МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 61000-4-18— 2016

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Часть 4-18

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне

(IEC 61000-4-18:2011, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Научно-испытательный центр «САМТЭС» и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 марта 2016 г. № 86-П)

За принятие 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
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2016 г. № 1638-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 61000-4-18—2016 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2017 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61000-4-18:2011 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-18. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне» [«Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-18: Testing and measurement techniques — Damped oscillatory wave immunity test», IDT].

Международный стандарт IEC 61000-4-18:2011 подготовлен Подкомитетом 77B «Высокочастотные электромагнитные явления» Технического комитета ТК 77 IEC «Электромагнитная совместимость».

Настоящее объединенное издание международного стандарта IEC 61000-4-18:2011 включает в себя первое издание, опубликованное в 2006 г., и изменение 1 (2010 г.).

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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Апрель 2020 г.

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

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© Стандартинформ, оформление, 2016, 2020

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

Содержание

1 Область применения и цель 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 3
4.1 Сведения о явлении «медленная затухающая колебательная волна» 3
4.2 Сведения о явлении «быстрая затухающая колебательная волна» 4
5 Испытательные уровни 5
6 Испытательное оборудование 7
6.1 Генератор 7
6.2 Технические характеристики устройства связи/развязки 9
7 Испытательная установка 10
7.1 Заземляющие соединения 11
7.2 Опорная пластина заземления 11
7.3 Испытуемое оборудование 11
7.4 Устройства связи/развязки 12
7.5 Генераторы 12
8 Процедура испытаний 12
8.1 Лабораторные опорные условия 13
8.2 Проведение испытаний 13
9 Оценка результатов испытаний 14
10 Отчет об испытаниях 15
Приложение А (справочное) Информация об испытательных уровнях для затухающей колебательной волны 26
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 27
Библиография 28

Введение

Стандарты серии IEC 61000 публикуются отдельными частями в соответствии со следующей структурой:

- часть 1. Общие положения:

общее рассмотрение (введение, фундаментальные принципы), определения, терминология;

- часть 2. Электромагнитная обстановка:

описание электромагнитной обстановки, классификация электромагнитной обстановки, уровни электромагнитной совместимости;

- часть 3. Нормы:

нормы электромагнитной эмиссии, нормы помехоустойчивости (в тех случаях, когда они не являются предметом рассмотрения техническими комитетами, разрабатывающими стандарты на продукцию);

- часть 4. Методы испытаний и измерений:

методы измерений, методы испытаний;

- часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению:

руководства по установке, методы и устройства помехоподавления;

- часть 6. Общие стандарты;

- часть 9. Разное.

Каждая часть далее подразделяется на несколько частей, которые могут быть опубликованы в качестве международных стандартов или технических требований, или технических отчетов, некоторые из которых были уже опубликованы как разделы. Другие будут опубликованы с указанием номера части, за которым следует дефис, а затем номер раздела (например, IEC 61000-6-1).

Настоящая часть представляет собой международный стандарт, который устанавливает требования помехоустойчивости и методы испытаний применительно к затухающим колебательным волнам.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Часть 4-18

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-18.
Testing and measurement techniques. Damped oscillatory wave immunity test

Дата введения — 2017—06—01

1 Область применения и цель

Настоящий стандарт распространяется на электрическое и электронное оборудование и устанавливает требования помехоустойчивости и методы испытаний оборудования при воздействии в рабочих условиях:

- повторяющихся затухающих колебательных волн, возникающих в основном в силовых линиях и линиях управления и сигнализации, проложенных на подстанциях высокого и среднего (HV/MV) напряжения;
- повторяющихся затухающих колебательных волн, возникающих в основном в силовых линиях и линиях управления и сигнализации, проложенных на подстанциях с газовой изоляцией, и в некоторых случаях также на подстанциях с воздушной изоляцией или в любых установках вследствие явления электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва (HEMP).

Цель настоящего основополагающего стандарта — установить требования помехоустойчивости и заложить общие основы для оценки в лабораторных условиях качества функционирования электрического и электронного оборудования, предназначенного для применения в жилых, коммерческих и промышленных зонах, так же как и оборудования, предназначенного для применения на электростанциях и подстанциях.

Примечание — В соответствии с Руководством IEC 107 настоящий стандарт является основополагающим стандартом ЭМС для применения техническими комитетами IEC, разрабатывающими стандарты на продукцию. Руководство IEC 107 устанавливает также, что технические комитеты, разрабатывающие стандарты на продукцию, ответственны за определение необходимости применения настоящего стандарта испытаний на помехоустойчивость и (в случае его применения) за выбор испытательных уровней и критериев качества функционирования. ТК 77 и его подкомитеты готовы к сотрудничеству с техническими комитетами IEC, разрабатывающими стандарты на продукцию, в оценке уровней конкретных испытаний на помехоустойчивость для соответствующих видов продукции.

Настоящий стандарт применяется при установлении:

- форм испытательного напряжения и тока;
- диапазонов испытательных уровней;
- испытательного оборудования;
- испытательной установки;
- процедуры испытания.

Издание официальное

Настоящий стандарт устанавливает общие основы для оценки помехоустойчивости электрического и электронного оборудования при воздействии затухающих колебательных волн. Метод испытаний, документированный в настоящем стандарте, представляет собой установившийся метод оценки помехоустойчивости оборудования или системы в отношении указанного явления.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения).

IEC 60050-161, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 161: Electromagnetic compatibility (Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость)

IEC 61000-4-4, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and measurement techniques — Electrical fast transient/burst immunity test (Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к электрическим быстрым переходным процессам/пачкам)

IEC 61000-6-6, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-6: Generic standards — HEMP immunity for indoor equipment (Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-6. Общие стандарты. Испытание на устойчивость к электромагнитному импульсу высотного ядерного взрыва для оборудования внутри помещений)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по IEC 60050-161, а также следующие термины с соответствующими определениями.

Примечание — Эти термины применимы к ограниченной области колебательных переходных процессов:

3.1 **подстанция с воздушной изоляцией** (air insulated substantion, AIS): Подстанция, укомплектованная коммутационной аппаратурой только с воздушной изоляцией.

3.2 **пачка** (burst): Последовательность ограниченного числа отдельных импульсов или колебаний ограниченной продолжительности.

[IEV 161-02-07]

3.3 **калибровка** (calibration): Совокупность операций, устанавливающих посредством ссылок на стандарты соотношение, существующее при определенных условиях между показанием и результатом измерения.

Примечания

1 Термин основан на подходе неопределенности измерений.

2 Соотношение между показаниями и результатами измерения в принципе может быть выражено калибровочной диаграммой.

[IEV 311-01-09]

3.4 **связь** (coupling): Взаимодействие между цепями, передача энергии из одной цепи в другую.

3.5 **устройство связи** (coupling network): Электрическая схема, предназначенная для передачи энергии из одной цепи в другую.

3.6 **устройство развязки** (decoupling network): Электрическая схема, предназначенная для предотвращения воздействия испытательных напряжений, подаваемых на испытуемое оборудование (ИО), на устройства, оборудование или системы, не подвергаемые испытаниям.

3.7 **подстанция с газовой изоляцией (в металлической оболочке)** [gas insulated (metal-enclosure) substantion]: Подстанция, укомплектованная коммутационной аппаратурой только с газовой изоляцией (в металлической оболочке).

[IEV 605-02-14]

3.8 **электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва** (high-altitude electromagnetic pulse): Электромагнитный импульс, созданный ядерным взрывом вне земной атмосферы.

Примечание — В типичном случае на высоте более 30 км.

3.9 **устойчивость к электромагнитной помехе, помехоустойчивость** [(immunity (to a disturbance)]: Способность устройства, оборудования или системы функционировать без ухудшения в присутствии электромагнитной помехи.

[IEV 161-01-20]

3.10 **порт** (port): Частный интерфейс ИО с внешней электромагнитной обстановкой.

3.11 **время нарастания** (rise time): Интервал времени между моментами, когда мгновенное значение импульса впервые достигает 10 % и затем 90 % пикового значения.

[IEV 161-02-05, модифицировано]

3.12 **переходный процесс** (transient): Явление или величина, изменяющиеся между двумя соседними стационарными состояниями за интервал времени, короткий по сравнению с полной рассматриваемой шкалой времени.

[IEV 161-02-01]

3.13 **проверка** (verification): Совокупность операций, которые используются для проверки системы испытательного оборудования (например, испытательного генератора и соединительных кабелей) и демонстрации того, что испытательная система функционирует в пределах допустимых отклонений характеристик, приведенных в разделе 6.

Примечания

1 Методы, используемые при проверке, могут отличаться от методов, используемых при калибровке.

2 Условия по 6.1.2 и 6.2, рассматриваются в качестве руководства, обеспечивающего корректную работу испытательного генератора и другого оборудования, образующих испытательную установку, так чтобы к ИО подводился сигнал установленной формы.

[311-01-13, модифицировано]

4 Общие положения

Явления затухающей колебательной волны подразделяются на две части. К первой части относится медленная затухающая колебательная волна при частотах колебаний от 100 кГц до 1 МГц. Ко второй части относится быстрая затухающая колебательная волна при частотах колебаний свыше 1 МГц. Причины возникновения двух типов затухающих колебательных волн указаны ниже.

4.1 Сведения о явлении «медленная затухающая колебательная волна»

Это явление характерно для коммутации разъединителей на открытых HV/MV подстанциях и тесно связано с переключением высоковольтных шин и фоном помех на промышленных предприятиях.

На электростанциях операции замыкания и размыкания высоковольтных разъединителей приводят к появлению волны переходного процесса с резким фронтом при времени нарастания порядка нескольких десятков наносекунд.

Фронт волны напряжения изменяется из-за отражений, обусловленных несогласованностью характеристических сопротивлений высоковольтных линий, по которым распространяется волна. По этой причине результирующие напряжение и ток помехи в высоковольтных шинах характеризуются основной частотой колебаний, которая зависит от длины цепи и времени распространения.

Частота колебаний изменяется приблизительно от 100 кГц до нескольких мегагерц для открытых электрических подстанций в зависимости от влияния параметров, указанных выше, и длины высоковольтных шин, которая может составлять от нескольких десятков до нескольких сотен метров (максимальная длина может достигать 400 м).

Поэтому частота колебаний 1 МГц может рассматриваться в качестве представительной для большинства условий эксплуатации, и вместе с тем частота 100 кГц рассматривается как соответствующая условиям больших электрических подстанций высокого напряжения.

Частота повторения изменяется от нескольких герц до нескольких килогерц в зависимости от расстояния между контактами разъединителя, т. е. при малом расстоянии между контактами частота повторения максимальна, а при расстоянии между контактами, близком к тому, при котором происходит прекращение электрической дуги, частота повторения минимальна и равна (для каждой фазы) удвоенной частоте сети (100 Гц для частоты 50 Гц и 120 Гц для частоты 60 Гц).

Выбранные частоты повторения 40 и 400 Гц являются, следовательно, компромиссными значениями, учитывающими различную продолжительность явления, вероятность различных частот повторения и влияние энергии воздействующей на ИО.

