тип изоляции	
			Жидкая или газовая	Твердая
Электрическая сеть с изолированной или неэффективно заземленной нейтралью	CT и заземляемый VT	1,2 U_m 1,2 $U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
	незаземляемый VT	1,2 U_m	5	20

Примечание 1 — Если способ заземления нейтрали электрической сети не определен, то применяют значения, указанные для электрической сети с изолированной или неэффективно заземленной нейтралью.

Примечание 2 — Значения максимально допустимого уровня частичного разряда также применимы для частот, отличающихся от номинальной частоты.

Примечание 3 — CT — трансформатор тока, а VT — трансформатор напряжения.

5.3.3.2 Срезанный грозовой импульс

Если требуется, то дополнительно IT, за исключением аппаратуры GIS, должен выдерживать напряжение срезанного грозового импульса, подаваемого на выводы его первичной обмотки, пиковое значение которого равно 115 % номинального значения выдерживаемого напряжения полного грозового импульса.

5.3.3.3 Электрическая емкость и тангенс угла диэлектрических потерь

Эти требования распространяются только на трансформаторы при значении $U_m \geq 72{,}5$ кВ с погруженной в жидкость изоляцией первичной обмотки или на газонаполненные IT с системой емкостной изоляции.

5.3.4 Требования к изоляции между секциями

Для взаимосвязанных выводов каждой секции номинальное значение выдерживаемого напряжения промышленной частоты для изоляции между секциями должно быть равно 3 кВ.

5.3.5 Требования к изоляции выводов вторичной обмотки

Номинальное значение выдерживаемого напряжения промышленной частоты для изоляции вторичной обмотки должно быть равно 3 кВ.

5.4 Номинальная частота

Стандартными значениями номинальной частоты являются следующие: 16 2/3, 25, 50 и 60 Гц.

5.5 Номинальная мощность

См. соответствующий стандарт на изделие.

5.6 Номинальный класс точности

См. соответствующий стандарт на изделие.

6 Проектирование и конструирование

6.1 Требования к жидким диэлектрикам, применяемым в электрооборудовании

6.1.1 Общие положения

Изготовитель должен указать тип и требуемое количество и качество жидкого диэлектрика, применяемого в электрооборудовании.

6.1.2 Качество жидкого диэлектрика

Не бывшее в употреблении электроизоляционное масло, применяемое в электрооборудовании с масляной изоляцией, должно соответствовать требованиям, установленным в IEC 60296.

Требования к синтетическим жидким диэлектрикам, применяемым в электрооборудовании, установлены в IEC 60867.

6.1.3 Устройство контроля уровня жидкого диэлектрика

Устройство контроля уровня жидкого диэлектрика (если оно входит в комплект поставки) в процессе эксплуатации электрооборудования должно определять, находится ли уровень жидкого диэлектрика в пределах рабочего диапазона.

6.1.4 Герметизация жидкого диэлектрика

Утечка жидкого диэлектрика недопустима. Любая утечка жидкого диэлектрика приводит к опасности повреждения изоляции.

6.2 Требования к газообразным диэлектрикам, применяемым в электрооборудовании

6.2.1 Общие положения

Изготовитель должен указать тип и требуемое количество и качество газообразного диэлектрика, применяемого в электрооборудовании.

6.2.2 Качество газообразного диэлектрика

Не бывший в употреблении элегаз SF_6 (гексафторид серы) должен соответствовать требованиям, установленным в IEC 60376, тогда как бывший в употреблении элегаз SF_6 — требованиям, установленным в IEC 60480.

Процедуры обращения с элегазом SF_6 должны соответствовать требованиям, установленным в IEC 62271-4.

Максимально допустимое содержание влаги в IT, заполненных газообразным диэлектриком при номинальной плотности заполнения для изоляции, должно быть таким, чтобы температура точки росы не превышала минус 5 °C при температуре окружающего воздуха 20 °C. Соответствующая поправка должна быть введена в результат измерений, проводимых при другом значении температуры окружающего воздуха. Требования к измерению и определению температуры точки росы установлены в IEC 60376 и IEC 60480.

6.2.3 Устройство контроля параметров газообразного диэлектрика

IT с газовой изоляцией и минимальным рабочим давлением более 0,2 МПа должны быть снабжены устройством контроля давления или плотности. Устройство контроля параметров газа может поставляться отдельно или совместно с соответствующим оборудованием.

6.2.4 Герметизация газообразных диэлектриков

6.2.4.1 Общие положения

Следующие установленные требования применяют ко всем IT, в которых в качестве изолирующей среды используют газообразный диэлектрик, но не воздух при атмосферном давлении.

6.2.4.2 Замкнутые системы с повышенным давлением газа

Характеристика герметичности замкнутой системы с повышенным давлением газа, указанная изготовителем, должна соответствовать концепции минимального технического обслуживания и контроля.

Герметичность замкнутой системы с повышенным давлением газа определяется относительной скоростью утечки F_{rel} в каждом отсеке.

Ее нормированное значение для элегаза SF_6 и его смесей составляет 0,5 % в год.

Соответствующие средства должны быть предусмотрены для безопасного пополнения газом замкнутых систем во время работы оборудования.

Примечание — Более низкое значение скорости утечки может быть установлено в соответствии с национальными нормативами и региональной практикой.

Увеличение скорости утечки при предельных значениях температуры окружающего воздуха (если такие испытания предусмотрены в соответствующих стандартах) приемлемо при условии, что значение скорости утечки при возврате к нормальному значению температуры окружающего воздуха не будет превышать максимально допустимого значения скорости утечки, установленного для нормального значения температуры. Кратковременное увеличение скорости утечки не должно превышать значений, указанных в таблице 4.

В общем случае при практическом применении адекватного метода испытаний следует руководствоваться IEC 60068-2-17.

Таблица 4 — Кратковременно допустимые значения скорости утечки для газовых систем

Температура окружающего воздуха, °С	Кратковременно допустимое значение скорости утечки
40 и 50	$3F_p$
Нормальное значение	F_p
– 5/– 10/– 15/– 25/– 40	$3F_p$
– 50	$6F_p$

6.2.5 Устройство сброса давления

Это устройство должно быть защищено от случайных повреждений.

Требования к устройству сброса давления для IT, являющегося частью GIS, установлены в IEC 62271-203 (подраздел 5.105).

6.3 Требования к твердым материалам, применяемым в электрооборудовании

Технические требования к органическим материалам, применяемым в IT внутренней и наружной установки (например, эпоксидная смола, полиуретан, циклоалифатические смолы, композитные материалы и т. д.), установлены в стандартах серии IEC 60455.

Примечание — Испытания IT в сборе с учетом таких явлений, как внезапное изменение температуры, огнестойкость и старение еще не стандартизованы. В качестве руководства могут быть использованы стандарты IEC 60660 для внутренней изоляции и IEC 61109 для внешней изоляции.

6.4 Требования к превышению температуры частей и элементов

6.4.1 Общие положения

Превышение температуры обмоток, магнитных цепей и любых других частей IT должно быть не более соответствующих значений, приведенных в таблице 5, в нормальных условиях эксплуатации. Эти значения устанавливают, исходя из условий эксплуатации, указанных в 4.2.1.

Превышение температуры обмоток ограничивается наименьшим значением температуры, установленной для термических классов, либо самой обмотки, либо окружающей ее среды.

Если IT помещены в оболочку, то следует учитывать температуру, достигаемую окружающей охлаждающей средой внутри оболочки.

Если установлено значение температуры окружающего воздуха, превышающее значения, приведенные в 4.2.1, то допустимые значения превышения температуры, приведенные в таблице 5, должны быть уменьшены на величину, равную превышению температуры окружающего воздуха.

Таблица 5 — Предельные значения превышения температуры для различных частей, материалов и диэлектриков измерительных трансформаторов

Часть IT	Предельное значение превышения температуры, К
1 IT, погруженный в масло	
- масло в верхней части бака трансформатора	50
- загерметизированное масло в верхней части бака трансформатора	55
- промежуточная обмотка	60
- промежуточная герметизированная обмотка	65
- другие металлические части, контактирующие с маслом	Как для обмотки
2 IT с твердой или газовой изоляцией	
- промежуточная обмотка, контактирующая с изоляционными материалами следующих термических классов [a]:	
- Y	45
- A	60
- E	75
- B	85
- F	110
- H	135
- другие металлические части, контактирующие с изоляционными материалами вышеуказанных термических классов	Как для обмотки

Окончание таблицы 5

Часть IT	Предельное значение превышения температуры, К
3 Болтовое или аналогичное соединение	
- чистая медь, медный или алюминиевый сплавы	
- в воздухе	50
- в SF_6	75
- в масле	60
- серебряное или никелевое покрытие	
- в воздухе	75
- в SF_6	75
- в масле	60
- оловянное покрытие	
- в воздухе	65
- в SF_6	65
- в масле	60
[a] Обозначения термического класса в соответствии с IEC 60085.	

6.4.2 Влияние высоты над уровнем моря на превышение температуры

Если IT предназначен для эксплуатации на высоте более 1000 м над уровнем моря, а испытания были проведены на высоте менее 1000 м над уровнем моря, то предельные значения превышения температуры ΔT, приведенные в таблице 5, должны быть уменьшены в сравнении с высотой рабочей площадки над уровнем моря более 1000 м на каждые 100 м на следующие значения (см. рисунок 1):

a) IT, погруженные в масло, — 0,4 %;

b) IT сухого типа и IT с газовой изоляцией — 0,5 %.

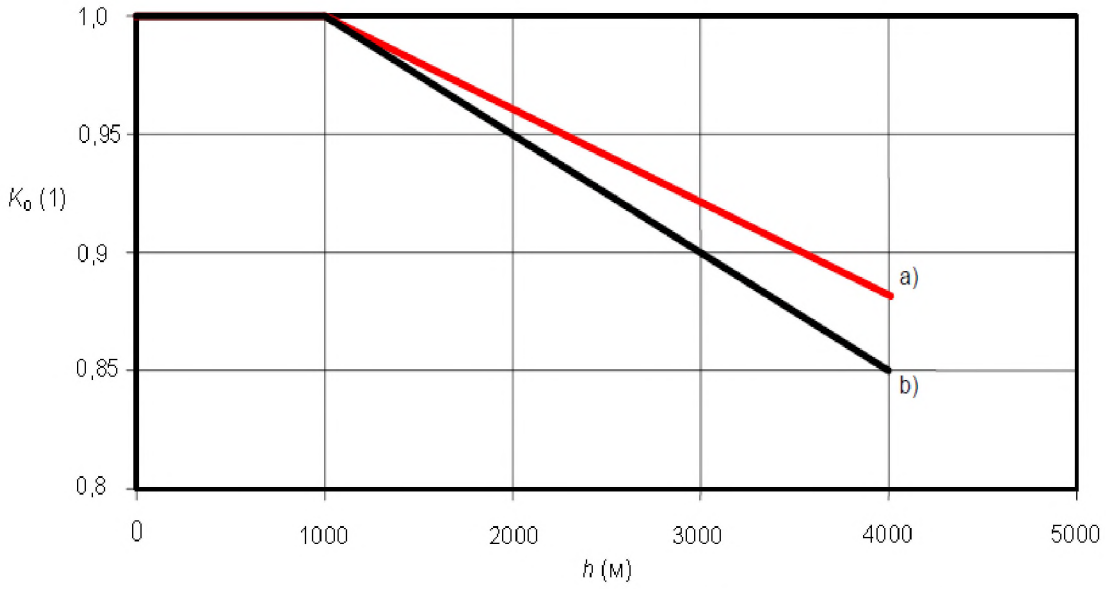


Рисунок 1 — Коэффициент корректировки высоты для превышения температуры

Коэффициент корректировки высоты для превышения температуры

$$K_o = \frac{\Delta T_h}{\Delta T_{ho}},$$

где ΔT_h – превышение температуры на высоте $h > 1000$ м над уровнем моря;

ΔT_{ho} – предельные значения температуры ΔT, приведенные в таблице 4, на высоте $ho \leq 1000$ м над уровнем моря.

6.5 Требования к заземлению электрооборудования

6.5.1 Общие положения

На оболочке каждого из устройств, если они предназначены для заземления, должна быть предусмотрена надежная клемма заземления для подключения к заземляющему проводнику, подходящему для конкретных условий неисправности. Точка присоединения должна быть маркирована знаком заземления согласно IEC 60417 (символ 5019).

6.5.2 Заземление оболочки

Оболочка IT, предназначенного для GIS, должна быть заземлена. Все металлические части, не относящиеся к силовым или вспомогательной цепям, должны быть заземлены.

6.5.3 Непрерывность цепи заземления

Непрерывность цепи заземления должна быть обеспечена с учетом тепловых и электрических воздействий, обусловленных протекающим по ней током.

Соединение между собой оболочек, каркасов и т. д. (например, болтами или сваркой) достаточно для обеспечения непрерывности цепи заземления.

6.6 Требования к внешней изоляции

6.6.1 Загрязнение

Для IT наружной установки с керамическими изоляторами, восприимчивыми к загрязнению, значения длины пути утечки для установленных степеней загрязнения приведены в таблице 6. Значения длины пути утечки для IT с полимерными или композитными изоляторами находятся в стадии рассмотрения техническим комитетом IEC/TC 36.

Таблица 6 — Значения длины пути утечки

Степень загрязнения	Минимальное значение удельной длины пути утечки [a), b)], мм/кВ	Значение отношения длины пути утечки к разрядному расстоянию
I – легкая II – средняя	16 20	≤ 3.5
III – сильная IV – очень сильная	25 31	≤ 4.0

[a)] Значение отношения длины пути утечки между фазой и землей к среднеквадратичному значению междуфазного наибольшего рабочего напряжения оборудования установлено в IEC 60071-1.

[b)] Дополнительная информация и производственные допуски на длину пути утечки приведены в IEC/TS 60615-1 и IEC/TS 60615-2.

Примечание 1 — Общепризнано, что эксплуатационные характеристики поверхности изоляции существенным образом зависят от формы изолятора.

