ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

СТБ IEC 61000-4-6-2011

Электромагнитная совместимость

Часть 4-6

Методы испытаний и измерений

ИСПЫТАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОНДУКТИВНЫМ ПОМЕХАМ, НАВЕДЕННЫМ РАДИОЧАСТОТНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Электрамагнітная сумяшчальнасць

Частка 4-6

Метады выпрабаванняў і вымярэнняў

ВЫПРАБАВАННІ НА ЎСТОЙЛІВАСЦЬ ДА КАНДУКТЫЎНЫХ ПЕРАШКОД, ЯКІЯ НАВЕДЗЕНЫ РАДЫЁЧАСТОТНЫМІ ЭЛЕКТРАМАГНІТНЫМІ ПАЛЯМІ

(IEC 61000-4-6:2008, IDT)

Издание официальное

Б3 11-2011

Госстандарт
Минск

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.391.82.016.35:620.1(083.74)(476) МКС 33.100.20 КП 03 IDT

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, оборудование, устойчивость к электромагнитным помехам, требования, виды испытаний, испытательные уровни, методы испытаний

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН открытым акционерным обществом «Испытания и сертификация бытовой и промышленной продукции "БЕЛЛИС"» (ОАО «БЕЛЛИС»)

ВНЕСЕН Госстандартом Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 25 ноября 2011 г. № 83

3 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61000-4-6:2008 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields (Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-6. Методы испытаний и измерений. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями).

Международный стандарт разработан подкомитетом 77B «Высокочастотные явления» технического комитета по стандартизации IEC/TC 77 «Электромагнитная совместимость» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Перевод с английского языка (en).

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

В стандарт внесено следующее редакционное изменение: наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования международного стандарта в связи с особенностями системы технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь.

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

Степень соответствия – идентичная (IDT)

4 Настоящий государственный стандарт взаимосвязан с техническим регламентом ТР 2007/002/BY «Электромагнитная совместимость технических средств» и реализует его существенные требования электромагнитной совместимости.

Соответствие взаимосвязанному государственному стандарту обеспечивает выполнение существенных требований электромагнитной совместимости технического регламента ТР 2007/002/BY «Электромагнитная совместимость технических средств»

5 ВЗАМЕН СТБ IEC 61000-4-6-2009

© Госстандарт, 2012

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

Издан на русском языке

Содержание

Введение IV
1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 3
5 Испытательные уровни 3
6 Испытательное оборудование 4
6.1 Испытательный генератор 4
6.2 Устройства связи и развязки 5
6.3 Проверка синфазного полного сопротивления на порту устройств связи и развязки для подключения испытуемого оборудования 7
6.4 Установка уровней помехи, создаваемой испытательным генератором 8
7 Организованное место для испытаний настольного и напольного оборудования 9
7.1 Правила выбора испытательных точек и метода ввода помехи 9
7.2 Процедура применения устройства связи и развязки для ввода помехи 10
7.3 Порядок ввода помехи с помощью клещей связи, если требования к синфазному полному сопротивлению могут быть выполнены 11
7.4 Порядок ввода помехи с помощью клещей связи, если требования к синфазному полному сопротивлению не могут быть выполнены 11
7.5 Порядок прямого ввода помехи 11
7.6 Испытуемое оборудование, состоящее из одного блока 12
7.7 Испытуемое оборудование, состоящее из нескольких блоков 12
8 Метод испытаний 12
9 Оценка результатов испытаний 13
10 Протокол испытаний 14
Приложение A (обязательное) Дополнительная информация относительно метода ввода помехи с помощью клещей связи 25
Приложение B (справочное) Критерии выбора диапазона частот при испытаниях 30
Приложение C (справочное) Руководство по выбору испытательных уровней 32
Приложение D (справочное) Информация об устройствах связи и развязки 33
Приложение E (справочное) Сведения о параметрах испытательного генератора 37
Приложение F (справочное) Организованное место для испытаний крупногабаритного оборудования 38
Приложение G (справочное) Неопределенность измерения, обусловленная испытательным оборудованием 40
Библиография 50

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 помехоэмиссии
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
Руководство по установке
Методы помехоподавления и устройства

Часть 9: Разное

Каждая часть состоит из разделов, которые могут быть опубликованы как международные стандарты или как технические отчеты. Некоторые из них уже опубликованы. Другие будут опубликованы с номером части, за которым следуют дефис и второй номер, идентифицирующий раздел (например, 61000-6-1).

Настоящий стандарт устанавливает требования помехоустойчивости и методы испытаний применительно к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Электромагнитная совместимость
Часть 4-6
Методы испытаний и измерений
ИСПЫТАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОНДУКТИВНЫМ ПОМЕХАМ, НАВЕДЕННЫМ РАДИОЧАСТОТНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Электрамагнітная сумяшчальнасць
Частка 4-6
Метады выпрабаванняў і вымярэнняў
ВЫПРАБАВАННІ НА ЎСТОЙЛІВАСЦЬ ДА КАНДУКТЫЎНЫХ ПЕРАШКОД, ЯКІЯ НАВЕДЗЕНЫ РАДЫЁЧАСТОТНЫМІ ЭЛЕКТРАМАГНІТНЫМІ ПАЛЯМІ

Electromagnetic compatibility
Part 4-6
Testing and measurement techniques
Immunity tests to conducted disturbances, inducted by radio-frequency fields

Дата введения 2012-07-01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к устойчивости электрического и электронного оборудования к кондуктивным помехам (далее – помехи), наведенным электромагнитными полями от радиопередающих устройств в диапазоне частот от 9 кГц до 80 МГц, которые наводятся излучениями от радиопередающих устройств в диапазоне частот от 9 кГц до 80 МГц. Настоящий стандарт распространяется на оборудование, имеющее хотя бы один кабель (например, сетевой шнур, сигнальный провод или провод заземления), через который оборудование может подвергаться воздействию радиочастотного поля.

Примечание 1 – Методы испытаний, установленные в настоящем стандарте, применяют для оценки эффектов воздействия на оборудование кондуктивных помех, наведенных электромагнитными полями. Моделирование и измерение таких кондуктивных помех не обеспечивают достаточной точности количественного определения указанных эффектов. Установленные методы испытаний предназначены в первую очередь для обеспечения достаточной воспроизводимости результатов, полученных с использованием различных средств испытаний, с целью количественного анализа эффектов.

Целью настоящего стандарта является установка общих подходов к оценке функциональной устойчивости электрического и электронного оборудования, подвергаемого воздействию кондуктивных помех, наводимых радиочастотными электромагнитными полями. Метод испытаний, установленный в настоящем стандарте, представляет собой согласованный метод оценки устойчивости оборудования или системы к определенному явлению.

Примечание 2 – Как указано в IEC Guide 107, настоящий стандарт является базовым стандартом по электромагнитной совместимости (ЭМС) для использования техническими комитетами IEC, разрабатывающими стандарты на конкретную продукцию; которые несут ответственность за определение необходимости применения настоящего стандарта и в случае, если стандарт применяется, за выбор испытательных уровней и критериев качества функционирования оборудования. Технический комитет 77 и его подкомитеты совместно с техническими комитетами IEC, разрабатывающими стандарты на конкретную продукцию, осуществляют оценку частных испытательных уровней помехоустойчивости для соответствующей продукции.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходим следующий ссылочный стандарт. Для недатированной ссылки применяют последнее издание ссылочного стандарта (включая все его изменения).

IEC 60050-161:1990 Международный электротехнический словарь (IEV). Глава 161. Электромагнитная совместимость

Изменение A1:1997

Изменение A2:1998

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяют термины, установленные в IEC 60050-161, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 эквивалент руки (artificial hand): Электрическое устройство, моделирующее полное сопротивление человеческого тела в типичных условиях функционирования между оборудованием, которое держат в руках, и землей [IEV 161-04-27].

Примечание – Конструкция эквивалента руки должна соответствовать требованиям, установленным в CISPR 16-1-2.

3.2 вспомогательное оборудование; ВО (auxiliary equipment (AE): Оборудование, применяемое для создания сигналов, обеспечивающих нормальный режим работы испытуемого оборудования, и оборудование, необходимое для проверки качества функционирования испытуемого оборудования.

3.3 ввод помехи с применением клещей связи (clamp injection): Способ ввода помехи в кабель (проводник) с помощью электрического устройства, охватывающего кабель:

– **токовые клещи связи** (current clamp): Клещи связи в виде трансформатора, вторичной обмоткой которого является кабель, в который вводится помеха;

– **электромагнитные клещи связи** (electromagnetic clamp (EM clamp): Клещи связи с комбинированной емкостной и индуктивной связью для ввода помехи в кабель.

3.4 синфазное полное сопротивление (common-mode impedance): Отношение общего синфазного напряжения к общему синфазному току для определенного порта испытуемого оборудования.

Примечание – Синфазное полное сопротивление можно определить посредством подачи единичного синфазного напряжения между зажимами или экраном определенного порта ИО и эталонной пластиной (точкой) заземления. Результирующий ток затем определяют как векторную сумму всех токов, протекающих через эти зажимы или экран (см. также рисунки 8a и 8b).

3.5 коэффициент связи (coupling factor): Отношение напряжения холостого хода (ЭДС) на порту устройства связи и развязки, предназначенного для подключения испытуемого оборудования, к напряжению холостого хода на выходе испытательного генератора.

3.6 устройство связи (coupling network): Электрическое устройство для передачи помехи из одной цепи в другую, имеющее определенное полное сопротивление.

Примечание – Устройства связи и развязки могут иметь общий корпус, т. е. представлять собой устройство связи/развязки, или входить в разные цепи.

3.7 устройство связи и развязки; УСР (coupling/decoupling network (CDN): Электрическое устройство, выполняющее функции устройства связи и устройства развязки.

3.8 устройство развязки (decoupling network): Электрическое устройство, предназначенное для предотвращения воздействия подводимого к испытуемому оборудованию испытательного сигнала на другие приборы, оборудование или системы, не подвергаемые испытанию.

3.9 испытательный генератор (test generator): Генератор (генератор радиочастотных сигналов, источник модулирующего сигнала, аттенюаторы, широкополосный усилитель мощности и фильтры), предназначенный для создания испытательного сигнала с требуемыми параметрами (см. рисунок 3).

3.10 электродвижущая сила; ЭДС (electromotive force (e.m.f.): Напряжение на зажимах идеального источника напряжения в представлении активного элемента [IEV 131-01-38:1978].

3.11 результат измерения (measurement result (U_{mr}): Значение напряжения, показываемое измерительным прибором.

3.12 коэффициент стоячей волны по напряжению; КСВН (voltage standing wave ratio (VSWR): Отношение максимальной амплитуды напряжения к смежной минимальной амплитуде вдоль линии.

4 Общие положения

Источником помех согласно настоящему стандарту в основном является электромагнитное поле, создаваемое радиопередающими устройствами и воздействующее на всю длину кабелей, подключенных к установленному оборудованию. Размеры оборудования, являющегося в большинстве случаев составной частью больших систем, считают малыми в сравнении с длиной волны электромагнитного поля. Входящие и выходящие провода (например, кабели электропитания, линии связи, соединительные кабели) могут рассматриваться как пассивные приемные антенны из-за их длины, в несколько раз превышающей длину волны электромагнитного поля.

Восприимчивое оборудование подвергается воздействию токов, наведенных между этими кабельными сетями и протекающих сквозь оборудование. Кабельные системы, подключенные к оборудованию, считают диполями (четвертьволновыми, полуволновыми симметричными или петлеобразными) и заменяют устройствами связи и развязки, имеющими синфазное полное сопротивление по отношению к пластине заземления, равное 150 Ом. Если возможно, испытуемое оборудование испытывают при подключении его между двумя проводниками, имеющими синфазное полное сопротивление по отношению к пластине заземления, равное 150 Ом: один подключается к источнику радиочастотного сигнала, а другой обеспечивает обратное прохождение тока.

С помощью этого метода испытаний испытуемое оборудование подвергают воздействию источника помех, состоящего из электрического и магнитного полей, имитируя условия ожидаемой помехи от намеренно излучающих радиочастотных передатчиков. Эти электромагнитные поля помех (E и H) приблизительно приравнены к электрическому и магнитному ближним полям, образуемым напряжениями и токами, создаваемыми на организованном месте для испытаний, как показано на рисунке 2a.

Метод испытаний основан на использовании устройств связи и развязки, с помощью которых в каждый момент времени помеху вводят только в один кабель, в то время как на остальные кабели помехи не подают (см. рисунок 2b). Такой метод является приближенным, так как в реальности источники помех воздействуют одновременно с различными амплитудами и фазами на все кабели, подключенные к оборудованию.

Требования к характеристикам устройств связи и развязки установлены в 6.2. Любые устройства связи и развязки, удовлетворяющие требованиям, установленным в 6.2, могут быть применены при проведении испытаний. Устройства связи и развязки, приведенные в приложении D, являются только примерами промышленно изготовленных устройств.

5 Испытательные уровни

Испытания на устойчивость к кондуктивным помехам, наводимым электромагнитными полями от намеренно излучающих радиочастотных передатчиков в диапазоне частот от 9 до 150 кГц, не проводят.

Таблица 1 – Испытательные уровни

Диапазон частот от 150 кГц до 80 МГц		
Испытательные уровни	Испытательное напряжение (ЭДС)	
	U_0, дБ (мкВ)	U_0, В
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X [a)]	Специальное	
[a)] X – это открытый испытательный уровень.		

В таблице 1 приведены среднеквадратические значения напряжения немодулированного испытательного сигнала помехи (ЭДС), создаваемого испытательным генератором в режиме холостого хода. Испытательные уровни определены для порта ИО устройств связи (см. 6.4.1). При испытаниях оборудования для воспроизведения реальных условий воздействия помех указанный испытательный сигнал должен быть модулирован по амплитуде синусоидальным напряжением частотой 1 кГц при глубине модуляции 80 %. Эффективная амплитудная модуляция показана на рисунке 4. Руководство по выбору испытательных уровней приведено в приложении C.

Примечания

1 Методы испытаний для определения устойчивости электрического и электронного оборудования к излучаемой электромагнитной энергии установлены также в IEC 61000-4-3. Указанный стандарт распространяется на частоты выше 80 МГц. Технические комитеты по стандартизации конкретной продукции могут устанавливать требования и методы испытаний, установленные в настоящем стандарте, для частот выше или ниже 80 МГц (см. приложение B).

2 Технические комитеты по стандартизации конкретной продукции могут устанавливать альтернативные схемы модуляции.

6 Испытательное оборудование

6.1 Испытательный генератор

Испытательный генератор должен содержать все оборудование и компоненты, обеспечивающие подачу сигнала помехи требуемого уровня на порт ИО для каждого устройства связи. В состав испытательного генератора входят следующие элементы, которые могут быть объединены в одной конструкции или применяться по отдельности (см. 3.9 и рисунок 3):

– генератор (ы) радиочастотных сигналов G1, обеспечивающий (ие) перекрытие заданного диапазона частот и возможность амплитудной модуляции сигнала синусоидальным напряжением частотой 1 кГц при глубине модуляции 80 %. Радиочастотные генераторы должны иметь возможность ручного управления (например, частотой, амплитудой, глубиной модуляции), или в случае применения синтезаторов радиочастот они должны быть программируемыми для установки необходимых значений шага перестройки частоты и времени задержки на частоте;

– аттенюатор T1 (типичное значение вносимого затухания – от 0 до 40 дБ) для регулирования уровня выходного сигнала испытательной помехи в требуемом диапазоне частот. Аттенюатор T1 может быть включен в конструкцию генератора радиочастотных сигналов и не является обязательным элементом конструкции;

– радиочастотный переключатель S1, предназначенный для включения и выключения сигнала помехи при оценке помехоустойчивости ИО. Переключатель может быть включен в конструкцию генератора радиочастотных сигналов и не является обязательным элементом конструкции;

– широкополосный (ые) усилитель (и) мощности PA, который (ые) применяют для усиления сигнала, если выходная мощность генератора радиочастотных сигналов недостаточна;

– фильтры низких (LPF) и (или) высоких (HPF) частот, применение которых может быть необходимым для исключения воздействия гармоник (более высокого порядка и субгармоник) испытательного сигнала на ИО, обладающие высокой восприимчивостью к радиочастотным сигналам, например радиоприемные устройства. При необходимости фильтры низких и (или) высоких частот включают между широкополосным усилителем мощности PA и аттенюатором T2;

– аттенюатор T2 (фиксированное вносимое затухание не менее 6 дБ, сопротивление Z_0 = 50 Ом), имеющий достаточную мощность рассеяния. Аттенюатор T2 предназначен для уменьшения рассогласования между широкополосным усилителем мощности при подключении к устройству ввода помехи.

Примечание – Аттенюатор T2 может быть включен в состав УСР. Указанный аттенюатор допускается не применять, если выходное сопротивление широкополосного усилителя мощности находится в установленных пределах при любой нагрузке.

Характеристики испытательного генератора с модуляцией сигнала и при ее отсутствии приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики испытательного генератора

Полное выходное сопротивление	50 Ом
Гармоники и искажение	Любые неинформативные спектральные составляющие сигнала должны быть по крайней мере на 15 дБ ниже уровня сигнала на основной частоте
Амплитудная модуляция выходного сигнала	Внутренняя или внешняя, глубина модуляции (80 ± 5) %, частота модулирующего синусоидального сигнала 1 кГц ± 10 %
Уровень выходного сигнала	Достаточно высокий, чтобы обеспечивать установленный испытательный уровень (см. также приложение E)

6.2 Устройства связи и развязки

УСР применяют для ввода соответствующего сигнала помехи (во всем диапазоне частот с определенным синфазным полным сопротивлением на порт ИО) в различные кабели, подключенные к ИО, а также для предотвращения воздействия подаваемых испытательных сигналов помехи на другие приборы, оборудование и системы, не подвергаемые испытанию.

УСР могут быть объединены в одном корпусе (цепь связи/развязки, УСР) или состоять из отдельных частей. Основным параметром УСР является модуль синфазного полного сопротивления, измеренный на рассматриваемом порту ИО, требования к которому установлены в таблице 3.

Предпочтительными УСР являются УСР для обеспечения воспроизводимости испытаний и защиты ВО. Однако, если их применение нецелесообразно или невозможно, допускается использовать другие методы ввода помехи. Правила выбора соответствующего метода ввода помехи установлены ниже и в 7.1.

Таблица 3 – Основной параметр устройства связи и развязки

Наименование параметра	Диапазон частот, МГц	
	0,15 – 26	26 – 80
Модуль синфазного полного сопротивления $\|Z_{ce}\|$	(150 ± 20) Ом	150 Ом + 60 Ом – 45 Ом

Примечания

1 Значения аргумента Z_{ce} и коэффициента развязки между портами ИО и ВО УСР не определяют по отдельности. Обе эти характеристики определяются установленными в таблице требованиями, что допустимые отклонения $|Z_{ce}|$ должны соблюдаться как в случае, когда порт ВО не нагружен, так и тогда, когда указанный порт короткозамкнут на эталонную пластину заземления.

2 При вводе помехи с помощью клещей связи требования к Z_{ce} могут не выполняться при условии, что требования к синфазному полному сопротивлению ВО также не выполняются. Тем не менее ввод помехи с помощью клещей связи может обеспечить удовлетворительные результаты испытаний при соблюдении правил, установленных в 7.4.

6.2.1 Устройства связи и развязки

Эти устройства содержат схемы связи и развязки в одном корпусе и могут применяться с определенными неэкранированными кабелями, например CDN-M1, CDN-M2, CDN-M3, CDN-T2, CDN-T4, CDN-AF-2 (см. приложение D). Основные принципы работы УСР показаны на рисунках 5c и 5d. УСР не должны оказывать неблагоприятное влияние на прохождение функциональных сигналов. Ограничения на такие эффекты могут устанавливаться в стандартах на оборудование конкретного вида.

6.2.1.1 Устройства связи и развязки для ввода помех в кабели электропитания

Для ввода помех в кабели электропитания всех видов рекомендуется применять УСР. Однако для высокомощных (с током не менее 16 А) и (или) сложных систем питания (многофазные сети или одновременно несколько источников с различными напряжениями) допускается применение других методов ввода помехи.

Для ввода помехи в кабели электропитания применяют УСР типов CDN-M1 (однопроводное), CDN-M2 (двухпроводное), CDN-M3 (трехпроводное) или эквивалентные устройства (см. приложение D). Аналогичные устройства могут применяться для трехфазных систем электропитания. Схема связи приведена на рисунке 5c.

Рабочие характеристики УСР не должны чрезмерно ухудшаться из-за насыщения магнитного материала при прохождении тока, потребляемого ИО. Если возможно, конструкция УСР должна обеспечивать нейтрализацию магнитных эффектов от подаваемого тока.

Если в условиях эксплуатации подключаемые к оборудованию провода электропитания проложены раздельно друг от друга, для ввода помехи применяют отдельные УСР типа CDN-M1 и помеху вводят в каждую цепь электропитания отдельно.

Если ИО имеет другие зажимы заземления (например, для радиочастотных целей или больших токов утечки), то их соединяют с эталонной пластиной заземления следующим образом:

– через УСР типа CDN-M1, если это допускается в соответствии с характеристиками или спецификацией ИО. В этом случае электропитание ИО осуществляют через УСР типа CDN-M3;

– если характеристики или спецификация ИО не допускает последовательного подключения УСР типа CDN-M1 с зажимами заземления для радиочастотных или других целей, то зажим заземления ИО соединяют непосредственно с эталонной пластиной заземления. В этом случае УСР типа CDN-M3 заменяют УСР типа CDN-M2 для предотвращения короткого замыкания испытательного радиочас-

тотного сигнала на землю через заземляющий проводник. Оборудование должно нормально функционировать, если оно подключено через УСР типа CDN-M1 или CDN-M2.

ВНИМАНИЕ: Конденсаторы, применяемые в УСР, подключены к частям, находящимся под напряжением. В результате могут возникнуть большие токи утечки, и в этом случае обязательным является безопасное соединение УСР с эталонной пластиной заземления (в некоторых случаях такое соединение может обеспечиваться конструкцией УСР).

6.2.1.2 Устройства связи и развязки для ввода помех в симметричные неэкранированные линии

Для ввода помех в неэкранированные кабели с симметричными линиями применяют УСР типов CDN-T2, CDN-T4 или CDN-T8. Схемы указанных устройств и соединений приведены на рисунках D.4, D.5 и D.6 (приложение D).

Применяют следующие УСР:

– CDN-T2 – для кабелей, содержащих одну симметричную пару (два провода);

– CDN-T4 – для кабелей, содержащих две симметричные пары (четыре провода);

– CDN-T8 – для кабелей, содержащих четыре симметричные пары (восемь проводов).

Примечание – Допускается использовать УСР других типов (CDN-Tx), если они подходят для применения в заданном диапазоне частот и соответствуют требованиям 6.2. Например, коэффициент преобразования УСР должен иметь большее значение, чем тот же коэффициент для кабелей или оборудования, предназначенного для подключения к этим кабелям. Если для оборудования и (или) кабеля установлено несколько значений коэффициента преобразования, применяют наименьшее значение. Для ввода помех в кабели, содержащие значительное число симметричных пар, целесообразно применять клещи связи, так как не всегда возможно подобрать УСР необходимого типа.

6.2.1.3 Устройства связи и развязки для ввода помех в неэкранированные несимметричные линии

Для ввода помех в неэкранированные кабели с несимметричными линиями может использоваться УСР для одной пары, приведенное на рисунке D.3.

Примечание – При отсутствии подходящего УСР целесообразно применять клещи связи.