На промышленных предприятиях повторяющиеся колебательные волны могут генерироваться коммутационными переходными процессами и инжекцией импульсных токов в системы электроснабжения (сети и электрическое оборудование). Время нарастания и частота колебаний затухающих колебательных волн, выбранных для испытаний, находятся в удовлетворительном соответствии с локальными частотными характеристиками систем.

4.2 Сведения о явлении «быстрая затухающая колебательная волна»

Испытание на устойчивость к быстрой затухающей колебательной волне следует проводить с использованием явления, имеющего место в двух конкретных обстановках:

- на подстанциях электрических сетей (создаваемого коммутационной аппаратурой и управляющими механизмами);
- во всех установках, подвергаемых воздействию электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва (HEMP).

4.2.1 Помехи, создаваемые коммутационной аппаратурой и управляющими механизмами

В течение операций замыкания и размыкания разъединителей между двумя контактами рабочего устройства из-за медленной скорости контактов имеет место большое число повторных зажиганий дуги. По этой причине действия размыкателя коммутационного устройства создают очень быстрые переходные процессы, которые в виде бегущих волн распространяются в шинах подстанции. Электрические длины экранированных проводников и длины открытых участков шин определяют частоты колебаний переходных процессов перенапряжений.

На подстанциях с воздушной изоляцией (AIS) эти переходные процессы будут создавать излученное электромагнитное поле в обстановке подстанции.

Недавно на подстанциях с воздушной изоляцией были проведены измерения с использованием широкополосных приборов [1][1)]. Эти измерения показали, что на данных подстанциях могут также иметь место переходные процессы с частотами свыше 1 МГц.

На подстанциях с газовой изоляцией (GIS) эти переходные процессы распространяются внутри металлической оболочки, содержащей элегаз (SF_6). С учетом поверхностного эффекта высокочастотные переходные процессы заключены внутри оболочки и не вызывают проблем. Однако в отверстиях оболочки часть переходных процессов переносится на внешнюю поверхность оболочки. В результате потенциал оболочки возрастает, и ток, протекающий на поверхности оболочки, создает в обстановке подстанции излученное электромагнитное поле. Возрастание потенциала относительно земли является непосредственным источником токов общего несимметричного режима во вторичных цепях. Токи общего несимметричного режима во вторичных цепях также наводятся излученным электромагнитным полем.

Измерения показали, что максимальная частота существенных компонентов спектральной плотности этих токов может достигать значений от 30 до 50 МГц (см. [2], рисунки 1 и 2). На этих же рисунках видно, что спектральная плотность имеет несколько пиков, причем важные спектральные компоненты наблюдаются на частотах несколько десятков МГц.

Как отмечено в [1], частотные характеристики обстановки высоковольтных подстанций стали более жесткими, чем это имело место в прошлом, из-за уменьшения расстояний между объектами в результате снижения общих размеров подстанций, использования подстанций с газовой изоляцией (GIS) и установки электронного оборудования на сближенных расстояниях с коммутационными устройствами.

Поэтому частоты колебаний 3, 10 и 30 МГц считают пригодными для быстрых затухающих колебательных волн, принимая во внимание более реалистичные условия обстановки на подстанциях с воздушной и газовой изоляцией.

Частота повторения изменяется от нескольких герц до многих килогерц в зависимости от расстояния между коммутируемыми контактами, т. е. при сближенных контактах частота повторения максимальна, а при расстоянии между контактами, близком к тому, при котором происходит прекращение электрической дуги, частота повторения минимальна и равна (для каждой фазы) удвоенной частоте сети (100 Гц для частоты 50 Гц и 120 Гц для частоты 60 Гц в высоковольтных системах).

Выбранную частоту повторения 5000 Гц устанавливают с учетом наивысшей частоты повторения, измеренной в GIS. Эта наивысшая измеренная частота повторения является, тем не менее, компромиссным значением, учитывающим различные длительности явлений, вероятность различных частот повторения и влияние энергии, воздействующей на ИО.

[1)] Цифры в квадратных скобках представляют собой ссылки на библиографию.

4.2.2 Помехи, создаваемые электромагнитным импульсом высотного ядерного взрыва

Электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва (HEMP), как указано в IEC 61000-2-9 [4], представляет собой интенсивную плоскую волну импульсного электромагнитного поля с временем нарастания 2,5 нс и длительностью импульса приблизительно 25 нс. Это поле при взаимодействии с облучаемыми кабелями и проводами создает колебательные напряжения и токи, зависящие от длины линии (см. IEC 61000-2-10 [5]). У большинства наружных линий, таких как силовые или телекоммуникационные, их длины (часто более 1 км) являются достаточными для того, чтобы наведенные токи и напряжения обычно имели импульсный характер.

Для проводов и кабелей внутри зданий внешний электромагнитный импульс частично ослаблен, однако напряженность поля является еще достаточной для связи с короткими кабелями внутри, что создает угрозу для подключенного электронного оборудования. Эксперименты, проведенные в прошлом, свидетельствуют о том, что электромагнитные поля высотного ядерного взрыва наводят в указанных коротких линиях высокочастотные затухающие колебательные волны с частотами, достигающими 100 МГц, хотя частоты ниже 30 МГц более обычны (см. IEC 61000-2-10). Затухание колебательной волны является достаточно быстрым из-за влияния поглощающих стен, поэтому типичным является значение добротности Q в пределах от 10 до 20.

Отмечено также, что эффективная связь полей электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва возможна с короткими наружными проводами, например входящими в состав линий управления на подстанциях и электростанциях. В результате указанные кабели также подвергаются воздействию затухающих колебательных напряжений с частотами от 1 до 100 МГц в зависимости от длины кабеля.

Учитывая, что для обстановки электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва типичны лишь один или два импульса, при испытании нет необходимости требовать высокую частоту повторения для воспроизведения реальной обстановки. Однако в свете проблем надежности цифровой электроники рекомендуется, чтобы частота повторения, подобная рекомендуемой для коммутационной аппаратуры и механизмов управления (5000 Гц), была применена также и в отношении электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва, с тем чтобы повысить вероятность обнаружения нарушения функционирования.

Этот вывод согласуется с тем, что испытания защиты от электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва обычно проводятся, только если последствия отказа электронных систем серьезны.

Что касается стандартов помехоустойчивости и общих стандартов в области электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва, опубликованных к настоящему времени (IEC 61000-4-25 [7] и IEC 61000-6-6), то имеется необходимость в основополагающем стандарте для быстрой затухающей колебательной волны, содержащем сведения об испытательных уровнях, конструкции генератора и процедурах испытаний, который позволит проводить испытания, соответствующие уровням напряжений, наводимых электромагнитным импульсом высотного ядерного взрыва. Такая волна напряжения представляет собой быструю затухающую синусоидальную волну, воздействующую на подключенное оборудование. Хотя в реальных условиях возможны различные частоты, было решено, что испытания на устойчивость к быстрой затухающей колебательной волне следует проводить с частотой колебаний до 30 МГц, чтобы обеспечить соответствие условиям обстановки, создаваемым на подстанциях электрических сетей.

5 Испытательные уровни

Предпочтительные испытательные уровни для затухающей колебательной волны, применимые для портов электропитания, сигнальных портов и портов управления оборудования, приведены в таблицах 1 и 2. Испытательный уровень определяется как напряжение (максимальное или минимальное) первого пика испытательной волны (Pk_1 на рисунке 1). Для портов электропитания, сигнальных портов и портов управления допускается применять разные уровни.

Уровень (уровни), применяемый(е) для сигнальных портов и портов управления, не должен(ны) отличаться более чем на одну ступень от применяемых для портов электропитания.

Таблица 1 — Испытательные уровни для медленной затухающей колебательной волны (100 кГц или 1 МГц)

Уровень	Общий несимметричный режим, кВ	Симметричный режим, кВ
1	0,5	0,25
2	1	0,5
3	2 [a]	1
4	—	—
x [b]	*x*	*x*

[a] Значение увеличивается до 2,5 кВ для оборудования подстанции.

[b] *x* может быть выше, ниже любого уровня или между любыми уровнями. Этот уровень может быть установлен в стандарте на продукцию.

Таблица 2 — Испытательные уровни для быстрой затухающей колебательной волны (3, 10 или 30 МГц)

Уровень	Общий несимметричный режим, кВ
1	0,5
2	1
3	2
4	4
x [a]	*x*

[a] *x* может быть выше, ниже любого уровня или между любыми уровнями. Этот уровень может быть установлен в стандарте на продукцию.

Применимость испытаний затухающей колебательной волной должна быть указана в технической документации на конкретную продукцию.

Испытательные уровни следует выбирать по таблице 1 в соответствии с подверженностью кабелей, проложенных в установке, воздействию первичного явления. Указанные уровни определяют как напряжение холостого хода на выходе генератора или на выходе используемого устройства связи/развязки (CDN).

Выбранные испытательные уровни применяют при испытаниях на помехоустойчивость, для того чтобы при установлении уровня качества функционирования для электромагнитной обстановки, в которой оборудование, как ожидается, будет функционировать, учитывали первичное явление и практику монтажа, определяющие классы электромагнитной обстановки.

Установки, для которых применимы указанные выше испытательные уровни, представляют из себя, в основном, высоковольтные подстанции, а также промышленные предприятия, имеющие собственные электростанции (трансформаторные станции).

В высоковольтных установках уровень наведенных напряжений будет определяться длинами кабелей, параллельных высоковольтным шинам, и степенью их параллельности, рабочими напряжениями этих линий, их экранированием и заземлением.

Для того чтобы уменьшить (насколько возможно) изменчивость этих величин, и принимая во внимание, что оборудование предназначенное для конкретной установки, используется при определенных пределах рабочего напряжения электростанции (например, от 150 до 800 кВ), для определения испытательного уровня рассматриваются, в основном, подключаемое оборудование, его размещение, качество экранирования кабелей и их заземление (см. приложение А).

6 Испытательное оборудование

6.1 Генератор

Выход генератора должен обеспечить способность функционировать в условиях короткого замыкания.

Структурная схема типичного образца генератора затухающей колебательной волны показана на рисунке 2.

Испытательный генератор представляет собой генератор затухающих колебательных волн с характеристиками, указанными ниже, подаваемых на порт ИО. Если импульсы подаются через устройство связи/развязки, то характеристики волн должны быть такими, как установлено на выходе этого устройства.

Выход генератора не должен быть заземлен, и несимметрия паразитной емкости между терминалами генератора и землей должна быть менее 20 %. Это условие должно быть выполнено при испытании сигнальных портов и портов управления ИО в симметричном режиме. Должен быть предусмотрен сдвоенный выход генератора. Генератор быстрых затухающих колебательных волн должен иметь единственный коаксиальный выход. Испытания с таким генератором следует проводить только в общем несимметричном режиме.

Условия, которые должны быть выполнены, если выход генератора не развязан от земли, приведены в 8.2, перечисление b).