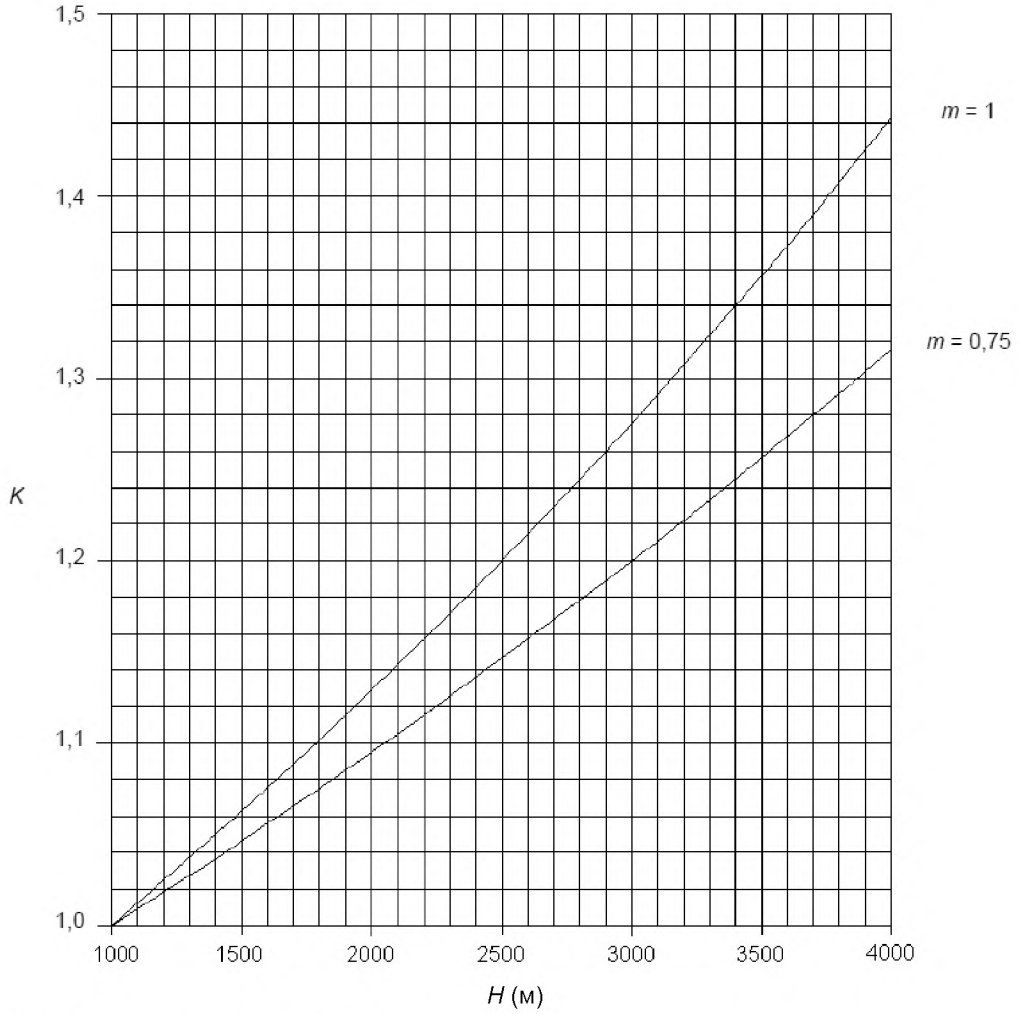
Примечание 2 — В районах с незначительным загрязнением в зависимости от эксплуатационных условий можно использовать значение удельной длины пути утечки менее 16 мм/кВ. В этом случае общепринятым минимальным значением удельной длины пути утечки считается 12 мм/кВ.

Примечание 3 — В случаях исключительно сильного загрязнения установленное значение удельной длины пути утечки 31 мм/кВ может оказаться неприемлемым. В зависимости от эксплуатационных условий и/или результатов лабораторных испытаний может быть задано более высокое значение удельной длины пути утечки, однако в некоторых случаях целесообразно предусмотреть промывку изоляторов.

6.6.2 Высота над уровнем моря

Для оборудования, эксплуатируемого на высоте более 1000 м над уровнем моря, разрядное расстояние при стандартных атмосферных условиях определяют путем умножения значения требуемого выдерживаемого напряжения на коэффициент K согласно рисунку 2.

Примечание — Поскольку высота над уровнем моря не влияет на электрическую прочность внутренней изоляции, метод, используемый для проверки внешней изоляции, должен быть согласован между изготовителем и заказчиком.



Коэффициент K определяют по следующей формуле:

$$K = e^{m}(H - 1000)/8150,$$

где H — высота над уровнем моря, выраженная в метрах;

m = 1 — для напряжения промышленной частоты и напряжения грозового импульса;

m = 0,75 — для напряжения коммутационного импульса

Рисунок 2 — Коэффициент корректировки высоты над уровнем моря

6.7 Требования к механической прочности

Данные требования применяют только к IT при значении $U_m \geq 72,5$ кВ.

Значения статических нагрузок, которые IT должны выдерживать, приведены в таблице 7. Приведенные значения учитывают нагрузку от ветра и обледенения.

Указанные испытательные нагрузки прикладывают в любом направлении к выводам первичной обмотки.

Таблица 7 — Испытательные статические нагрузки

Наибольшее рабочее напряжение оборудования U_m, кВ	Испытательная статическая нагрузка F_R, Н		
	IT		
	VT	CT	
		Класс нагрузки I	Класс нагрузки II
72,5 – 100	500	1250	2500
123 – 170	1000	2000	3000
245 – 362	1250	2500	4000
≥ 420	1500	4000	5000

Примечание 1 — В условиях эксплуатации суммарная статическая нагрузка не должна превышать 50 % установленной испытательной статической нагрузки.

Примечание 2 — В некоторых случаях IT проходного типа должны выдерживать воздействие редко возникающей экстремальной динамической нагрузки (например, из-за короткого замыкания), значение которой не должно превышать 1-, 4-кратного значения испытательной статической нагрузки.

Примечание 3 — В ряде случаев может потребоваться провести испытание на устойчивость выводов первичной обмотки к скручиванию. Значение крутящего момента, прикладываемого при испытании, должно быть согласовано между изготовителем и заказчиком.

Примечание 4 — Если трансформаторы предназначены для встраивания в другое оборудование (например, в распределительные устройства), то значения испытательной статической нагрузки для соответствующего оборудования не должны быть уменьшены вследствие встраивания в него трансформатора.

6.8 Многократные срезанные грозовые импульсы напряжения на выводах первичной обмотки

Дополнительно по согласованию изготовителя с заказчиком выводы первичной обмотки маслонаполненных IT с $U_m \geq 300$ кВ должны выдерживать воздействие многократных срезанных грозовых импульсов напряжения в соответствии с 7.4.2.

Примечание — Это требование и соответствующее ему испытание имеет отношение к динамическим характеристикам внутренних защитных устройств и соединительным цепям с переходными токами высокой частоты, обусловленными в основном коммутационными переходными процессами. Испытание также может быть проведено для IT при значении U_m меньшем, чем указанное значение.

6.9 Требования к защите от электрической дуги при внутреннем коротком замыкании

Эти требования распространяются на маслонаполненные и автономные IT с газовой изоляцией при значении $U_m \geq 72,5$ кВ, для которых дополнительно установлен класс защиты от электрической дуги при внутреннем коротком замыкании.

Примечание 1 — Данное испытание не является гарантией предотвращения короткого замыкания, но оно подтверждает соответствие установленному уровню безопасности.

Примечание 2 — Это испытание является новым и поэтому в будущем методика его проведения может быть уточнена.

Если указано дополнительно, IT должен выдерживать электрическую дугу с установленными значениями тока и длительности.

Применяемый в процессе проведения испытания ток является асимметричным. Среднеквадратичное значение тока выбирают, исходя из стандартных симметричных однофазных значений ряда R10 в соответствии с IEC 62271-1 (подраздел 4.5). Первое пиковое значение тока должно быть в 1,7 раза больше его среднеквадратичного значения.

Примечание 3 — Уменьшенные уровни испытательного тока должны быть согласованы между изготовителем и заказчиком. Опыт показывает, что выбор испытательных токов, равных 100%-ному уровню короткого замыкания, статистически требует усиления конструкции трансформатора, так как уровни локального короткого замыкания, как правило, значительно ниже.

Длительность электрической дуги при внутреннем коротком замыкании должна соответствовать значениям, приведенным в таблице 8.

Следует учесть, что IT соответствует этим требованиям, если он выдерживает испытание по 7.4.6.

Таблица 8 — Длительность электрической дуги при внутреннем коротком замыкании и критерии классов защиты

Ток электрической дуги при внутреннем коротком замыкании (среднеквадратичное значение), кА	Степень защиты	Длительность электрической дуги при внутреннем коротком замыкании, с	Защита от электрической дуги при внутреннем коротком замыкании. Класс I	Защита от электрической дуги при внутреннем коротком замыкании. Класс II
< 40	1	0,2	Допускается образование трещин в кожухе, но не в других частях, находящихся внутри защитной оболочки	Внешний эффект отсутствует, кроме срабатывания соответствующего устройства сброса давления
	2	0,5		Повреждений кожуха не наблюдается
≥ 40	1	0,1		Внешний эффект отсутствует, кроме срабатывания соответствующего устройства сброса давления
	2	0,3		Повреждений кожуха не наблюдается

6.10 Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой

6.10.1 Общие положения

Если применимо, должна быть указана степень защиты по IEC 60529 для всех оболочек IT, содержащих части силовой цепи и допускающих попадание твердых предметов снаружи, а также для оболочек соответствующих низковольтных цепей управления и/или вспомогательных цепей.

6.10.2 Защита персонала от доступа к опасным частям и защита оборудования от попадания внешних твердых предметов

Степень защиты персонала, обеспечиваемая оболочкой от доступа к опасным частям силовой цепи, цепей управления и/или вспомогательных цепей, должна быть указана посредством обозначений, установленных в IEC 60529.

Первая характеристическая цифра обозначает степень защиты персонала от доступа к опасным частям, которую обеспечивает оболочка, а также степень защиты IT внутри оболочки от попадания внешних твердых предметов.

В IEC 60529 приводится подробная информация о предметах, которые не должны «проникать» в оболочку для каждой из степеней защиты. Под термином «проникать» подразумевается, что внешние твердые предметы либо часть человеческого тела или предмет, который держит в руках человек, не должны полностью проходить через отверстие в оболочке, и при этом, если они проходят через отверстие в оболочке, то должен быть предусмотрен соответствующий промежуток, не допускающий касания опасных частей.

Примечание — Обычно степень защиты персонала от доступа к опасным частям силовой цепи либо цепей управления или вспомогательных цепей IT и защиты IT от попадания внешних твердых предметов может быть обеспечена непосредственно окружающей IT средой, например ограждением подстанции, зданием, оболочкой модуля и т. д. Дополнительная защита может обеспечиваться как конструкцией IT в целом, так и конструкцией его частей.

6.10.3 Защита от проникновения воды

Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой от проникновения воды, должна быть указана посредством обозначений, установленных в IEC 60529.

Вторая характеристическая цифра обозначает степень защиты, обеспечиваемую оболочкой в отношении вредного воздействия воды атмосферного или иного происхождения.

6.10.4 Измерительные трансформаторы внутренней установки

Для IT внутренней установки обозначение степени защиты от вредного проникновения воды посредством указания второй характеристической цифры кода IP не требуется (вторую характеристическую цифру заменяют буквой X).

Рекомендуемая минимальная степень защиты оболочками низковольтных цепей управления и/или вспомогательных цепей для IT внутренней установки соответствует коду IP20 по IEC 60529. Это требование не применяют к установкам, где персонал имеет доступ к IT только после его обесточивания и обеспечения защиты посредством применения определенных устройств (например, устройств блокировки в соответствии с руководством по эксплуатации и т. п.). В этом случае необходимость таких дополнительных мер безопасности для IT должна быть четко указана в документации на изделие.

6.10.5 Измерительные трансформаторы наружной установки

Рекомендуемая минимальная степень защиты оболочками низковольтных цепей управления и/или вспомогательных цепей для IT наружной установки соответствует коду IP44 по IEC 60529.

При указании степени защиты для IT наружной установки со средствами защиты от дождя и других погодных условий в составе кода IP приводят вспомогательную букву W, которую располагают после второй характеристической цифры или после дополнительной буквы, если таковая имеется.

6.10.6 Защита оборудования от механических ударов при нормальных условиях эксплуатации

Оболочки IT должны иметь достаточную механическую прочность.

Соответствующие методы испытаний приведены в 7.2.7.2. Фарфоровые изоляторы испытанию на устойчивость к ударам не подвергают.

Для оборудования внутренней установки рекомендуемая степень защиты от механических ударов соответствует коду IK7 по IEC 62262.

Для оборудования наружной установки без дополнительной механической защиты может быть установлена более высокая степень защиты от механических ударов.

6.11 Электромагнитная совместимость

6.11.1 Общие положения

Электромагнитная совместимость (ЭМС) — это способность оборудования или системы функционировать с требуемым качеством в заданной электромагнитной обстановке, не создавая недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам [IEV 161-01-07].

Для IT установлены следующие требования по ЭМС и соответствующие методы испытаний:

- требование к помехоэмиссии (напряжению радиопомех (Radio Interference Voltage (RIV)). Применимо к высоковольтным частям оборудования;
- требования к помехоустойчивости. Применимы только к электронным частям оборудования;
- требования к передаваемым перенапряжениям (специальные испытания).

6.11.2 Требование к напряжению радиопомех

Требование к RIV распространяется на IT при значении $U_m \geq 123$ кВ, которые устанавливаются на газоизолирующих подстанциях.

Значение RIV не должно превышать 2500 мкВ при $1{,}1U_m / \sqrt{3}$.

Примечание — Это требование установлено с целью соответствия определенным нормативным правовым актам по вопросам обеспечения ЭМС.