6.2.2 Ввод помехи с применением клещей связи

При вводе помехи с применением клещей связи функции связи и развязки разделены. Связь обеспечивается путем применения клещей связи, в то время как значение модуля синфазного полного сопротивления и функции развязки устанавливаются за счет подключенного вспомогательного оборудования. Таким образом, ВО является в этом случае составной частью устройств связи и развязки (см. рисунок 6). Правила применения клещей связи установлены в 7.3.

Если при применении токовых или электромагнитных клещей связи не выполняются условия, установленные в 7.3, то применяют процедуру ввода помехи, приведенную в 7.4. При этом уровни подаваемой помехи устанавливают, как указано в 6.4.1. Кроме того, необходимо постоянно контролировать и корректировать величину результирующего тока. При применении этой процедуры допускается использовать более низкое синфазное полное сопротивление, но ток синфазного сигнала ограничивают значением тока, протекающего от источника с сопротивлением 150 Ом.

6.2.2.1 Токовые клещи связи

Токовые клещи связи обеспечивают индуктивную связь с проводником, подключенным к ИО. Например, при коэффициенте трансформации клещей связи 5 : 1 можно пренебречь вносимым в проводник сопротивлением источника помехи в сравнении с сопротивлением 150 Ом, обеспечиваемым при подключении ВО. В этом случае выходное сопротивление испытательного генератора (50 Ом) трансформируется в сопротивление, равное 2 Ом. Возможно также использование других коэффициентов трансформации клещей связи (см. приложение A).

Примечания

1 При использовании токовых клещей связи необходимо убедиться, что уровень высших гармоник сигнала, создаваемого усилителем мощности, не превышает уровня сигнала на основной частоте на порту ИО устройства связи.

2 Для минимизации емкостной связи кабель, в который вводится помеха, должен проходить по центру токовых клещей связи.

6.2.2.2 Электромагнитные клещи связи

Электромагнитные клещи связи обеспечивают как емкостную, так и индуктивную связь с проводником, подключенным к ИО. Конструкция и принцип работы электромагнитных клещей связи приведены в приложении A.

6.2.3 Устройства прямого ввода помехи

Сигнал помехи, поступающий от испытательного генератора, вводится в экранированные и коаксиальные кабели через резистор сопротивлением 100 Ом (даже если экран не заземлен или заземлен только с одного конца). Между ВО и точкой ввода помехи как можно ближе к ней (см. рисунок 5b) должна быть размещена цепь развязки (см. 6.2.4). Чтобы увеличить степень развязки и стабилизировать схему, необходимо подсоединить к эталонной пластине заземления экран входного порта устройства прямого ввода помехи. Это соединение осуществляется со стороны устройства ввода помехи, предназначенного для подключения ВО.

Примечание – При прямом соединении с фольгированными экранами необходимо принять меры предосторожности для обеспечения надежности такого соединения и получения достоверных результатов испытаний.

Для определенных простых конфигураций экранированного кабеля цепь развязки может быть объединена в один корпус вместе с резистором сопротивлением 100 Ом, образуя УСР.

6.2.4 Устройства развязки

Как правило, устройство развязки содержит несколько катушек индуктивности, чтобы обеспечить в установленном диапазоне частот высокое полное сопротивление. Это определяется применяемым материалом феррита, и величина общей индуктивности устройства развязки должна быть не менее 280 мкГн на частоте 150 кГц. Индуктивное сопротивление устройства развязки должно составлять не менее 260 Ом на частотах до 26 МГц и не менее 150 Ом на частотах выше 26 МГц. Требуемое значение индуктивности может быть достигнуто либо намоткой определенного количества витков на ферритовые кольца (см. рисунок 5d), либо путем использования нескольких ферритовых колец, надетых на кабель (в виде ферритовой трубки).

УСР, как указано в приложении D, могут использоваться как устройства развязки с ненагруженным радиочастотным входным портом, если в настоящем стандарте не указано иное. При использовании УСР таким образом они должны отвечать требованиям настоящего раздела.

Устройства развязки должны использоваться для всех кабелей, не выбранных для испытания, но подключенных к ИО и (или) ВО. Исключения см. в 7.7.

6.3 Проверка синфазного полного сопротивления на порту устройств связи и развязки для подключения испытуемого оборудования

УСР характеризуются модулем синфазного полного сопротивления на порту для подключения испытуемого оборудования $|Z_{ce}|$. Его правильное значение гарантирует воспроизводимость результатов испытаний. Для проверки значения модуля синфазного полного сопротивления УСР применяют установку в соответствии с рисунком 7.

УСР и стандартную пластину связи (см. рисунок 7a) размещают на эталонной пластине заземления, размеры которой должны превышать размеры проекции установки не менее чем на 0,2 м с каждой стороны.

Стандартная пластина связи должна подключаться к порту УСР для подключения ИО коротким соединением длиной не более 30 мм, как показано на рисунке 7a. Необходимо измерить значение синфазного полного сопротивления на соединителе стандартной пластины связи.

Значение модуля синфазного полного сопротивления УСР должно соответствовать требованиям, установленным в таблице 3, когда радиочастотный входной порт нагружен на сопротивление 50 Ом, а порт ВО последовательно нагружают синфазно в условиях короткого замыкания и холостого хода, как показано на рисунке 7b. Выполнение этого требования обеспечивает необходимое значение коэффициента развязки, при котором подключение ВО, независимо от того, имеет ли оно заземленный или изолированный от земли выход, не будет влиять на результаты испытаний.

Если применяют метод ввода помехи с использованием клещей связи или метод прямого ввода помехи, то не представляется возможным проверить значения модуля синфазного полного сопротивления для каждого ВО, подключенного к ИО. Как правило, в этом случае достаточно применять процедуру, установленную в 7.3. Во всех других случаях применяют процедуру, установленную в 7.4.

6.3.1 Вносимые потери переходных устройств 150 – 50 Ом

Перед проведением испытания, когда испытательный генератор установлен на рабочее место, испытательный уровень должен быть проверен в условиях синфазного полного сопротивления 150 Ом. Это достигается соединением соответствующей точки для определения синфазного полного сопротивления к измерительному устройству с входным сопротивлением 50 Ом через переходное устройство 150 – 50 Ом, как показано на рисунке 7c. Конструкция переходных устройств приведена на рисунках 7d и 7e.

Переходные устройства должны быть размещены на эталонной пластине заземления, размеры которой превышают размеры геометрической проекции этой установки для измерения вносимых потерь не менее чем на 0,2 м со всех сторон. Вносимые потери измеряют, как показано на рисунке 7с. Значение вносимых потерь должно находиться в диапазоне (9,5 ± 0,5) дБ (теоретическое значение 9,5 дБ достигается дополнительными последовательно включенными полными сопротивлениями, когда измерения проводятся в 50-омной системе). При необходимости потери в кабелях испытательной установки должны компенсироваться. Рекомендуется применять аттенюаторы с подходящим КСВН (не более 1,2) на входах и выходах измерительных приемников и генераторов.

6.4 Установка уровней помехи, создаваемой испытательным генератором

Для правильной установки немодулированного испытательного уровня помехи применяют процедуру, указанную в 6.4.1. При этом считают, что испытательный генератор, УСР и переходные устройства 150 – 50 Ом соответствуют требованиям, установленным в 6.1, 6.2 и 6.3.1.

ВНИМАНИЕ: При установке уровней помехи, создаваемой испытательным генератором, все кабели, подключенные к портам устройств связи и развязки для подключения ИО и ВО, не задействованные в процессе установки (см. рисунок 8), отключают во избежание короткого замыкания или повреждения измерительного оборудования.

Выходной уровень сигнала испытательного генератора (см. 6.4.1) устанавливают при немодулированной несущей частоте. После выполнения правильной установки выходного уровня испытательного генератора должна быть включена и проверена амплитудная модуляция.

Выходной уровень сигнала испытательного генератора определяют одним из двух методов: либо измерением выходной мощности усилителя, либо на выходе радиочастотного генератора, чтобы обеспечить стабильность функционирования испытательного оборудования.

Необходимый выходной уровень сигнала определяют для всех испытательных частот, применяемых к ИО.

6.4.1 Порядок установки выходного уровня помехи на порту испытуемого оборудования устройства связи

Испытательный генератор подключают к радиочастотному входному порту устройства связи. К порту ИО устройства связи в синфазном режиме через переходное устройство 150 – 50 Ом подключают измерительный прибор с входным сопротивлением 50 Ом. Порт ВО УСР нагружают на переходное устройство 150 – 50 Ом, последовательно с которым подключают дополнительный резистор сопротивлением 50 Ом. Схема расположения оборудования для установки испытательных уровней при использовании любых устройств связи и развязки приведена на рисунке 8.

Примечание – При непосредственном вводе помехи подключение нагрузочного резистора сопротивлением 150 Ом к порту ВО УСР не требуется, так как экран кабеля соединен с эталонной пластиной заземления со стороны этого порта.

При использовании вышеуказанной схемы испытательный генератор регулируют таким образом, чтобы были получены следующие показания измерительного прибора:

$U_{изм} = (U_0 / 6) \pm 25\ \%$ (в линейных значениях); или

$U_{изм} = (U_0 - 15{,}6)$ дБ ± 2 дБ (в логарифмических значениях).

Установку уровней помехи проводят для каждого конкретного устройства связи и развязки по отдельности. Контролируемые параметры испытательного генератора (параметры программного обеспечения, установки аттенюатора и др.) должны быть зафиксированы и воспроизведены при проведении испытаний.

Примечания

1 U_0 – испытательное напряжение, значение которого установлено в таблице 1; $U_{изм}$ – измеренное напряжение, как определено в 3.11 и показано на рисунке 8. Для минимизации погрешности при проведении испытаний для установки выходного уровня испытательного генератора используют $U_{изм}$ с нагрузкой, равной 150 Ом, а не U_0.

2 Величина коэффициента 6 (15,6 дБ) возникает из-за того, что испытательный уровень помехи устанавливается в значении ЭДС. Напряжение на согласованной нагрузке составляет половину значения ЭДС, а напряжение на измерительном приборе с сопротивлением 50 Ом, подключенном к переходному устройству 150 – 50 Ом, делится в соотношении 3 : 1.

При установке уровней помехи, вводимой с помощью токовых клещей связи с применением испытательного приспособления сопротивлением 50 Ом (см. раздел А.1), напряжение $U_{изм}$, возникающее на нагрузке сопротивлением 50 Ом, должно быть на 6 дБ меньше требуемого при проведении испы-

таний. В этом случае измеренные напряжения или результирующие токи в испытательном приспособлении сопротивлением 50 Ом должны быть равны:

$U_{изм} = (U_0 / 2) \pm 25$ % (в линейных значениях); или

$U_{изм} = (U_0 - 6$ дБ) ± 2 дБ (в логарифмических значениях).

7 Организованное место для испытаний настольного и напольного оборудования

Для проведения испытаний оборудование размещают на изолирующей подставке высотой 0,1 м, расположенной на эталонной пластине заземления. Все кабели, выходящие из ИО, должны быть расположены на высоте не менее 30 мм над эталонной пластиной заземления.

Если оборудование предназначено для размещения в панели, стойке или корпусе, его испытывают в этой конструкции. Когда для поддержания испытуемого образца требуется какое-либо приспособление, оно должно быть выполнено из неметаллического непроводящего материала. Заземление оборудования должно быть выполнено в соответствии с инструкциями изготовителя по установке.

Если для проведения испытаний требуются устройства связи и (или) развязки, их располагают на расстоянии от 0,1 до 0,3 м от ИО. Это расстояние измеряют в горизонтальном направлении от проекции ИО на эталонную пластину заземления до устройства связи и (или) развязки (см. рисунки 6, 9 и 10). Более подробная информация приведена в 7.1 – 7.7.

7.1 Правила выбора испытательных точек и метода ввода помехи

Для выбора типов и количества кабелей, в которые должна быть введена помеха с использованием УСР, необходимо учесть расположение оборудования в типичных условиях эксплуатации, например определить вероятные длины подключаемых кабелей.

Для всех испытаний суммарная длина кабелей между ИО и ВО (включая внутреннюю укладку кабелей любых используемых УСР) не должна превышать максимальное значение, указанное изготовителем ИО.

7.1.1 Метод ввода помехи

На рисунке 1 приведен порядок выбора метода ввода помехи.

Если это не указано в настоящем стандарте, ИО и все кабели, выбранные для испытания, должны иметь конструкцию, устанавливаться, располагаться и функционировать в соответствии с типичными условиями эксплуатации. УСР, которые не указаны в настоящем стандарте, но удовлетворяют требованиям настоящего стандарта, также могут использоваться.

Если несколько кабелей, подключенных к ИО, располагаются близко друг от друга на длине более 10 м или проложены от ИО к другому оборудованию в общем кабельном канале, их рассматривают как один кабель.

Если технический комитет по стандартизации конкретного вида продукции решает, что какой-либо определенный тип устройства связи и развязки более приемлем для использования с кабелями, подключаемыми к однородной продукции, он может сделать выбор в их пользу (при условии технического обоснования). Эти устройства должны описываться в стандарте на конкретную продукцию. Примеры УСР приведены в приложении D.

7.1.2 Порты, подлежащие испытаниям

При проведении любого испытания необходимы только два устройства с полным сопротивлением 150 Ом. Устройство, используемое для ввода испытательного сигнала помехи, может подключаться между различными портами при их испытании. Когда УСР отключают от порта, его заменяют устройством развязки.

Если ИО имеет много идентичных портов (одинаковые входы или выходы электронных цепей, нагрузки, подключенное оборудование и т. д.), как минимум один из этих идентичных портов должен быть выбран для испытаний для гарантии того, что все возможные типы портов охвачены.

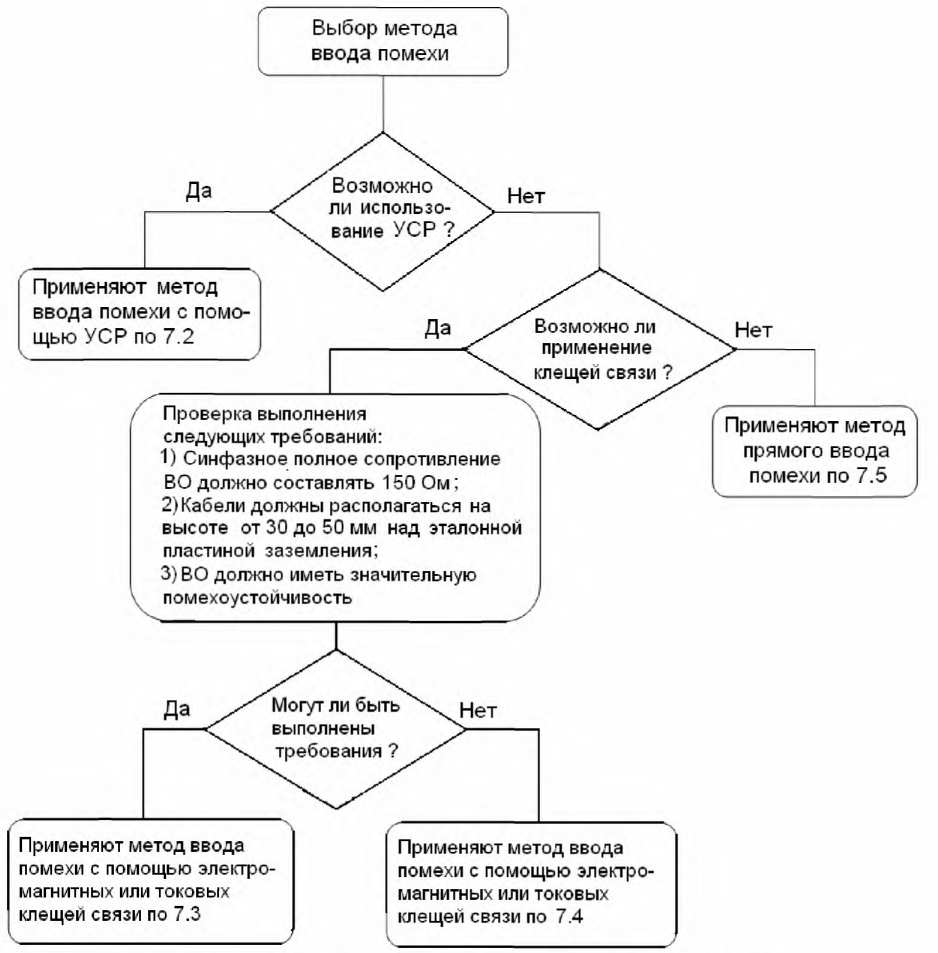


Рисунок 1 – Правила выбора метода ввода помехи

7.2 Процедура применения устройств связи и развязки для ввода помехи

При применении УСР для ввода помехи должны быть приняты следующие меры:

– если ВО размещено над эталонной пластиной заземления, то расстояние по высоте между ними должно составлять 0,1 м;

– одно УСР должно быть подключено к порту, подлежащему испытанию, и одно УСР с нагрузкой сопротивлением 50 Ом должно быть соединено с другим портом. Устройства развязки подключают ко всем другим портам, к которым подключены кабели. При таком способе подключения остается только одна замкнутая цепь, нагруженная сопротивлением 150 Ом на каждом конце;

– тип УСР для ввода помехи должен быть выбран в соответствии со следующим порядком:

1) CDN-M1 применяется для подключения к зажиму заземления;

2) CDN-Sn (n = 1, 2, 3, …), который находится ближе всего к точке ввода помехи (на кратчайшем геометрическом расстоянии до испытуемого порта);

3) CDN-M2, CDN-M3, CDN-M4 или CDN-M5 применяются для зажимов электропитания;

4) другое УСР, которое находится ближе всего к точке ввода помехи (на кратчайшем геометрическом расстоянии до испытуемого порта);

– если ИО имеет только один порт, то этот порт подключают к УСР, предназначенному для ввода помехи;

– если как минимум одно ВО подключено к ИО и только одно УСР может быть подключено к ИО, то один порт ВО подключают через УСР, нагруженное сопротивлением 50 Ом, в соответствии с вышеописанным порядком. При этом другие подключения к ВО должны быть развязаны.

7.3 Порядок ввода помехи с помощью клещей связи, если требования к синфазному полному сопротивлению могут быть выполнены

При вводе помехи с применением клещей связи значение синфазного полного сопротивления, которое обеспечивается при подключении ВО, должно, насколько это возможно, соответствовать требованиям, установленным в 6.2. Каждое ВО, применяемое для ввода помехи с применением клещей связи, должно, насколько это возможно, устанавливаться в соответствии с условиями их установки при эксплуатации. Для достижения значения синфазного полного сопротивления должны быть приняты следующие меры:

– каждое ВО, применяемое для ввода помехи с помощью клещей связи, должно быть установлено на изолирующей подставке толщиной 0,1 м над эталонной пластиной заземления;

– устройство развязки должно быть установлено на каждом кабеле между ИО и ВО, кроме испытуемого кабеля;

– все кабели, подключенные к каждому ВО, кроме тех, которые соединяют указанное ВО с ИО, должны иметь устройства развязки (см. 6.2.4 и рисунок 6);

– устройства развязки, подключенные к каждому ВО (за исключением кабелей, соединяющих ИО и ВО), должны быть установлены на расстоянии не более 0,3 м от ВО. Кабель (и) между ВО и устройством (ами) развязки или между ВО и клещами связи прокладывают над эталонной пластиной заземления на высоте от 30 до 50 мм, не допуская их скручивания (рисунок 6);

– на одном конце испытуемого кабеля находится ИО, а на противоположном – ВО. К ИО и ВО может быть подключено несколько УСР; однако только одно УСР на каждом ИО и ВО должно быть нагружено на сопротивление 50 Ом. Нагрузку УСР выбирают в соответствии с порядком, установленным в 7.2;

– когда применяется несколько клещей связи, помеху вводят поочередно в каждый кабель, выбранный для испытания. Кабели, которые выбраны для испытаний с применением клещей связи, но при этом не подвергаются испытанию, должны быть развязаны в соответствии с 6.2.4.

Во всех других случаях применяют порядок, установленный в 7.4.

7.4 Порядок ввода помехи с помощью клещей связи, если требования к синфазному полному сопротивлению не могут быть выполнены

Если при вводе помехи с применением клещей связи требования к синфазному полному сопротивлению не могут быть выполнены на стороне ВО, необходимо, чтобы значение модуля синфазного полного сопротивления ВО не превышало значения модуля синфазного полного сопротивления испытуемого порта ИО. Если это невозможно, необходимо принять меры для обеспечения удовлетворения этому условию порта ВО и предотвращения резонансов (например, посредством применения УСР типа CDN-M1 или резистора сопротивлением 150 Ом между ВО и пластиной заземления). При описании данной процедуры приводятся только существенные отличия от порядка ввода помехи, установленного в 7.3:

– при применении клещей связи для ввода помехи каждое ВО и ИО устанавливают в соответствии с условиями их установки при эксплуатации, насколько это возможно, например ИО должно либо подключаться к пластине заземления, либо располагаться на изолирующей подставке (см. рисунки А.6 и А.7);

– необходимо контролировать значение тока, наведенного радиочастотным напряжением (установленным в соответствии с 6.4.1), посредством токового пробника (имеющего низкие вносимые потери), установленного между клещами связи и ИО. Если значение этого тока превышает номинальное значение тока I_{max}, указанное ниже, напряжение сигнала испытательного генератора уменьшают до тех пор, пока значение измеренного тока не станет равным I_{max}, определяемому по формуле

$$I_{max} = U_0 / 150 \text{ Ом}.$$

Применяемый измененный уровень испытательного напряжения должен быть зафиксирован в протоколе испытаний.

Для обеспечения воспроизводимости результатов испытаний расположение оборудования на организованном месте для испытаний должно быть подробно описано в протоколе испытаний.

7.5 Порядок прямого ввода помехи

При применении метода прямого ввода помехи в экранированные кабели должны быть приняты следующие меры:

– ИО должно быть размещено на изолирующей подставке толщиной 0,1 м над эталонной пластиной заземления;

– на испытуемом кабеле между точкой ввода помехи и ВО как можно ближе к точке ввода помехи должно быть размещено устройство развязки. Второй порт должен быть нагружен на 150 Ом (УСР с нагрузкой 50 Ом). Этот порт должен быть выбран, как указано в 7.2. На все другие кабели, подключенные к ИО, должны быть установлены устройства развязки. (УСР рассматривается как устройство развязки, когда входной порт УСР не используется для ввода помехи);

– точка ввода помехи должна быть размещена на расстоянии 0,1 – 0,3 м от геометрической проекции ИО на эталонную пластину заземления;

– испытательный сигнал должен быть введен прямо в экранирующую оплетку кабеля через резистор сопротивлением 100 Ом (см. 6.2.3).

Примечание – При прямом соединении с фольгированными экранами необходимо принять меры предосторожности для обеспечения надежности такого соединения и получения достоверных результатов испытаний.

7.6 Испытуемое оборудование, состоящее из одного блока

ИО устанавливают на изолирующей подставке высотой 0,1 м над эталонной пластиной заземления. Для настольного оборудования эталонную пластину заземления допускается размещать на столе (см. рисунок 9).

Устройства связи и развязки подключаются в разрыв всех кабелей, выбранных для проведения испытаний (см. 7.1.2), размещая их на эталонной пластине заземления и обеспечивая прямой контакт с ней на расстоянии от 0,1 до 0,3 м от ИО. Кабели между устройствами связи и развязки и ИО должны быть максимально короткими и не должны быть уложены бухтой или скручены. Кабели прокладывают на высоте 30 – 50 мм над эталонной пластиной заземления.