В генераторе должны быть предусмотрены меры по исключению эмиссии значительных помех, которые могут быть инжектированы в электрическую сеть или могут повлиять на результаты испытаний.

6.1.1 Характеристики и качество функционирования генератора медленной затухающей колебательной волны

Технические характеристики:

- время нарастания напряжения (T_1 на рисунке 1) ..... 75 нс ± 20 %;
- частота колебаний напряжения (примечание 1) ..... (100 кГц и 1 МГц) ± 10 %;
- частота повторения ..... (40/с для 100 кГц и 400/с для 1 МГц) ± 10 %;
- степень затухания (см. рисунок 1)..... значение Pk_5 должно быть более 50 % значения Pk_1, значение Pk_{10} должно быть менее 50 % значения Pk_1;
- длительность пачки ..... не менее 2 с;
- выходное сопротивление (примечание 2) ..... 200 Ом;
- напряжение холостого хода (значение Pk_1, см. рисунок 1) ..... (250 В — 2,5 кВ) ± 10 %;
- ток короткого замыкания (значение Pk_1, см. рисунок 1) ..... (1,25—12,5 А) ± 20 %;
- фазовый сдвиг по отношению к частоте электропитания..... требования не устанавливаются;
- полярность первого полупериода волны ..... положительная и отрицательная.

Примечание 1 — Частоту колебаний определяют как величину, обратную периоду времени между первым и третьим пересечением нуля после начального пика. Этот период времени обозначен T на рисунке 1.

Примечание 2 — Выходное сопротивление рассчитывают делением напряжения Pk_1 холостого хода на силу тока Pk_1 короткого замыкания.

Форма медленной затухающей колебательной волны с отмеченными пиковыми точками приведена на рисунке 1. Пример структурной схемы генератора приведен на рисунке 2.

6.1.2 Характеристики и качество функционирования генератора быстрой затухающей колебательной волны

Технические характеристики в режиме холостого хода:

- время нарастания напряжения (T_1 на рисунке 1) ..... 5 нс ± 30 %;
- частота колебаний напряжения (примечание 1) ..... (3, 10 и 30 МГц) ± 10 %;
- частота повторения ..... 5000/с ± 10 %;
- степень затухания (см. рисунок 1) — значение Pk_5 должно быть более 50 % значения Pk_1, значение Pk_{10} должно быть менее 50 % значения Pk_1;
- длительность пачки ..... 3 МГц: 50 мс ± 20 %,
  10 МГц: 15 мс ± 20 %,
  30 МГц: 5 мс ± 20 %;
- период повторения пачки ..... 300 мс ± 20 %;
- выходное сопротивление (примечание 2) ..... 50 Ом ± 20 %;
- напряжение холостого хода (значение Pk_1, см. рисунок 1) ..... (250 В — 4 кВ) ± 10 %;
- фазовый сдвиг по отношению к частоте электропитания ..... требования не устанавливаются;
- полярность первого полупериода волны ..... положительная и отрицательная.

Технические характеристики в режиме короткого замыкания:

- время нарастания тока (T_1 на рисунке 1) ..... 3 МГц: < 330 нс,
  10 МГц: < 100 нс,
  30 МГц: < 33 нс;
- частота колебаний тока (примечание 1) ..... (3, 10 и 30 МГц) ± 10 %;
- степень затухания (см. рисунок 1) ..... значение Pk_5 должно быть более 25 % значения Pk_1, значение Pk_{10} должно быть менее 25 % значения Pk_1;
- ток короткого замыкания (значение Pk_1, см. рисунок 1) ..... (5—80 А) ± 20 %.

Примечание 1 — Частоту колебаний определяют как величину, обратную периоду времени между первым и третьим пересечением нуля после начального пика. Этот период времени обозначен T на рисунке 1.

Примечание 2 — Выходное сопротивление рассчитывают делением напряжения Pk_1 холостого хода на силу тока Pk_1 короткого замыкания.

Форма быстрой затухающей колебательной волны с отмеченными пиковыми точками приведена на рисунке 1. Пример структурной схемы генератора приведен на рисунке 2.

6.1.3 Значение полного сопротивления

Для выходного полного сопротивления генератора медленной затухающей колебательной волны установлено значение 200 Ом, хотя реальное полное сопротивление кабелей (скрученных пар) близко к 150 Ом. Причина выбора полного сопротивления 200 Ом заключается в том, чтобы не менять существующее общее положение, включающее в себя технические характеристики семейства оборудования, применяемого, в основном, на высоковольтных подстанциях.

Для выходного полного сопротивления генератора быстрой затухающей колебательной волны установлено значение 50 Ом. Причина выбора сопротивления 50 Ом заключается в том, что генератор должен быть совместимым с генератором электрических быстрых переходных процессов/пачек (EFT/B) по IEC 61000-4-4. Для устройства связи/развязки или соединителя должен быть использован коаксиальный кабель 50 Ом. Во избежание искажений полное сопротивление генератора должно быть 50 Ом.

Кроме того, кабели на электростанциях и промышленных предприятиях рассматриваемой категории в большинстве случаев имеют длины порядка сотен метров. Следовательно, полное сопротивление полевых соединений близко к характеристическому сопротивлению кабелей и не менее этого значения.

6.1.4 Проверка характеристик испытательного генератора

Процедура проверки рассматривается в качестве руководства, обеспечивающего корректную работу испытательного генератора, устройств связи/развязки и других блоков, образующих испытательную установку, так чтобы к ИО подводился сигнал установленной формы.

Для обеспечения возможности сравнения результатов испытаний, проведенных с применением различных испытательных генераторов, должны быть проверены наиболее существенные характеристики ИГ.

Проверке соответствия параметрам, указанным в 6.1.1 и 6.1.2, подлежат следующие характеристики:

- время нарастания;
- частота колебаний;
- степень затухания;
- длительность пачки;
- частота повторения пачек;
- частота повторения;
- напряжение холостого хода (полное сопротивление холостого хода: для генератора медленной затухающей колебательной волны $Z_{oc} \geq 10$ кОм);
- ток короткого замыкания (значение Pk_1, только при использовании полного сопротивления короткого замыкания: для генератора медленной и быстрой затухающей колебательной волны $Z_{sc} \leq 0{,}1$ Ом);
- выходное сопротивление генератора.

Проверку следует проводить с применением пробника напряжения или тока (если применимо) и осциллографа или других эквивалентных измерительных приборов с минимальной полосой пропускания не менее 40 МГц для генератора медленной затухающей колебательной волны и не менее 400 МГц для генератора быстрой затухающей колебательной волны.

Для генератора быстрой затухающей колебательной волны:

- нагрузочное полное сопротивление испытательной цепи холостого хода включает в себя резистор 1000 Ом ± 2 % параллельно с емкостью не более 6 пФ. Измерение сопротивления резистора проводят на постоянном токе; измерение емкости проводят с использованием измерителя емкости, действующего на низких частотах;
- предпочтительным устройством для измерения тока является шунт. Его передаточное полное сопротивление должно быть 0,1 Ом ± 2 %. Проверку сопротивления шунта проводят на постоянном токе.

Минимальная полоса пропускания на уровне 3 дБ не менее 400 МГц должна быть проверена с применением соответствующего анализатора цепей.

Примечание — Выходное сопротивление генератора $Z_{sc} = 0{,}102$ Ом считается соответствующим требованию $Z_{sc} \leq 0{,}1$ Ом.

Характеристики формы волны должны быть проверены непосредственно на выходе испытательного генератора с нагрузочными сопротивлениями холостого хода и короткого замыкания.

6.2 Технические характеристики устройства связи/развязки

Устройство связи/развязки (CDN) обеспечивает, с одной стороны, возможность подачи испытательного напряжения в общем несимметричном режиме (для генераторов обеих видов) или в симметричном режиме (только для частот 100 кГц, 1 МГц) на порты электропитания, сигнальные порты и порты управления ИО и, с другой стороны, исключает воздействие испытательного напряжения на любое вспомогательное оборудование, необходимое для проведения испытания.

Характеристики волны на порте ИО устройства связи/развязки должны быть в пределах допусков, указанных в 6.1.1, 6.1.2. Проверка должна быть проведена последовательно порт за портом с нагрузочным сопротивлением короткого замыкания 0,1 Ом, т. е., например, для трехфазного устройства связи-развязки: L1 — PE, L2 — PE, L3 — PE, N — PE.

Технические характеристики, являющиеся общими для устройств связи/развязки, применяемых на портах электропитания, а также портах ввода/вывода, приведены ниже. Дополнительные технические характеристики, учитывающие особенности конструкции, приведены в 6.2.1 и 6.2.2.

Использование в устройствах связи конденсаторов связи 0,5 мкФ (для медленной затухающей колебательной волны) и 33 нФ (для быстрой затухающей колебательной волны) должно обеспечить затухание связи менее 10 %.

Конденсаторы связи могут быть заменены устройствами связи других типов, такими как газовые разрядники, кремниевые диоды или варисторы. Если используют такие устройства, то характеристики формы затухающей колебательной волны могут быть существенно изменены.

Устройство связи/развязки должно иметь специальный зажим заземления.

Проверку технических характеристик 6.1.1 и 6.1.2 следует выполнять с использованием осциллографа или эквивалентного электрического прибора с полосой пропускания не менее 40 МГц для медленной затухающей колебательной волны и 400 МГц для быстрой затухающей колебательной волны.

6.2.1 Устройство связи/развязки для портов электропитания переменного и постоянного тока

Характеристики формы волны на выходе устройства связи/развязки должны отвечать таким же требованиям, что установлены в 6.1.1, 6.1.2 для испытательных генераторов.

Технические требования:

- остаточное затухающее колебательное напряжение (от Pk_1 до Pk_{10}) на входах электропитания устройства развязки при отключенном ИО не должно превышать 10 % подаваемого испытательного напряжения или удвоенного пикового значения номинального напряжения сети на устройстве связи/развязки, в зависимости от того, что больше;

- ток нагрузки ..... соответствует току ИО;

- число фаз ..... как требуется для ИО.

Примечание — Минимальные значения развязки в общем несимметричном и симметричном режимах могут быть недостаточными для защиты вспомогательного оборудования, применяемого для проведения испытания.

6.2.2 Устройство связи/развязки для сигнальных портов и портов управления

Устройство связи/развязки должно иметь те же характеристики, что указаны в 6.2.1, с отличиями, указанными ниже.

Остаточное затухающее колебательное напряжение (от Pk_1 до Pk_{10}) на входах электропитания устройства развязки при отключенном ИО не должно превышать 10 % подаваемого испытательного напряжения или удвоенного пикового значения номинального напряжения сети на устройстве связи/развязки, в зависимости от того, что больше.

Минимальное затухание, вносимое устройством развязки, может быть недостаточным для защиты вспомогательных источников сигналов, и могут быть необходимы дополнительные защитные устройства.

Устройство может состоять из отдельных блоков, для того чтобы иметь возможность испытывать порты ввода/вывода с использованием отдельных блоков или группируя блоки (например, при подаче общего несимметричного напряжения на многопроводные кабели).