6.11.3 Требования к помехоустойчивости

Требования к помехоустойчивости и соответствующие испытания установлены только для частей IT, содержащих активные электронные компоненты.

Подробная информация будет приведена в IEC 61869-9 (находится в стадии рассмотрения).

6.11.4 Требования к передаваемым перенапряжениям

Эти требования распространяются на IT при значении $U_m \geq 72{,}5$ кВ.

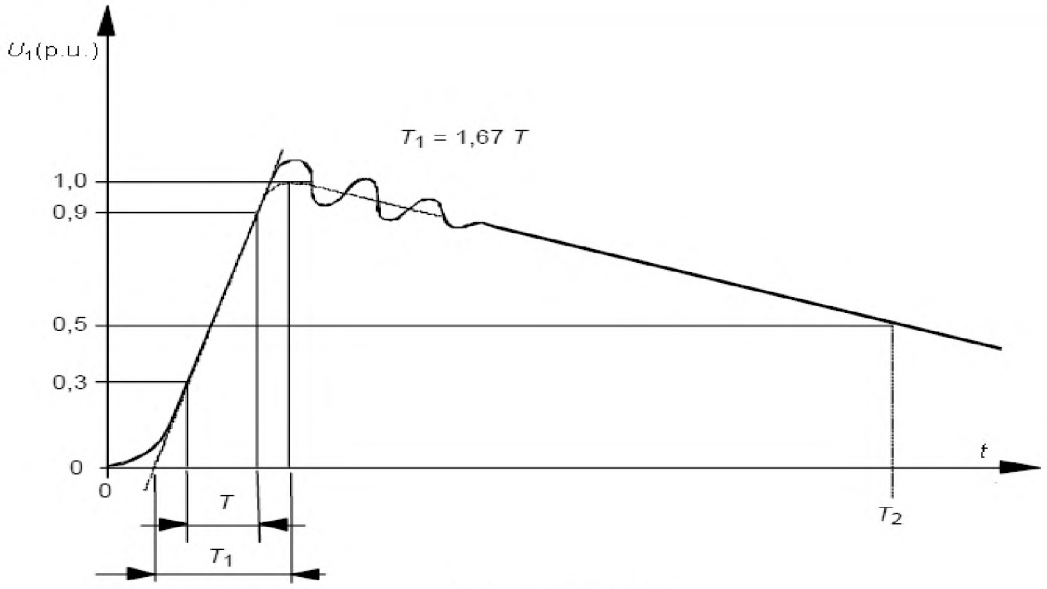
Перенапряжения, передаваемые с выводов первичной обмотки на выводы вторичной обмотки, не должны превышать значений, указанных в таблице 9, при условиях испытаний и измерений, приведенных в 7.4.4

Импульс типа A применяют для испытаний IT, устанавливаемых в AIS, тогда как импульс типа B — для испытаний IT, устанавливаемых в GIS. Форма импульсов типов A и B показана на рисунке 3.

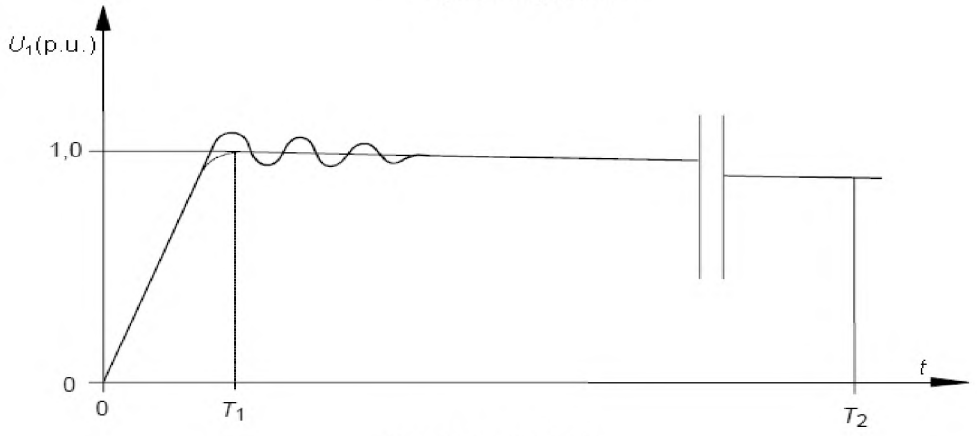
Измерение предельно допустимых пиковых значений передаваемого перенапряжения, указанных в таблице 9, методами, установленными в 7.4.4, обеспечивает достаточную защиту электронного оборудования, подключаемого к выводам вторичной обмотки IT.

Таблица 9 — Предельно допустимые значения передаваемого перенапряжения

Тип импульса	A	B
Пиковое значение прикладываемого напряжения U_p	$1{,}6\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\cdot U_m$	$1{,}6\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\cdot U_m$
Параметры импульса: - типичная длительность фронта T_1 - время полуспада T_2 - длительность фронта T_1 - длительность среза T_2	 0,50 мкс ± 20 % ≥ 50 мкс – –	 – – 10 нс ± 20 % > 100 нс
Предельно допустимое пиковое значение передаваемого перенапряжения U_s	1,6 кВ	1,6 кВ
Примечание 1 — Формы импульсов характерны для колебаний напряжения, обусловленных коммутационными переходными процессами. Примечание 2 — См. рисунок 3.		



Форма импульса A



Форма импульса B

Рисунок 3 — Измерение передаваемых перенапряжений. Форма испытательных импульсов

6.12 Защита от коррозии

В течение всего срока службы электрооборудования должны приниматься меры по обеспечению его защиты от коррозии.

Все части силовой цепи и оболочки с болтовыми или винтовыми соединениями должны быть всегда легкодемонтируемыми.

Не допускается гальваническая коррозия между контактирующими металлами, так как это может привести к потере герметичности.

Окисление можно рассматривать как самозащиту от коррозии.

Внешний вид электрооборудования должен соответствовать установленным требованиям.

6.13 Маркировка

На все IT должны быть нанесены по крайней мере следующие маркировочные данные:

a) наименование изготовителя или товарный знак, по которому его можно легко идентифицировать;

b) год выпуска и серийный номер или обозначение типа, предпочтительно и то и другое;

c) номинальная частота;

d) наибольшее рабочее напряжение оборудования;

e) номинальный уровень изоляции;

f) диапазон рабочих температур;

g) масса m, кг (если $m \geq 25$ кг);

h) группу механического исполнения (при значении $U_m \geq 72{,}5$ кВ).

Примечание — Значения параметров, приведенные в перечислениях d) и e), могут быть объединены в одну группу (например, 72,5/140/325 кВ).

Все маркировочные данные должны быть нанесены способом, обеспечивающим их неудаляемость, либо непосредственно на IT, либо на табличке, надежно прикрепленной к трансформатору.

Дополнительно должны быть нанесены следующие данные:

i) класс изоляции, если он отличается от класса A.

Примечание — Если используют изоляционный материал нескольких классов изоляции, то должен быть указан тот класс изоляции, для которого предельное значение превышения температуры обмоток выше. Если трансформаторы имеют более чем одну вторичную обмотку, то назначение каждой обмотки и соответствующие им выводы должны быть указаны.

j) все данные, касающиеся измеряемых параметров (см. соответствующий стандарт);

k) тип изолирующей жидкости;

l) номинальное давление заполняющего газа;

m) минимальное давление в рабочем состоянии;

n) объем (или масса) изолирующей жидкости, содержащейся в IT.

6.14 Пожаробезопасность

См. приложение C.

7 Испытания

7.1 Общие положения

7.1.1 Классификация испытаний

Испытания, указанные в настоящем стандарте, классифицируются следующим образом:

- испытания типа — испытания оборудования, изготавливаемого по одной и той же спецификации, для подтверждения того, что его параметры соответствуют установленным требованиям;

- приемо-сдаточные испытания — испытания, которому подвергается каждая отдельная единица оборудования. Приемо-сдаточные испытания проводят с целью обнаружения производственных дефектов. При проведении испытаний свойства и надежность испытуемого оборудования не должны быть нарушены;

- специальные испытания — испытания, помимо периодических и приемо-сдаточных испытаний, устанавливаемые по согласованию между изготовителем и заказчиком;

- выборочное испытание — испытание оборудования определенного вида или специальное испытание, проводимое на одном или нескольких полностью укомплектованных IT, отобранных из серийной партии.

7.1.2 Перечень испытаний

Перечень испытаний приведен в таблице 10.

Таблица 10 — Перечень испытаний

Вид испытания	Структурный элемент стандарта
Испытания типа	**7.2**
Испытание на превышение температуры	7.2.2
Испытание выводов первичной обмотки импульсным напряжением	7.2.3
Испытание трансформаторов наружной установки на воздействие влажности	7.2.4
Испытания на электромагнитную совместимость	7.2.5
Испытание на соответствие классу точности	См. требования стандарта на конкретное изделие
Проверка степени защиты, обеспечиваемой оболочкой	7.2.7
Испытание на герметичность оболочки при температуре окружающего воздуха	7.2.8
Испытание оболочки давлением	7.2.9
Приемо-сдаточные испытания	**7.3**
Испытание выводов первичной обмотки выдерживаемым напряжением промышленной частоты	7.3.1
Измерение уровня частичных разрядов	7.3.2
Испытание междусекционной изоляции выдерживаемым напряжением промышленной частоты	7.3.3
Испытание выводов вторичной обмотки выдерживаемым напряжением промышленной частоты	7.3.4
Испытание на соответствие классу точности	7.3.5
Проверка маркировки	7.3.6
Испытание на герметичность оболочки при температуре окружающего воздуха	7.3.7
Испытание оболочки давлением	7.3.8
Специальные испытания	**7.4**
Испытание выводов первичной обмотки срезанным грозовым импульсом напряжения	7.4.1
Испытание выводов первичной обмотки многократными срезанными грозовыми импульсами напряжения	7.4.2
Измерение электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь	7.4.3
Испытание на передаваемые перенапряжения	7.4.4
Испытание на механическую прочность	7.4.5
Испытание на устойчивость к электрической дуге при внутреннем коротком замыкании	7.4.6
Испытание оболочки на герметичность при низких и высоких температурах	7.4.7
Определение температуры точки росы газа	7.4.8
Испытание на коррозионную стойкость	7.4.9
Испытание на пожаробезопасность	7.4.10
Выборочное испытание	**7.5**

Тип и давление газа при проведении испытаний IT с газовой изоляцией должны соответствовать указанным в таблице 11.

Таблица 11 — Тип и давление газа в процессе проведения испытаний типа, приемо-сдаточных и специальных испытаний

Испытание	Тип газа	Давление
Диэлектрические испытания Испытание на помехоэмиссию (RIV) [a)] Испытание на соответствие классу точности Испытание на превышение температуры	Тот же тип газа, который применяют при эксплуатации	Минимальное рабочее давление газа

Окончание таблицы 11

Испытание	Тип газа	Давление
Испытание на устойчивость к электрической дуге при внутреннем коротком замыкании Испытание на стойкость к короткому замыканию Испытание на механическую прочность Испытание оболочки на герметичность Определение температуры точки росы газа	Тот же тип газа, который применяют при эксплуатации	Номинальное давление заполнящего газа
Испытание на передаваемые перенапряжения	Не применяют	Пониженное давление газа
[a] IT с газовой изоляцией, устанавливаемые в GIS, испытаниям на воздействие влажности и помехоэмиссию не подвергают.		

7.1.3 Последовательность проведения испытаний

IT после проведения диэлектрических испытаний, указанных в 7.2, должен быть подвергнут в полном объеме приемо-сдаточным испытаниям, установленным в 7.3.

Дальнейшая последовательность испытаний и порядок проведения приемо-сдаточных испытаний для различных видов IT должны соответствовать требованиям, установленным в стандартах на конкретный вид изделия.

Если требуется проведение специальных испытаний, то на последовательность испытаний оказывают влияние также и эти испытания.

7.2 Испытания типа

7.2.1 Общие положения

Все диэлектрические испытания в составе испытаний типа должны проводиться на одном и том же IT, если не установлено иное.

Все испытания типа должны проводиться не более чем на двух образцах.

Примечание — IT также считается выдержавшим испытание типа, если это испытание проводилось на другом трансформаторе с минимальными конструктивными изменениями. Эти конструктивные изменения должны быть согласованы между изготовителем и заказчиком.

Все испытания типа должны проводиться при температуре окружающей среды от 10 °С до 30 °С.

7.2.1.1 Информация для идентификации испытуемого образца

Изготовитель должен представить в испытательную лабораторию чертежи и другую документацию, содержащую достаточную информацию для однозначной идентификации существенных деталей и частей оборудования, представленного на испытание. Каждый чертеж или техническая документация должны иметь однозначное обозначение. Изготовитель должен гарантировать, что чертежи или техническая документация содержат достоверную информацию об испытуемом оборудовании.

После завершения проверки все чертежи и другая документация должны быть возвращены изготовителю на хранение.

Изготовитель должен представить подробную информацию о конструкции всех составных частей испытуемого оборудования и обеспечить возможность их идентификации из информации, содержащейся в чертежах и технической документации.

Примечание 1 — Документация изготовителя, система производства которого сертифицирована на соответствие ISO 9001, удовлетворяет вышеуказанным требованиям.

Испытательная лаборатория должна проконтролировать, чтобы в чертежах и технической документации адекватно была представлена информация об основных деталях и частях испытуемого оборудования, но не несет ответственности за точность представленной информации.

Отдельные чертежи или сведения, которые должны быть представлены испытательной лаборатории изготовителем с целью идентификации основных частей оборудования, должны содержать указания на соответствующие стандарты.

Примечание 2 — Отдельные испытания типа не требуется проводить повторно при изменении элементов конструкции, если изготовитель может доказать, что это изменение не влияет на результат этого отдельного испытания типа.

В приложении А приведен перечень чертежей, которые должны быть представлены.