Если ИО имеет другие зажимы заземления, они должны быть соединены, если это возможно, с пластиной заземления через УСР типа CDN-M1, если это допустимо по условиям функционирования ИО (см. 6.2.1.1) (т. е. порт ВО УСР типа CDN-M1 подключают к эталонной пластине заземления).

Если в состав ИО входит клавиатура или дополнительное устройство, которое при эксплуатации держат в руках, то применяют эквивалент руки, который размещают на клавиатуре или оборачивают вокруг дополнительного устройства и подключают к эталонной пластине заземления.

ВО, необходимое для обеспечения функционирования ИО в соответствии с требованиями, определенными техническим комитетом по стандартизации конкретного вида продукции (например, средства связи, модемы, принтеры, устройства сенсорного управления и т. д.), а также ВО, необходимое для передачи данных и оценки качества функционирования, подключают к ИО через устройства связи и (или) развязки. Насколько это возможно, допускается ограничивать количество кабелей, предназначенных для испытания. Однако воздействию помехи должны быть подвергнуты физические порты всех типов.

7.7 Испытуемое оборудование, состоящее из нескольких блоков

Оборудование, состоящее из нескольких взаимосвязанных блоков, испытывают, применяя один из следующих методов:

– **основной метод**: Каждый блок, входящий в состав ИО, испытывают как отдельное оборудование (см. 7.6), рассматривая все другие блоки как ВО. Устройства связи и развязки (или УСР) подключают (в соответствии с 7.1) к кабелям блока, рассматриваемого как ИО. Все блоки испытывают поочередно;

– **альтернативный метод**: Блоки ИО, постоянно соединенные друг с другом короткими кабелями длиной не более 1 м, рассматривают в совокупности как единое ИО. Испытания на помехоустойчивость межблочных соединительных кабелей не проводят (эти кабели рассматривают как внутренние кабели системы) (см. рисунок 10).

Блоки ИО размещают как можно ближе друг к другу, исключая прямой контакт между ними, на изолирующей подставке высотой 0,1 м над эталонной пластиной заземления. Межблочные соединительные кабели этих блоков также размещают на изолирующей подставке. Ненагруженные УСР или устройства развязки подключают ко всем остальным кабелям ИО, например кабелям электропитания и кабелям, подключаемым к ВО (см. 7.1).

8 Метод испытаний

ИО должно быть испытано в режимах работы и в климатических условиях, соответствующих назначению оборудования. Температура и относительная влажность при испытаниях должны быть указаны в протоколе испытаний.

Необходимо соблюдать положения по уровню помех, излучаемых испытательными и вспомогательными приборами, которые применяются на организованном месте для испытаний. Если уровни

излучаемых радиопомех превышают установленные нормы, испытания следует проводить в экранированном помещении.

Примечание – Как правило, эти испытания могут быть проведены без применения экранированных помещений. Это объясняется тем, что уровни создаваемых испытательных сигналов и состав организованного места для испытаний таковы, что излучение значительных уровней энергии, особенно на низких частотах, маловероятно.

Испытания проводят при подключении испытательного генератора поочередно к каждому устройству связи (электромагнитные клещи связи, токовый пробник для ввода помехи). Все другие кабели, не подлежащие испытанию, должны быть либо отключены (если это функционально допустимо), либо оснащены устройствами развязки или ненагруженными УСР.

Для предотвращения влияния гармоник (субгармоник) испытательного сигнала на ИО при необходимости применяют фильтры низких и (или) высоких частот. Фильтр высокой частоты с граничной частотой 100 кГц рекомендуется применять на выходе испытательного генератора. Характеристики фильтра низких частот должны быть такими, чтобы обеспечивалось подавление гармоник испытательного генератора до уровней, при которых они не будут влиять на результаты испытаний. Фильтры подключают на выходе испытательного генератора перед установкой испытательного уровня (см. 6.1 и 6.4.1).

Диапазон перестройки частоты должен составлять от 150 кГц до 80 МГц при заранее установленных уровнях помехи, модулированной по амплитуде синусоидальным напряжением 1 кГц при глубине модуляции 80 %. Для установки уровня высокочастотного сигнала и переключения устройств связи в ходе испытаний при необходимости делают паузы. Размер шага при перестройке с увеличением частоты не должен превышать 1 % значения предшествующей частоты. Время удержания амплитудно-модулированного сигнала на каждой частоте не должно быть менее времени, необходимого для проверки качества функционирования ИО, но в любом случае должно быть не менее 0,5 с. Дополнительно проводят испытания оборудования на частотах, на которых ожидается его повышенная восприимчивость к помехе (например, на тактовых частотах).

Примечание – Так как ИО может подвергаться воздействию помех, вызываемых переходными процессами, происходящими при пошаговом изменении частоты, необходимо принять меры для предотвращения такого воздействия. Например, до изменения частоты уровень сигнала может быть снижен на несколько децибел относительно испытательного уровня.

В ходе испытаний необходимо по возможности проверить качество функционирования ИО во всех режимах, выбранных для испытаний.

Рекомендуется применение специальных тестовых программ.

Испытания проводят в соответствии с программой испытаний.

При необходимости обоснования программы испытаний проводят предварительные испытания.

9 Оценка результатов испытаний

Результаты испытаний должны классифицироваться при условиях потери функции или изменения работы ИО относительно критерия качества функционирования, установленного изготовителем или заявителем испытаний или согласованного между изготовителем и покупателем изделия. Рекомендуемая классификация включает следующее:

a) нормальное функционирование в пределах норм, установленных изготовителем, заявителем или потребителем;

b) временное снижение качества функционирования либо потеря функционирования, которые прекращаются после воздействия помехи и не требуют вмешательства оператора;

c) временное снижение качества функционирования либо потеря функционирования, коррекция которых требует вмешательства оператора;

d) снижение качества функционирования, или потеря функционирования, которые не могут быть восстановлены из-за повреждения компонентов оборудования, нарушения программного обеспечения, или потери данных.

В инструкции изготовителя могут быть указаны некоторые незначительные и, следовательно, приемлемые эффекты воздействия помех на ИО.

Данная классификация может использоваться в качестве руководства по определению критериев качества функционирования техническими комитетами, ответственными за разработку общих стандартов, стандартов на изделия или группу изделий, или в качестве основы для согласования критериев качества функционирования изделий между изготовителем и покупателем, например в случае отсутствия соответствующего общего стандарта, стандарта на изделие или группу изделий.

10 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен содержать всю информацию, необходимую для воспроизведения испытания. В частности, должно быть указано следующее:

– обозначение ИО и любого связанного с ним оборудования, например торговая марка, тип оборудования, серийный номер;

– размеры ИО;

– типичные условия функционирования ИО;

– испытывается ли ИО как одноблочное или многоблочное;

– типы межблочных соединительных кабелей, включая их длину и внешние порты ИО, к которым они подключаются;

– любые особые условия применения, например длина или тип кабеля, экранирование или заземление, условия функционирования ИО, необходимые для обеспечения соответствия;

– время восстановления работоспособности ИО, при необходимости;

– тип используемого испытательного оборудования, расположение ИО и ВО, УСР;

– обозначение испытательного оборудования, например торговая марка, тип оборудования, серийный номер;

– УСР, используемые на каждом кабеле, и длина внутренних кабелей между ними;

– устройство развязки, нагружаемое на 50 Ом, для каждого порта, подвергающегося воздействию помехи;

– описание метода проверки функционирования ИО;

– любые особые условия, необходимые для проведения испытания;

– диапазон частот, в котором проводят испытания;

– скорость перестройки частоты, время удержания и шаг перестройки частоты;

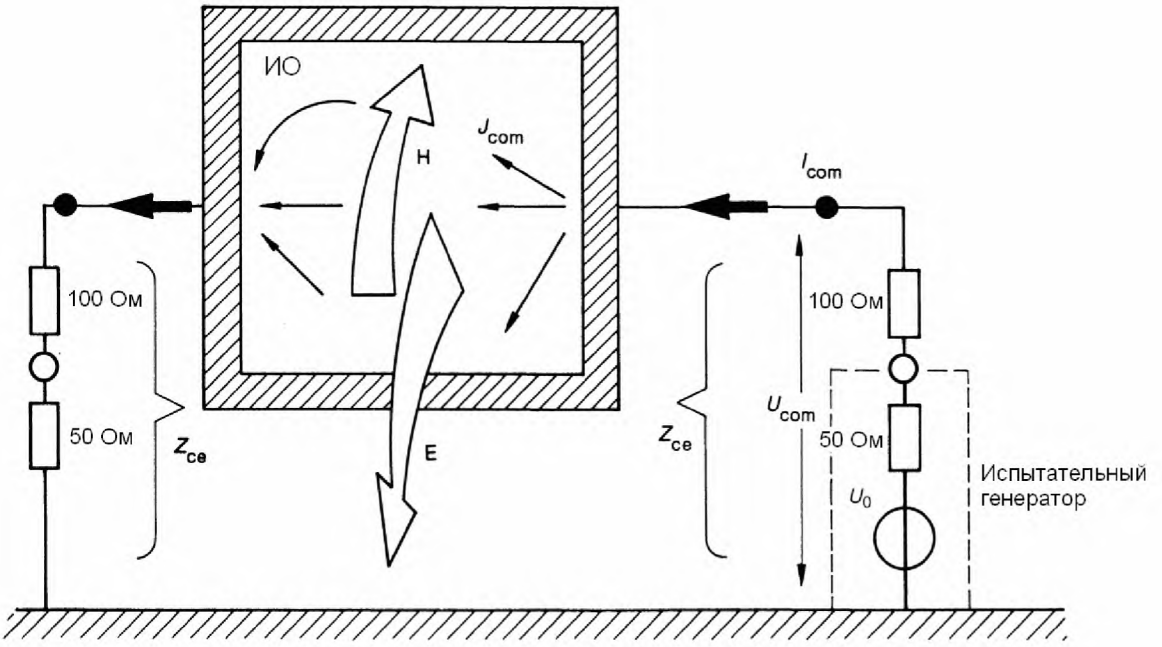
– применяемый испытательный уровень;

– уровень качества функционирования, установленный изготовителем, заказчиком или покупателем;

– применяемые критерии качества функционирования;

– любые эффекты воздействия на ИО, зафиксированные во время или после подачи испытательного сигнала, а также продолжительность воздействия этих эффектов;

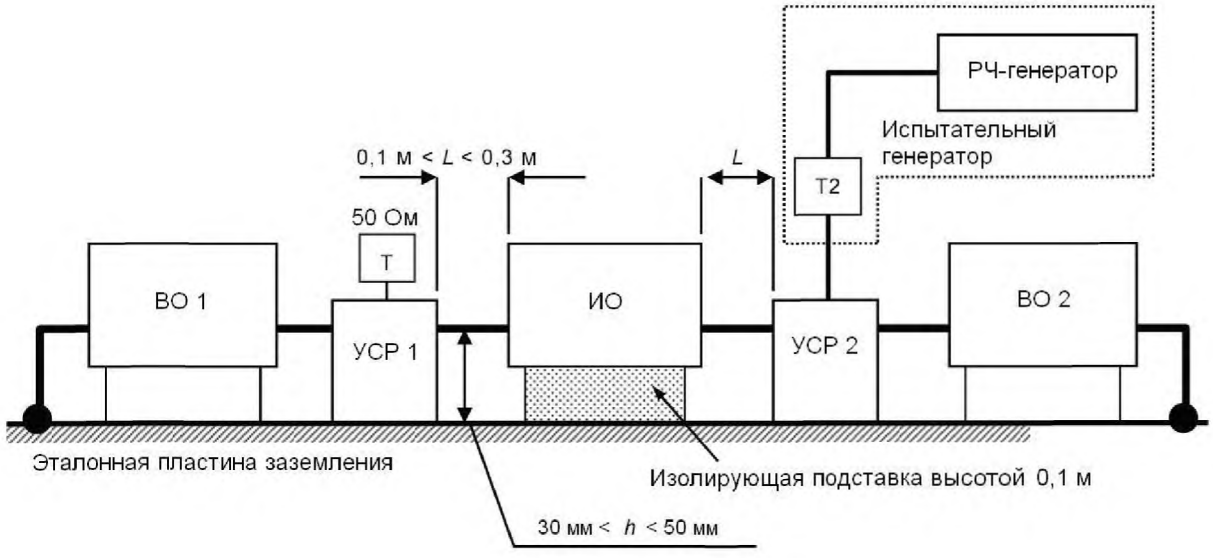
– критерий определения результата испытания (основанный на критерии качества функционирования, установленном в общем стандарте, стандарте на изделие или группу изделий либо являющемся предметом соглашения между изготовителем и покупателем).

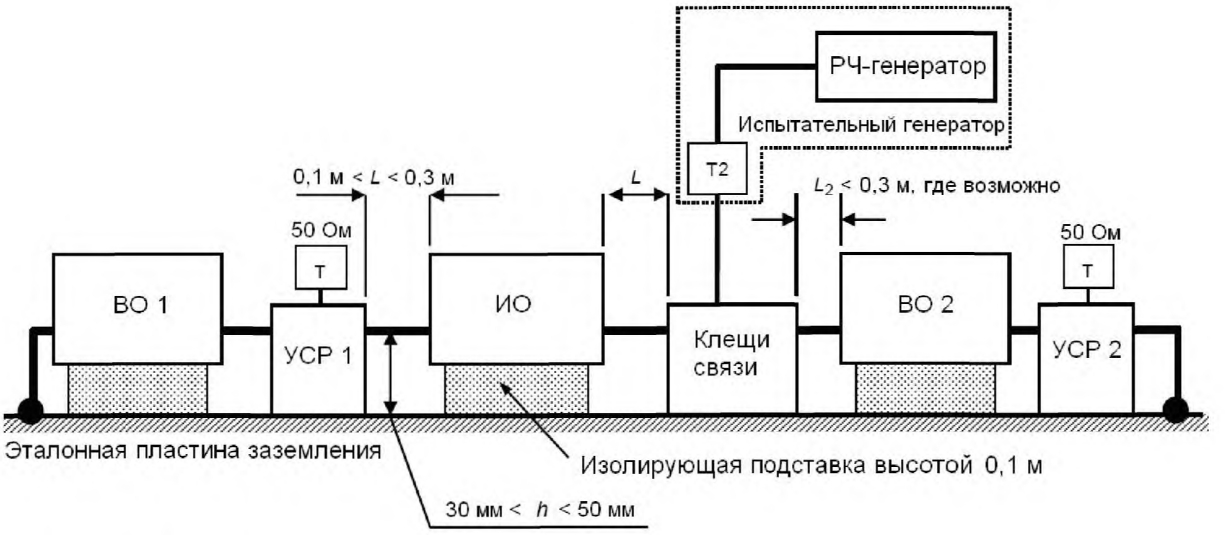


Z_{ce} – синфазное полное сопротивление цепи связи и развязки, Z_{ce} = 150 Ом.
U_0 – выходное напряжение испытательного генератора (ЭДС);
U_{com} – общее несимметричное напряжение между ИО и эталонной пластиной заземления;
I_{com} – общий несимметричный ток, протекающий через ИО;
J_{com} – плотность тока на проводящих поверхностях или ток в других проводниках ИО;
E, H – электрические и магнитные поля.

Примечание – Резисторы сопротивлением 100 Ом входят в состав цепи связи и развязки. Левый вход нагружен пассивной нагрузкой сопротивлением 50 Ом, правый вход – полным сопротивлением испытательного генератора.

Рисунок 2а – Схема образования электромагнитных полей вблизи ИО при протекании токов в кабелях

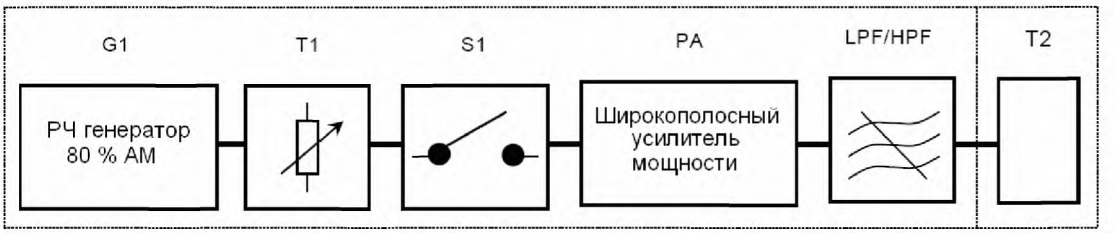




T – нагрузка 50 Ом;
T2 – аттенюатор (6 дБ);
УСР – устройство связи и развязки.
Клещи связи для прямого ввода помехи – токовые клещи или электромагнитные клещи связи

Рисунок 2b – Схема расположения оборудования для испытаний на устойчивость к радиочастотным кондуктивным помехам

Рисунок 2 – Испытания на устойчивость к радиочастотным кондуктивным помехам



G1 – радиочастотный генератор;
T1 – аттенюатор;
S1 – переключатель радиочастотного сигнала;
PA – широкополосный усилитель мощности;
LPF/HPF – фильтры низких и (или) высоких частот;
T2 – аттенюатор с фиксированным затуханием (6 дБ)

Рисунок 3 – Блок-схема испытательного генератора

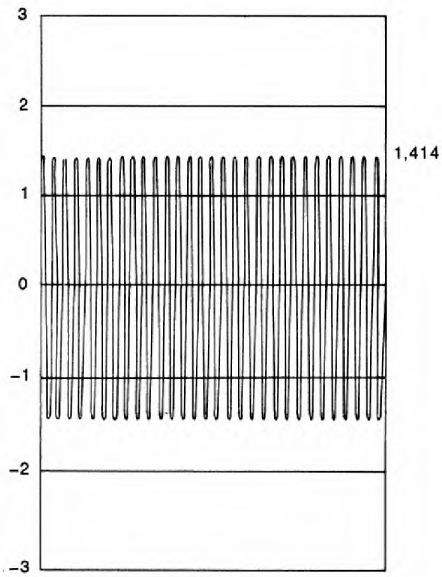


Рисунок 4a – Немодулированный радиочастотный сигнал
U_{pp} = 2,82 В, U_{rms} = 1,00 В

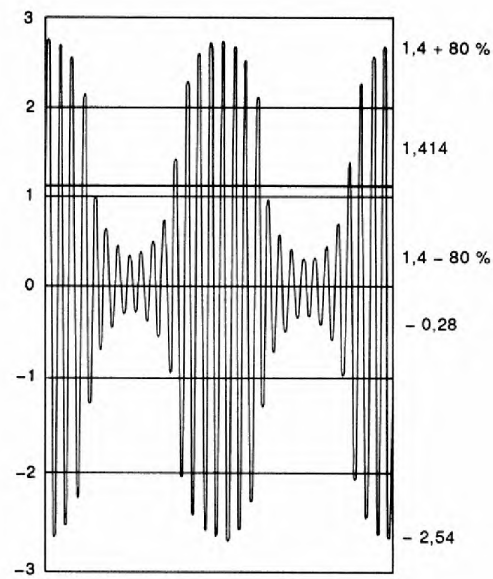
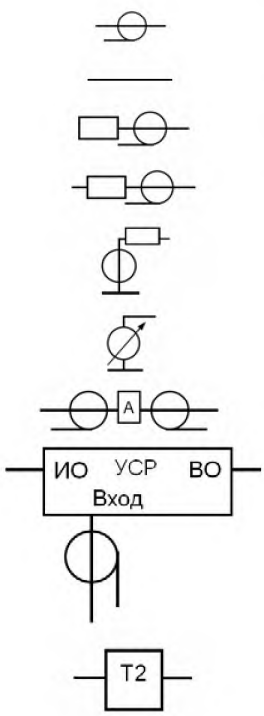


Рисунок 4b – Модулированный радиочастотный сигнал при глубине модуляции 80 %
U_{pp} = 5,09 В, U_{rms} = 1,12 В

Рисунок 4 – Форма сигнала в режиме холостого хода на порту ИО устройства связи для испытательного уровня 1



– 50-омный коаксиальный кабель;

– кабель электропитания, передачи сигналов или заземления;

– нагрузка 50 Ом для коаксиального кабеля;

– переходное устройство 150 – 50 Ом (коробка с резистором 100 Ом между входным и выходным портами);

– источник сигнала с выходным сопротивлением 50 Ом;

– измерительный прибор с входным сопротивлением 50 Ом, например селективный вольтметр;

– аттенюатор с входным сопротивлением 50 Ом и затуханием 10 дБ

– устройство связи и развязки (УСР), имеющее порты ИО, ВО и вход;

– аттенюатор мощности (6 дБ)

Рисунок 5a – Перечень символов, применяемых для показа принципов ввода помехи и связи в схемах расположения оборудования при проведении испытания

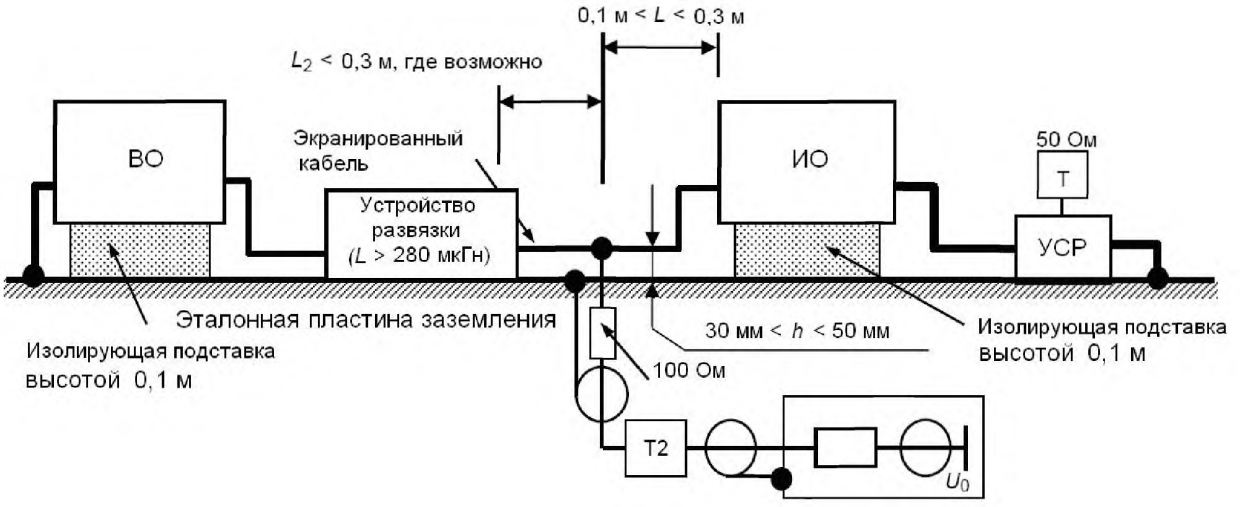


Рисунок 5b – Принцип прямого ввода помехи в экранированные кабели

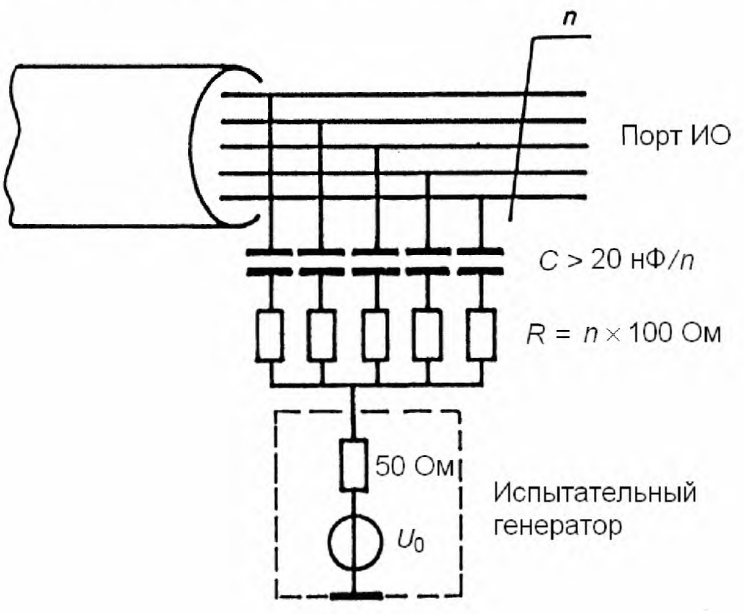
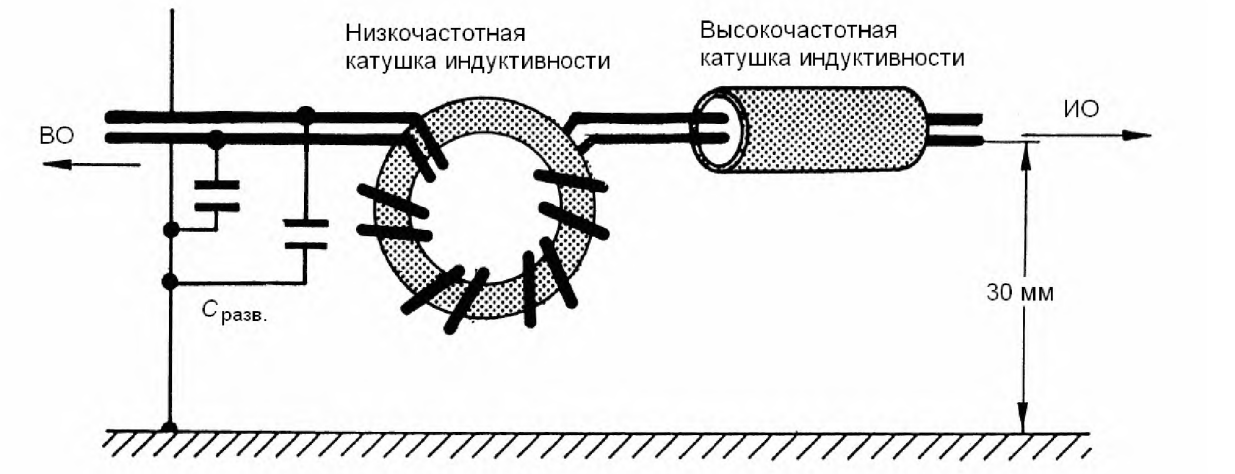