Вместе с генератором быстрой затухающей колебательной волны могут быть использованы емкостные клещи связи по IEC 61000-4-4, если устройство связи/развязки неприменимо для рабочего сигнала исследуемого порта ИО.

7 Испытательная установка

Испытательная установка включает в себя следующее оборудование:

- заземляющие соединения, опорная пластина заземления (GRP);
- ИО;
- испытательный генератор;
- измерительные приборы;
- устройство связи/развязки;
- вспомогательные приборы.

Примеры испытательных установок приведены на следующих рисунках:

- рисунок 3 — испытательная установка для настольного оборудования с использованием опорной пластины заземления;

- рисунок 4 — испытательная установка для напольного оборудования с использованием опорной пластины заземления.

Испытательное напряжение должно быть подано через устройство связи/развязки, обеспечивающее прохождение рабочего сигнала порта ИО.

Испытание портов связи системы (использующей широкополосные рабочие сигналы) с подачей испытательного напряжения через устройство связи/развязки, может привести к снижению уровня рабочих сигналов. Если это имеет место, испытательное напряжение должно быть подано в соответствии с рисунком 13 между корпусами взаимосвязанного оборудования (ИО 1 и ИО 2).

Если ИО 1 представляет собой вспомогательное оборудование (имитатор), предварительно проверяют помехоустойчивость имитатора. При недостаточной помехоустойчивости имитатора и отсутствии возможностей повышения его помехоустойчивости испытания осуществляют в целях подтверждения следующих характеристик функционирования ИО:

- порт связи не повреждается;
- связь нарушается только в течение времени воздействия испытательного напряжения;
- качество функционирования ИО при выполнении функций, не относящихся к связи, не ухудшается.

Для кабелей, экраны которых не заземлены на одном конце, незаземленный конец кабеля должен быть соединен с корпусом через конденсатор связи емкостью 0,5 мкФ. Стандартная длина кабеля при этом испытании должна быть 10 м. Сигнальные кабели должны быть подключены в соответствии с технической документацией к продукции, в том числе в части применения мер защиты от помех.

7.1 Заземляющие соединения

При проведении испытаний ИО должны быть соблюдены требования изготовителей ИО и испытательного оборудования к защитному заземлению.

При создании испытательной конфигурации защитное заземление испытательного генератора, устройства связи/развязки, ИО и вспомогательного оборудования может быть осуществлено с использованием существующей опорной пластины заземления или соответствующих заземляющих проводников.

7.2 Опорная пластина заземления

Опорная пластина заземления (необходима систематически на частоте свыше 1 МГц) должна представлять собой металлический (медный или алюминиевый) лист толщиной не менее 0,25 мм. Допускается использовать другие металлы, но при этом толщина листа должна быть не менее 0,65 мм.

Если используют опорную пластину заземления, то ИО, вспомогательное оборудование и испытательное оборудование размещают на пластине заземления и соединяют с ней. Соединения с опорной пластиной заземления должны быть возможно более короткими.

Минимальные размеры опорной пластины заземления должны составлять 1 × 1 м. Фактические размеры зависят от размеров ИО. GRP должна выступать за контур ИО и его вспомогательного оборудования не менее чем на 0,1 м с каждой стороны.

Опорная пластина заземления должна быть соединена с системой защитного заземления испытательной лаборатории (см. рисунки 5а—12а).

7.3 Испытуемое оборудование

ИО должно быть установлено и подключено в соответствии с технической документацией на ИО. Расстояние между ИО и любыми другими проводящими предметами (например, стенами экранированного помещения), исключая пластину заземления под ИО, должно быть не менее 0,5 м.

Источниками сигналов, обеспечивающих функционирование ИО, могут быть вспомогательное оборудование или имитаторы. Линии ввода и вывода, подключаемые к вспомогательному оборудованию, должны быть обеспечены устройствами развязки для исключения воздействия помех на это оборудование.

При испытаниях используют кабели, имеющиеся в составе ИО, или предусмотренные технической документацией на ИО. При отсутствии требований к кабелям применяют неэкранированные кабели, пригодные по условиям прохождения сигналов.

Устройство связи/развязки должно быть соединено с ИО кабелем длиной 1 м и соединено с опорной пластиной заземления.

Линии связи (передачи данных) должны быть подключены к ИО кабелями, применение которых соответствует технической документации или стандартам. Указанные кабели прокладывают над опорной пластиной заземления с применением изоляционных опор толщиной 0,1 м на длине не менее 1 м от ИО.

Частные требования при испытаниях настольных и напольных ИО приведены ниже.

7.3.1 Настольное оборудование

Настольное оборудование должно быть установлено на деревянном столе. ИО и кабели должны быть изолированы от опорной пластины заземления (при ее использовании) изоляционной опорой высотой (0,1 ± 0,01) м.

Пример испытательной установки для настольного оборудования приведен на рисунке 3.

7.3.2 Напольное оборудование

При использовании опорной пластины заземления напольное ИО должно быть размещено на изоляционной опоре толщиной (0,1 ± 0,01) м.

ИО должно быть подключено к системе защитного заземления в соответствии с технической документацией на ИО.

Корпус ИО должен быть подключен к опорной пластине заземления проводником заземления минимальной длины, соединяющим зажим заземления ИО с зажимом на пластине заземления. Дополнительное заземление ИО не допускается.

Пример испытательной установки для напольного оборудования приведен на рисунке 4.

7.4 Устройства связи/развязки

Если устройство связи/развязки представляет собой блок, конструктивно отделенный от испытательного генератора, то испытательный генератор должен быть размещен в непосредственной близости к устройству связи/развязки и соединен с ним линией длиной не более 1 м.

Устройство связи/развязки должно быть подключено к опорной пластине заземления (при использовании) проводником заземления минимальной длины.

ИО, не снабженное сетевым кабелем, испытывают с кабелем длиной 1 м. Если ИО снабжено сетевым кабелем длиной свыше 1 м, то излишек длины кабеля должен быть размещен в виде плоской катушки диаметром 0,2 м на высоте 0,1 м над пластиной заземления.

ИО, снабженное несъемным кабелем.

Испытывают с имеющимся кабелем.

ИО, снабженное съемным кабелем, имеющим разъемы на обоих концах, предусмотренным технической документацией на ИО.

Испытывают с кабелем, указанным в технической документации. Если в технической документации на ИО предусмотрено применение кабелей различной длины, имеющих разъемы на обоих концах, применяют кабели минимальной длины.

7.5 Генераторы

Генератор должен быть подключен к опорной пластине заземления (при использовании) или к защитному заземлению лаборатории проводником возможно короткой длины. При испытаниях портов связи см. соответствующие испытательные установки на рисунках 7, 8, 11 и 12.

8 Процедура испытаний

Перед проведением испытаний должно быть проверено качество функционирования испытательного оборудования. Эта проверка обычно может быть ограничена проверкой наличия затухающей колебательной волны на выходе устройства связи/развязки.

Процедура испытания включает в себя:

- проверку лабораторных опорных условий;
- предварительную проверку правильности функционирования оборудования;
- проведение испытаний;
- оценку результатов испытаний.

Длительность испытания должна быть не менее 1 мин (значение было выбрано для ускорения испытания). Однако для того чтобы избежать синхронизации, время испытания может быть разделено на шесть отдельных десятисекундных интервалов (пачек), разделенных паузами 10 с. В реальных условиях пачки будут возникать случайным образом, как отдельные события. Предполагается, что пачки не синхронизированы с сигналами ИО. Технические комитеты, разрабатывающие стандарты на продукцию, могут установить другие длительности испытания.

Сведения о максимальной частоте повторения приведены в 4.1.

Другие частоты повторения или допустимые значения могут быть приведены в стандартах или в технической документации на продукцию.

8.1 Лабораторные опорные условия

Чтобы минимизировать влияние параметров окружающей среды на результаты испытаний, испытания должны быть проведены в климатических и электромагнитных опорных условиях по 8.1.1 и 8.1.2.

8.1.1 Климатические условия

Если иное не установлено техническими комитетами, ответственными за разработку общих стандартов и стандартов на продукцию, климатические условия в лаборатории должны отвечать всем предельным значениям, установленным для функционирования ИО и испытательного оборудования соответствующими изготовителями.

Испытания не проводят, если на поверхности ИО или испытательного генератора из-за повышенной влажности возникает конденсация влаги.

Примечание — Если существуют достаточные основания считать, что явление, относящееся к области применения настоящего стандарта, вызывается климатическими условиями, то данные сведения должны быть приняты во внимание техническим комитетом, ответственным за разработку настоящего стандарта.

8.1.2 Электромагнитные условия

Электромагнитные условия в лаборатории должны быть такими, чтобы гарантировать правильное функционирование ИО и отсутствие влияния на результаты испытаний.

8.2 Проведение испытаний

Испытания должны быть проведены на основе плана испытаний, предусматривающего проверку качества функционирования ИО в соответствии со стандартом на продукцию или, при его отсутствии, с технической документацией.

ИО испытывают в нормальных рабочих условиях.

План испытаний должен устанавливать:

- тип проводимых испытаний;
- испытательный уровень;
- испытательный генератор;
- полярность испытательного напряжения (необходимы обе полярности);
- число воздействующих испытательных напряжений;
- продолжительность испытания;
- порты ИО, подлежащие испытаниям;
- режим подачи испытательного напряжения («линия—земля», «линия—линия», между корпусами);
- последовательность подачи испытательного напряжения на порты ИО;
- угол синхронизации и значения фазы при испытаниях порта электропитания;
- представительные рабочие условия ИО;
- вспомогательное оборудование.

Используют номинальные значения электрического питания, сигналов и других функциональных электрических величин. При отсутствии источников реальных рабочих сигналов допускается их замена имитаторами.

Перед подачей испытательного напряжения на подготовленной испытательной установке должна быть проведена предварительная проверка качества функционирования оборудования.

а) Испытания «линия—земля» (общий несимметричный режим)

Испытательное напряжение должно быть подано через устройство связи между каждой линией и заземлением (опорной пластиной заземления).

Один из зажимов испытательного генератора должен быть подключен к заземлению (опорной пластиной заземления). Другой зажим генератора должен быть подключен одиночным проводником ко всем входным зажимам устройства связи, соединенным вместе.

Для проверки цепей с более чем двумя зажимами (например, группы линий) испытательное напряжение должно быть подано одновременно между всеми зажимами цепи и заземлением (опорной пластиной заземления).

Примеры применения этих требований для различных типов портов ИО, приведены на следующих рисунках:

- рисунок 5 — порт электропитания переменного/постоянного тока, однофазная сеть, испытание «линия—земля»;
- рисунок 6 — порт электропитания переменного тока, трехфазная сеть, испытание «линия—земля»;
- рисунок 7 — порт ввода/вывода, одиночная линия, испытание «линия—земля»;
- рисунок 8 — порт ввода/вывода, группа линий с общим обратным проводником, испытание «линия—земля».