7.2.1.2 Информация для включения в протокол испытаний типа

Результаты всех испытаний типа должны быть занесены в протокол испытания типа, который должен содержать:

a) комплект документов для идентификации испытуемого образца согласно 7.2.1.1 и приложению A.

b) комплект документов для проведения испытаний:

- детальный план проведения испытаний (включая схему испытательной цепи);
- общую информацию об опорной конструкции устройства, используемого во время испытаний;
- фотографии для иллюстрации состояния оборудования до и после испытаний.

c) результаты испытаний для подтверждения соответствия техническим требованиям:

- программу испытаний;
- зарегистрированные количественные данные параметров при каждом испытании согласно соответствующему стандарту IEC;
- отчет о функционировании оборудования во время испытаний, его состоянии после испытаний, и, если применимо, о замене или восстановлении любых частей во время испытаний;
- заключение.

7.2.2 Испытание на превышение температуры

Испытание проводят для подтверждения соответствия требованиям 6.4.

Для этого испытания трансформатор должен быть смонтирован так, как он должен быть установлен при эксплуатации.

Температуру обмоток, если применимо, определяют методом измерения их сопротивления постоянному току, но для определения температуры обмоток с очень низким сопротивлением могут быть использованы термопары.

Возрастание температуры частей, кроме обмоток, измеряют с помощью термометров или термопар.

Считают, что IT достигли установившейся температуры, если скорость повышения температуры не превышает 1 К/ч.

Для идентификации любых основных компонентов, в отношении которых требуется измерение температуры, а также для получения дополнительной информации о схеме испытательной цепи и методике проведения измерений, необходимо руководствоваться требованиями соответствующих стандартов на конкретное изделие.

7.2.3 Испытание выводов первичной обмотки импульсным напряжением

7.2.3.1 Общие положения

Испытание импульсным напряжением проводят согласно IEC 60060-1 и соответствующих стандартов (при их наличии) на IT конкретного типа.

Каркас, кожух (если имеется), магнитопровод (если предполагается его заземление) и все выводы вторичных обмоток должны быть заземлены.

Испытание импульсным напряжением, как правило, проводят импульсами нормированного и номинального уровней напряжения. Значение нормированного импульсного напряжения должно находиться между 50 % и 75 % значения номинального импульсного напряжения. Пиковое значение и форма импульса должны быть зарегистрированы.

Признаком пробоя изоляции в процессе проведения испытания может служить изменение формы импульса как с нормированным, так и с номинальным уровнем выдерживаемого напряжения.

Достоверность выявления пробоя изоляции может быть повышена посредством дополнительного измерения тока (ов) замыкания на землю.

Значение испытательного напряжения должно быть выбрано из значений, приведенных в таблице 2, исходя из значения U_m и заданного уровня изоляции.

7.2.3.2 Испытание выводов первичной обмотки напряжением грозового импульса

7.2.3.2.1 Измерительные трансформаторы при значении U_m < 300 кВ

Испытания проводят импульсами как положительной, так и отрицательной полярности. Последовательно подают 15 импульсов каждой полярности без учета поправочных коэффициентов на атмосферные условия.

Предпочтительным методом испытания является метод B, установленный в IEC 60060-1, который адаптирован для высоковольтного оборудования с самовосстанавливающейся и несамовосстанавливающейся изоляцией. IT считается выдержавшим испытание напряжением грозового импульса каждой полярности, если выполнены следующие условия:

- каждая серия импульсов (положительной и отрицательной полярности) состоит из не менее 15 импульсов;

- не произошло ни одного полного разряда в несамовосстанавливающейся изоляции. Для подтверждения этого последовательно подают 5 дополнительных импульсов следующих за последним импульсом серии;

- произошло не более двух полных разрядов в самовосстанавливающейся изоляции для каждой серии импульсов.

При этом методе испытаний максимально возможное число импульсов в серии составляет 25 импульсов.

Не должно наблюдаться никаких других признаков недопустимого повреждения изоляции (например, искажение формы приложенного импульса).

Если наблюдались полные разряды и во время испытаний не подтверждено, что эти полные разряды возникали в самовосстанавливающейся изоляции, то IT должен быть демонтирован и проверен после завершения серии испытаний изоляции на электрическую прочность. Если наблюдалось повреждение несамовосстанавливающейся изоляции, IT считается не прошедшим испытание.

Примечание — Для испытания внешней изоляции прикладывают 15 импульсов положительной полярности и 15 импульсов отрицательной полярности. Если по согласованию между изготовителем и заказчиком для проверки внешней изоляции проводят другие испытания, то в этом случае число грозовых импульсов может быть сокращено до 3 импульсов каждой полярности без учета поправочных коэффициентов на атмосферные условия.

7.2.3.2.2 Измерительные трансформаторы при значении $U_m \geq 300$ кВ

Испытания проводят импульсами как положительной, так и отрицательной полярности. Без учета поправочных коэффициентов на атмосферные условия применяют три последовательных импульса каждой полярности.

Трансформатор считается выдержавшим испытание, если:

- не произошло ни одного полного разряда

- не наблюдалось никаких других признаков недопустимого повреждения изоляции (например, искажения формы приложенного импульса).

7.2.3.3 Испытание напряжением коммутационного импульса

7.2.3.3.1 Общие положения

Испытание проводят импульсами положительной полярности. С учетом поправочных коэффициентов на атмосферные условия последовательно подают 15 импульсов.

Испытание трансформаторов наружной установки должно проводиться в условиях воздействия влажности. Процедура увлажнения должна соответствовать требованиям IEC 60060-1.

Предпочтительным методом испытания является метод B, установленный в IEC 60060-1, который адаптирован для высоковольтного оборудования с самовосстанавливающейся и несамовосстанавливающейся изоляцией. IT считается выдержавшим испытание напряжением грозового импульса каждой полярности, если выполнены следующие условия:

- серия импульсов состоит из не менее 15 импульсов;

- не произошло ни одного полного разряда в несамовосстанавливающейся изоляции. Для подтверждения этого последовательно подают 5 дополнительных импульсов следующих за последним импульсом серии;

- произошло не более двух полных разрядов в самовосстанавливающейся изоляции.

При этом методе испытаний максимально возможное число импульсов составляет 25 импульсов.

Не должно наблюдаться никаких других признаков недопустимого повреждения изоляции (например, искажения формы приложенного импульса).

Если наблюдались полные разряды и во время испытаний не подтверждено, что эти полные разряды возникали в самовосстанавливающейся изоляции, то IT должен быть демонтирован и проверен после завершения серии испытаний изоляции на электрическую прочность. Если наблюдалось повреждение несамовосстанавливающейся изоляции, IT считается не прошедшим испытание.

Импульсы, вызывающие искрение на стенах или потолке лаборатории, не учитываются.

7.2.4 Испытание трансформаторов наружной установки на воздействие влажности

Процедура увлажнения должна соответствовать требованиям IEC 60060-1.

Для IT при значении $U_m < 300$ кВ испытание должно проводиться при значении напряжения промышленной частоты, выбранного из значений, приведенных в таблице 2, исходя из значения U_m с учетом поправочных коэффициентов на атмосферные условия.

Для IT при значении U_m ≥ 300 кВ испытание должно проводиться при значении напряжения коммутационного импульса положительной полярности, выбранного из значений, приведенных в таблице 2, исходя из значения U_m и номинального уровня изоляции.

7.2.5 Испытания на электромагнитную совместимость

7.2.5.1 Измерение напряжения радиопомех

Поскольку на уровень радиопомех могут влиять волокна или пыль, оседающие на изоляторах, то перед проведением испытаний изоляторы необходимо протереть чистой тканью.

Должна соблюдаться следующая процедура испытаний.

IT, укомплектованный вспомогательными устройствами, должен быть сухим и чистым и иметь приблизительно такую же температуру, как и температура в помещении испытательной лаборатории.

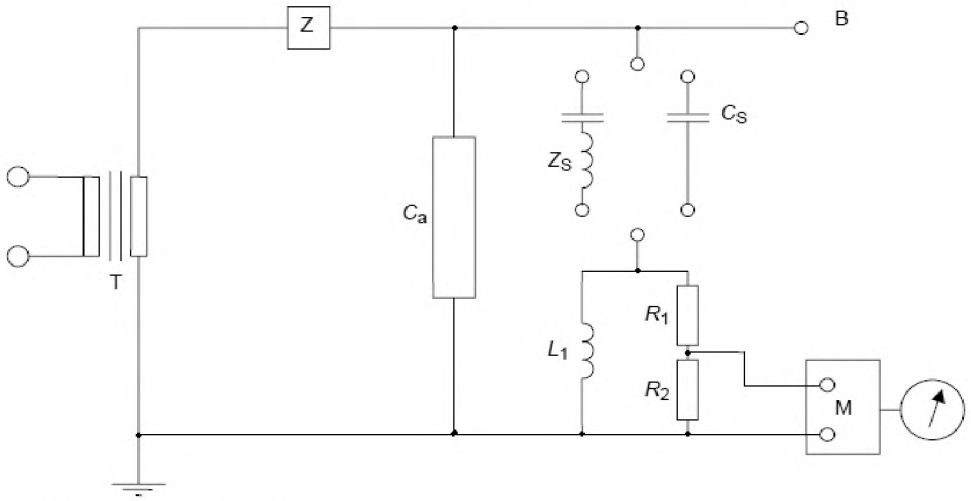
Испытание должно проводиться при следующих нормальных значениях климатических факторов внешней среды:

- температура воздуха — от 10 °С до 30 °С;
- атмосферное давление — от $0{,}870 \cdot 10^5$ до $1{,}070 \cdot 10^5$ Па;
- относительная влажность воздуха — от 45 % до 75 %.

Примечание 1 — При измерении RIV в соответствии с IEC 60060-1 поправочные коэффициенты на атмосферные условия не учитываются.

Испытательные проводники и их выводы не должны быть источниками RIV.

Для предотвращения случайных разрядов должно быть предусмотрено экранирование выводов первичной обмотки. Для этого рекомендуется использовать отрезки труб со сферическими наконечниками.



T — испытательный трансформатор;
C_a — объект испытания;
Z — фильтр;
B — оконечная некоронирующая нагрузка;
M — измерительный прибор с входным сопротивлением R_M;

$$Z_s + \left(R_1 + \frac{R_2 \cdot R_M}{R_2 + R_M} \right) = 300 \text{ Ом}$$

Z_S, C_S, L_1, R_1, R_2 см. CISPR/TR 18-2.

Рисунок 4 — Схема измерения уровня напряжения радиопомех (RIV)

Испытательное напряжение должно быть приложено между одним из выводов первичной обмотки объекта испытания (C_a) и землей. Каркас, кожух (если имеется), магнитопровод (если предполагается его заземление) и один из выводов каждой вторичной обмотки должны быть заземлены.

Схема измерения (см. рисунок 4) должна соответствовать CISPR/TR 18-2 и быть предпочтительно настроена на частоту в диапазоне от 0,5 до 2 МГц. Значение частоты должно быть запротоколировано. Результаты измерений должны быть выражены в микровольтах.

Полное сопротивление между испытательным проводником и заземлением, определяемое в соответствии с рисунком 4 по формуле (Z_S + (R_1 + R_2 // R_M), должно составлять (300 ± 40) Ом, а его фазовый угол не должен превышать 20° на частоте измерения.

Вместо фильтра Z_S может быть также использован конденсатор C_S, емкость которого должна составлять порядка 1000 пФ.

Примечание 2 — Для устранения низкочастотного резонанса может потребоваться специально разработанный конденсатор.

Фильтр Z должен иметь высокое полное сопротивление на частоте измерения для того, чтобы исключить влияние источника промышленной частоты на измерительную цепь. Приемлемым значением полного сопротивления является значение от 10000 до 20000 Ом на частоте измерения.

Фоновый уровень радиопомех (радиопомехи, вызванные внешним полем и высоковольтным трансформатором) должен составлять не менее 6 дБ (предпочтительно 10 дБ) ниже установленного уровня радиопомех.

Примечание 3 — Следует принять соответствующие меры, чтобы избежать влияния помех, которые могут быть вызваны объектами, находящимися вблизи IT, а также испытательных и измерительных цепей.

Методы калибровки измерительных приборов и измерительной цепи приведены в CISPR/TR 18-2.

В начале испытания в течение 30 с прикладывают напряжение, равное $1{,}5U_m/\sqrt{3}$.

Затем это напряжение в течение примерно 10 с уменьшают до значения $1{,}1U_m/\sqrt{3}$ и поддерживают при этом значении в течение 30 с перед измерением RIV.

IT считается выдержавшим испытание, если уровень радиопомех при напряжении, равном $1{,}1U_m/\sqrt{3}$, соответствует требованиям 6.11.2.

7.2.5.2 Испытание на помехоустойчивость

См. IEC 61869-9, который находится в стадии рассмотрения.

7.2.6 Испытание на соответствие классу точности

См. стандарты на конкретное изделие.

7.2.7 Проверка степени защиты, обеспечиваемой оболочкой

7.2.7.1 Проверка кода IP

В соответствии с требованиями, установленными в 6.10, испытания должны проводиться в соответствии с IEC 60529 на оболочках всех частей полностью укомплектованного оборудования при условиях, соответствующих условиям эксплуатации.

7.2.7.2 Испытание на воздействие механических ударов

В соответствии с требованиями, установленными в 6.10.6, оболочки должны подвергаться испытанию на воздействие механических ударов. Три удара наносят в наиболее уязвимые точки оболочки. Такие устройства как соединители, дисплеи и аналогичные этому испытанию не подлежат.

При проведении испытания на воздействие механических ударов рекомендуется использовать пружинное ударное устройство по IEC 60068-2-75.

После испытания оболочка не должна иметь трещин, а деформация оболочки не должна влиять на нормальное функционирование IT и не должна приводить к уменьшению степени защиты. Несущественные повреждения, такие как удаление краски, повреждение охлаждающих ребер или аналогичных частей, или незначительные вмятины не учитываются.

7.2.8 Испытание на герметичность оболочки при температуре окружающего воздуха

7.2.8.1 Замкнутые системы с избыточным давлением газа

Испытание на герметичность оболочки IT с газовой изоляцией проводят с целью подтверждения соответствия требованиям 6.2.4.2 на полностью укомплектованном трансформаторе при температуре окружающего воздуха (20 ± 10) °C.