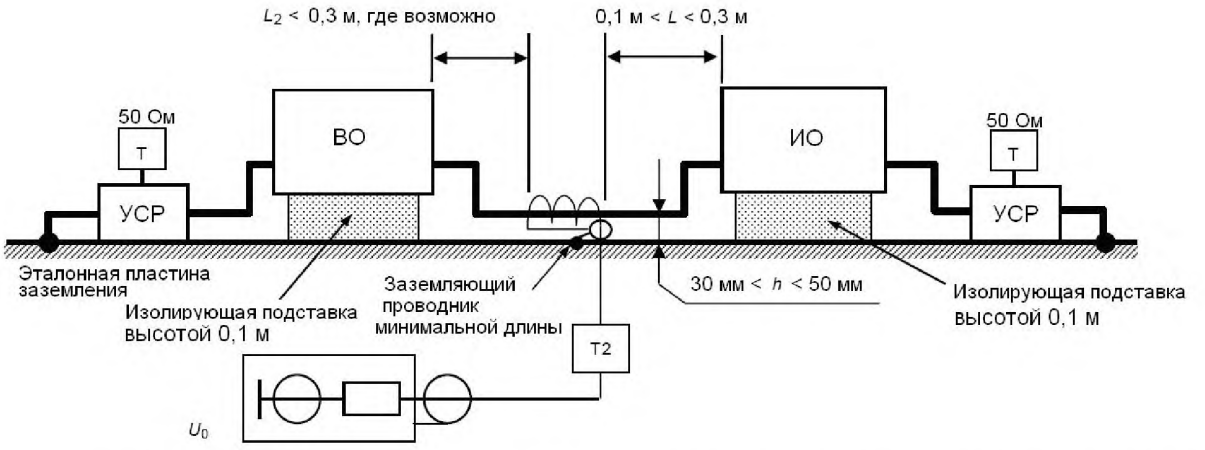
Рисунок 5c – Принцип связи для неэкранированных кабелей



Пример – Типовые параметры: $C_{разв}$ = 47 нФ (только для неэкранированных кабелей); $L_{(150\ кГц)}$ ≥ 280 мкГн; низкочастотная катушка индуктивности: 17 витков на ферритовом кольце: материал – NiZn, μ_R = 1 200; высокочастотная катушка индуктивности: 2 – 4 ферритовых кольца (образующих трубку): материал – NiZn, μ_R = 700

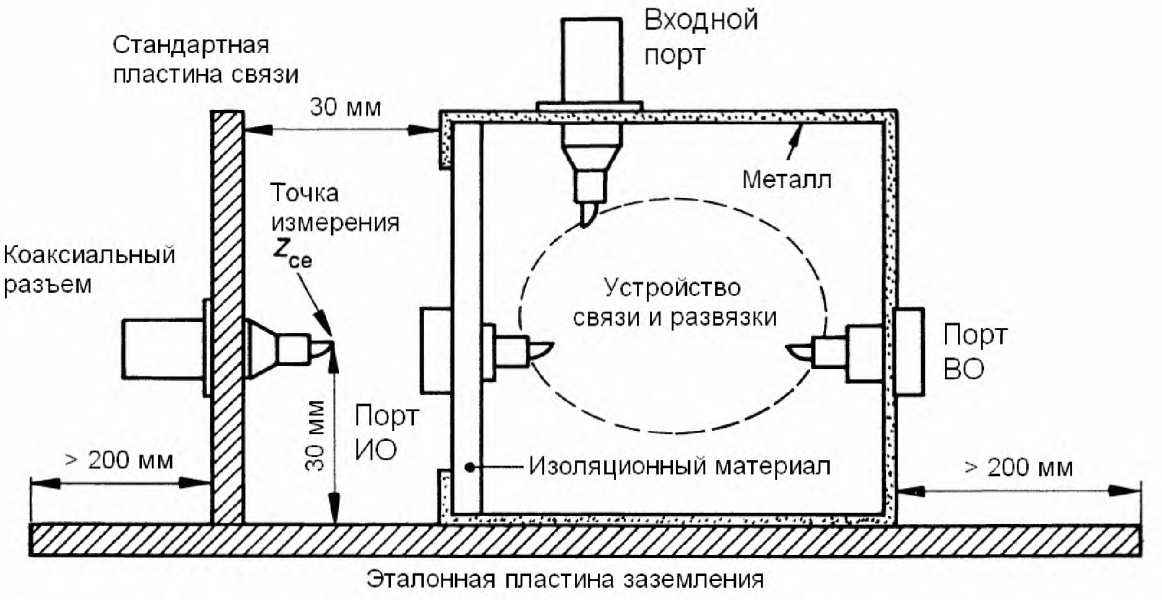
Рисунок 5d – Принцип развязки

Рисунок 5 – Принцип связи и развязки



УСР, подключенное к ВО, например типа CDN-M1, подключенное к зажиму заземления, или типа CDN-M3, должно быть нагружено сопротивлением 50 Ом на входном порту (см. 7.4)

Рисунок 6 – Принцип связи и развязки при вводе помехи с применением клещей связи



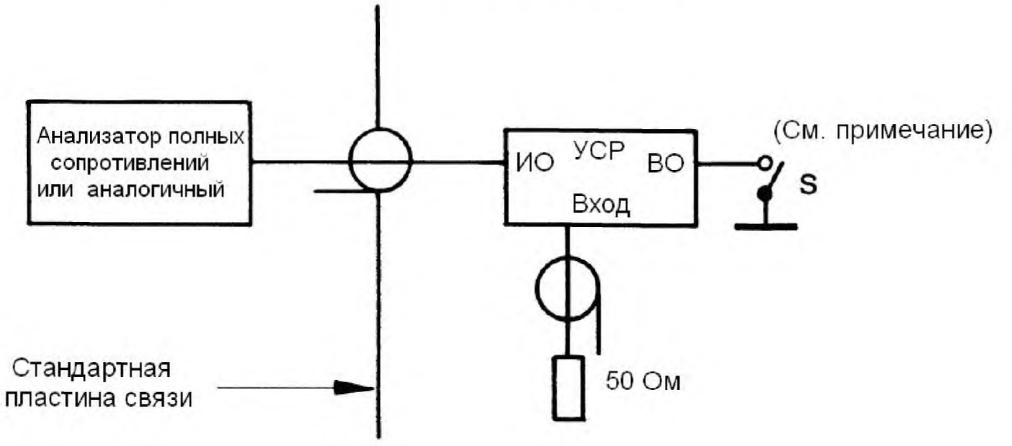
– Эталонная пластина заземления должна быть больше проекции УСР, а также других компонентов не менее чем на 0,2 м.

– Порт ИО расположен на высоте 30 мм над эталонной пластиной заземления.

– Размеры стандартной пластины связи (с BNC-разъемом) – 0,1 × 0,1 м.

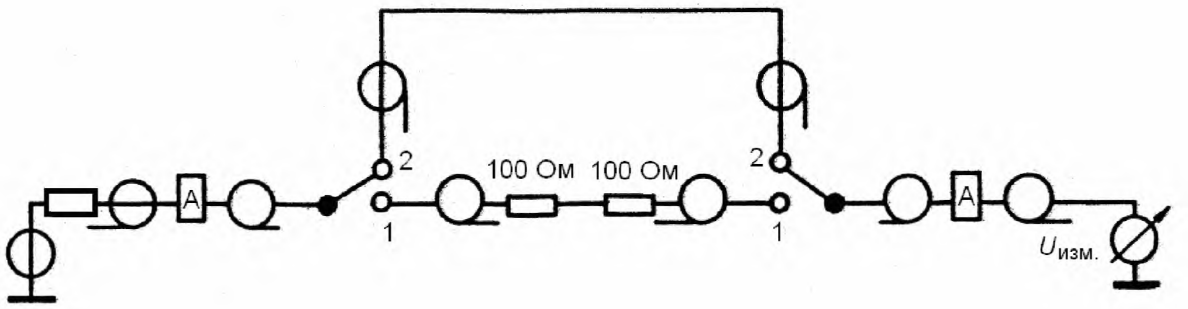
– Обе пластины должны быть изготовлены из меди, латуни или алюминия и иметь хороший контакт на высоких частотах.

Рисунок 7a – Пример конструкции установки для проверки синфазного полного сопротивления устройств связи и развязки



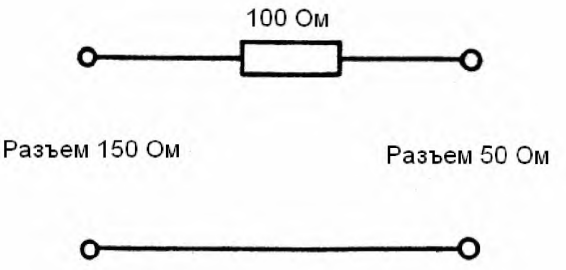
Примечание – Требования к синфазному полному сопротивлению должны выполняться при замкнутом и разомкнутом ключе S (см. 6.3).

Рисунок 7b – Схема установки для проверки синфазного полного сопротивления Z_{ce} устройств связи и развязки



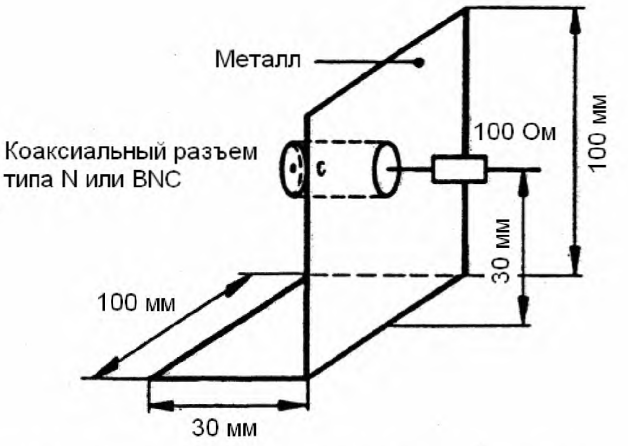
Вносимое затухание (дБ) = $U_{изм}$ (положение выключателей 2) – $U_{изм}$ (положение выключателей 1), где $U_{изм}$ – измеренное напряжение, выраженное в дБ (мкВ)

Рисунок 7c – Схема установки для измерения вносимого затухания двух переходных устройств (150 – 50 Ом)



Примечание – Низкоиндуктивный резистор: номинальная мощность – не менее 2,5 Вт.

Рисунок 7d – Схема переходного устройства 150 – 50 Ом



Примечание – Конструкция стандартной пластины связи идентична указанной на рисунке 7a, но добавлен низкоиндуктивный резистор сопротивлением 100 Ом.

Рисунок 7e – Конструктивная схема переходного устройства 150 – 50 Ом

Рисунок 7 – Установка для проверки характеристик устройств связи и развязки и переходных устройств 150 – 50 Ом

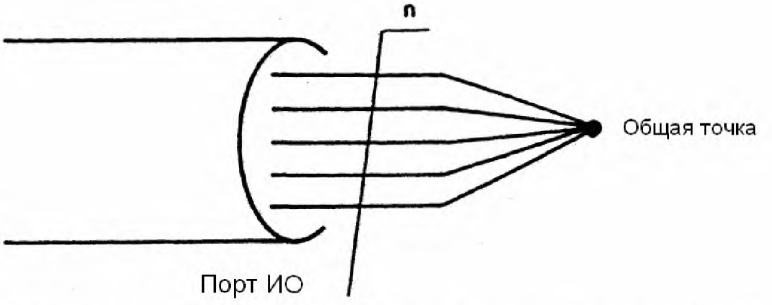


Рисунок 8a – Определение общей точки при использовании неэкранированных кабелей

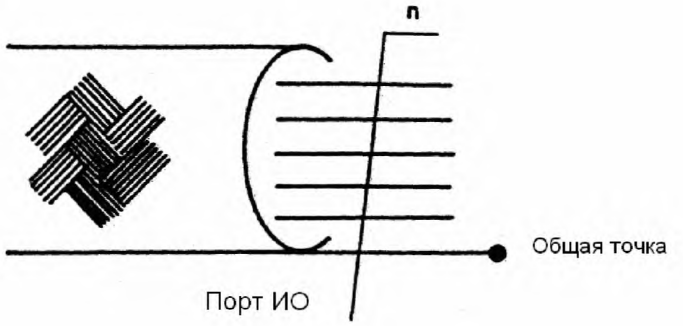
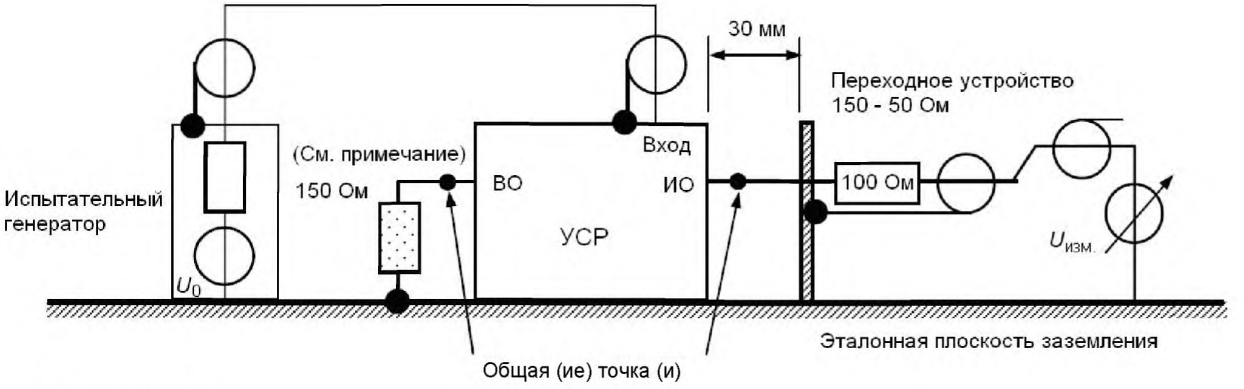


Рисунок 8b – Определение общей точки при использовании экранированных кабелей

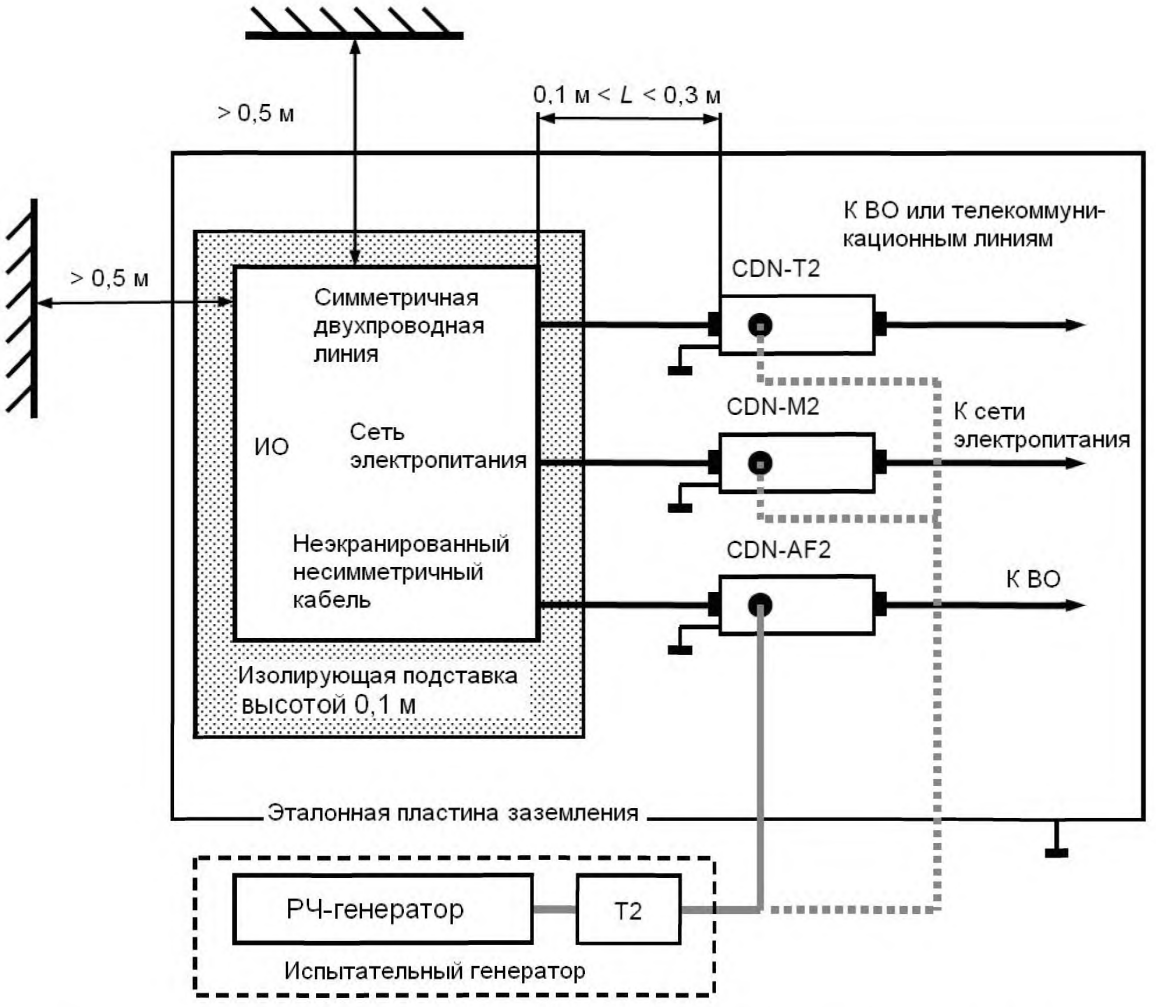


Примеры УСР:
– устройства связи и развязки (УСР);
– устройства прямого ввода помехи (с функцией развязки);
– клещи связи для прямого ввода помех (электромагнитные клещи связи).

Примечание – Нагрузку в 150 Ом, например переходное устройство 150 – 50 Ом, нагруженное сопротивлением 50 Ом, на порту ВО применяют только в случае использования неэкранированных кабелей (экраны экранированных кабелей соединены с пластиной заземления на стороне ВО).

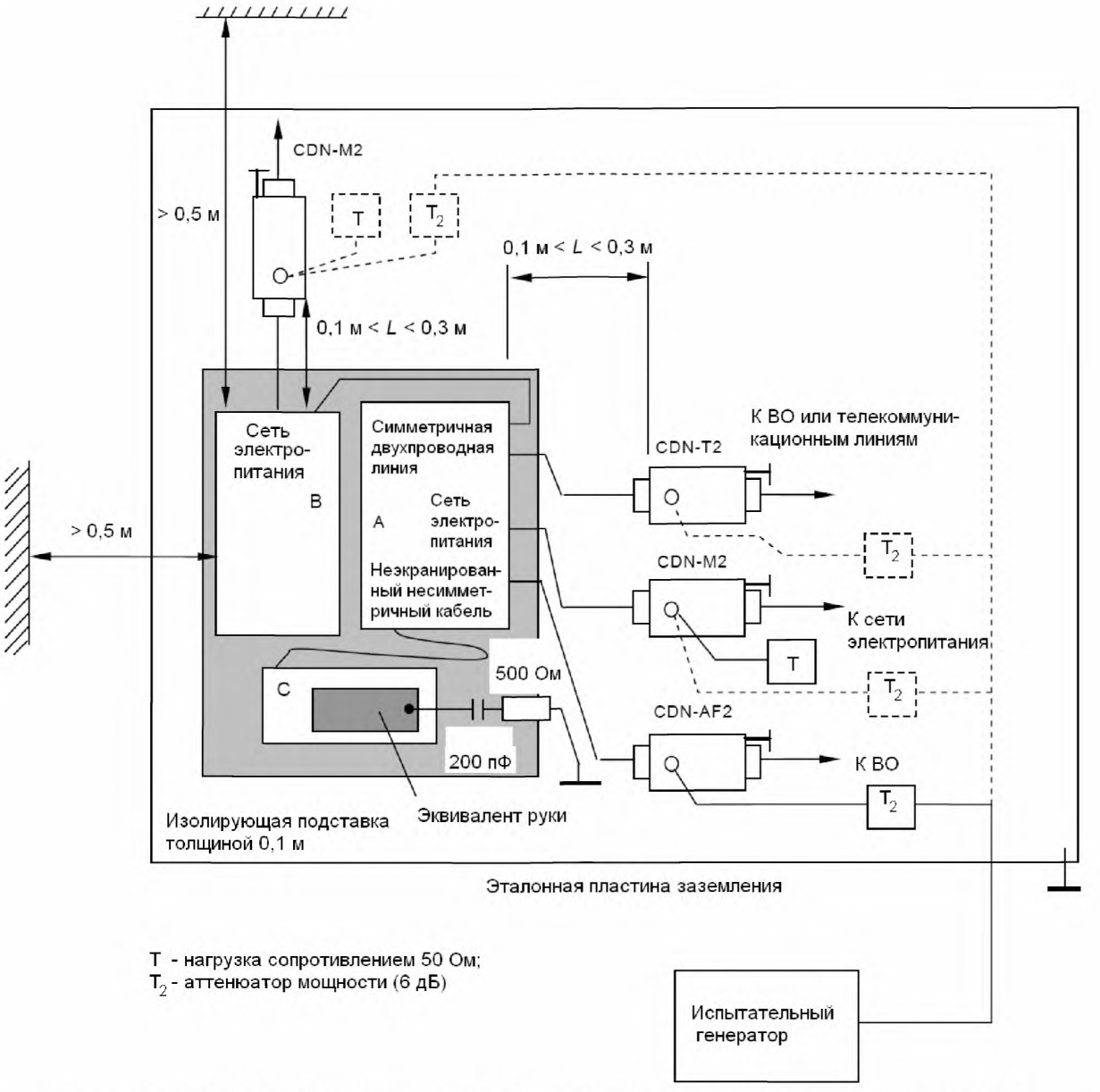
Рисунок 8c – Схема расположения оборудования для установки испытательных уровней на порту устройства связи и развязки для подключения испытуемого оборудования

Рисунок 8 – Схема расположения оборудования для установки испытательных уровней (см. 6.4.1)



Расстояние от ИО до любых металлических предметов должно составлять не менее 0,5 м.