Каждый рисунок относится к испытательной установке, снабженной опорной пластиной заземления (рисунки 5a, 6a, 7a, 8a) и специальными заземляющими проводниками (рисунки 5b, 6b, 7b, 8b) соответственно.

b) Испытания «линия—линия» (симметричный режим)

Испытательное напряжение должно быть подано через устройство связи между каждой представительной комбинацией зажимов ИО.

Испытание проводят только с применением медленной затухающей колебательной волны.

Выход испытательного генератора должен быть незаземленным.

Примеры применения этих требований для различных типов портов ИО, приведены на следующих рисунках:

- рисунок 9 — порт электропитания переменного/постоянного тока, однофазная сеть, испытание «линия—линия»;
- рисунок 10 — порт электропитания переменного тока, трехфазная сеть, испытание «линия—линия»;
- рисунок 11 — порт ввода/вывода, одиночная линия, испытание «линия—линия»;
- рисунок 12 — порт ввода/вывода, группа линий с общим обратным проводником, испытание «линия—линия».

Каждый рисунок относится к испытательной установке, снабженной опорной пластиной заземления (рисунки 9a, 10a, 11a, 12a) и специальными заземляющими проводниками (рисунки 9b, 10b, 11b, 12b) соответственно.

9 Оценка результатов испытаний

Результаты испытаний должны быть классифицированы с точки зрения прекращения выполнения функции или ухудшения качества функционирования испытуемого оборудования в сравнении с уровнем качества функционирования, определенным его изготовителем, заказчиком испытания или соглашением между изготовителем и покупателем продукции.

Рекомендуется следующая классификация:

A — нормальное качество функционирования в пределах, установленных изготовителем, заказчиком испытания или покупателем;

B — временное прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, которые исчезают после прекращения воздействия помех, с восстановлением нормального функционирования ИО без вмешательства оператора;

C — временное прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, коррекция которых требует вмешательства оператора или перезапуска системы;

D — прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, которые не являются восстанавливаемыми из-за повреждения оборудования (компонентов), нарушения программного обеспечения или потери данных.

В технической документации изготовителя могут быть установлены воздействия на ИО, которые могут рассматриваться как незначительные и, следовательно, допустимые.

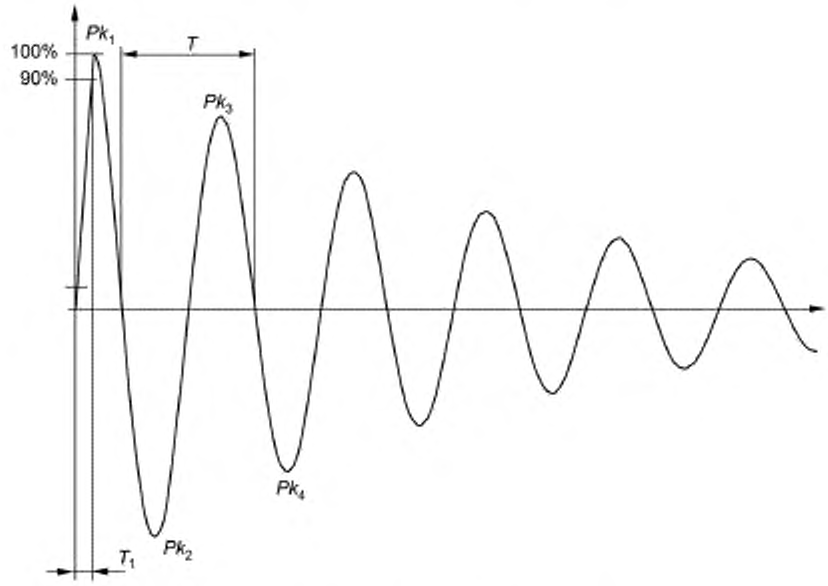
Данная классификация может быть использована в качестве руководства при определении критериев качества функционирования техническими комитетами, ответственными за разработку общих стандартов и стандартов на продукцию и группы однородной продукции, или в качестве основы для соглашения о критериях качества функционирования между изготовителем и покупателем, если, напри-

мер, не существует применимого общего стандарта, стандарта на продукцию или стандарта на группу однородной продукции;

10 Отчет об испытаниях

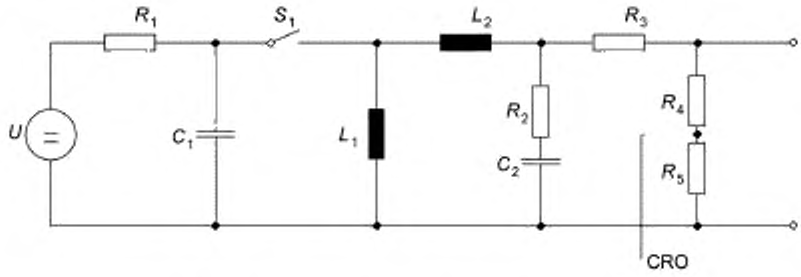
Отчет об испытаниях должен содержать все сведения, необходимые для воспроизведения испытания. В частности, должно быть отражено следующее:

- пункты, установленные в плане испытаний, как требуется настоящим стандартом;
- идентификация ИО и любого связанного с ним оборудования, например фабричная марка, тип продукции, серийный номер;
- идентификация испытательного оборудования, например фабричная марка, тип продукции, серийный номер;
- любые особые условия обстановки, в которой было проведено испытание, например экранированное помещение;
- любые особые условия, сделавшие возможным проведение испытания;
- уровень качества функционирования, установленный изготовителем, заказчиком испытания или покупателем;
- уровень качества функционирования, установленный в общем стандарте, стандарте на продукцию или стандарте на группу однородной продукции;
- любые воздействия на ИО при испытании, наблюдаемые в течение и после прекращения воздействия помехи, и длительность наблюдения;
- обоснование решения «проходит/не проходит» (основанное на критерии качества функционирования, установленном в общем стандарте, стандарте на продукцию или в стандарте на группу однородной продукции, или в соглашении между изготовителем и покупателем);
- любые особые условия использования, например длина или тип кабеля, экранирование или заземление, рабочие условия, которые необходимы для достижения соответствия.



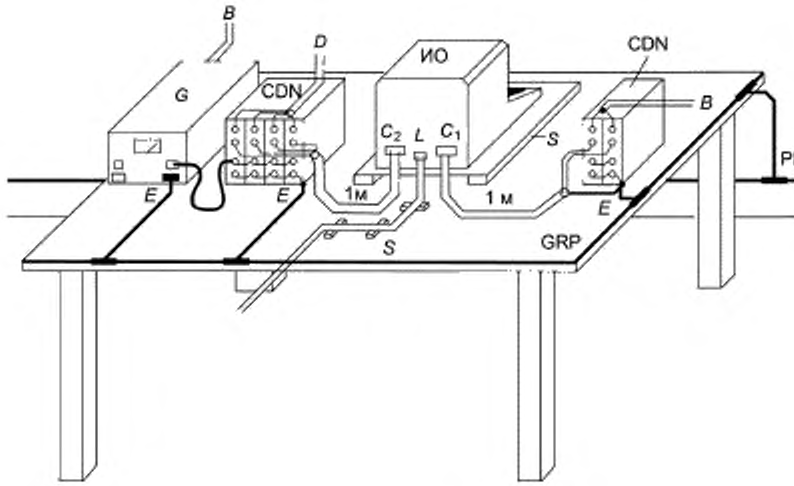
T — период колебаний; T_1 — время нарастания

Рисунок 1 — Форма затухающей колебательной волны (напряжение холостого хода)



U — источник высокого напряжения; R_1 — зарядный резистор; C_1 — накопительный конденсатор; S_1 — высоковольтный ключ; L_1 — индуктивность колебательного контура; L_2 — индуктивность фильтра; C_2 — конденсатор фильтра; R_3 — резистор генератора; R_4, R_5 — резистор делителя напряжения (дополнительно); CRO — мониторинг сигнала (дополнительно)

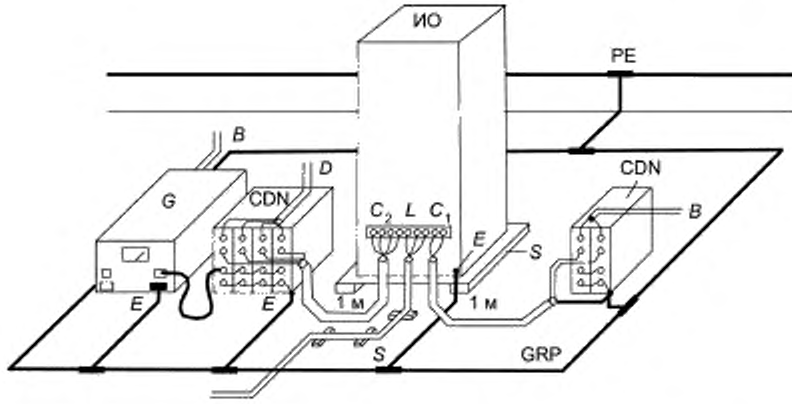
Рисунок 2 — Пример структурной схемы испытательного генератора затухающей колебательной волны



Примечание — Заземляющие проводники должны быть короткими, насколько практически возможно.

ИО — испытуемое оборудование; CDN — устройство связи/развязки; PE — защитное заземление; GRP — опорная пластина заземления; B — источник электропитания. D — источник сигналов, E — заземляющее соединение; C_1 — порт электропитания; L — порт связи; C_2 — порт ввода/вывода; S — изоляционная прокладка: G — испытательный генератор

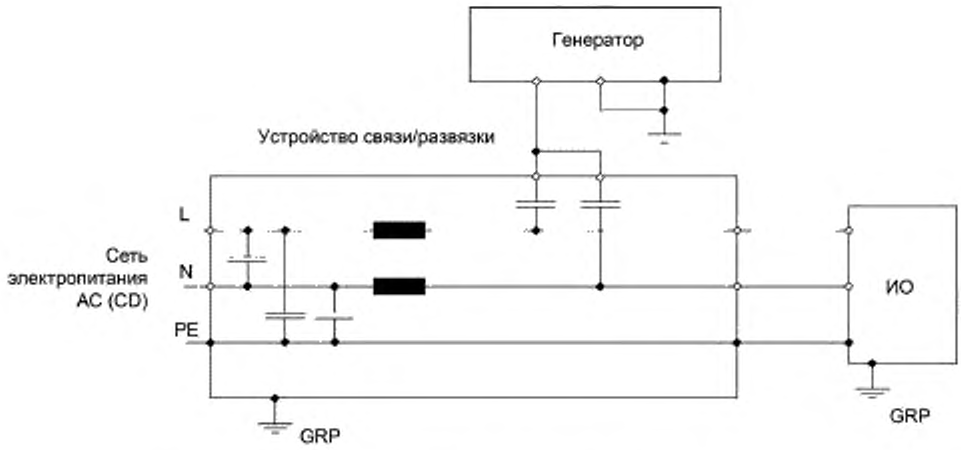
Рисунок 3 — Пример испытательной установки для настольного оборудования с использованием опорной пластины заземления



Примечание — Заземляющие проводники должны быть короткими, насколько практически возможно.