При измерении утечек замкнутых систем с избыточным давлением газа должен использоваться метод накопления по IEC 60068-2-17 (Qm испытание, метод испытания 1).

Каждое отверстие в оболочке трансформатора должно быть герметически закрыто с помощью уплотнительного устройства.

Трансформатор должен быть заполнен такой же газовой смесью, как и используемая при его эксплуатации, при номинальном давлении заполняющего газа и температуре окружающего воздуха 20 °C.

Чувствительность метода измерения утечки газа должна быть такой, чтобы обнаружить утечку с со скоростью приблизительно 0,25 %/год.

Примечание 1 — Чувствительность метода измерения утечки газа зависит от чувствительности датчика утечки газа и продолжительности времени между двумя измерениями.

Испытание должно начинаться не менее чем через 1 ч после завершения заполнения IT газом, чтобы скорость его утечки стабилизировалась.

Примечание 2 — Испытание на герметичность в составе испытаний типа не проводят, если оно было проведено в составе приемо-сдаточных испытаний методом накопления по IEC 60068-2-17 (Q_m испытание, метод испытания 1).

7.2.9 Испытание оболочки давлением

Испытание IT в металлической оболочке с элегазовой изоляцией проводят в соответствии с IEC 62271-203 (подраздел 6.103).

На изоляторы IT с элегазовой изоляцией распространяются IEC 62155 и IEC 61462.

7.3 Приемо-сдаточные испытания

7.3.1 Испытание выводов первичной обмотки выдерживаемым напряжением промышленной частоты

Испытание выдерживаемым напряжением промышленной частоты проводят в соответствии с IEC 60060-1.

Значение испытательного напряжения должно быть выбрано из таблицы 2, исходя из требуемого значения U_m. Продолжительность испытания составляет 60 с, если не указано иное.

Испытательное напряжение прикладывают:

- между выводами первичной обмотки и землей,
- между выводами первичной обмотки, если это требуется.

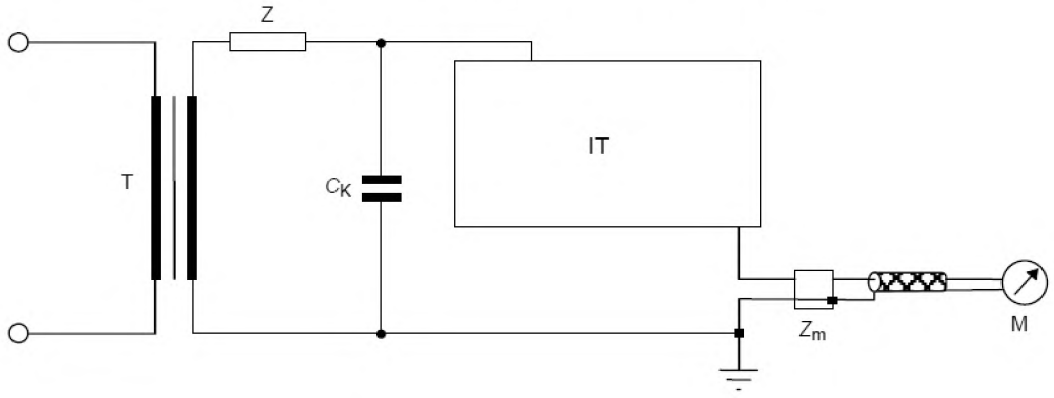
Выводы вторичной обмотки, каркас, кожух (если имеется) и магнитопровод (если имеется специальный зажим заземления) должны быть заземлены.

Повторные испытания выводов первичной обмотки выдерживаемым напряжением промышленной частоты проводят при 80 % нормированного испытательного напряжения.

7.3.2 Измерение частичных разрядов

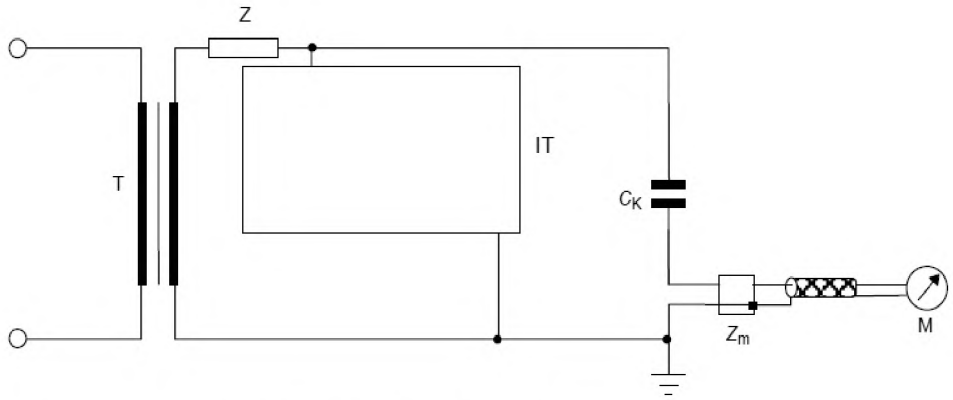
7.3.2.1 Схема измерения и измерительные приборы

Применяемые схема измерения и измерительные приборы должны соответствовать требованиям IEC 60270. Некоторые примеры схем измерения приведены на рисунках 5–7.



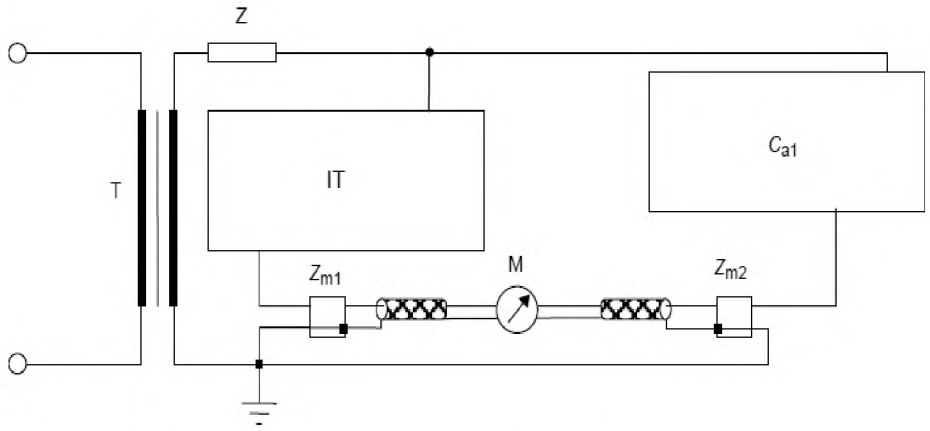
T — испытательный трансформатор;
IT — испытуемый IT;
C_k — конденсатор связи;
M — прибор для измерения частичных разрядов;
Z_m — измеряемое полное сопротивление;
Z — фильтр

Рисунок 5 — Схема измерения частичных разрядов



Обозначения аналогичны обозначениям, указанным на рисунке 5.

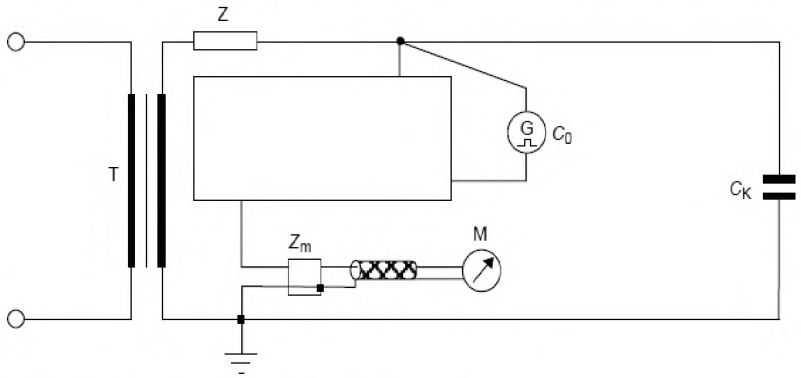
Рисунок 6 — Альтернативная схема измерения частичных разрядов



Обозначения аналогичны обозначениям, указанным на рисунке 5.
Z — фильтр (отсутствует, если C_K является емкостью испытательного трансформатора);
C_{a1} — дополнительный элемент без частичного разряда;
Z_{m1} и Z_{m2} — измеряемое полное сопротивление

Рисунок 7 — Балансная схема измерения частичных разрядов

Прибор, используемый для измерения кажущегося заряда Q, должен быть отградуирован в пикокулонах (пКл). Его калибровка осуществляется в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 8.



Обозначения аналогичны обозначениям, указанным на рисунке 5.
G — импульсный генератор с емкостью C_0;
T — испытательный трансформатор для измерения частичных разрядов

Рисунок 8 — Схема калибровки устройства измерения частичных разрядов

Широкополосный прибор должен иметь полосу пропускания не менее 100 кГц с верхней частотой среза не более 1,2 МГц.

Узкополосные приборы должны иметь резонансную частоту в диапазоне от 0,15 до 2 МГц. Предпочтительные значения должны находиться в диапазоне от 0,5 до 2 МГц, если это возможно, измерения должны выполняться на частоте, обеспечивающей максимальную чувствительность.

Чувствительность прибора должна обеспечивать обнаружение частичных разрядов с кажущимся зарядом 5 пКл.

Примечание 1 — Шум прибора должен быть существенно ниже порога чувствительности. Импульсы, обусловленные внешними помехами, можно не учитывать.

Примечание 2 — Для подавления внешних помех целесообразно применять балансную схему (см. рисунок 7).

Примечание 3 — Если для уменьшения фонового шума применяют электронную обработку и восстановление сигнала, то должно быть показано, что изменение параметров сигнала позволяет обнаруживать повторно возникающие импульсы.

7.3.2.2 Методика испытания частичными разрядами

После подачи начального напряжения обеспечивают в соответствии с методикой А или В испытательное напряжение частичного разряда, значения которого указаны в таблице 3, а соответствующие уровни частичного разряда измеряют в течение 30 с.

Измеренные уровни частичных разрядов не должны превышать максимально допустимых значений, указанных в таблице 3.

Методика А — испытательное напряжение частичного разряда достигается при снижении начального напряжения после испытания выдерживаемым напряжением промышленной частоты.

Методика В — испытание частичными разрядами проводится после испытания выдерживаемым напряжением промышленной частоты. Начальное напряжение повышают до 80 % выдерживаемого напряжения промышленной частоты, которое поддерживают в течение не менее 60 с, затем его непрерывно понижают до нормированного значения испытательного напряжения частичного разряда.

Если не указано иное, выбор методики осуществляется изготовителем. Используемый метод испытания должен быть указан в протоколе испытаний.

7.3.3 Испытание междусекционной изоляции выдерживаемым напряжением промышленной частоты

Это испытание применяют только к IT с более чем одной секцией.

Испытательное напряжение в соответствии с 5.3.4 прикладывают в течение 60 с поочередно между короткозамкнутыми выводами обмотки каждой секции.

Каркас, кожух (если имеется) и магнитопровод (если предполагается его заземление), а также выводы всех других обмоток и секций должны быть заземлены.

7.3.4 Испытание выводов вторичной обмотки выдерживаемым напряжением промышленной частоты

Испытательное напряжение в соответствии с 5.3.5 прикладывают поочередно в течение 60 с между короткозамкнутыми выводами каждой обмотки и землей.

Каркас, кожух (если имеется) и магнитопровод (если предполагается его заземление), а также выводы всех других обмоток должны быть заземлены.

7.3.5 Испытание на соответствие классу точности

См. стандарты на конкретное изделие.

7.3.6 Проверка маркировки

Должна быть проверена правильность маркировки выводов и таблички с основными данными.

7.3.7 Испытание на герметичность оболочки при температуре окружающей воздуха

7.3.7.1 Замкнутые системы с избыточным давлением газа

Испытание на герметичность оболочки IT с газовой изоляцией проводят с целью подтверждения соответствия требованиям 6.2.4 на полностью укомплектованном трансформаторе при температуре окружающего воздуха (20 ± 10) °С.

Если возможно, должен использоваться метод накопления для замкнутых систем с избыточным давлением по IEC 60068-2-17 (Qm испытание, метод испытаний 1). Для обнаружения и определения скорости утечки может применяться газоанализатор. Если же применяют датчик утечки, то для определения скорости утечки должен использоваться метод накопления.

Испытание должно начинаться не менее чем через 1 ч после завершения заполнения IT газом, чтобы скорость его утечки стабилизировалась.

Чувствительность метода измерения утечки газа должна быть такой, чтобы обнаружить утечку со скоростью приблизительно 0,25 %/год.

7.3.7.2 Системы с жидким диэлектриком

Испытание на герметичность проводят для того, чтобы удостовериться в отсутствии утечки.

Испытуемый объект должен быть собран, как для эксплуатации, со всеми вспомогательными устройствами и соответствующим жидким диэлектриком и смонтирован как можно более близко к месту эксплуатации (например, каркас, устройство фиксации и т. п.).

7.3.8 Испытание оболочки давлением

См. 7.2.9.

7.4 Специальные испытания

7.4.1 Испытание выводов первичной обмотки выдерживаемым напряжением срезанных грозовых импульсов

Испытание проводят напряжением импульсов только отрицательной полярности, и оно может быть совмещено с испытанием напряжением полных грозовых импульсов отрицательной полярности нижеописанным способом.

Напряжение должно соответствовать напряжению стандартного полного грозового импульса по IEC 60060-1, срезанного в интервале времени от 2 до 5 мкс. Цепь для получения срезанного импульса должна обеспечивать, чтобы пиковое значение выброса после среза в направлении противоположной полярности импульса составляло приблизительно 30 % его пикового значения.

Значение испытательного напряжения полных грозовых импульсов должно быть выбрано из значений, приведенных в таблице 2, исходя из значения U_m и заданного уровня изоляции.

Испытательное напряжение срезанного грозового импульса должно соответствовать требованию 5.3.3.2.