Рисунок 9 – Пример схемы расположения оборудования при проведении испытаний испытуемого оборудования, состоящего из одного блока



Расстояние от ИО до любых металлических предметов должно составлять не менее 0,5 м.

Только к одному из УСР, которые не используются для ввода помехи, должна подключаться нагрузка сопротивлением 50 Ом, обеспечивающая только один обратный канал. Все другие УСР должны подключаться, как устройства развязки.

Межблочные соединительные кабели (длиной не более 1 м), подключенные к ИО, должны находиться на изоляционной подставке.

Рисунок 10 – Пример схемы расположения оборудования при проведении испытаний испытуемого оборудования, состоящего из нескольких блоков

Приложение А
(обязательное)

Дополнительная информация относительно метода ввода помехи с помощью клещей связи

А.1 Токовые клещи связи

Требованием к качеству функционирования токовых клещей связи является то, что потери в испытательном приспособлении не должны превышать 1 дБ при проведении испытаний в 50-омной системе с установленными токовыми клещами и при нагрузке входного порта испытательного приспособления сопротивлением 50 Ом. Схема установки уровней помехи приведена на рисунке А.1, а конструкция испытательного приспособления – на рисунке А.2.

Уровни помехи, вводимой токовыми клещами связи, устанавливают перед проведением испытаний. Процедура установки уровней помехи приведена в 6.4.1 и на рисунке 8 настоящего стандарта. Если установка уровней помехи выполнена не в системе с полным сопротивлением 150 Ом, а в испытательном приспособлении с сопротивлением 50 Ом, применяют следующую процедуру:

– экран кабеля, соединенный с входным портом клещей связи, должен быть также соединен с пластиной заземления испытательного приспособления посредством соединения с низким полным сопротивлением;

– к одному концу испытательного приспособления должна подключаться коаксиальная нагрузка сопротивлением 50 Ом, а к другому – аттенюатор мощности с КСВН менее 1,2 в заданном диапазоне частот. Делитель мощности должен подключаться к 50-омному входу радиочастотного вольтметра или радиочастотного анализатора спектра;

– выходной уровень сигнала испытательного генератора увеличивают до тех пор, пока измеряемый прибором уровень напряжения не достигнет значения, которое на 6 дБ меньше требуемого значения испытательного уровня U_0 (см. 6.4.1). Выходной уровень сигнала испытательного генератора фиксируют для каждого шага значения частоты.

А.2 Электромагнитные клещи связи

Конструкция и принцип действия электромагнитных клещей связи представлены на рисунках А.3 – А.5.

Показатель направленности электромагнитных клещей связи (в отличие от обыкновенных токовых клещей) составляет не менее 10 дБ для частот выше 10 МГц, вследствие чего исчезает необходимость в определенной величине синфазного полного сопротивления на участке между точкой ВО и эталонной пластиной заземления. На частотах выше 10 МГц электромагнитные клещи связи работают аналогично УСР.

Установку уровней помехи при использовании электромагнитных клещей связи выполняют в соответствии с 6.4.1 настоящего стандарта в условиях работы на 150-омную нагрузку, как показано на рисунке 8.

А.3 Организованное место для испытаний

Для проведения испытаний клещи связи устанавливают на испытуемые кабели. На клещи подают сигнал от испытательного генератора, уровень которого должен соответствовать предварительно установленному значению.

Во время испытаний экран входного порта токовых клещей связи или зажим заземления электромагнитных клещей связи должен быть соединен с эталонной пластиной заземления (см. рисунки А.6 и А.7).

Если во время испытаний значение тока, измеряемое при использовании как токовых, так и электромагнитных клещей связи, превышает номинальное значение тока в цепи (см. 7.4 настоящего стандарта), то напряжение на выходе испытательного генератора уменьшают до тех пор, пока значение тока в цепи не станет равно номинальному значению. Уменьшенное значение напряжения на выходе испытательного генератора должно быть зафиксировано в протоколе испытаний.

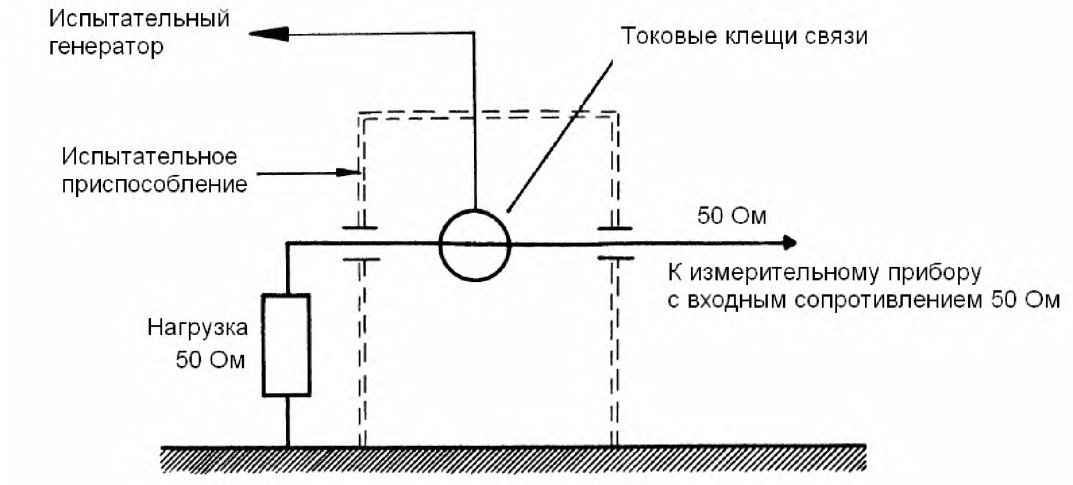
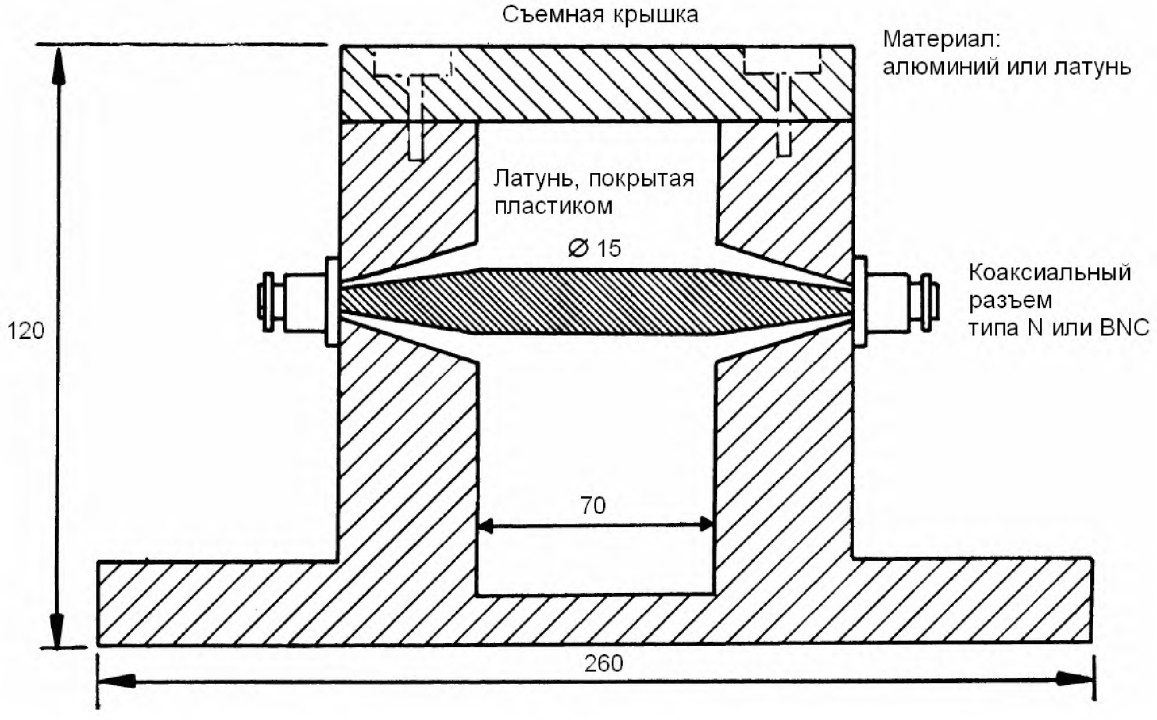
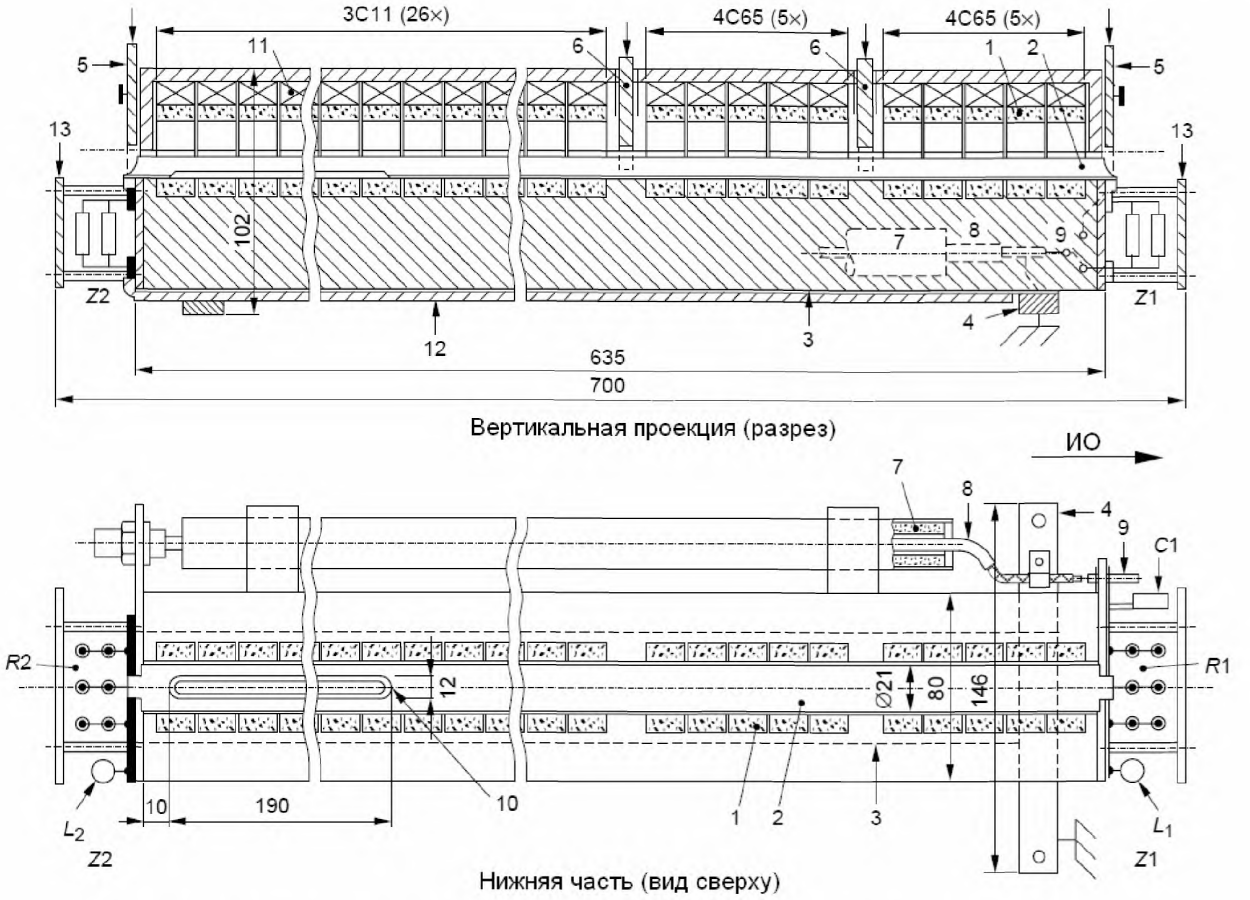


Рисунок А.1 – Схема установки уровня помехи с применением 50-омного испытательного приспособления



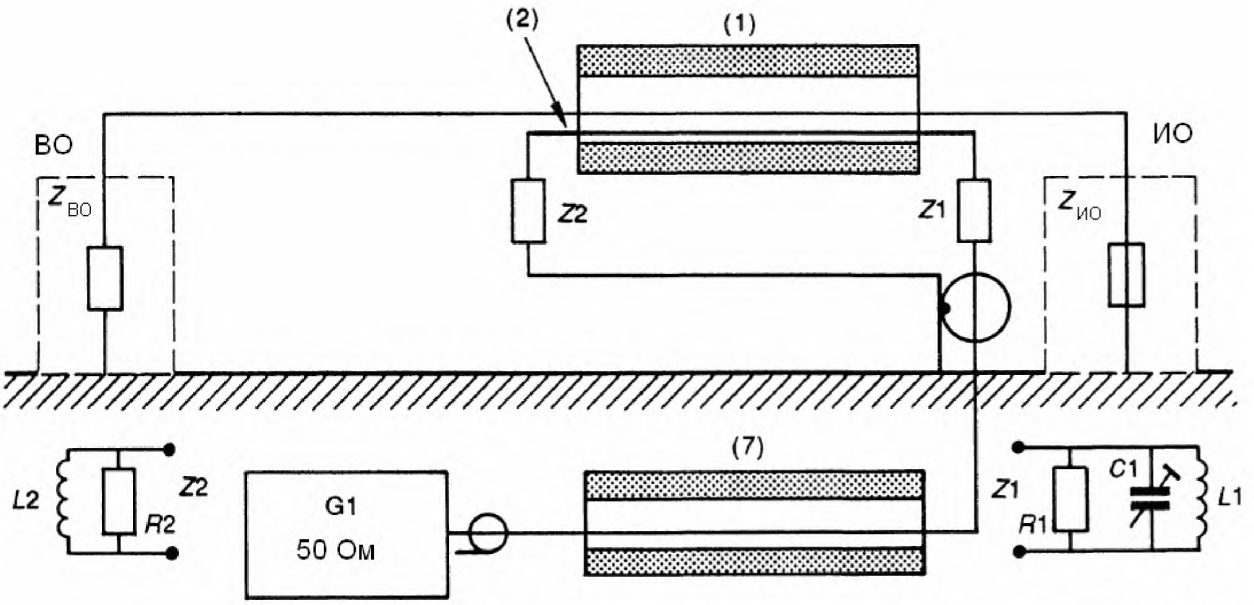
Ширина испытательного приспособления составляет 120 мм.

Рисунок А.2 – Конструкция 50-омного испытательного приспособления



1 – ферритовый тороидальный сердечник с размерами: диаметр наружного кольца – 36 мм, диаметр внутреннего кольца – 23 мм, толщина – 15 мм; 10 колец типа 4С65, NiZn, $\mu \approx 100$; 26 колец типа 3С11, MnZn, $\mu \approx 4300$;
2 – вставка из медной фольги полуцилиндрической формы;
3 – нижняя проводящая пластина;
4 – планка заземления;
5, 6 – приспособления для зажимания испытуемого кабеля в желобе; части из изоляционного материала с поджимающими пружинами (не показаны);
7 – ферритовая трубка, 4С65;
8 – 50-омный коаксиальный кабель с BNC-разъемом;
9 – переключатель для размыкания $Z1$;
10 – паз для размещения части 2;
11 – упругое защемление ферритов (верхнее полукольцо);
12 – нижняя изоляционная пластина;
13 – защитная пластина для $Z1$, $Z2$;
ИО – испытуемое оборудование;
$Z1$ – полное сопротивление, образуемое компонентами: C_1 = (20 – 100) пФ, L_1 = 0,15 мкГн, R_1 = 50 Ом / 12 Вт;
$Z2$ – полное сопротивление, образуемое компонентами: L_2 = 0,8 мкГн; R_2 = 50 Ом / 12 Вт

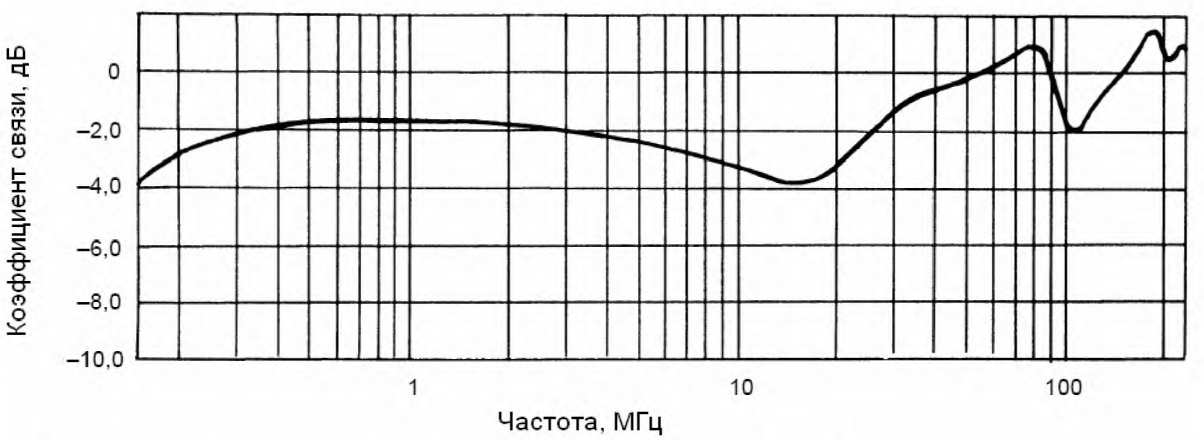
Рисунок А.3 – Конструкция электромагнитных клещей связи



1 – ферритовая трубка (зажим) длиной 0,6 м, диаметром 20 мм, состоящая из 10 колец типа 4С65 ($\mu \approx 100$) на стороне ИО и 26 колец типа 3С11 ($\mu \approx 4300$) на стороне ВО;
2 – вставка из медной фольги полуцилиндрической формы;
7 – ферритовая трубка ($\mu \approx 100$), включенная в конструкцию электромагнитных клещей связи;
*Z*1, *Z*2 встроены для оптимизации частотной характеристики и направленности сигнала;
G1 – испытательный генератор

Принцип действия электромагнитных клещей связи:
– индуктивная связь, обеспечиваемая посредством применения ферритовой трубки (1);
– электрическая связь, обеспечиваемая посредством сближения кабеля ИО и фольгированной вставки (2).

Рисунок А.4 – Принцип действия электромагнитных клещей связи



Типичные характеристики электромагнитных клещей связи, применяемых в промышленности:
– рабочий диапазон частот: 0,15 – 230 МГц;
– частотная характеристика коэффициента связи;
– прямая связь и развязка ИО/ВО составляет не менее 10 дБ на частотах выше 10 МГц.

Рисунок А.5 – Коэффициент соединения электромагнитных клещей связи

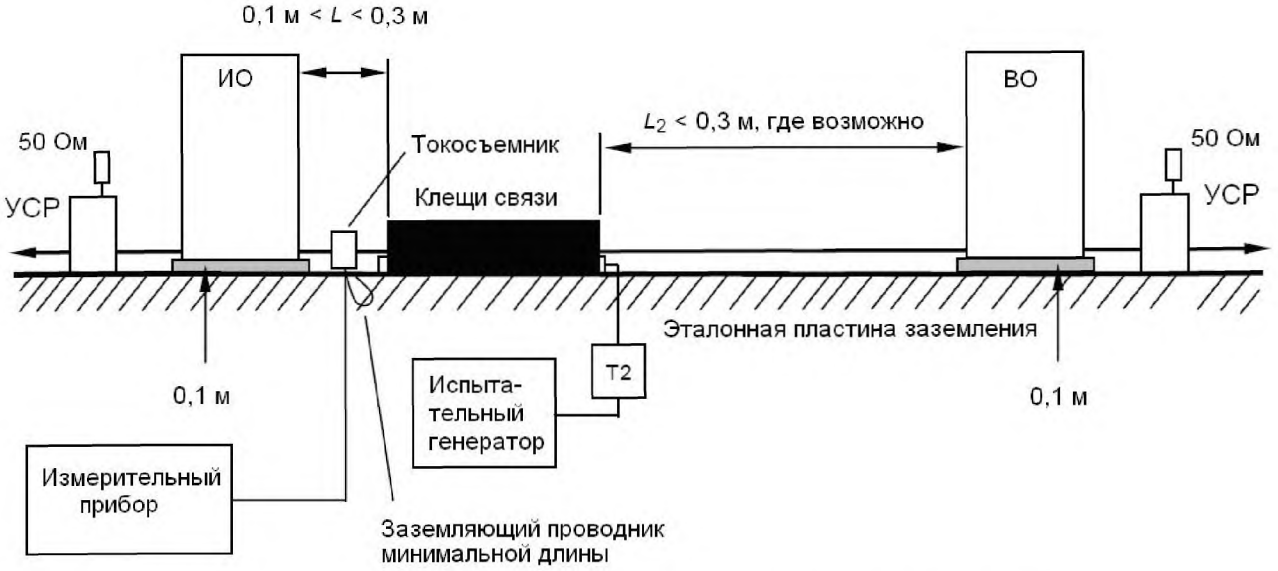
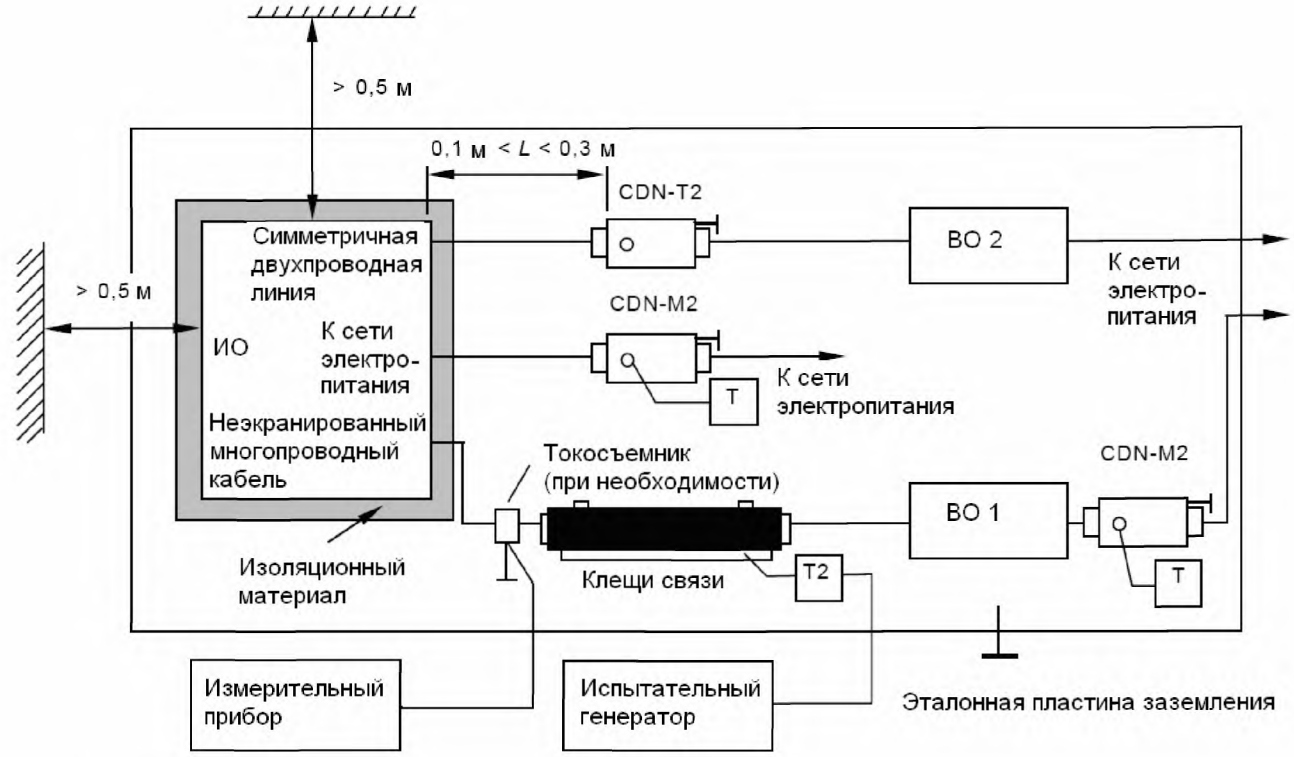


Рисунок А.6 – Общая схема расположения оборудования для испытаний с использованием клещей связи



T – нагрузка 50 Ом;
T_2 – аттенюатор мощности (6 дБ).
Расстояние от ИО до любых металлических предметов должно составлять не менее 0,5 м.
Условия применения УСР при испытании показаны на рисунках 2, 9 и 10.