ИО — испытуемое оборудование; PE — защитное заземление, CDN — устройство связи/развязки, GRP — опорная пластина заземления; *B* — источник электропитания; *S* — изоляционная прокладка; *E* — заземляющее соединение; C_1 — порт электропитания, *L* — порт связи; C_2 GRP — опорная пластина заземления; порт ввода/вывода. *D* — источник сигналов, *G* — испытательный генератор

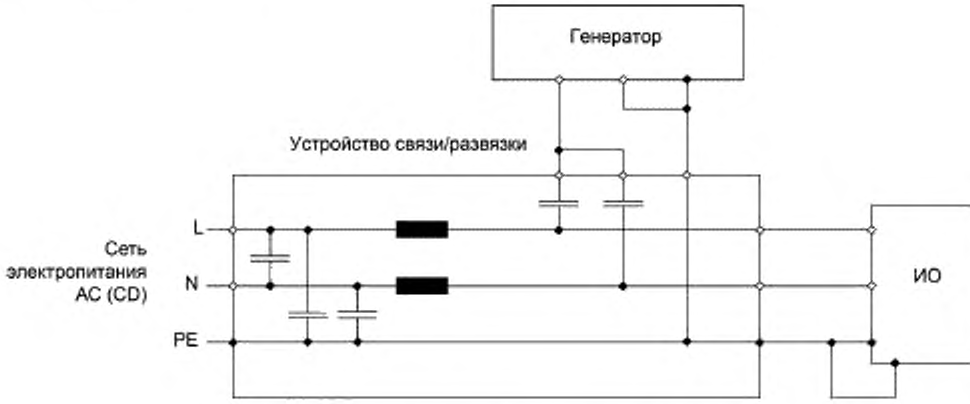
Рисунок 4 — Пример испытательной установки для напольного оборудования с использованием опорной пластины заземления



L — фазный провод; N — нейтральный провод, PE — защитное заземление

Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1,5 мГн.

Рисунок 5а — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)

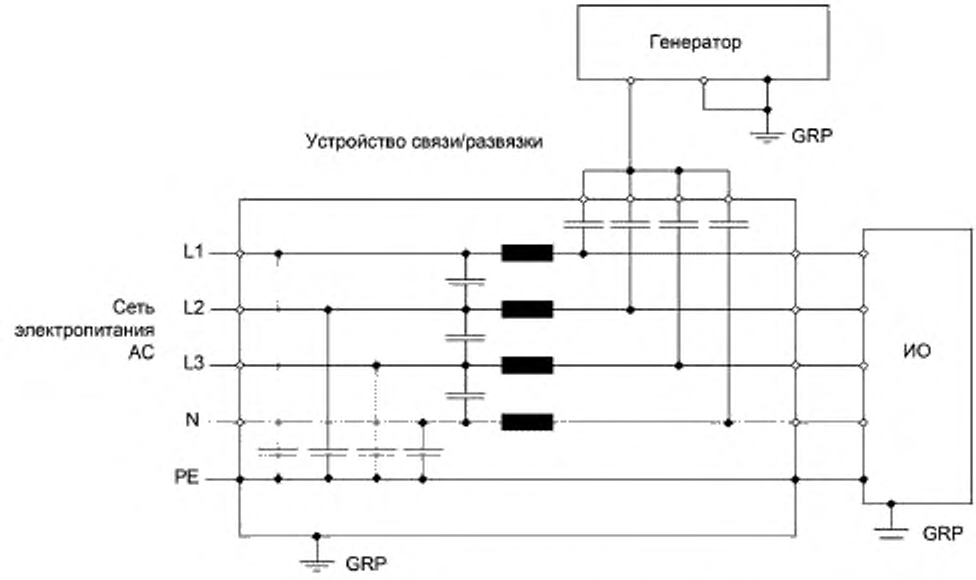


Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1,5 мГн

Рисунок 5b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

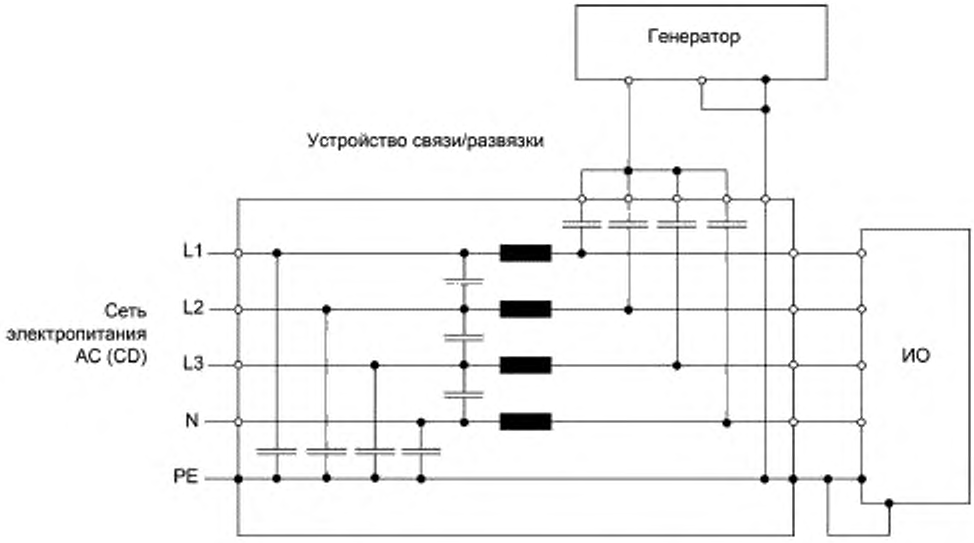
Примечание — Для испытаний с быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 5 — Порт электропитания переменного/постоянного тока, однофазная сеть, испытание «линия—земля»



Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1,5 мГн

Рисунок 6а — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)

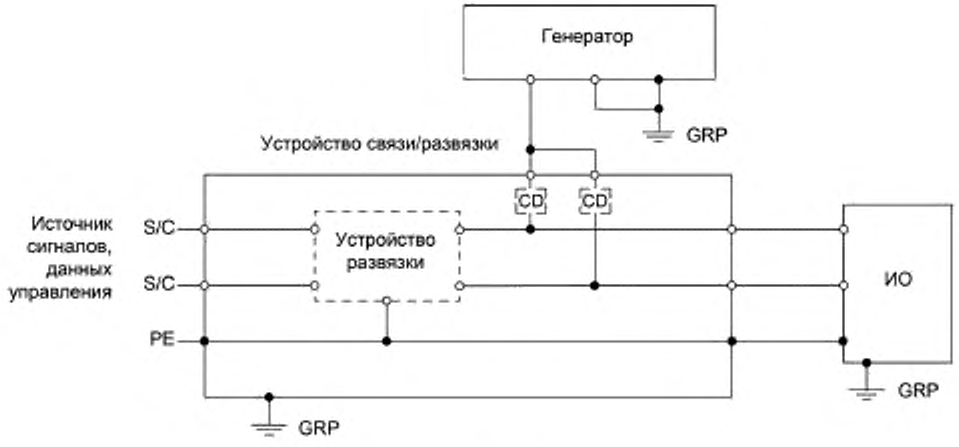


Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1,5 мГн.

Рисунок 6b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

Примечание — Для испытаний с быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 6 — Порт электропитания переменного тока, трехфазная сеть, испытание «линия—земля»



CD — устройство связи; S/C — порт сигналов, управления

Рисунок 7a — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)

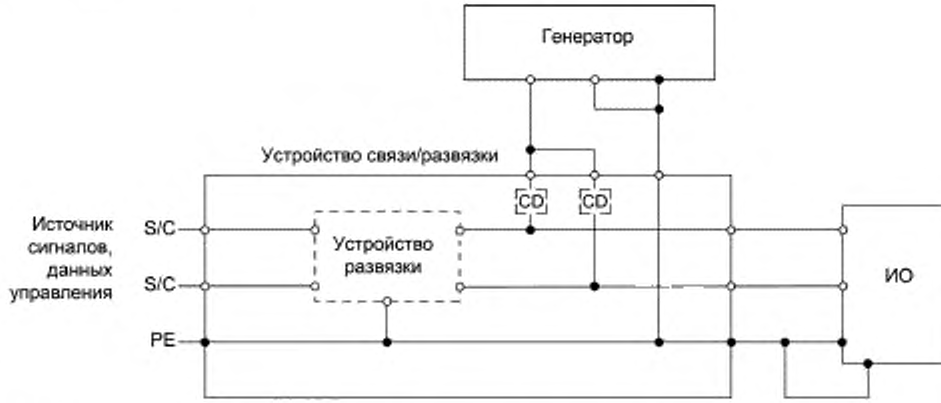
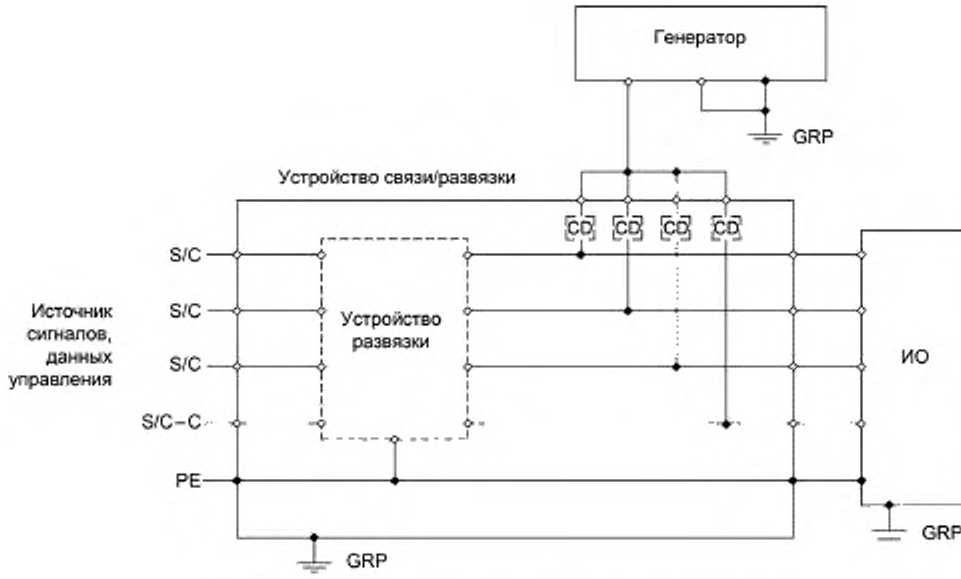


Рисунок 7b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

Конденсаторы связи 0,5 мкФ и 33 нФ для некоторых применений должны быть заменены устройствами связи других типов, такими как разрядники или схемы восстановления постоянной составляющей. Цепь развязки CDN содержит индуктивности > 1,5 мГн (для испытаний медленной затухающей колебательной волной) или > 100 мкГн (для испытаний быстрой затухающей колебательной волной).