Последовательность подачи грозовых импульсов должна быть следующей:

a) для IT при значении U_m < 300 кВ:

- один полный грозовой импульс;
- два срезанных грозовых импульса (четыре срезанных грозовых импульса для незаземляемых VT);
- четырнадцать полных грозовых импульсов.

Для незаземляемых VT два срезанных грозовых импульса и приблизительно половина из 15 полных грозовых импульсов должны прикладываться к каждому выводу.

b) для IT при значении $U_m \geq 300$ кВ:

- один полный грозовой импульс;
- два срезанных грозовых импульса;
- два полных грозовых импульса.

Различие в форме полного грозового импульса до и после срезанного импульса является показателем внутреннего повреждения.

Поверхностный пробой в самовосстанавливающейся внешней изоляции при воздействии срезанного грозового импульса не учитывают при оценке свойств изоляции.

7.4.2 Испытание выводов первичной обмотки многократными срезанными грозовыми импульсами

Испытание проводят для подтверждения соответствия требованию 6.8.

Испытание должно проводиться многократными импульсами отрицательной полярности, срезанными вблизи их вершины.

Испытательное напряжение прикладывают между выводами первичной обмотки (соединенными между собой) и землей для IT, а также между выводами первичной обмотки высокого напряжения и заземляемыми выводами первичной обмотки для заземляемых VT. Каркас, кожух (если имеется), магнитопровод (если предполагается его заземление) и все выводы вторичной обмотки (ок) должны быть заземлены.

Пиковое значение испытательного напряжения должно составлять 70 % номинального выдерживаемого напряжения грозового импульса. Длительность фронта импульса должна составлять 1,2 мкс, а время полуспада импульса должно составлять 50 мкс, так называемый импульс 1,2/50.

Интервал времени при отклонении фронта импульса в момент среза, измеренный в соответствии с IEC 60060-1, не должен превышать 0,5 мкс, а цепь для получения срезанного импульса должна обеспечивать, чтобы пиковое значение выброса после среза в направлении противоположной полярности импульса составляло приблизительно 30 % его пикового значения.

Прикладывают 600 последовательных импульсов со скоростью, приблизительно равной 1 импульс/мин.

Примечание — Число импульсов по согласованию между изготовителем и заказчиком может быть уменьшено до 100 импульсов.

Форма импульса должна быть зафиксирована в начале и в конце испытания, а также как минимум после каждых 100 импульсов.

Критерии оценки результата испытания должны основываться на следующих требованиях:

- в импульсных напряжениях, зарегистрированных после каждых 100 импульсов, в сравнении с импульсным напряжением в начале испытания не должно наблюдаться каких-либо изменений, которые могут быть обусловлены внутренними разрядами;
- уровень измеренных частичных разрядов не должен превышать значений, указанных в таблице 3;
- измерение электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь проводят до и после по крайней мере 24 ч с момента завершения испытания. Результаты измерения должны быть одинаковыми, за исключением неопределенности измерения, обусловленной используемым методом испытания и воздействием факторов ничтожно малой величины, которые могут оказать влияние на результат измерения (например, температура изоляционных материалов);
- увеличение растворенных в масле газов, измеренное через 72 ч после проведения испытания, не должно превысить следующих значений:
- водород (H_2) — 20 мкл/л (минимально обнаруживаемый уровень 3 мкл/л),
- метан (CH_4) — 5 мкл/л (минимально обнаруживаемый уровень 0,1 мкл/л)
- ацетилен (C_2H_2) — 1 мкл/л (минимально обнаруживаемый уровень 0,1 мкл/л).

Процедура отбора масла должна соответствовать требованиям IEC 60567.

Если любое из вышеперечисленных требований не выполнено, то IT считается не выдержавшим испытания.

7.4.3 Измерение электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь

Основной целью является проверка соответствия заданным требованиям. Предельно допустимые значения могут быть предметом согласования между изготовителем и заказчиком.

Измерение должно проводиться на выводах первичной обмотки после испытания выдерживаемым напряжением промышленной частоты. Для CVT измерение этих параметров проводят как до, так и после испытания выдерживаемым напряжением промышленной частоты.

Тангенс угла диэлектрических потерь зависит от вида изоляции, а также от напряжения и температуры. Его значение при $U_m/\sqrt{3}$ и температуре окружающего воздуха обычно не превышает 0,005.

Измерения должны проводиться при температуре окружающего воздуха, значение которой должно быть зарегистрировано.

Значения электрической емкости и тангенса угла диэлектрических потерь tg δ должны быть измерены при номинальной частоте и уровне напряжения в диапазоне от 10 кВ до $U_m/\sqrt{3}$.

Примечание — Измерение тангенса угла диэлектрических потерь не проводят для IT с газовой изоляцией.

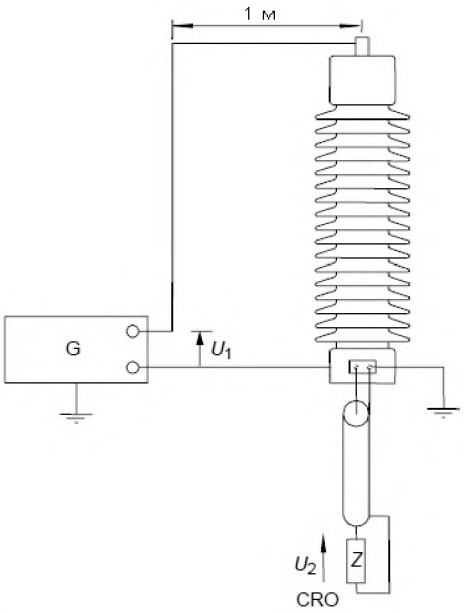
7.4.4 Испытание на передаваемые перенапряжения

Это испытание проводят для подтверждения соответствия требованиям 6.11.4.

Импульс напряжения U_1 прикладывают между одним из выводов первичной обмотки и землей (см. рисунок 9).

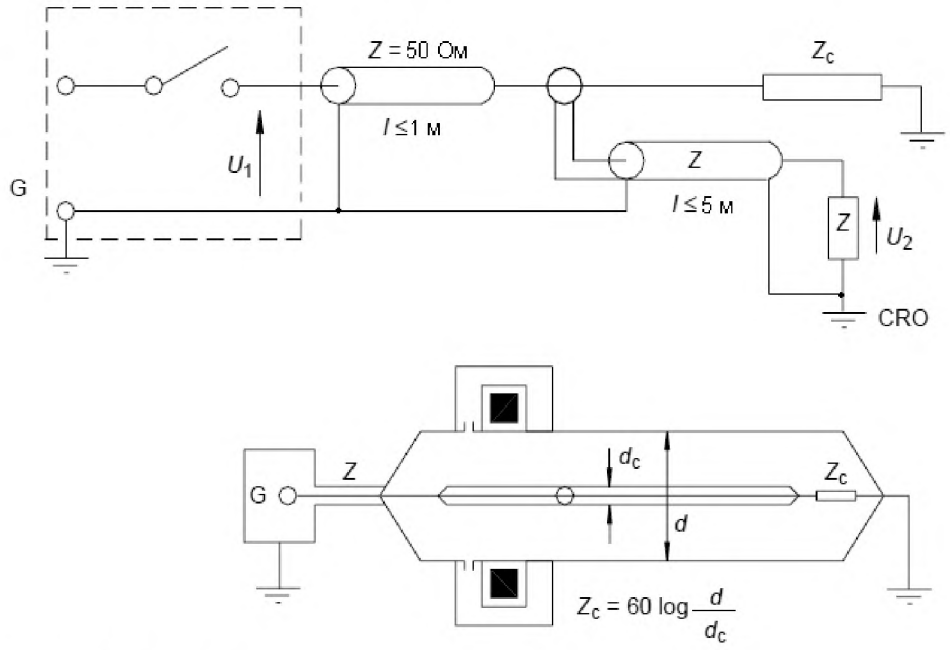
Для IT, устанавливаемых в GIS, импульс должен подаваться посредством коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом, как показано на рисунке 10. Оболочка GIS должна быть заземлена таким же образом, как и при эксплуатации.

Для других условий применения схема измерения должна соответствовать схеме, приведенной на рисунке 9.



G — испытательный генератор;
U_1 — испытательное напряжение;
U_2 — передаваемое перенапряжение;
CRO — электронно-лучевой осциллограф

Рисунок 9 — Измерение передаваемых перенапряжений. Общая структурная схема



G — испытательный генератор;
Z — коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом;
CRO — электронно-лучевой осциллограф;
U_1 — испытательное напряжение;
U_2 — передаваемое перенапряжение;
Z_c — нагрузка

Рисунок 10 — Измерение передаваемых перенапряжений. Схема измерения и схема испытания комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией

Вывод (ы) вторичной (ых) обмотки (ок), предназначенный (ые) для заземления, должен быть соединен с каркасом и заземлен.

Передаваемое напряжение U_2 измеряют на разомкнутых выводах вторичной обмотки с использованием коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом, подключенного ко входу осциллографа с функцией измерения пиковых значений, входное сопротивление которого равно 50 Ом, а полоса пропускания не ниже 100 МГц.

Примечание 1 — Иные методы испытаний с применением другого оборудования должны быть согласованы между изготовителем и заказчиком.

Если IT имеет несколько вторичных обмоток, то измерения выполняют последовательно на каждой из обмоток.

Для вторичных обмоток с промежуточными отводами измерения проводят на отводе, соответствующем полной обмотке.

Значения перенапряжений, передаваемых во вторичную обмотку U_s для заданных значений перенапряжений U_p, прикладываемых к первичной обмотке, рассчитывают следующим образом:

$$Us = U_p \times U_2/U_1.$$

В случае возникновения колебаний на вершине импульса необходимо провести линию через точки средних значений этих колебаний, тогда максимальное этой линии будет соответствовать пиковому значению U_1 для расчета передаваемого перенапряжения.

Примечание 2 — Амплитуда и частота колебаний на пике передаваемого перенапряжения может приводить к изменению передаваемого напряжения.

IT считается выдержавшим испытание, если значение передаваемого перенапряжения не превышает предельно допустимых значений, указанных в таблице 9.

7.4.5 Испытание на механическую прочность

Испытание проводят с целью подтверждения соответствия IT требованиям 6.7.

IT должен быть полностью укомплектован, установлен в вертикальном положении, а его каркас жестко закреплен.

IT с жидкой изоляцией необходимо заполнить требуемым жидким диэлектриком и создать рабочее давление.

Автономные IT с газовой изоляцией должны быть заполнены соответствующим газом или газовой смесью при номинальном давлении заполняющего газа.

Для каждого из условий, указанных в таблице 12, испытательная нагрузка должна плавно увеличиваться в течение 30–90 с до значений испытательной нагрузки в соответствии с таблицей 7. При достижении этих значений нагрузка должна поддерживаться в течение не менее 60 с. В течение этого времени отклонение должно быть измерено. Плавно отпускают испытательную нагрузку и регистрируют остаточный прогиб.

IT считается выдержавшим испытание, если отсутствуют повреждения (деформации, трещины или утечки).

7.4.6 Испытание на устойчивость к электрической дуге при внутреннем коротком замыкании

Испытание проводят, чтобы подтвердить соответствие требованиям 6.9. IT должен быть оснащен всеми приспособлениями и установлен в условиях, аналогичных условиям эксплуатации.

Основание трансформатора должно быть закреплено на опоре высотой не менее 500 мм. Для IT с газовой изоляцией давление заполняющего газа должно быть не меньше, чем номинальное давление заполняющего газа при 20 °С.

Для испытания на устойчивость к электрической дуге при внутреннем коротком замыкании должна быть определена зона локализации, окружающая испытуемый объект. Диаметр этой зоны должен быть равен диаметру трансформатора (наибольший размер) плюс удвоенная высота образца (минимальный диаметр зоны локализации должен быть не менее 2 м).

Испытание трансформатора первоначально проводится при комнатной температуре.

Значение частоты испытательного тока должно быть в пределах от 48 до 62 Гц.

Значение испытательного тока должно соответствовать одному из значений, приведенных в 6.9.

Применяют следующие допуски:

- ±5 % для среднеквадратичного значения;
- ±5 % для длительности.

Мощность питания должна быть достаточной для поддержания практически синусоидального тока дугового короткого замыкания в течение всего времени испытания.

Дуга внутри испытуемого объекта может генерироваться расплавленным проводом диаметром от 1 до 3 мм, располагаемым между металлическими экранами высоковольтной и низковольтной обмоток через основную изоляцию или посредством аналогичного устройства.

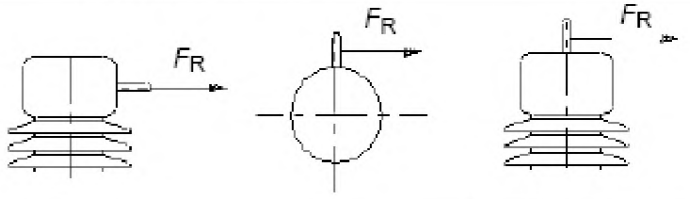
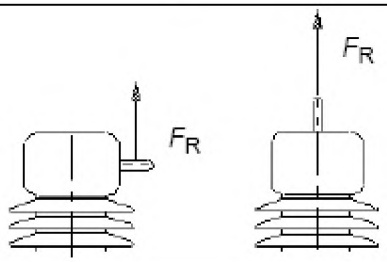
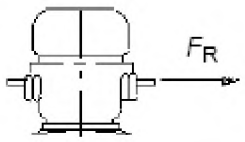
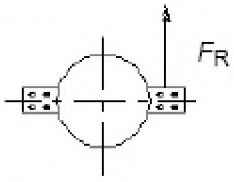
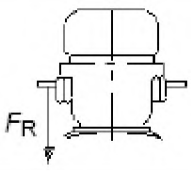
В IT с газовой изоляцией начало дуги должно располагаться в зоне наивысшего напряжения диэлектрика.

В маслонаполненных IT локализация начала дуги должна быть согласована между изготовителем и заказчиком.