Рисунок А.7 – Пример размещения испытательных блоков на пластине заземления при использовании клещей связи (вид сверху)

Приложение В
(справочное)

Критерии выбора диапазона частот при испытаниях

Несмотря на то, что настоящий стандарт устанавливает требования в диапазоне частот от 150 кГц до 80 МГц, применяемый диапазон частот зависит от нормальных условий установки и эксплуатации ИО. Например, для небольшого оборудования размерами менее 0,4 м с питанием от батарей при отсутствии подключенных к нему металлических кабелей испытания на частотах ниже 80 МГц не проводят, так как в этом случае неблагоприятное воздействие на оборудование помех, наведенных радиочастотными электромагнитными полями, маловероятно.

Верхняя граничная частота испытаний, как правило, составляет 80 МГц. В тех случаях, когда рассматривается малогабаритное оборудование (размер менее $\lambda/4$), в стандартах на конкретные виды продукции может предусматриваться увеличение верхней граничной частоты испытаний до 230 МГц. В этом случае УСР должны иметь синфазное полное сопротивление на порту ИО, указанное в таблице В.1. При использовании данного метода испытаний по настоящему стандарту для частот выше 230 МГц на результаты испытаний будут оказывать влияние следующие факторы: размер оборудования, тип (ы) используемых межблочных соединительных кабелей, особенности конструкции УСР и т. д. Дополнительные сведения о применении данного метода испытаний должны содержаться в стандартах на конкретные виды продукции.

Таблица В.1 – Основной параметр комбинации устройства связи и развязки при испытаниях в диапазоне частот с верхней границей выше 80 МГц

Параметр	Диапазон частот, МГц		
	0,15 – 26	26 – 80	80 – 230
Модуль синфазного полного сопротивления $\lvert Z_{ce}\rvert$	(150 ± 20) Ом	$150\ ^{+60}_{-45}$ Ом	(150 ± 60) Ом

Примечания

1 Значения аргумента Z_{ce} и коэффициента развязки между портами ИО и ВО УСР не определяют по отдельности. Эти характеристики должны соответствовать установленным в таблице требованиям при условии, что допустимые отклонения $\lvert Z_{ce}\rvert$ должны соблюдаться как в случае, когда порт для подключения ВО не нагружен, так и тогда, когда указанный порт короткозамкнут на эталонную пластину заземления.

2 При вводе помехи с помощью клещей связи требования к Z_{ce} могут не выполняться при условии, что требования к синфазному полному сопротивлению ВО также не выполняются. Тем не менее метод ввода помехи с помощью клещей связи может обеспечить удовлетворительные результаты испытаний при соблюдении процедуры, установленной в 7.4.

Начальная частота испытаний зависит от того, в какой степени оборудование, включая подключенные к нему кабели, способно к приему значительных значений радиочастотной энергии от внешнего радиочастотного электромагнитного поля.

При этом рассматривают три различных случая:

a) оборудование с питанием от батарей (размером менее $\lambda/4$), не имеющее соединений с заземлением и другим оборудованием и не эксплуатируемое в период зарядки батарей, не подлежит испытаниям на соответствие требованиям настоящего стандарта. Если оборудование эксплуатируют во время зарядки батарей, применяют правила, приведенные в перечислении b) или c).

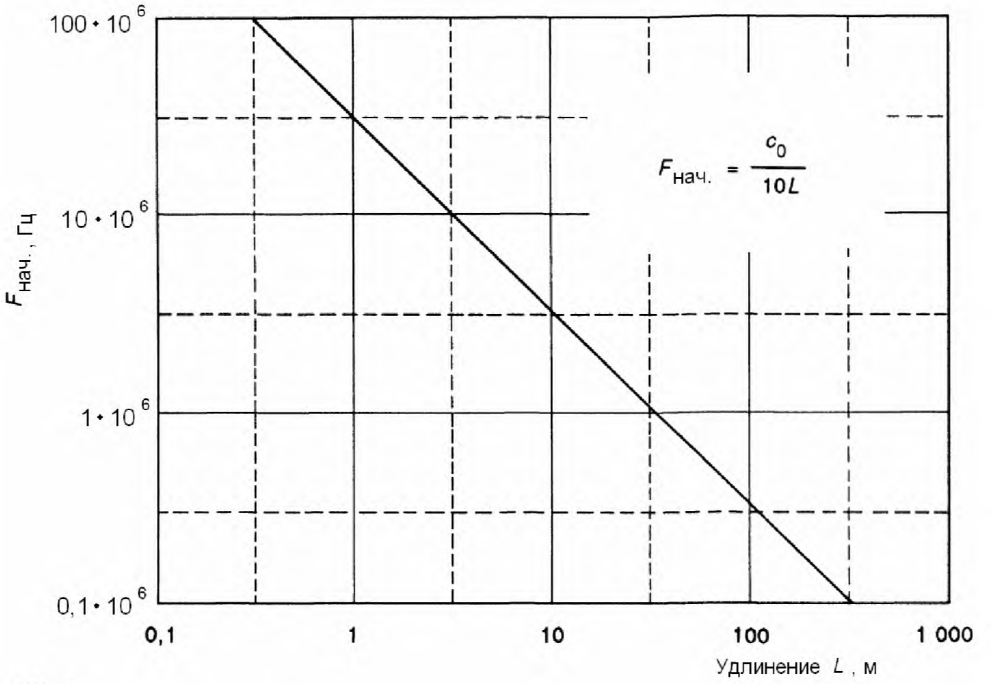
Для оборудования с питанием от батареи (размером более $\lambda/4$) начальную частоту испытаний определяют в соответствии с рисунком В.1 в зависимости от размера оборудования с учетом максимальной длины подключенных к нему кабелей;

b) оборудование, подключаемое к сети электропитания, не имеющее подключенных к нему кабелей и не соединенное с каким-либо другим оборудованием.

Электропитание осуществляется посредством применения УСР. Оборудование нагружают с помощью эквивалента руки. Начальная частота испытаний составляет 150 кГц;

c) оборудование, подключаемое к сети электропитания, которое также подключается к другому изолированному или неизолированному оборудованию с помощью управляющего устройства, устройства ввода-вывода или телекоммуникационных кабелей.

Начальная частота испытаний составляет 150 кГц.



$c_0 = 3 \times 10^8$ м/с;
L = длина кабеля + размер оборудования

Примеры:

– для кабеля, подключаемого к клавиатуре (удлиненный размер не менее λ/4), подача питания к которой осуществляется от персонального компьютера с питанием от батарей через спиральный кабель длиной 4 м, начальная частота испытаний должна составлять 6,67 МГц. Клавиатура должна быть накрыта эквивалентом руки. Для мыши, подключенной к кабелю длиной 2 м, начальная частота испытаний должна быть 15 МГц и т. д.;

– карманный калькулятор с опцией питания от адаптера, преобразующего сетевое напряжение электропитания переменного тока в напряжение постоянного тока, испытывают при подаче помехи на сетевые зажимы адаптера, начиная с частоты 150 кГц. Калькулятор должен накрываться эквивалентом руки;

– портативный мультиметр с питанием от батарей, имеющий возможность соединения с заземлением, испытывают, начиная с частоты 150 кГц. Мультиметр должен накрываться эквивалентом руки;

– проигрыватель компакт-дисков с питанием от сети электропитания (с двойной изоляцией), имеющий средства подключения к аудиоприемнику и связанным с ним звуковым колонкам, а также входной антенный ввод, который может быть заземлен, испытывают посредством ввода помехи в сетевой шнур и соединительные кабели, начиная с частоты 150 кГц;

– устройство охранной сигнализации с различными обособленными датчиками, установленными во всем здании, максимальная длина соединительных кабелей которых в соответствии с технической документацией изготовителя может превышать 200 м, испытывают путем ввода помехи в указанные кабели, начиная с частоты 150 кГц.

Рисунок В.1 – Зависимость начальной частоты испытаний от длины кабеля и размеров оборудования

Приложение С
(справочное)

Руководство по выбору испытательных уровней

Испытательные уровни выбирают в соответствии с обстановкой электромагнитных излучений, которые могут оказывать влияние на ИО и подключенные к нему кабели в условиях эксплуатации. При этом при выборе испытательного уровня необходимо принимать во внимание возможные последствия отказа оборудования. В случае, если последствия отказа оборудования могут быть значительными, выбирают более высокие испытательные уровни.

Если места установки ИО известны и немногочисленны, ожидаемые уровни напряженности электромагнитных полей устанавливают на основе анализа местных источников радиочастотного излучения. Если мощность источников неизвестна, измеряют напряженность поля в месте (ах) предполагаемой установки оборудования.

При выборе испытательных уровней для оборудования, места установки которого многочисленны и разнообразны, применяют следующее руководство.

Каждому испытательному уровню в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта соответствует один из следующих классов, принимаемых за основу при осуществлении выбора.

Класс 1 – обстановка, характеризующаяся низким уровнем электромагнитных излучений. Типичный уровень, когда радиовещательные и телевизионные станции расположены на расстоянии более 1 км, а также для маломощных приемопередатчиков.

Класс 2 – обстановка, характеризующаяся средним уровнем электромагнитных излучений. Допускается эксплуатация маломощных портативных приемопередатчиков (номинальной мощностью менее 1 Вт) при запрещении их использования в непосредственной близости от оборудования. Типичная электромагнитная обстановка в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением.

Класс 3 – обстановка, характеризующаяся высоким уровнем электромагнитных излучений. Допускается эксплуатация портативных приемопередатчиков (номинальной мощностью 2 Вт и более) в относительной близости к оборудованию, но не ближе, чем на расстоянии 1 м от него. В непосредственной близости от оборудования находятся мощные передатчики радиовещания, также возможно близкое нахождение промышленных, научных и медицинских высокочастотных установок. Типичная электромагнитная обстановка в производственных зонах с большим энергопотреблением.

Класс X – особые условия электромагнитной обстановки, которые оговариваются в стандартах или технических условиях на конкретное оборудование.

Указанные испытательные уровни являются типичными и редко могут быть превышены в указанных местах расположения оборудования. Однако в некоторых случаях возможно их превышение, например в случае близкого расположения мощных передатчиков или промышленных, научных и медицинских высокочастотных установок, находящихся в одном здании с оборудованием. В таких случаях экранирование комнаты или здания и фильтрование сигнала и питания, подаваемых на оборудование, считаются более предпочтительными мерами, чем установление более высокого уровня устойчивости оборудования к электромагнитному полю такого уровня.

Приложение D
(справочное)

Информация об устройствах связи и развязки

D.1 Основные особенности устройств связи и развязки

УСР должно обеспечивать:

– подачу сигнала помехи к ИО;

– постоянное значение полного сопротивления на порту для подключения ИО независимо от значения синфазного полного сопротивления ВО;

– развязку ВО от сигнала помехи для предотвращения воздействия на него;

– незначительное подавление полезного сигнала.

Требуемые параметры УСР в диапазоне частот от 150 кГц до 80 МГц установлены в 6.2 настоящего стандарта, и примеры таких устройств приведены в D.2.

На рисунках D.1 – D.6 требуемое значение синфазного полного сопротивления Z_{ce} принимается равным сумме значений внутреннего сопротивления испытательного генератора (50 Ом) и общего сопротивления параллельно соединенных резисторов, подключенных к соответствующим проводникам испытуемого кабеля (100 Ом) (см. рисунок 5c). При использовании катушки индуктивности L, удовлетворяющей условию $|\omega L| >> 150$ Ом, элементы развязки C_2 не должны влиять на Z_{ce}.

Центр порта для подключения ИО УСР должен располагаться на высоте 30 мм над эталонной пластиной заземления. При этом кабель, соединяющий УСР с ИО, представляет собой линию передачи с характеристическим полным сопротивлением около 150 Ом, если он размещен на высоте 30 мм над эталонной пластиной заземления.

Полное сопротивление конденсаторов C_1 при условии разделения по постоянному току и низкой частоте сигналов испытательного генератора и отдельных проводов УСР должно быть существенно меньше 150 Ом в заданном диапазоне частот.

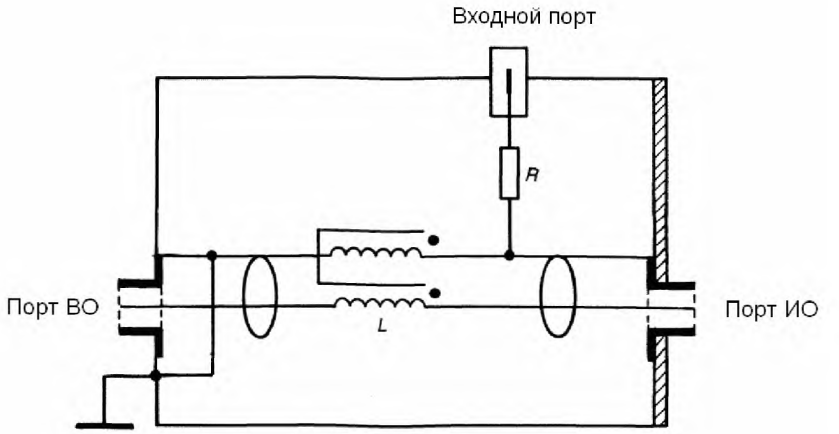
Развязка ВО осуществляется с помощью синфазной катушки индуктивности L и конденсаторов C_2 для неэкранированных кабелей или только с помощью синфазной катушки индуктивности L. Для экранированных кабелей применение конденсаторов C_2 не требуется, так как экран соединяется с эталонной пластиной заземления на стороне ВО.

Правильный выбор значения C_2 для неэкранированных кабелей имеет большое значение, так как позволяет избежать искажения полезного сигнала. Параметры устройства связи и развязки не должны подвергаться неблагоприятному воздействию со стороны полезного сигнала, например в УСР типа CDN-M1 при насыщении ферритов фильтра.

ВНИМАНИЕ: Так как конденсаторы C_1 и C_2 могут шунтировать находящиеся под напряжением части УСР, то необходимо применять помехоподавляющие конденсаторы типа Y. Из-за наличия высоких токов утечки зажим заземления УСР должен быть постоянно подключен к эталонной пластине заземления при любых условиях испытания, а сама эталонная пластина заземления должна быть надлежащим образом соединена с защитным заземлением.

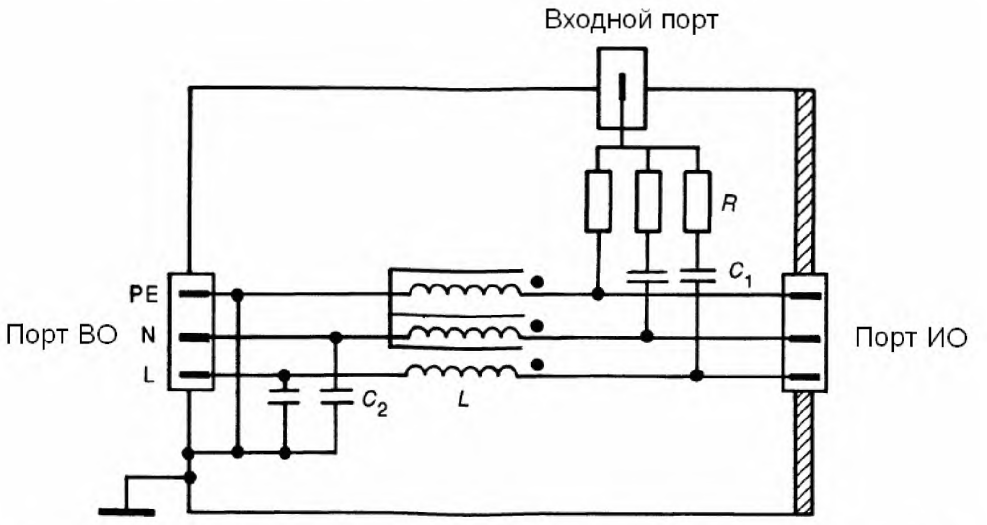
D.2 Примеры устройств связи и развязки

Поскольку обеспечить выполнение всех функциональных требований с помощью одного УСР не представляется возможным, на рисунках D.1 – D.6 приведены несколько возможных схем указанных устройств.



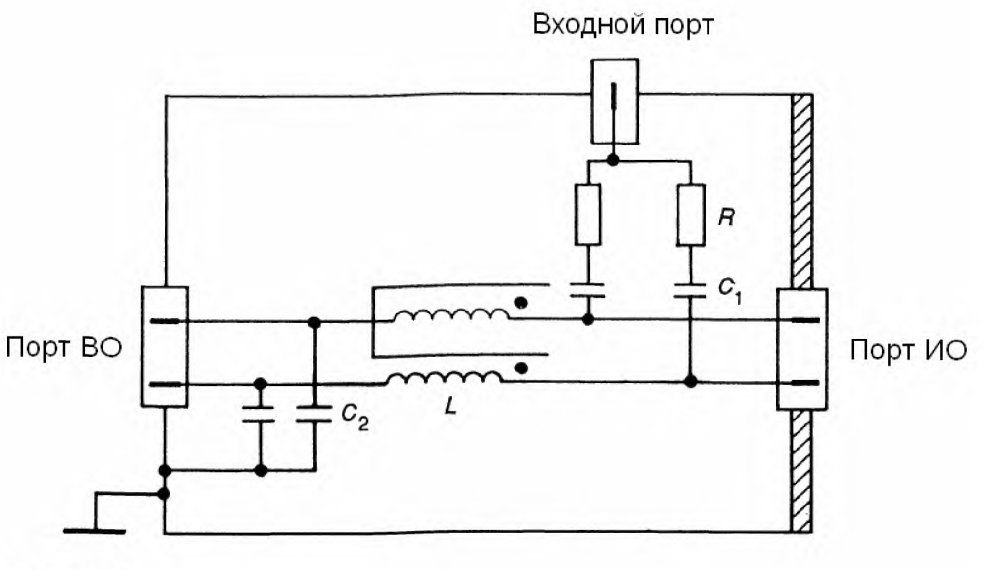
R = 100 Ом;
L ≥ 280 мкГн на частоте 150 кГц

Рисунок D.1 – Пример упрощенной схемы УСР типа CDN-S1, применяемого при вводе помехи в экранированные кабели (см. 6.2.1)



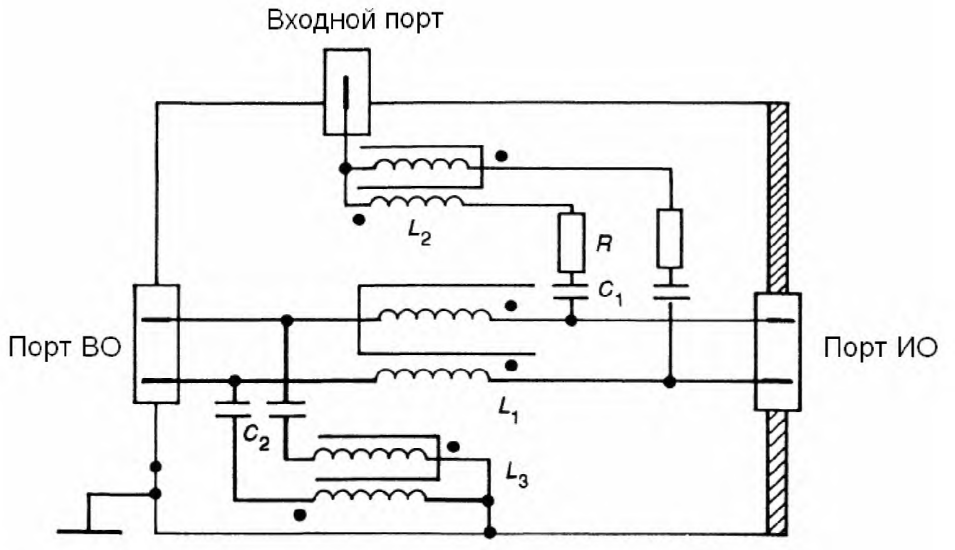
CDN-M3: C_1 = 10 нФ (типовой), C_2 = 47 нФ (типовой), R = 300 Ом, L ≥ 280 мкГн на частоте 150 кГц;
CDN-M2: C_1 = 10 нФ (типовой), C_2 = 47 нФ (типовой), R = 200 Ом, L ≥ 280 мкГн на частоте 150 кГц;
CDN-M1: C_1 = 22 нФ (типовой), C_2 = 47 нФ (типовой), R = 100 Ом, L ≥ 280 мкГн на частоте 150 кГц

Рисунок D.2 – Пример упрощенной схемы УСР типов CDN-M1, CDN-M2, CDN-M3, применяемых при вводе помехи в неэкранированные сетевые кабели электропитания (см. 6.2.1.1)



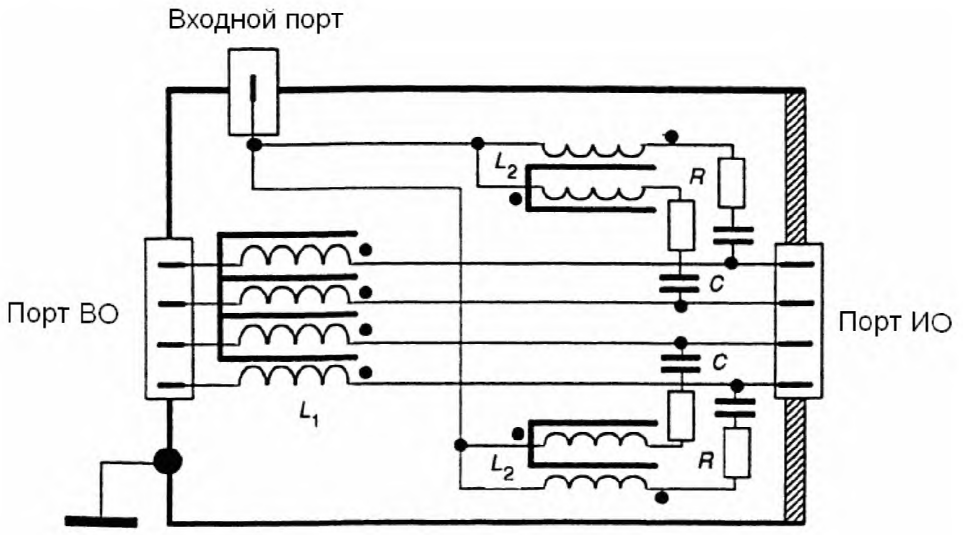
C_1 = 10 нФ (типовой);
C_2 = 47 нФ (типовой);
R = 200 Ом;
L ≥ 280 мкГн на частоте 150 кГц