Примечание — Для испытаний быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 7 — Порт ввода/вывода, одиночная линия, испытание «линия—земля»



S/C– C — порт сигналов, управления (общий обратный проводник)

Рисунок 8a — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)

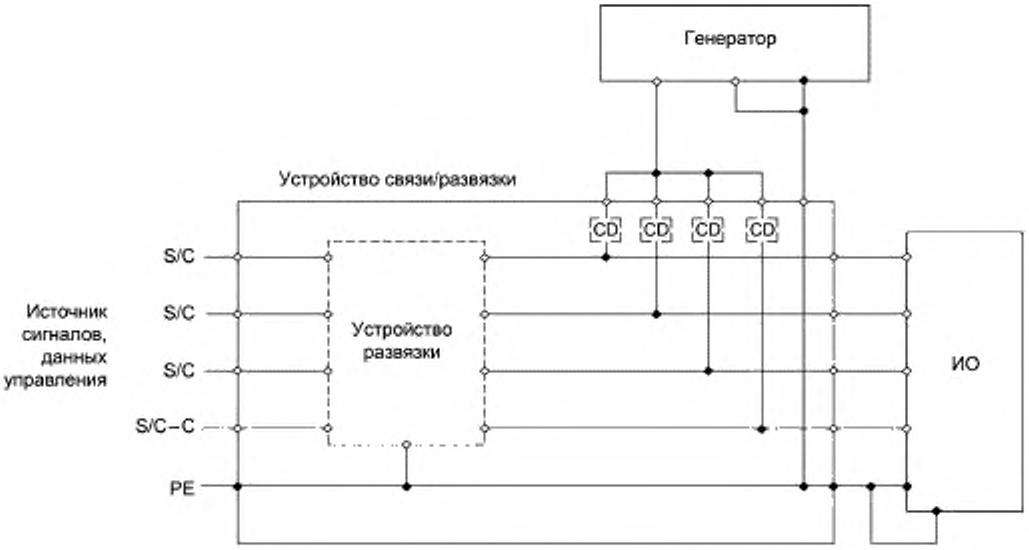
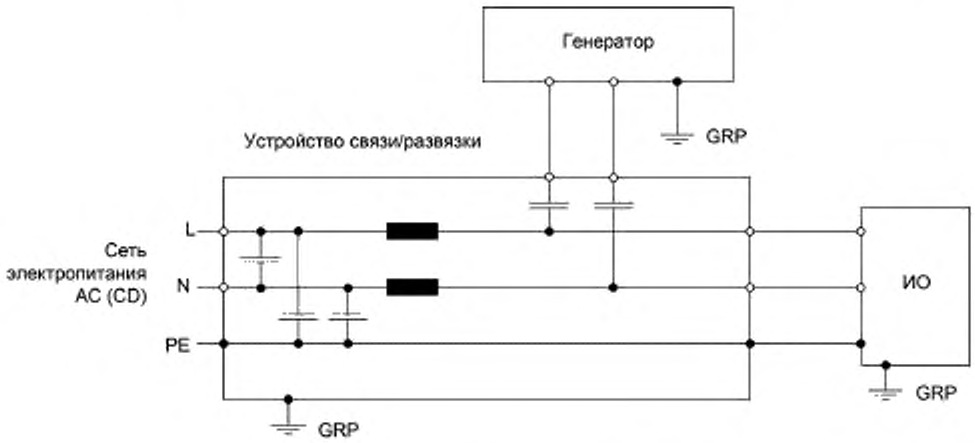


Рисунок 8b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

Конденсаторы связи 0,5 мкФ и 33 нФ для некоторых применений должны быть заменены устройствами связи других типов, такими как разрядники или схемы восстановления постоянной составляющей. Цепь развязки CDN содержит индуктивности > 1,5 мГн (для испытаний медленной затухающей колебательной волной) или > 100 мкГн (для испытаний быстрой затухающей колебательной волной).

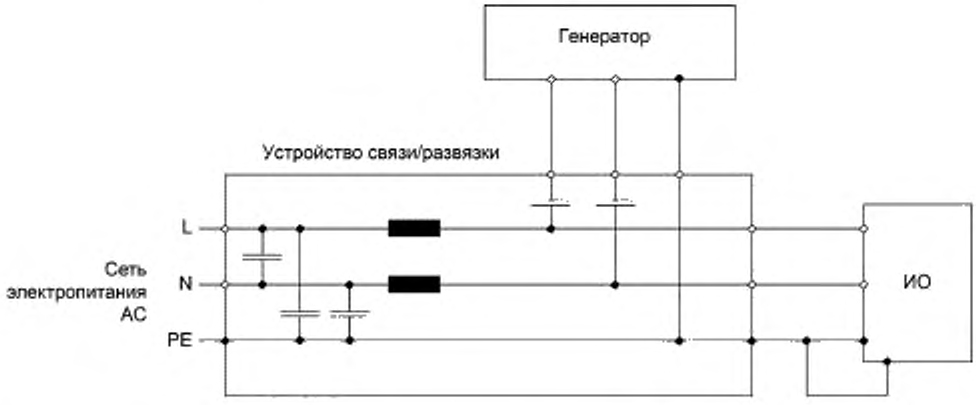
Примечание — Для испытаний быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 8 — Порт ввода/вывода, группа линий с общим обратным проводником, испытание «линия—земля»



Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1,5 мГн.

Рисунок 9a — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)



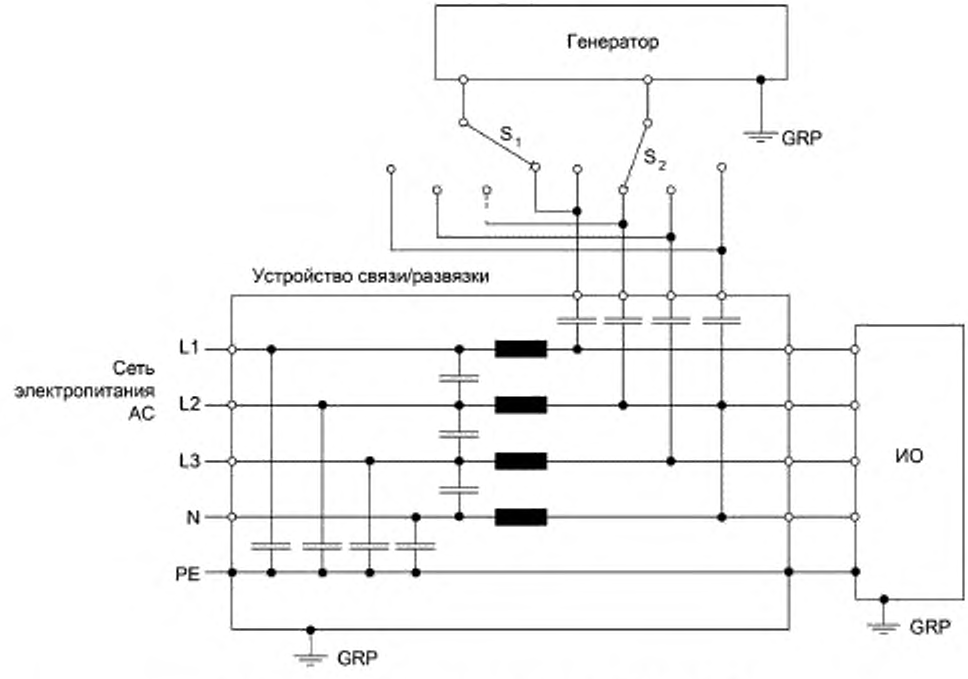
Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1.5 мГн.

Рисунок 9b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

Примечание 1 — В устройстве связи достаточно иметь единственный конденсатор связи и подключать другую линию непосредственно к генератору.

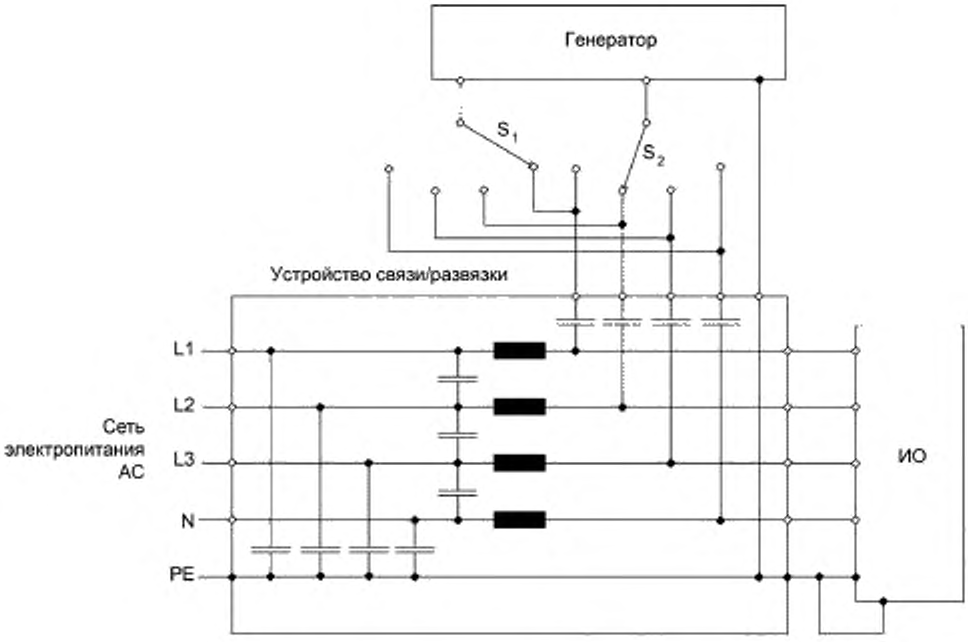
Примечание 2 — Для испытаний быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 9 — Порт электропитания переменного/постоянного тока, однофазная сеть, испытание «линия—линия»



Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1,5 мГн

Рисунок 10a — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)



Максимальная индуктивность в цепи развязки CDN — 1,5 мГн.

Рисунок 10b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

Примечание — Для испытаний быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 10 — Порт электропитания переменного тока, трехфазная сеть, испытание «линия—линия»



Рисунок 11a — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)

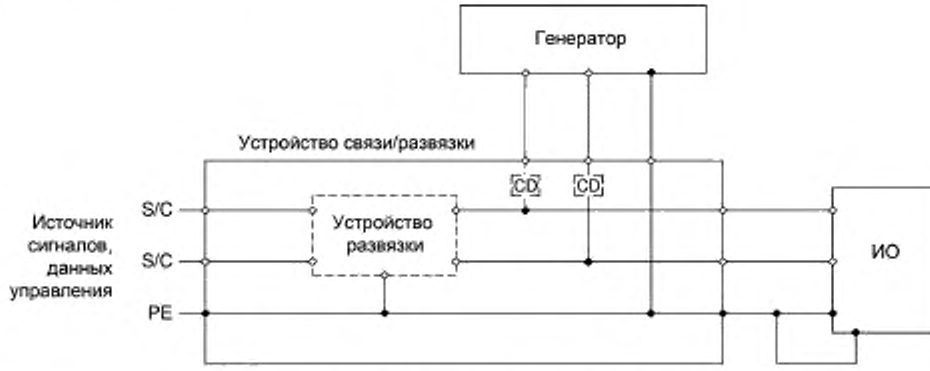


Рисунок 11b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

Конденсаторы связи 0,5 мкФ и 33 нФ для некоторых применений должны быть заменены устройствами связи других типов, такими как разрядники или схемы восстановления постоянной составляющей. Цепь развязки CDN содержит индуктивности > 1,5 мГн (для испытаний медленной затухающей колебательной волной) или > 100 мкГн (для испытаний быстрой затухающей колебательной волной)

Примечание 1 — В устройстве связи достаточно иметь единственный конденсатор связи и подключать другую линию непосредственно к генератору.