Примечание — Для маслонаполненных CT область, в которой во многих случаях при эксплуатации возникает электрическая дуга, расположена в верхней части основной изоляции. Для маслонаполненных VT эта область, как правило, расположена в нижней части основной изоляции.

IT считается успешно выдержавшим испытание, если он соответствует эксплуатационным критериям, указанным в 6.9.

Таблица 12 — Применение испытательных нагрузок, прикладываемых к выводам первичной обмотки

Тип IT	Способ приложения силы	
VT	Горизонтально	
	Вертикально	
CT сквозного типа	Горизонтально к каждому выводу	
		
	Вертикально к каждому выводу	
Испытательная нагрузка должна прилагаться к центру вывода.		

В случае, если IT аналогичной конструкции уже признан годным, изготовитель может предоставить документы, подтверждающие способность еще непринятого IT выдерживать электрическую дугу при внутреннем коротком замыкании без какого-либо дополнительного испытания.

7.4.7 Испытание оболочки на герметичность при низких и высоких температурах

Испытание на герметичность оболочки IT с газовой изоляцией проводят для подтверждения соответствия требованиям, установленным в 6.2.4.2 на полностью укомплектованном трансформаторе в заданном диапазоне температур.

Должен использоваться метод накопления для замкнутых систем с избыточным давлением по IEC 60068-2-17 (Qm испытание, метод испытаний 1).

Каждое отверстие в оболочке трансформатора должно быть герметически закрыто с помощью уплотнительного устройства.

Положение трансформатора может отличаться от рабочего положения, что обусловлено конструктивными размерами камеры для климатических испытаний.

Температура окружающего воздуха должна быть измерена как минимум тремя датчиками, расположенными приблизительно на расстоянии 0,3 м от трансформатора, и равномерно распределенными по его высоте.

Испытание должно начинаться не менее чем через 1 ч после завершения заполнения IT газом, чтобы скорость его утечки стабилизировалась.

Две серии испытаний выполняют следующим образом:

- измерение скорости утечки газа выполняют при температуре окружающего воздуха (20 ± 10) °C;
- температуру в камере для климатических испытаний уменьшают (или повышают) до нижнего (или верхнего) предельного значения соответствующего диапазона рабочих температур трансформатора со средней скоростью ±10 К/ч;
- трансформатор выдерживают при минимальной (или максимальной) температуре не менее 24 ч с допуском ±5 K прежде, чем выполнить измерение скорости утечки газа;
- измерение скорости утечки газа проводят при минимальной (или максимальной) температуре;
- температуру в камере для климатических испытаний повышают (или понижают) до температуры окружающего воздуха со средней скоростью ±10 К/ч;
- после стабилизации температуры трансформатора измеряют скорость утечки газа при температуре окружающего воздуха (20 ± 10) °C.

7.4.8 Определение температуры точки росы газа

Точку росы газа определяют через 24 ч после заполнения оборудования газом на приемосдаточных испытаниях или при выборочном испытании, чтобы подтвердить соответствие требованиям, установленным в 6.2.2.

Определение точки росы проводят в соответствии с IEC 60376 и IEC 60480 через 24 ч после заполнения газом.

Если иное не оговорено, способ определения температуры точки росы газа определяет изготовитель.

7.4.9 Испытание на коррозионную стойкость

7.4.9.1 Метод испытания

Испытание на коррозионную стойкость должно проводиться согласно соответствующему стандарту IEC со ссылкой на IEC 60068-1.

Испытание может быть выполнено на репрезентативных образцах с использованием тех же материалов, которые применяются в испытуемом IT.

Например:

- испытуемое оборудование должно быть подвергнуто климатическим испытаниям Ka (соляной туман) в соответствии с IEC 60068-2-11. Продолжительность испытания составляет 168 ч;
- кроме того, для окрашенных поверхностей устойчивость к влажной атмосфере, содержащей диоксид серы, должна быть испытана в соответствии с ISO 3231.

7.4.9.2 Критерии выдерживания испытания

- Репрезентативный образец должен быть не поврежден коррозией и не иметь видимых или выявленных повреждений.
- Если поверхность окрашена, то не должно быть каких-либо видимых следов разрушения.
- Соответствующая функциональность репрезентативного образца не должна быть нарушена.
- Демонтаж сборочных узлов не должен приводить к их повреждению.
- Степень коррозии, если таковая имеется, должна быть указана в протоколе испытаний.

7.4.10 Испытание на пожаробезопасность

См. приложение C.

7.5 Выборочное испытание

См. приложение D.

8 Правила транспортирования, хранения, монтажа, эксплуатации и технического обслуживания

См. приложение B.

9 Безопасность

Высоковольтное оборудование может быть безопасным только при условии его монтажа в соответствии с действующими правилами и его использования и обслуживания в соответствии с инструкциями изготовителя с точки зрения следующих аспектов:

- электрических;
- механических;
- тепловых.

Высоковольтное оборудование должно эксплуатироваться и обслуживаться только компетентным персоналом. По возможности доступ к оборудованию должен быть обеспечен только компетентному персоналу, если к IT имеется неограниченный доступ, то могут потребоваться дополнительные меры безопасности.

10 Воздействие оборудования на окружающую среду

В настоящее время необходимым является сведение к минимуму влияния IT на окружающую среду на всех этапах его жизненного цикла.

IEC Guide 109 содержит руководство относительно воздействий на окружающую среду электротехнического оборудования на протяжении его жизненного цикла, при процессах переработки и утилизации по окончании жизненного цикла оборудования.

Изготовитель должен указать информацию о любых экологических аспектах IT в течение его эксплуатации, демонтажа и утилизации.

Приложение А
(обязательное)

Идентификация испытуемого образца

А.1 Общие положения

Следующие данные и чертежи при необходимости должны предоставляться изготовителем в испытательную лабораторию в отношении каждого испытания и образца (но не вся информация является обязательной для включения в протокол испытаний). Информация, которая должна быть включена в протокол испытаний, приведена в 7.2.1.2.

А.2 Данные

- наименование изготовителя;
- обозначение типа, параметры и серийный номер IT;
- описание IT;
- номинальные характеристики предохранителей и защитных устройств, если таковые имеются.

А.3 Чертежи

Перечень чертежей, представляемых на рассмотрение

Чертежи, представляемые на рассмотрение	Содержание чертежа (для конкретного случая)
Принципиальная схема	Обозначение типа основных компонентов
Общая схема	Габаритные размеры Оболочка (и) Устройство сброса давления Токоведущие части силовой цепи Выводы заземления Электрический провод заземления Тип и уровень жидкой или газовой изоляции Расположение и обозначение типа изоляторов
Подробные чертежи изоляторов	Материал Размеры (в том числе профиль и длина пути утечки)
Детальные чертежи частей силовой цепи и связанных с ней компонентов	Размеры и материал силовых частей Детальные чертежи выводов (размеры, материал первичной и вторичной обмоток)
Электрическая схема вспомогательных цепей и цепей управления (при необходимости)	Условные обозначения всех компонентов

Приложение B
(справочное)

Правила транспортирования, хранения, монтажа, эксплуатации и технического обслуживания

B.1 Общие положения

Очень важно, чтобы транспортирование, хранение и монтаж IT, а также их эксплуатация и техническое обслуживание осуществлялись в соответствии с инструкциями, предоставляемыми изготовителем.

Следовательно, изготовитель должен своевременно предоставить инструкции по транспортированию, хранению, монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию IT.

B.2 Условия транспортирования, хранения и монтажа

Если условия, установленные для транспортирования и хранения, не могут быть гарантированы, то между изготовителем и заказчиком должно быть заключено специальное соглашение. С целью предотвращения воздействия влаги, обусловленной, например, дождем, снегом или конденсацией, могут потребоваться специальные меры предосторожности для защиты изоляции при транспортировании, хранении и монтаже. При транспортировании следует учитывать воздействие вибрации. Должны быть предусмотрены соответствующие инструкции.

IT с газовой изоляцией должны быть заполнены до такого уровня, который был бы достаточен для поддержания приемлемого давления во время транспортирования. Давление заполняющего газа $1{,}3 \cdot 10^5$ Па при 20 °C подходит для всех диапазонов температур IT по стандартам IEC.

B.3 Монтаж

B.3.1 Общие положения

Для каждого типа IT в инструкциях по монтажу, предоставленных изготовителем, должна содержаться по крайней мере следующая информация.

B.3.2 Вскрытие упаковки и подъем

Должна быть предоставлена необходимая информация для вскрытия упаковки и безопасного подъема, в том числе подробная информация о любых специальных подъемных и удерживающих устройствах.

По прибытии на место и до окончательного заполнения изолирующим диэлектриком IT должны быть проверены в соответствии с инструкциями изготовителя. Для IT с газовой изоляцией давление газа, измеренное при температуре окружающего воздуха, должно быть выше атмосферного давления.

B.3.3 Сборка

Если IT не полностью укомплектован для транспортирования, то каждая отдельная часть, предназначенная для транспортирования, должна быть четко промаркирована. К IT должны прилагаться сборочные схемы для этих составных частей.

B.3.4 Монтаж

Инструкция по монтажу IT, устройств управления и вспомогательного оборудования должна содержать подробные сведения относительно размещения и устройства основания, предназначенного для монтажа.

B.3.5 Присоединение

Инструкции должны содержать информацию относительно присоединения:

a) проводников с необходимыми указаниями по предотвращению перегрева и чрезмерного нагрузки на IT и по обеспечению соответствующих изоляционных промежутков;

b) вспомогательных цепей;

c) систем с жидкой или газовой изоляцией, если таковые имеются, в том числе размеры и расположение труб;

d) заземления;

e) кабеля, подключаемого к выводам вторичной обмотки. Изготовитель должен указать рекомендуемый тип кабеля.

B.3.6 Окончательный осмотр после монтажа

Должна быть предоставлена инструкция по осмотру и испытаниям, которые должны быть проведены после монтажа IT и выполнения всех присоединений.

Эти инструкции должны содержать:

- перечень рекомендуемых испытаний на месте установки для обеспечения правильного функционирования;
- методики выполнения любого рода регулировок, которые могут быть необходимы для обеспечения правильного функционирования;
- рекомендации по проведению всевозможных измерений, которые необходимо выполнить с регистрацией результатов измерений, чтобы способствовать проведению технической эксплуатации в будущем;
- указания по окончательному осмотру и вводу в эксплуатацию.

Примечание — При использовании оптической системы необходимо во время окончательного осмотра проверить ее целостность и провести функциональные испытания для обеспечения того, чтобы в процессе монтажа не возникло никаких физических повреждений оптического волокна.

Результаты испытаний и проверки должны быть зарегистрированы в протоколе ввода в эксплуатацию.

IT с газовой изоляцией должны быть подвергнуты следующим окончательным проверкам:

- измерение давления газа. Давление газа, измеренное по окончании заполнения при стандартных атмосферных условиях (20 °C и 101,3 кПа), должно быть не меньше, чем номинальное давление заполняющего газа;
- определение температуры точки росы газа. Температура точки росы газа при номинальном давлении заполнения и температуре окружающего воздуха 20 °C не должна превышать минус 5 °C. При других температурах окружающего воздуха должны быть учтены соответствующие поправочные коэффициенты;
- проверка герметичности оболочки. Проверка должна быть выполнена с помощью метода, установленного для замкнутых систем с избыточным давлением в соответствии с требованиями 7.3.7.1, подтверждение соответствия которым проводилось на приемо-сдаточных испытаниях. Испытание должно начинаться не менее чем через 1 ч после завершения заполнения IT газом, чтобы скорость его утечки стабилизировалась. Окончательный контроль может ограничиваться проверкой прокладок, устройства избыточного давления, клапанов, выводов, манометров, датчиков температуры с использованием подходящего детектора утечки.

B.4 Эксплуатация

Руководство по эксплуатации, разработанное изготовителем, должно содержать следующую информацию:

- общее описание оборудования, в котором особое внимание должно быть уделено техническому описанию его характеристик и всех рабочих функций, чтобы заказчик имел соответствующее представление об основных принципах его применения;
- минимальный ток запуска (при необходимости);
- особенности конструкции оборудования и его безопасной эксплуатации;
- при необходимости описание действий, которые необходимо предпринимать для технического обслуживания и испытаний.

B.5 Техническое обслуживание

Общие положения

Эффективность технического обслуживания зависит в основном от способа подготовки инструкций изготовителем и четкости их выполнения потребителем.

Рекомендация для изготовителя

a) Изготовитель должен разработать инструкцию по техническому обслуживанию, содержащую следующую информацию:

1) периодичность проведения технического обслуживания и продолжительность работы;

2) подробное описание работ по техническому обслуживанию;

- рекомендуемое место проведения технического обслуживания (в помещении, вне помещения, на производстве, на месте монтажа и т. д.);
- методика проведения осмотра, диагностических испытаний, проверки, ремонта, проверки функциональности (предельно допустимые значения и допуски, например для эффективной работы фотоэлектрического элемента);
- ссылки на чертежи;
- ссылки на номера частей (при необходимости);
- использование специального оборудования и инструмента (очищающие и обезжиривающие средства);
- соблюдение мер предосторожности (например, чистоты);

3) подробные чертежи частей IT, важных для технического обслуживания, с четкой идентификацией (номер составной части и описание) сборок, сборочных единиц и важнейших частей;

Примечание — В качестве иллюстрации рекомендуется прилагать детальный чертеж, на котором показано соответствующее положение элементов относительно друг друга при сборке.

4) перечень рекомендуемых запасных частей (наименование, порядковый номер, количество и т. д.) и рекомендации по их хранению;

5) оценку продолжительности работ по техническому обслуживанию согласно графику;

6) указания по утилизации оборудования по окончании срока его службы с учетом требований к защите окружающей среды;

b) Изготовитель должен информировать потребителей о корректирующих действиях, которые могут потребоваться вследствие возможных систематических дефектов и поломок.

c) Доступность запасных частей. Изготовитель должен нести ответственность за обеспечение постоянного наличия рекомендуемых запасных частей, необходимых для проведения технического обслуживания в течение не менее 10 лет с момента выпуска IT.

Рекомендация для потребителя

a) Если потребитель проводит техническое обслуживание собственными силами, то он должен гарантировать, что его персонал достаточно квалифицирован и обладает необходимыми знаниями об IT.

b) Потребитель должен регистрировать следующую информацию:

- серийный номер и тип IT;
- дату ввода IT в эксплуатацию;
- результаты всех измерений и испытаний, в том числе диагностических испытаний, проводимых в течение срока службы IT;
- дату и объем выполненных работ по техническому обслуживанию;
- базу данных по эксплуатации оборудования, в том числе записи измерений IT во время и после особых условий эксплуатации (например, состояния во время отказа и после него);
- ссылки на все акты об отказе.

c) В случае отказа или обнаружения дефектов потребитель должен составить акт об отказе и проинформировать изготовителя с указанием конкретных обстоятельств и предпринятых мер. В зависимости от характера отказа анализ его причины должен быть проведен совместно с изготовителем.

d) В случае демонтажа с целью последующего монтажа потребитель должен регистрировать время и условия хранения.

B.6 Акт об отказе

Назначение акта об отказе – стандартизация отказов IT с целью следующего:

- описать отказ, используя общую терминологию;
- предоставить данные для потребительской статистики;
- обеспечить полноценную обратную связь с изготовителем.

Ниже приводится руководство по составлению акта об отказе.

Акт об отказе должен содержать следующие данные, если таковые имеются:

a) идентификация IT:

- наименование подстанции;
- идентификация IT (изготовитель, тип, серийный номер, номинальные характеристики);
- вид IT (масляная или элегазовая изоляция, автономный или с поддерживающей шиной, наличие или отсутствие механического выключателя);
- устройство IT (катушка с воздушным или стальным магнитопроводом, оптический IT);

- местоположение (внутренней установки, наружной установки);
- оболочка.

b) имеющиеся данные об IT:
- данные о хранении;
- дата ввода оборудования в эксплуатацию;
- дата отказа/дефекта;
- дата последнего технического обслуживания;
- дата последней визуальной проверки индикатора уровня масла;
- подробное описание изменений, сделанных в оборудовании с момента изготовления;
- режим работы в момент отказа/дефекта IT (при эксплуатации, техническом обслуживании и т. д.).

c) идентификация составной части/компонента, явившегося причиной отказа/дефекта:
- компоненты, подверженные воздействию высокого напряжения;
- электрические цепи управления и вспомогательные цепи;
- другие компоненты.

d) нагрузки, способствующие возникновению отказа/дефекта:
- условия окружающей среды (температура, ветер, снег, обледенение, загрязнение, удар молнии и т. п.)
- состояние сети (операции коммутации, неисправность другого оборудования и т. д.);
- другие причины.

e) классификация отказа/дефекта:
- большой отказ;
- малый отказ;
- дефект.

f) происхождение и причина отказа/дефекта:
- происхождение (механический, электрический, электронный, герметичность, если применимо);
- причина по мнению лица, составившего акт (конструкция, изготовление, нечеткие инструкции, неправильный монтаж, неправильное проведение технического обслуживания, нагрузки, превышающие установленные и т. д.).

g) последствия отказа или дефекта:
- длительность простоя IT;
- время, затраченное на ремонт;
- трудозатраты;
- стоимость запасных частей.

Акт об отказе также может содержать следующую информацию:
- чертежи, эскизы;
- фотографии дефектных компонентов;
- однолинейную схему подстанции;
- записи или графики;
- ссылки на руководство по эксплуатации.

Приложение С
(справочное)

Пожаробезопасность

С.1 Пожаробезопасность

Поскольку имеется опасность возгорания, то вероятность возникновения пожара должна быть минимизирована в условиях нормальной эксплуатации, а также в случае предполагаемого неправильного использования, неисправности или отказа.

Первоочередной задачей является предотвращение воспламенения частей, находящихся под электрическим напряжением. Во-вторых, необходимо ограничить воздействие огня.

При возможности материалы и конструкция частей оборудования должны быть такими, чтобы они обеспечивали замедление распространения огня в оборудовании и уменьшали вредное воздействие на окружающую среду.

В случае, когда для обеспечения функционирования оборудования требуется использование воспламеняющихся материалов, то конструкция оборудования должна предусматривать задержку распространения пламени, где это возможно.

Информация, предоставляемая изготовителем, должна обеспечить потребителю возможность проведения оценки риска возникновения возгорания в ходе нормальной и ненормальной эксплуатации.

Руководящие указания приведены в таблице С.1.

Таблица С.1 — Пожаробезопасность электротехнической продукции

Руководящие указания по оценке пожаробезопасности	Минимизация токсической опасности вследствие пожара
IEC 60695-1-10 IEC 60695-1-11	IEC 60695-7-1

С.2 Испытание на пожаробезопасность

При необходимости следует руководствоваться IEC 60695-1-30 и IEC 60695-7-1.

Приложение D
(справочное)

Выборочное испытание

D.1 Определение выборочного испытания

Выборочное испытание — испытание оборудования определенного вида или специальное испытание, проводимое на одном или нескольких полностью укомплектованных IT, отобранных из серийной партии.

D.2 Выборочное испытание

Для того чтобы проконтролировать требуемое соответствие серийной партии изготавливаемого оборудования, изготовитель должен определить, выполнить и оформить программу выборочных испытаний в зависимости от количества единиц оборудования (например, на каждые 300 единиц одного и того же типа оборудования, определенных одними и теми же протоколами испытания типа).

Рекомендуемым выборочным испытанием является испытание выводов первичной обмотки напряжением полных грозовых импульсов.

Библиография

IEC 60028:1925 — International standard of resistance for copper
(Международный стандарт на сопротивление меди)

IEC 60038:2009 — IEC standard voltages
(Стандартные напряжения, рекомендуемые IEC)

IEC 60068-2-1:2007 — Environmental testing — Part 2-1: Tests — Test A: Cold
(Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-1. Испытания. Испытание А: Холод)

IEC 60071-2:1996 — Insulation co-ordination — Part 2: Application guide
(Координация изоляции. Часть 2. Руководство по внедрению)

IEC 60121:1960 — Recommendation for commercial annealed aluminium electrical conductor wire
(Рекомендации на отожженный алюминиевый провод общего назначения)

IEC 60255-26:2013 [1)] — Measuring relays and protection equipment — Part 26: Electromagnetic compatibility requirements
(Реле измерительные и защитное оборудование. Часть 26. Требования электромагнитной совместимости)

IEC 60565:2006 — Underwater acoustics — Hydrophones — Calibration in the frequency range 0,01Hz to 1 MHz
(Акустика подводная. Гидрофоны. Калибровка в диапазоне частот от 0,01 Гц до 1 МГц)

IEC 60599:2007 — Mineral oil-impregnated electrical equipment in service — Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis
(Электрооборудование с пропиткой минеральным маслом при эксплуатации. Руководство по интерпретации результатов анализа растворенных и свободных газов)

IEC 60660:1999 — Tests on indoor post insulators of organic material for systems with nominal voltages greater than 1 kV up to but not including 300 kV
(Изоляторы. Испытания опорных изоляторов, изготовленных из органического материала для установки внутри помещений для систем с номинальным напряжением выше 1 кВ, но не более 300 кВ)

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

IEC 60869-1:2012 — Fibre optic interconnecting devices and passive components — Fibre optic passive power control devices — Part 1: Generic specification
(Устройства межсоединительные волоконно-оптические и пассивные компоненты. Волоконно-оптические пассивные приборы регулирования мощности. Часть 1. Общие технические условия)

IEC/TR 60943:2009 — Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment in particular for terminals
(Руководство по определению допустимого повышения температуры деталей электрического оборудования, в частности оконечных устройств)

[1)] Действует взамен IEC 60255-22-1:2007.

IEC 61000 (все части)	Electromagnetic compatibility (EMC) (Электромагнитная совместимость (ЭМС)
IEC 61109:2008	Insulators for overhead lines — Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1000 V — Definitions, test methods and acceptance criteria (Изоляторы композитные для воздушных линий электропередач. Комбинированные подвесные и натяжные изоляторы для систем переменного тока с номинальным напряжением больше 1000 В. Определения, методы испытаний и критерии приемки)
IEC 61161:2013	Ultrasonics — Power measurement — Radiation force balances and performance requirements (Ультразвук. Измерение мощности. Уравновешивание радиационных сил и требования к эксплуатационным характеристикам)
IEC 61181:2012	Mineral oil-filled electrical equipment — Application of dissolved gas analysis (DGA) to factory tests on electrical equipment (Электрооборудование маслонаполненное. Применение анализа растворенных в масле газов (DGA) для заводских испытаний электрооборудования)
IEC 62271-100:2012	High-voltage switchgear and controlgear — Part 100: Alternating current circuit-breakers (Аппаратура распределения и управления высоковольтная. Часть 100. Автоматические выключатели переменного тока)
CISPR 11:2010	Industrial, scientific and medical equipment — Radio-frequency disturbance characteristics — Limits and methods of measurement (Оборудование промышленное, научное и медицинское. Характеристики радиочастотных помех. Нормы и методы измерений)
CISPR 16-1-1:2010	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus (Технические условия на оборудование и методы измерений радиопомех и помехоустойчивости. Часть 1-1. Оборудование для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Измерительное оборудование)
ISO 9001:2008	Quality management systems — Requirements (Системы менеджмента качества. Требования)

Приложение Д.А
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам и документам

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

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60068-2-11:1981 Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Ka. Соляной туман	MOD	ГОСТ 28207-89 (МЭК 68-2-11-81) * Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Ka: Соляной туман
IEC 60721-3-4:1995 Классификация внешних воздействующих факторов. Часть 3. Классификация групп параметров окружающей среды и степени их жесткости. Раздел 4. Использование в стационарных условиях, незащищенных от атмосферных воздействий	MOD	ГОСТ 30631-99 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации
* Внесенные технические отклонения обеспечивают выполнение требований настоящего стандарта в части механических внешних воздействующих факторов при стационарном применении в местах, незащищенных от погодных условий.		

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

Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта (документа)	Обозначение и наименование международного стандарта (документа) другого года издания	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60068-2-17:1994 Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-17. Испытания. Испытание Q. Герметичность	IEC 60068-2-17:1978 Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Q. Герметичность	MOD	ГОСТ 28210-89 (МЭК 68-2-17-78) [1] Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Q: Герметичность (IEC 60068-2-1:1978, MOD)
IEC 60071-1:2011 Координация изоляции. Часть 1. Определения, принципы и правила	IEC 60071-1:1993 Координация изоляции. Часть 1. Определения, принципы и правила	MOD	ГОСТ 1516.3-96 [2] Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции (IEC 60071-1:1993, MOD)
IEC 60270:2000 Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов	IEC 60270:1981 Измерения частичных разрядов	MOD	ГОСТ 21023-97 [3] Трансформаторы силовые. Методы измерений характеристик частичных разрядов при испытаниях напряжением промышленной частоты (IEC 60270:1981, MOD)

Окончание таблицы Д.А.2

Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование международного стандарта (документа) другого года издания	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60417-DB-12M:2002 Графические символы для использования на оборудовании. 12-месячный абонемент на свободный доступ в базу данных, содержащую все графические символы, опубликованные в IEC 60417	IEC 60417:1973 Графические символы, наносимые на аппаратуру. Указатель, обзор и набор отдельных листов	MOD	ГОСТ 28312-89 (МЭК 417-73) [1] Аппаратура радиоэлектронная профессиональная. Условные графические обозначения (IEC 60417:1973, MOD)
IEC 60529:2013 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)	IEC 60529:1989 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)	MOD	ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) [1] Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) (IEC 60529:1989, MOD)
IEC 60721-3-3:2002 Классификация внешних воздействующих факторов. Часть 3-3. Классификация групп параметров окружающей среды и степени их жесткости. Использование в стационарных условиях, защищенных от атмосферных воздействий	IEC 60721-3-3:1994 Классификация условий окружающей среды. Часть 3. Классификация групп параметров окружающей среды и их жесткости. Раздел 3. Стационарное использование в местах, защищенных от погодных условий	MOD	ГОСТ 30631-99 [4] Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации (IEC 60721-3-3:1994, MOD)
IEC/TS 60815-1:2008 Выбор и определение размеров высоковольтных изоляторов, предназначенных для использования в условиях загрязнения. Часть 1. Определения, информация и общие принципы	IEC/TR 60815:1986 Руководство по выбору изоляторов для работы в условиях загрязнения	MOD	ГОСТ 9920-89 (МЭК 694-80, МЭК 815-86)[5] Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции (IEC/TR 60815:1986, MOD)
IEC/TS 60815-2:2008 Выбор и определение размеров высоковольтных изоляторов, предназначенных для использования в условиях загрязнения. Часть 2. Керамические и стеклянные изоляторы для систем переменного тока			

[1] Внесенные технические отклонения обеспечивают выполнение требований настоящего стандарта.

[2] Внесенные технические отклонения обеспечивают выполнение требований настоящего стандарта в части требований к электрической прочности изоляции.

[3] Внесенные технические отклонения обеспечивают выполнение требований настоящего стандарта в части методов проведения испытаний, применяемых схем и устройств для проведения испытаний.

[4] Внесенные технические отклонения обеспечивают выполнение требований настоящего стандарта в части механических внешних воздействующих факторов при стационарном применении в местах, защищенных от погодных условий.

[5] Внесенные технические отклонения обеспечивают выполнение требований настоящего стандарта в части требований к длине пути утечки внешней изоляции.

УДК 621.314.224.8(083.74)(476) МКС 17.220.20 IDT

Ключевые слова: измерительный трансформатор, трансформатор тока, трансформатор напряжения, емкостный трансформатор напряжения, общие требования, методы испытаний

Ответственный за выпуск *Н. А. Баранов*

Сдано в набор 03.05.2016. Подписано в печать 17.05.2016. Формат бумаги 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Arial. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 6,63 Уч.-изд. л. 3,71 Тираж 2 экз. Заказ 1011

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