Рисунок D.3 – Пример упрощенной схемы УСР типа CDN-AF2, применяемого при вводе помехи в неэкранированные несимметричные линии (см. 6.2.1.3)



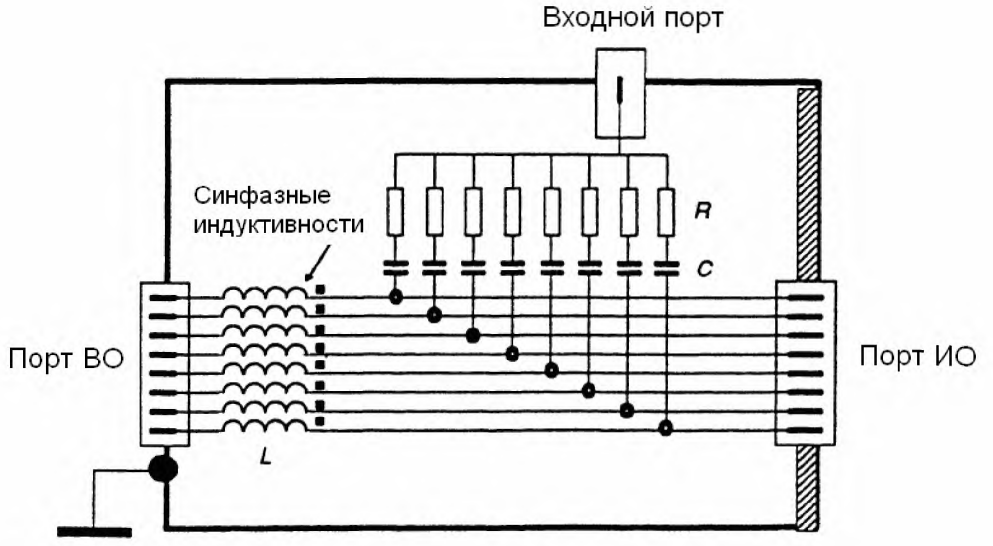
C_1 = 10 нФ (типовой);
C_2 = 47 нФ (типовой);
R = 200 Ом;
L_1 ≥ 280 мкГн на частоте 150 кГц;
$L_2 = L_3$ = 6 мГн (когда C_2 и L_3 не применяются, L_1 ≥ 30 мГн)

Рисунок D.4 – Пример упрощенной схемы УСР типа CDN-T2, применяемого при вводе помехи в неэкранированные симметричные пары (двухпроводную линию) (см. 6.2.1.2)



C = 5,6 нФ (типовой);
R = 400 Ом;
L_1 >> 280 мкГн на частоте 150 кГц;
L_2 = 6 мГн

Рисунок D.5 – Пример упрощенной схемы УСР типа CDN-T4, применяемого при вводе помехи в неэкранированные симметричные пары (четырехпроводную линию) (см. 6.2.1.2)



C = 2,2 нФ (типовой);
R = 800 Ом;
L_1 >> 280 мкГн на частоте 150 кГц

Рисунок D.6 – Пример упрощенной схемы УСР типа CDN-T8, применяемого при вводе помехи в неэкранированные симметричные пары (восьмипроводную линию) (см. 6.2.1.2)

Приложение Е
(справочное)

Сведения о параметрах испытательного генератора

Выходную мощность широкополосного усилителя мощности PA (рисунок 3) определяют с учетом ослабления сигнала в аттенюаторе T_2 (6 дБ), глубины амплитудной модуляции (80 %) (см. рисунок 4) и минимального значения коэффициента связи используемых УСР или клещей связи.

Таблица Е.1 – Выходная мощность широкополосного усилителя, необходимая для получения испытательного напряжения 10 В

Устройство ввода помехи	Минимальное значение коэффициента связи ±1,5 дБ, дБ	Требуемая мощность на выходе усилителя PA, Вт
УСР	0	7
Токовые клещи связи при отношении числа витков 5 : 1	–14	176
Электромагнитные клещи связи	–6	28
Примечание – Определение коэффициента связи приведено в 3.5 настоящего стандарта. Величину коэффициента связи измеряют с использованием схемы установки уровней помехи (см. рисунок 8с). Коэффициент связи представляет собой отношение выходного напряжения $U_{изм}$, полученного при последовательном соединении УСР с переходным устройством 150 – 50 Ом, к выходному напряжению при применении последовательного соединения двух переходных устройств 150 – 50 Ом.		

Приложение F
(справочное)

Организованное место для испытаний крупногабаритного оборудования

F.0 Введение

Организованное место для испытаний, описанное в настоящем стандарте (см. раздел 7), не является подходящим в полной мере для некоторого крупногабаритного ИО, имеющего кабели, входящие в ИО и выходящие из него на высоте более 1 м. Так как верхняя граничная частота испытательного сигнала равна 80 МГц, то размер ИО может рассматриваться как сравнимый с длиной волны и в кабелях, подключенных к такому ИО, могут возникать резонансные эффекты.

В этом случае рекомендуется применять описанный в настоящем приложении альтернативный метод испытаний для ИО крупных размеров, при котором устройства ввода размещаются близко ко входу кабеля, в результате чего получаем небольшой замкнутый контур с уменьшением резонансных эффектов.

Примерами крупногабаритного ИО, на которое распространяется настоящее приложение, является следующее оборудование (но им не ограничиваются):

– смонтированные в стойку телекоммуникационные коммутационные системы;
– электротехническое оборудование;
– смонтированное в стойку коммутационное и контролирующее оборудование.

F.1 Организованное место для испытаний крупногабаритного оборудования

Примеры организованного места для испытаний крупногабаритного оборудования показаны на рисунках F.1 и F.2.

Поднятая эталонная пластина заземления, показанная на рисунке F.1, является эталонной пластиной заземления для этого расположения оборудования при испытаниях. Целью поднятия эталонной пластины заземления является уменьшение длины кабеля между ИО и УСР, что позволяет контролировать или уменьшать эффекты резонансов в кабелях.

Размер поднятой эталонной пластины заземления должен быть достаточным, чтобы обеспечить расстояние не менее 0,2 м от всех УСР, используемых при испытаниях, до края пластины заземления. Длина испытуемого кабеля между ИО и УСР должна быть не более 0,3 м.

Поднятая эталонная пластина заземления должна размещаться на такой высоте над основной эталонной пластиной заземления, чтобы обеспечить горизонтальное размещение кабелей между ИО и УСР.

Поднятая эталонная пластина заземления должна быть электрически соединена с землей для обеспечения безопасности. С радиочастотной точки зрения это соединение не является важным.

Примечание 1 – Следует обратить внимание на физическую конструкцию поднятой эталонной пластины заземления и поддерживающей ее конструкции для обеспечения механически безопасных условий.

ИО располагают на изоляционной подставке высотой 0,1 м над пластиной заземления. В случае, если оборудование поставляется на транспортной подставке и из-за значительного веса или размера не может быть безопасно снято с нее, то ИО может быть оставлено для испытаний на этой подставке, даже если ее высота превышает 0,1 м. В случае, если из-за значительного веса или размера оборудование не может быть поднято на высоту 0,1 м, может использоваться более тонкая изоляция для обеспечения электрической изоляции от пластины заземления. Любые изменения стандартного метода испытаний должны фиксироваться в протоколе испытаний.

ВО может размещаться на поднятой эталонной пластине заземления, но не должно размещаться на ней, если оно соединено с ИО через УСР. При применении метода прямого ввода помехи ВО может размещаться за пределами поднятой эталонной пластины заземления при обеспечении подходящей развязки. В случае применения метода ввода помехи с помощью клещей связи вместо УСР ВО должно размещаться на поднятой эталонной пластине заземления.

Вертикальная эталонная пластина заземления, показанная на рисунке F.2, является эталонной пластиной заземления для этого расположения оборудования при испытаниях. Целью применения вертикальной эталонной пластины заземления является уменьшение длины кабеля между ИО и УСР, что позволяет контролировать или уменьшать эффекты резонансов в кабелях.

Примечание 2 – Применение вертикальной эталонной пластины заземления может быть более целесообразно, чем поднятой эталонной пластины заземления, в тех случаях, когда кабели входят в ИО и выходят из ИО на различных высотах.

Вертикальная эталонная пластина заземления должна быть электрически соединена с землей для обеспечения безопасности. С радиочастотной точки зрения это соединение не является важным.

Размер вертикальной эталонной пластины заземления должен быть достаточным, чтобы обеспечить расстояние не менее 0,2 м до края пластины заземления от всех УСР, используемых при испытаниях. Длина испытуемого кабеля между ИО и УСР должна быть не более 0,3 м. Расстояние между ИО и вертикальной эталонной пластиной заземления должно быть таким, чтобы могло выполняться требование 0,3 м к длине кабеля. Стена экранированной камеры может использоваться в качестве вертикальной эталонной пластины заземления.

УСР должны монтироваться на вертикальной эталонной пластине заземления на высоте, при которой обеспечивается горизонтальное размещение кабелей между ИО и УСР.

Приведенные выше положения о расположении оборудования при испытаниях с использованием поднятой эталонной пластины заземления (т. е. изоляционная подставка и размещение ВО) применяют, соответственно, к расположению оборудования при испытаниях с использованием вертикальной эталонной пластины заземления.

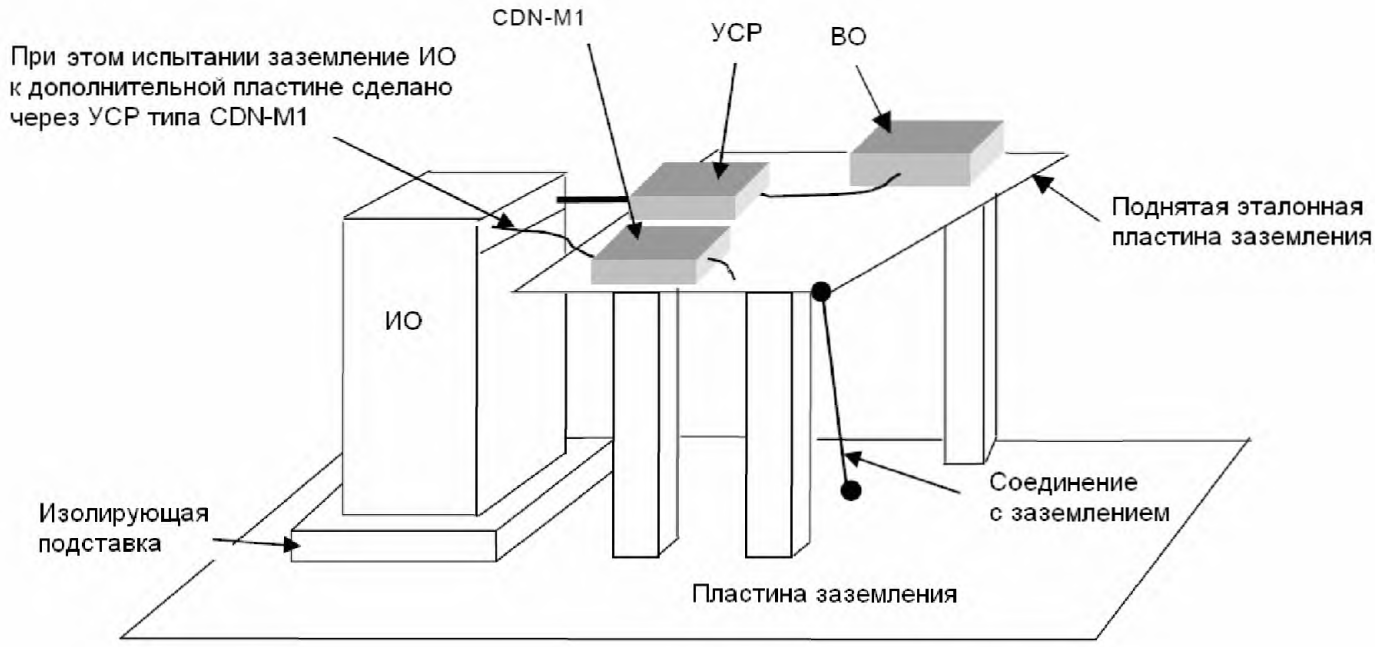


Рисунок F.1 – Пример организованного места для испытаний крупногабаритного оборудования с поднятой горизонтальной эталонной пластиной заземления

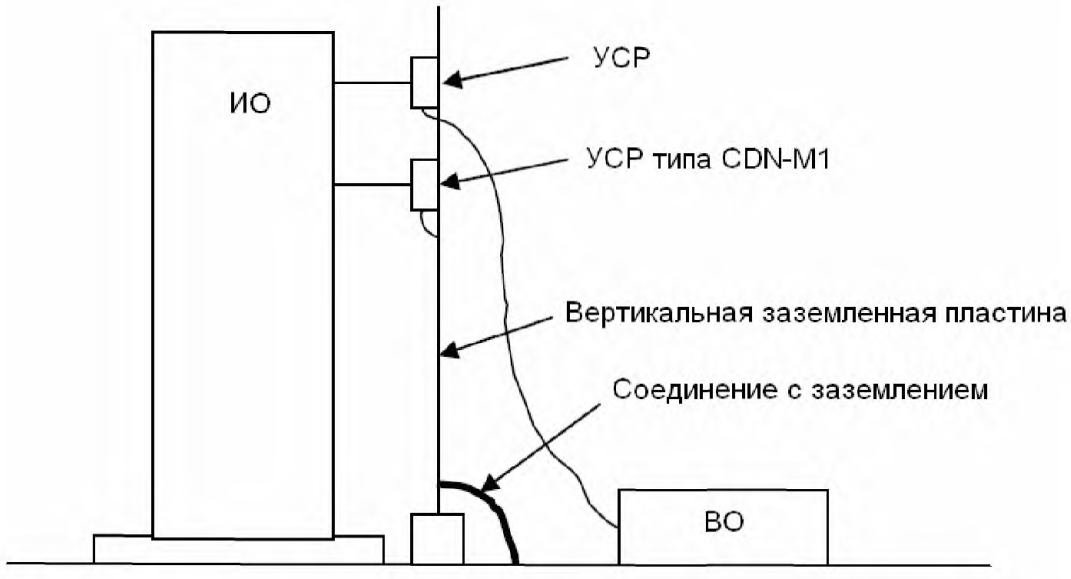


Рисунок F.2 – Пример организованного места для испытаний крупногабаритного оборудования с вертикальной эталонной пластиной заземления

Приложение G
(справочное)

Неопределенность измерения, обусловленная испытательным оборудованием

G.1 Общие положения

В настоящем приложении приведена информация, касающаяся неопределенности измерений, обусловленной испытательным оборудованием в соответствии с конкретными требованиями метода испытаний, приведенными в основной части стандарта. Дополнительная информация приведена в [1], [2] [1)].

В настоящем приложении приведен пример составления бюджета неопределенности, основанного на установке уровня испытательного воздействия. Другие параметры величины помехи могут быть также важны и должны рассматриваться испытательной лабораторией соответствующим образом. Методика, приведенная в настоящем приложении, может применяться ко всем количественным параметрам помехи.

G.2 Бюджеты неопределенности для методов испытаний

G.2.1 Определение измеряемой величины

Измеряемой величиной является напряжение, которое будет подаваться в течение испытания на возможное испытуемое оборудование с полным сопротивлением 150 Ом согласно установленному испытательному уровню, указанному в 6.4.1. (Необходимо отметить, что 150 Ом представляет собой типичное усредненное синфазное полное сопротивление, применяемое при оценке ЭМС и испытании в этом частотном диапазоне.)

G.2.2 Составляющие неопределенности измерений измеряемой величины

Приведенная ниже диаграмма влияния (см. рисунки G.1 – G.4) представляет собой примеры влияний на метод испытаний. Необходимо понимать, что сведения, приведенные в данной диаграмме, не являются исчерпывающими. Наиболее важные составляющие из диаграмм влияния включены в бюджет неопределенности и приведены в таблицах G.1 – G.4. С целью получения сопоставимых бюджетов неопределенности для различных испытательных площадок или лабораторий при составлении бюджетов неопределенности должны применяться по крайней мере составляющие, приведенные в таблицах G.1 – G.4. Необходимо отметить, что испытательные лаборатории могут включать в расчет неопределенности измерений дополнительные составляющие (например, типа А) на основе их конкретных условий.

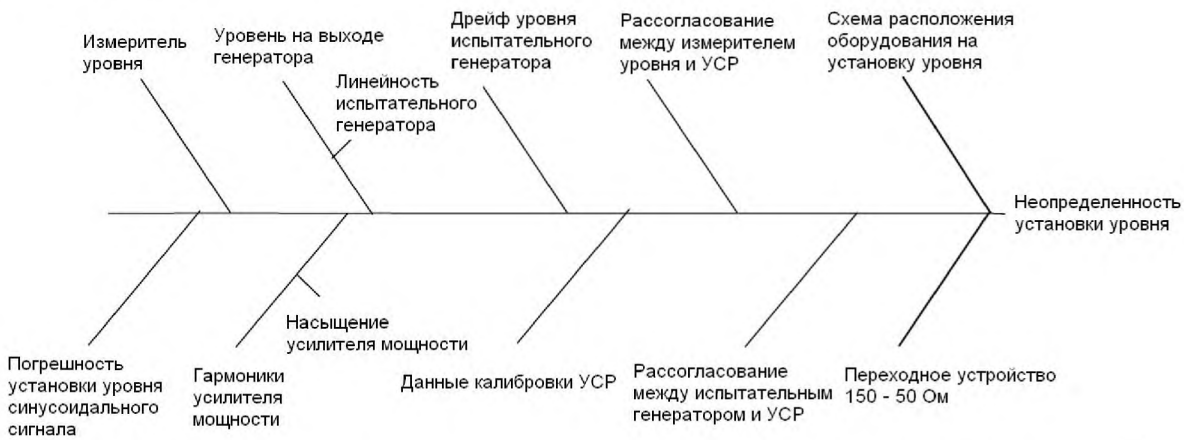


Рисунок G.1 – Пример влияний на установку уровня для метода испытаний с использованием УСР

[1)] Ссылки, указанные в квадратных скобках, являются ссылками на документы, приведенные в G.4.

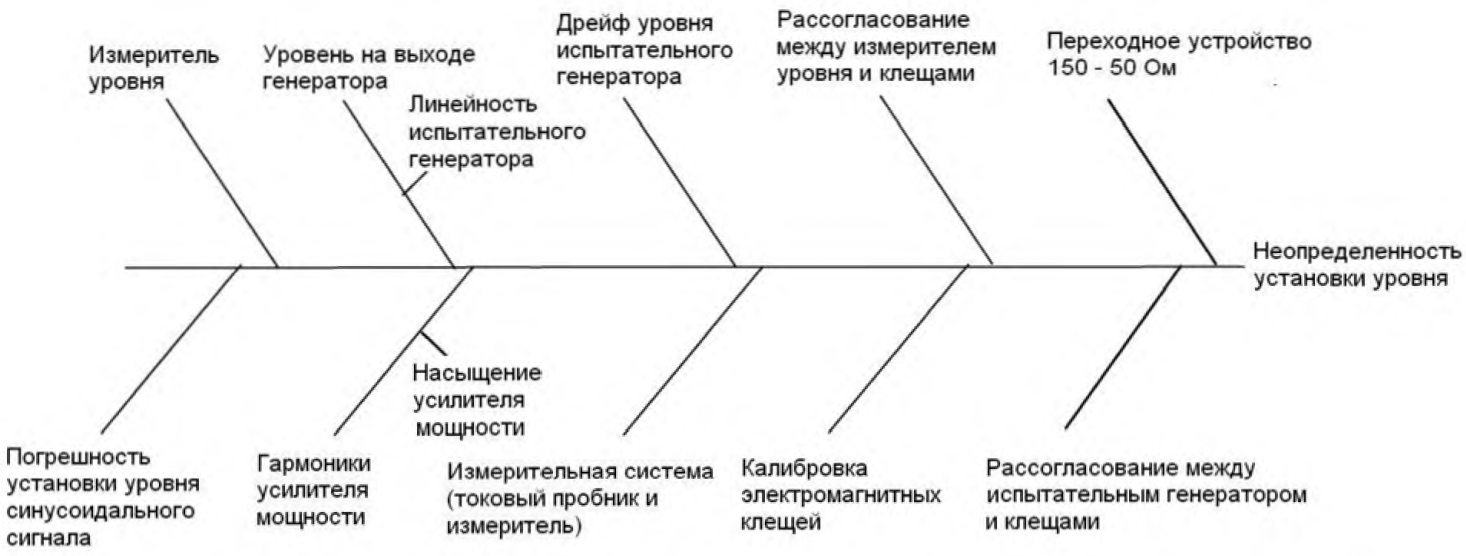


Рисунок G.2 – Пример влияний на установку уровня для метода испытаний с использованием электромагнитных клещей

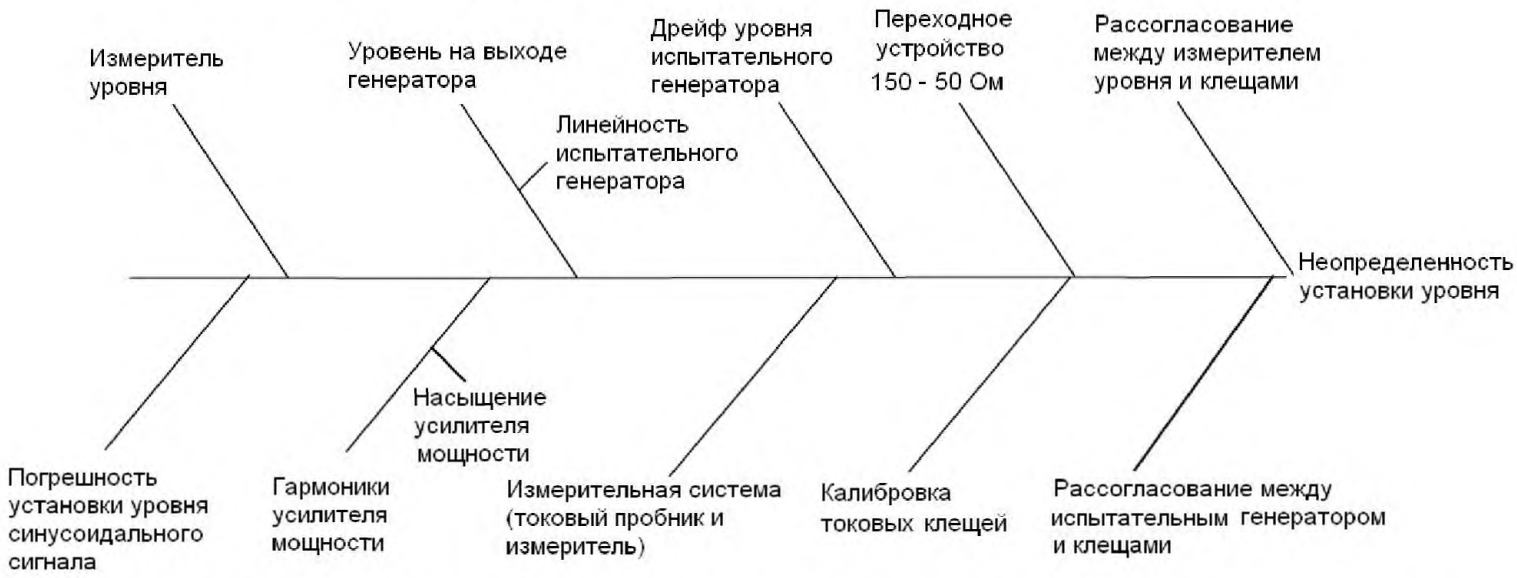


Рисунок G.3 – Пример влияний на установку уровня для метода испытаний с использованием токовых клещей

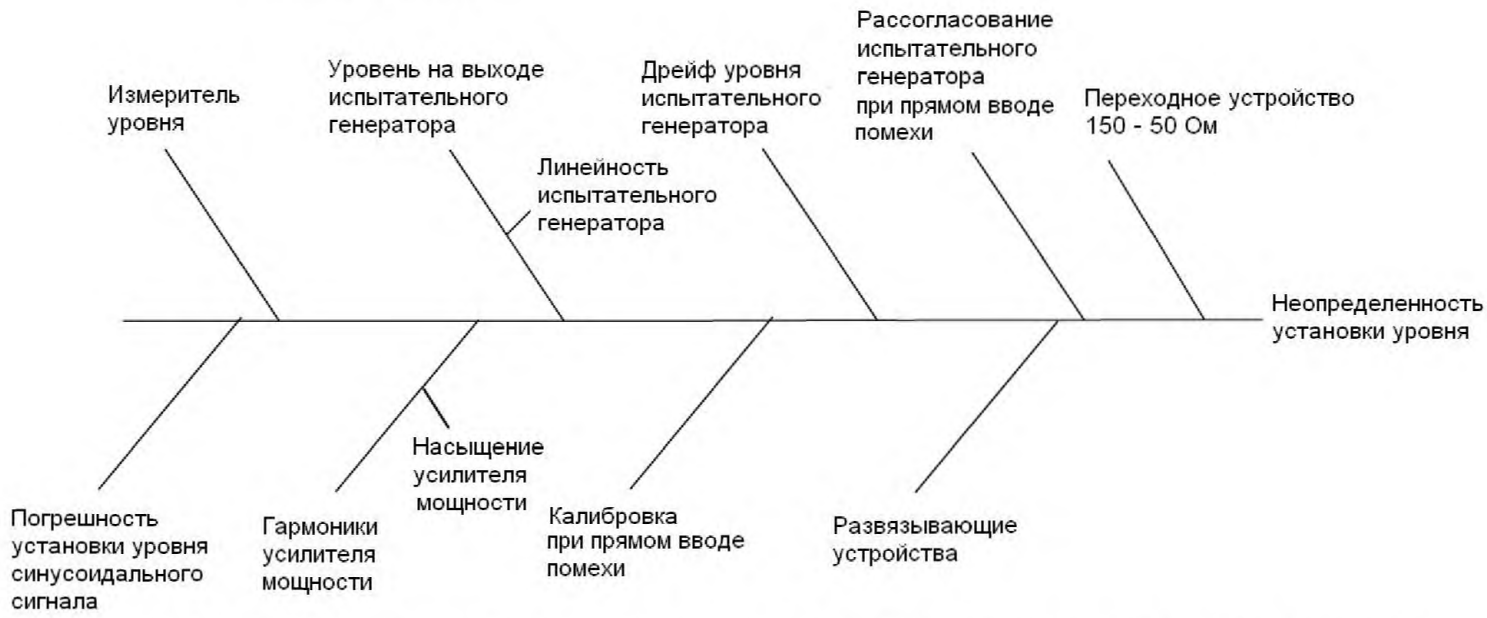


Рисунок G.4 – Пример влияний на установку уровня для метода испытаний с использованием прямого ввода помехи

G.2.3 Примеры расчета расширенной неопределенности

Очевидно, что составляющие, которые применяются при калибровке и при проведении испытаний, не могут быть одинаковыми. Это приводит к различиям бюджетов неопределенности для каждого из методов при проведении калибровки и испытаний.

В таблицах G.1 – G.4 приведены примеры бюджета неопределенности для установки уровня испытательного воздействия. Каждый бюджет неопределенности состоит из двух частей: неопределенность для калибровки и неопределенность для испытаний.

Таблица G.1a – Процедура проведения калибровки при применении УСР

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
RCAL	Переходное устройство 150 – 50 Ом, отклонение	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
	Переходное устройство 150 – 50 Ом, калибровка	0,2	Нормальное $k = 2$	2	0,10	1	0,10	0,01
SETUP	Влияние на испытательный уровень схемы расположения оборудования	0,35	Нормальное $k = 1$	1	0,35	1	0,35	0,12
LM_C	Измеритель уровня	0,5	Прямоугольное	1,73	0,29	1	0,29	0,08
SW_C	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
LMC_C (1, 2)	Измеренный уровень в петле управления	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
TG_C (1, 2)	Испытательный генератор	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_C (3)	Рассогласование между испытательным генератором и УСР	0,0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
ML	Рассогласование между измерителем уровня и УСР	–0,5	*U*-образное	1,41	–0,35	1	–0,35	0,13
			$\sum u_i(y)^2$					0,40
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					0,63
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					1,27

Таблица G.1b – Процедура проведения испытаний при применении УСР

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
CAL	Калибровка	1,27	Нормальное $k = 2$	2	0,63	1	0,63	0,40
LMC_t (1, 2)	Измеренный уровень в петле управления	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
TG_t (1, 2)	Испытательный генератор	0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_t (3)	Рассогласование между испытательным генератором и УСР	0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
SW_t	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
			$\sum u_i(y)^2$					0,46
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					0,68
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					1,36

Примечание 1 – Одну из двух составляющих (либо ***LMC,*** либо ***TG***) (испытательный генератор) включают в таблицу для калибровки и (или) испытаний, в зависимости от того, используется или нет петля управления для установки выходного уровня генератора сигнала и усилителя. В этом примере испытательный генератор не включен в бюджет неопределенности, потому что он является частью петли управления. Составляющая неопределенности от петли управления определяется измерителем уровня (см. также примечание 2). Однако испытательный генератор включен в таблицы примеров, чтобы информировать испытательные лаборатории о необходимости рассмотреть этот пункт в зависимости от конкретного организованного места для испытаний. В этом случае может понадобиться более детальный анализ составляющих неопределенности от испытательного генератора. См. определение терминов.

Примечание 2 – Если одно и то же оборудование применяется для проведения калибровки и испытаний, то только составляющие повторяемости и линейности вносят в таблицу для процедуры испытаний. Составляющей для калибровки можно пренебречь.

Примечание 3 – Если одна и та же схема применяется для проведения калибровки и испытаний, то эти составляющие не вносят в таблицу.

Пояснение терминов

RCAL – неопределенность, вызванная переходным устройством 150 – 50 Ом. Эта составляющая обычно может быть получена из протокола калибровки. В качестве альтернативы вносимые потери могут быть измерены с применением анализатора цепей (см. рисунок 7c). Максимальное отклонение от номинального уровня потерь (9,5 дБ) и неопределенность калибровки этих вносимых потерь должны быть включены в таблицу. Если калибровочный сертификат устанавливает только соответствие допустимому отклонению, то рекомендуется применять значение 0,5 дБ.

Примечание 4 – Отклонения могут быть скорректированы при помощи программного обеспечения. В этом случае максимальное отклонение может быть уменьшено до неопределенности интерполяции и неопределенности калибровки.

Примечание 5 – Полное сопротивление переходного устройства 150 – 50 Ом может быть измерено непосредственно анализатором цепей, или его значение может быть получено из сертификата калибровки. В этом случае отклонение от значения 100 Ом и неопределенность калибровки должны быть внесены в таблицу. Коэффициент чувствительности c_i для этой составляющей может быть соответственно изменен.

SETUP – комбинация неопределенностей, вызванных влиянием на испытательный уровень схемы расположения оборудования, т. е. соединением калибровочной установки, соединением между УСР и переходным устройством УСР и влиянием пластины заземления, например контакт с пластиной заземления. Эта составляющая может быть получена из воспроизводимости испытаний с изменением условий или оценкой на основе опыта, как показано в примере.

LM_c – неопределенность измерения уровня, например вольтметр или измеритель мощности применяется для измерения уровня на выходе УСР. В примере она взята из спецификаций изготовителя, но может быть определена также из других источников.

SW_c – это неопределенность, вызванная дискретностью шага перестройки уровня сигнала генератора и погрешностью установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением во время процедуры калибровки. Программное обеспечение обычно может корректироваться испытательной лабораторией.

LMC_c – неопределенность, вызванная измерителем уровня, например вольтметром или измерителем мощности, которые применяются в контуре (цепи) регулирования уровня выходного сигнала генератора и усилителя. Она может быть взята из спецификаций изготовителя или определена также из других источников.

TG_c – неопределенность испытательного генератора, включая генератор частоты, усилитель мощности и аттенюатор. Она может быть взята из спецификаций изготовителя или определена также из других источников.

Примечание 6 – Неопределенность отдельных компонентов испытательного генератора (например, генератор сигнала, стабильность усилителя мощности, скорость изменения усиления усилителя мощности, аттенюатор и т. п.) должна оцениваться отдельно, особенно когда петля управления не используется в испытательной схеме.

MT_c – неопределенность из-за суммарного (общего) рассогласования между усилителем, аттенюатором и УСР.

ML – неопределенность из-за рассогласования между УСР и измерителем уровня.

CAL – расширенная неопределенность испытательного уровня напряжения, установленная при калибровке.

LMC_t – неопределенность измерителя уровня, например вольтметра, применяемого на выходе усилителя мощности, берется из спецификации изготовителя. В качестве альтернативы может применяться измеритель мощности для того, чтобы получить более низкую неопределенность.

TG_t – неопределенность испытательного генератора, включая генератор частоты, усилитель мощности и аттенюатор. Она может быть взята из спецификаций изготовителя или определена из других источников.

Примечание 7 – Неопределенность отдельных компонентов испытательного генератора (например, генератор сигнала, стабильность усилителя мощности, скорость изменения усиления усилителя мощности, аттенюатор и т. п.) должна оцениваться отдельно, особенно когда петля управления не используется в испытательной схеме.

MT_t – неопределенность рассогласования между усилителем, аттенюатором и УСР. Этой составляющей можно пренебречь, если для калибровки и испытаний применяется одинаковая схема, т. е. аттенюатор и кабели.

SW_t – это неопределенность, вызванная дискретностью шага установки уровня сигнала генератора и погрешностью установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением во время процедуры испытания. Программное обеспечение обычно может корректироваться испытательной лабораторией.

Таблица G.2a – Процедура проведения калибровки при применении электромагнитных клещей

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
RCAL	Переходное устройство 150 – 50 Ом, отклонение	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
	Переходное устройство 150 – 50 Ом, калибровка	0,2	Нормальное $k = 2$	2	0,10	1	0,10	0,01
SETUP	Влияние на испытательный уровень схемы расположения оборудования	0,35	Нормальное $k = 1$	1	0,35	1	0,35	0,12
LM_c	Измеритель уровня	0,5	Прямоугольное	1,73	0,29	1	0,29	0,08
SW_c	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
LMC_c (8, 9)	Измеренный уровень в петле управления	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
TG_c (8, 9)	Испытательный генератор	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_c (10)	Рассогласование между испытательным генератором и электромагнитными клещами	0,0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
ML	Рассогласование между измерителем уровня и электромагнитными клещами	–0,5	*U*-образное	1,41	–0,35	1	0,00	0,13
			$\sum u_i(y)^2$					0,40
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					0,63
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					1,27

Таблица G.2b – Процедура проведения испытаний при применении электромагнитных клещей

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
CAL	Калибровка	1,27	Нормальное $k = 2$	2	0,63	1	0,63	0,40
LMC_t (8, 9)	Измеренный уровень в петле управления	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
TG_t (8, 9)	Испытательный генератор	0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_t (10)	Рассогласование между испытательным генератором и электромагнитными клещами	0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
SW_t	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
AETERM	Нагрузка вспомогательного оборудования	2,5	Прямоугольное	1,73	1,45	1	1,45	2,09
			$\sum u_i(y)^2$					2,55
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					1,60
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					3,19

Примечание 8 – Одну из двух составляющих (либо ***LMC***, либо ***TG***) (испытательный генератор) включают в таблицу для калибровки и (или) испытаний, в зависимости от того используется или нет петля управления для установки выходного уровня генератора сигнала и усилителя. В этом примере испытательный генератор не включен в бюджет неопределенности, потому что он является частью петли управления. Составляющая неопределенности от петли управления определяется измерителем уровня (см. также примечание 9). Однако испытательный генератор включается в примерные таблицы, чтобы напомнить испытательным лабораториям, что им необходимо рассмотреть этот пункт в зависимости от конкретной схемы расположения оборудования при проведении испытаний. В этом случае может понадобиться более детальный анализ составляющих неопределенности от испытательного генератора. См. определение терминов.

Примечание 9 – Если одно и то же оборудование применяется для проведения калибровки и испытаний, то только составляющие повторяемости и линейности вводят в таблицу для процедуры испытаний. Составляющей для калибровки можно пренебречь.

Примечание 10 – Если одна и та же схема применяется для проведения калибровки и испытаний, то эти составляющие не вводят в таблицу.

Пояснение терминов

Несколько терминов в принципе такие же, как в предыдущем примере (метод с применением УСР). Эти термины не определяют, предыдущий пример применяют при консультации.

Примечание 11 – Неопределенность относится к 7.4 настоящего стандарта, где используется измерительный датчик и применяется ограничение тока, но не рассматривается в настоящем приложении. В этом случае значение U_0 не больше того, что определено в соответствии с процедурой установки уровня, но оно уменьшится до неизвестного уровня. Поэтому в этом случае неопределенность не может быть назначена к U_0.

AETERM – влияние полного сопротивления ВО, которое должно поддерживаться на уровне 150 Ом. Отклонения от этого значения имеют существенное влияние, особенно в диапазоне низких частот (до 10 МГц), где направленность электромагнитных клещей слабая. В этом случае составляющая ***AETERM*** в бюджете неопределенности может быть больше, чем численное значение, использованное в приведенных примерах. Более низкое значение может использоваться для частот свыше 10 МГц.

Эта составляющая может быть исследована экспериментально с применением анализатора цепей. Коэффициент связи клещей может быть измерен при полном сопротивлении ВО, равном 150 Ом, и сличен с другими значениями полного сопротивления ВО.

Таблица G.3a – Процедура проведения калибровки при применении токовых клещей

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
RCAL	Переходное устройство 150 – 50 Ом, отклонение	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
	Переходное устройство 150 – 50 Ом, калибровка	0,2	Нормальное $k = 2$	2	0,10	1	0,10	0,01
JIG	Калибровка испытательного приспособления	0,5	Нормальное $k = 1$	1	0,50	1	0,50	0,25
LM_C	Измеритель уровня	0,5	Прямоугольное	1,73	0,29	1	0,29	0,08
SW_C	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
LMC_C (12, 13)	Измеренный уровень в петле управления	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
TG_C (12, 13)	Испытательный генератор	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_C (14)	Рассогласование между испытательным генератором и токовыми клещами	0,0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
ML	Рассогласование между измерителем уровня и токовыми клещами	–0,5	*U*-образное	1,41	–0,35	1	0,00	0,13
			$\sum u_i(y)^2$					0,53
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					0,73
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					1,46

Таблица G.3b – Процедура проведения испытаний при применении токовых клещей

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
CAL	Калибровка	1,46	Нормальное $k = 2$	2	0,73	1	0,73	0,53
LMC_t (12, 13)	Измеренный уровень в петле управления	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
TG_t (12, 13)	Испытательный генератор	0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_t (14)	Рассогласование между испытательным генератором и токовыми клещами	0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
SW_t	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
AETERM	Нагрузка вспомогательного оборудования	2,5	Прямоугольное	1,73	1,45	1	1,45	2,09
			$\sum u_i(y)^2$					2,68
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					1,64
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					3,27

Примечание 12 – Одну из двух составляющих (либо ***LMC***, либо ***TG***) (испытательный генератор) включают в таблицу для калибровки и (или) испытаний, в зависимости от того, используется или нет петля управления для установки выходного уровня генератора сигнала и усилителя. В этом примере испытательный генератор не включен в бюджет неопределенности, потому что он является частью петли управления. Составляющая неопределенности от петли управления определяется измерителем уровня (см. также примечание 13). Однако испытательный генератор включается в примерные таблицы, чтобы напомнить испытательным лабораториям, что им необходимо рассмотреть этот пункт в зависимости от конкретной схемы расположения оборудования при проведении испытаний. В этом случае может понадобиться более детальный анализ составляющих неопределенности от испытательного генератора. См. определение терминов.

Примечание 13 – Если одно и то же оборудование применяется для проведения калибровки и испытаний, то только составляющие повторяемости и линейности вводят в таблицу для процедуры испытаний. Составляющей для калибровки можно пренебречь.

Примечание 14 – Если одна и та же схема применяется для проведения калибровки и испытаний, то эти составляющие не вводят в таблицу.

Пояснение терминов

Несколько терминов в принципе такие же, как в предыдущем примере (метод с применением УСР). Эти термины здесь не определяют, предыдущий пример применяют для консультации.

Примечание 15 – Неопределенность относится к 7.4 настоящего стандарта, где используется измерительный датчик и применяется ограничение тока, но не рассматривается в настоящем приложении. В этом случае значение U_0 не больше того, что определено в соответствии с процедурой установки уровня, но оно уменьшится до неизвестного уровня. Поэтому в этом случае неопределенность не может быть применена к U_0.

JIG **–** комбинация неопределенностей вследствие калибровки испытательного приспособления. Эта составляющая может быть получена из повторяемости испытаний с изменением условий или оценкой на основе опыта, как показано в примере.

Таблица G.4a – Процедура проведения калибровки при применении прямого ввода помехи

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
RCAL	Переходное устройство 150 – 50 Ом, отклонение	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
	Переходное устройство 150 – 50 Ом, калибровка	0,2	Нормальное $k = 2$	2	0,10	1	0,10	0,01
SETUP	Влияние на испытательный уровень схемы расположения оборудования	0,5	Нормальное $k = 1$	1	0,5	1	0,5	0,25
LM_C	Измеритель уровня	0,5	Прямоугольное	1,73	0,29	1	0,29	0,08
SW_C	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
LMC_C (16, 17)	Измеренный уровень в петле управления	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
TG_C (16, 17)	Испытательный генератор	0,0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_C (18)	Рассогласование между испытательным генератором и УСР	0,0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
ML	Рассогласование между измерителем уровня и УСР	–0,5	*U*-образное	1,41	–0,35	1	0,00	0,13
			$\sum u_i(y)^2$					0,53
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					0,73
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					1,46

Таблица G.4b – Процедура проведения испытаний при применении прямого ввода помехи

Условное обозначение	Источник неопределенности X_i	$U(x_i)$, дБ	Распределение	Коэффициент	$u(x_i)$, дБ	c_i	$u_i(y)$, дБ	$u_i(y)^2$
CAL	Калибровка	1,46	Нормальное $k = 2$	2	0,73	1	0,73	0,53
LMC_t (16, 17)	Измеренный уровень в петле управления	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
TG_t (16, 17)	Испытательный генератор	0	Прямоугольное	1,73	0,00	1	0,00	0,00
MT_t (18)	Рассогласование между испытательным генератором и УСР	0	*U*-образное	1,41	0,00	1	0,00	0,00
SW_t	Погрешность установки уровня синусоидального сигнала, вносимая программным обеспечением	0,3	Прямоугольное	1,73	0,17	1	0,17	0,03
DD	Развязывающие устройства	2,3	Прямоугольное	1,73	1,33	1	1,33	1,77
			$\sum u_i(y)^2$					2,36
			Суммарная неопределенность, дБ $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$					1,54
			Расширенная неопределенность для калибровки, дБ $U = u(y) \times k$, $k = 2$					3,07

Примечание 16 – Одну из двух составляющих (либо ***LMC***, либо ***TG***) (испытательный генератор) включают в таблицу для калибровки и (или) испытаний, в зависимости от того, используется или нет петля управления для установки выходного уровня генератора сигнала и усилителя. В этом примере испытательный генератор не включен в бюджет неопределенности, потому что он является частью петли управления. Составляющая

неопределенности от петли управления определяется измерителем уровня (см. также примечание 17). Однако испытательный генератор включается в примерные таблицы, чтобы напомнить испытательным лабораториям, что им необходимо рассмотреть этот пункт в зависимости от конкретной схемы расположения оборудования при проведении испытаний. В этом случае может понадобиться более детальный анализ составляющих неопределенности от испытательного генератора. См. определение терминов.

Примечание 17 – Если одно и то же оборудование применяется для проведения калибровки и испытаний, то только составляющие повторяемости и линейности вводят в таблицу для процедуры испытаний. Составляющей для калибровки можно пренебречь.

Примечание 18 – Если одна и та же схема применяется для проведения калибровки и испытаний, то эти составляющие не вводят в таблицу.

Пояснение терминов

Несколько терминов в принципе такие же, как в предыдущем примере (метод с применением УСР). Эти термины не определяют, предыдущий пример применяют для консультации.

DD – комбинация неопределенностей из-за развязывающих устройств и нагрузки ВО. Хорошая развязка дает меньший эффект влияния нагрузки ВО, плохая развязка дает сильный эффект. Эта составляющая может рассчитываться исходя из полного сопротивления развязывающих элементов.

G.3 Применение

Рассчитанное значение неопределенности измерения (расширенная неопределенность) может использоваться для различных целей, например как указано в стандартах на продукцию или для аккредитации лаборатории. Данное расчетное значение не предназначено для использования при регулировке уровня испытательного воздействия на испытуемый образец в ходе испытания.

G.4 Ссылочные документы

[1] IEC TC77 document 77/349/INF — General information on measurement uncertainty of test instrumentation for conducted and radiated r.f. immunity tests
(Общие сведения, касающиеся неопределенности измерений, связанной с измерительной аппаратурой, используемой при испытаниях на устойчивость к воздействию кондуктивного и излучаемого радиочастотного поля)

[2] UKAS, M3003, Edition 2, 2007 — The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, free download, gost.e-ecolog.ru
(Неопределенность и достоверность результатов измерений)

Библиография

[1] IEC 60050-131:2002 — International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Electric and magnetic circuits
(Международный электротехнический словарь. Глава 131. Электрические и магнитные цепи)

[2] IEC 61000-4-3 — Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity test – Basic EMC Publications
(Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-3. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю)

[3] CISPR 16-1-2 — Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances
(Технические условия на оборудование и методы измерений радиопомех и помехоустойчивости. Часть 1-2. Оборудование для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Вспомогательное оборудование. Кондуктивные помехи)

[4] CISPR 20 — Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement
(Радио- и телевизионные приемники и связанное с ними оборудование. Характеристики помехоустойчивости. Нормы и методы измерений)

Ответственный за выпуск *В. Л. Гуревич*

Сдано в набор 15.12.2011. Подписано в печать 20.01.2011. Формат бумаги 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Arial. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 6,39 Уч.- изд. л. 4,62 Тираж экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:
Научно-производственное республиканское унитарное предприятие
«Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС)
ЛИ № 02330/0552843 от 08.04.2009.
ул. Мележа, 3, комн. 406, 220113, Минск.

gost.e-ecolog.ru