Примечание 2 — Для испытаний быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 11 — Порт ввода/вывода, одиночная линия, испытание «линия—линия»

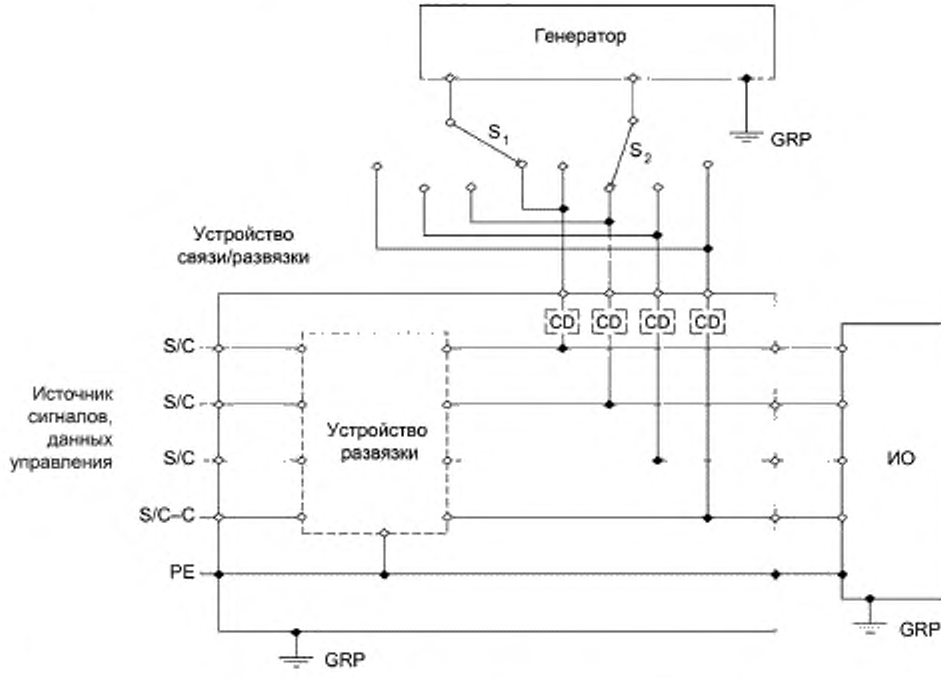


Рисунок 12a — Испытательная установка, снабженная опорной пластиной заземления (GRP)

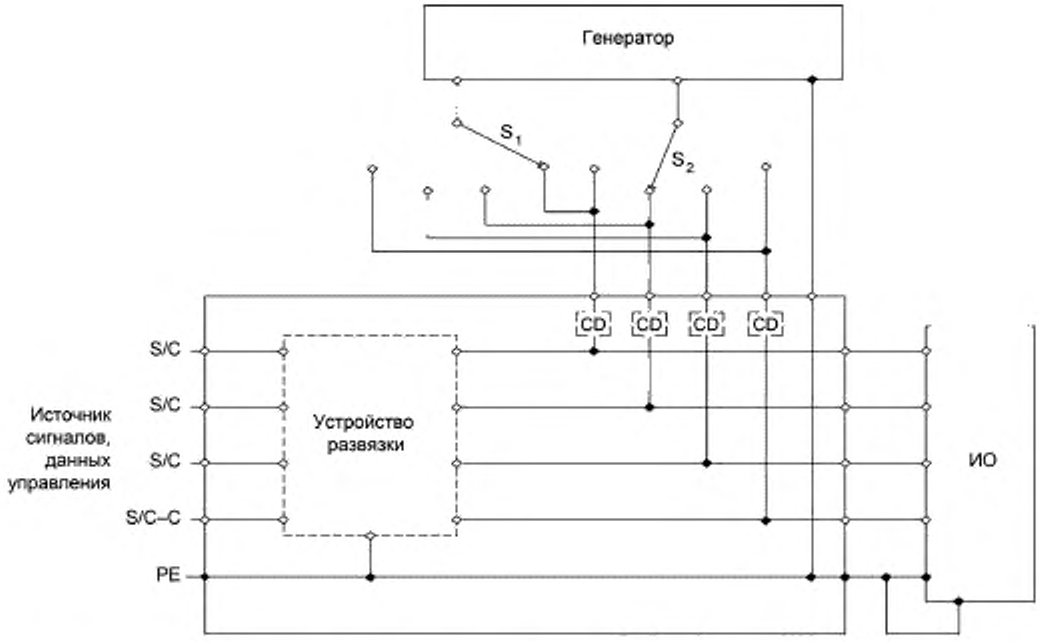


Рисунок 12b — Испытательная установка, снабженная специальными заземляющими проводниками

Конденсаторы связи 0,5 мкФ и 33 нФ для некоторых применений должны быть заменены устройствами связи других типов, такими как разрядники или схемы восстановления постоянной составляющей. Цепь развязки CDN содержит индуктивности > 1,5 мГн (для испытаний медленной затухающей колебательной волной) или > 100 мкГн (для испытаний быстрой затухающей колебательной волной).

Примечание — Для испытаний быстрой затухающей колебательной волной выход генератора и вход устройства развязки должны быть коаксиальными.

Рисунок 12 — Порт ввода/вывода, группа линий с общим обратным проводником, испытание «линия—линия»

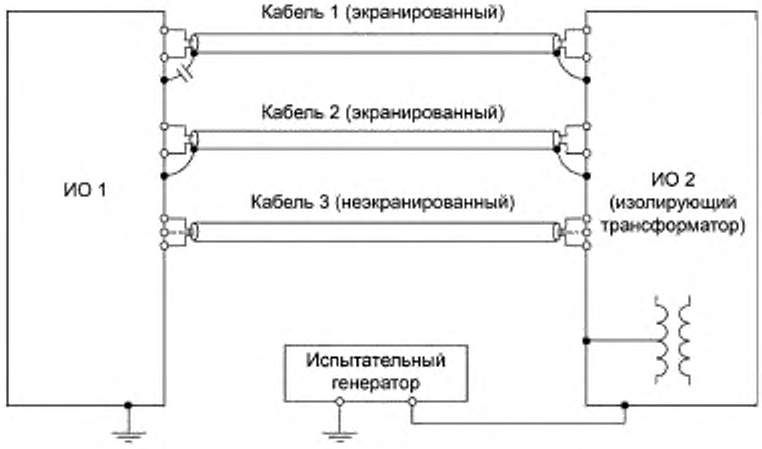


Рисунок 13 — Испытания системы, имеющей порты связи с широкополосными рабочими сигналами (выход генератора заземлен)

Приложение А
(справочное)

Информация об испытательных уровнях для затухающей колебательной волны

Рекомендации по выбору испытательных уровней при воздействии затухающих колебательных волн на порты оборудования, основанные на общей практике монтажа установок, предусматривающей использование экранированных кабелей, экраны которых подключаются на обоих концах к заземленной сети, заключаются в следующем.

Уровень 1: Порты подключены к кабелям, проложенным на ограниченной площади помещения для управления.

Уровень 2: Порты подключены к кабелям оборудования в помещении для управления и релейном здании (помещениях). Рассматриваемое оборудование установлено в помещении для управления и релейном здании.

Уровень 3: Порты подключены к кабелям оборудования, установленного в релейном здании. Рассматриваемое оборудование установлено в релейном здании. Для такого оборудования уровень 3 принимают равным 2,5 кВ.

Уровень 4: Медленные затухающие колебательные волны неприменимы для оборудования, используемого на электростанциях, особенно на высоковольтных подстанциях. Для такого оборудования применимы быстрые колебательные затухающие волны. Если этот уровень считается необходимым, должны быть применены соответствующие методы помехоподавления.

Уровень *x*: Особые условия, которые должны быть проанализированы

Выбор испытательных уровней следует проводить на основе их применимости для конкретных мест размещения или установки.

Для применений, связанных с электромагнитным импульсом высотного ядерного взрыва, общий стандарт HEMP IEC 61000-6-6 устанавливает особые условия применения уровней 1—4, а также уровня *x*.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60050-161:1990	—	*, 1)
IEC 61000-4-4	IDT	ГОСТ IEC 61000-4-4—2016 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к электрическим быстрым переходным процессам (пачкам)»
IEC 61000-6-6	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

[1] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 50397—2011 (МЭК 60050-161:1990) «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения».

Библиография

[1] C. Imposimato, J. Hoeffelman, A.Eriksson, W.H. Siew, P.H. Pretorius, P.S. Wong. EMI Characterization of HVAC Substations — Updated data and Influence on Immunity Assessment. CIGRE Paper 36—108, Paris, 2002.

(Характеристика электромагнитных помех на высоковольтных подстанциях переменного тока. Уточненные данные и влияние на оценку помехоустойчивости)

[2] IEC 60816 Guide on methods of measurement of short duration transients on low voltage power and signal lines

(Руководство по методам измерения переходных процессов малой длительности в низковольтных силовых линиях и линиях сигнализации)

[3] IEC 60694 Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards

[4] IEC 61000-2-9 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2: Environment — Section 9: Description of HEMP environment — Radiated disturbance

[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2. Электромагнитная обстановка. Раздел 9. Описание электромагнитной обстановки высотного ядерного взрыва. Излучаемые помехи]

[5] IEC 61000-2-10 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-10: Environment — Description of HEMP environment — Conducted disturbance

[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-10. Электромагнитная обстановка. Описание электромагнитной обстановки высотного ядерного взрыва. Кондуктивные помехи]

[6] IEC 60068-1 Environmental testing — Part 1: General and guidance

(Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство)

[7] IEC 61000-4-25 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-25: Testing and measurement techniques — HEMP immunity test methods for equipment and systems

[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-25. Методы испытаний и измерений. Методы испытаний на устойчивость к электромагнитному импульсу высотного ядерного взрыва для оборудования и систем]

[8] IEC 61010-1 Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use — Part 1: General requirements

(Требования безопасности электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования)

[9] IEC Guide 107 Electromagnetic compatibility — Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications

(Электромагнитная совместимость. Рекомендации по разработке проектов публикаций по электромагнитной совместимости)

УДК 621.396/.397.001.4:006.354 МКС 33.100.20

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электрическое и электронное оборудование, помехоустойчивость, переходный процесс, затухающая колебательная волна, требования, методы испытаний

Редактор переиздания *Н.Е. Рагузина*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 24.04.2020. Подписано в печать 01.06.2020. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,55.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru