|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ**  **(ЕАСС)**  **EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION**  **(EASC)** | | |
| Picture in Документ1 | **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ** | **ГОСТ**  **IEC 61000-4-18–**  **202\_**  *Проект, RU, первая редакция* |

**Электромагнитная совместимость (ЭМС)**

**Часть 4-18**

**Методы испытаний и измерений**

**Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне**

**(IEC 61000-4-18:2019, IDT)**

**Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его издания**

**Минск**

**Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации**

**202\_**

**Предисловие**

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

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

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью Научно-методический центр «Электромагнитная совместимость» (ООО «НМЦ ЭМС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 202\_ г. № )

За принятие проголосовали:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004–97 | Сокращенное наименование  национального органа по стандартизации |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту   
IEC 61000-4-18:2019 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4–18. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне» («Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4–18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test», IDT).

Международный стандарт разработан подкомитетом 77В «Высокочастотные явления» технического комитета 77 «Электромагнитная совместимость» Международной электротехнической комиссии (IEC).

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

5 ВЗАМЕН ГОСТ IEC 61000-4-18–2016

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

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

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории указанных выше государств принадлежит национальным органам по стандартизации этих государств

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ**  **(МГС)**  **INTERSTATE COUNCIL FOR standardization, metrology and certification**  **(ISC)** | | |
|  | **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  **СТАНДАРТ** | **ГОСТ**  **IEC 61000-4-18–**  **202\_**  *Проект, RU, первая редакция* |

**Электромагнитная совместимость (ЭМС)**

**Часть 4-18**

**МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ**

**Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне**

**(IEC 61000-4-18:2019, IDT)**

**Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его издания**

**Москва**

**Российский институт стандартизации**

**202\_**

**Предисловие**

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

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью Научно-методический центр «Электромагнитная совместимость» (ООО «НМЦ ЭМС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 202\_ г. № )

За принятие проголосовали:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004–97 | Сокращенное наименование  национального органа по стандартизации |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 202, г. № межгосударственный стандарт   
ГОСТ IEC 61000-4-18–202\_ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту   
IEC 61000-4-18:2019 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4–18. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне» («Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4–18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test», IDT).

Международный стандарт разработан подкомитетом 77В «Высокочастотные явления» технического комитета 77 «Электромагнитная совместимость» Международной электротехнической комиссии (IEC).

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

6 ВЗАМЕН ГОСТ IEC 61000-4-18–2016

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

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

© IEC, 2019

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 202\_

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

**Содержание**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Введение…………………………………………………………………………………… | | |
| 1 | Область применения ………………………………………………………………… | |
| 2 | Нормативные ссылки…………………………………………………………………….. | |
| 3 | Термины, определения и сокращения терминов……………………………………. | |
|  | 3.1 | Термины и определения………………………………………………………….. |
|  | 3.2 | Сокращения терминов……………………………………………………… |
| 4 | Общие положения…………………………………………………………………. | |
|  | 4.1 | Типы затухающих колебательных волн……………………………………… |
|  | 4.2 | Явление колебательной волны с медленным затуханием………………… |
|  | 4.3 | Явление колебательной волны с быстрым затуханием…………………… |
| 5 | Испытательные уровни………………………………………………………………….. | |
| 6 | Испытательное оборудование………………………………………………………… | |
|  | 6.1 | Общие положения………………………………………………………………… |
|  | 6.2 | Генераторы колебательной волны с затуханием………………….. |
|  | 6.3 | Сети связи/развязки ……………………………………………………………... |
|  | 6.4 | Калибровка сетей связи/развязки………………………………………………. |
|  | 6.5 | Зажим емкостной связи для колебательных волн с быстрым затуханием.. |
| 7 | Испытательная установка…………………………………………………………….. | |
|  | 7.1 | Испытательное оборудование………………………………………………… |
|  | 7.2 | Верификация испытательной аппаратуры……………..…………………….. |
|  | 7.3 | Испытательная установка……………………………………………………… |
|  | 7.4 | Испытуемое оборудование (*EUT*)………………………………………………. |
|  | 7.5 | Сети связи/развязки…………………………………………………………… |
| 8 | Процедура испытаний…………………………………………………………………. | |
|  | 8.1 | Общие положения………………………………………………………………… |
|  | 8.2 | Референтные лабораторные условия………………………………………… |
|  | 8.3 | Проведение испытания………………………………………………………… |
| 9 | Оценка результатов испытаний……………………………………………………… | |
| 10 | Протокол испытаний (отчет)………………………………………………………….. | |
| Приложение А (справочное) Информация об испытательных уровнях для затухающей колебательной волны…………………………………………………….. | | |
| Приложение B (справочное) Анализ неопределенности (*MU*) измерений…………….. | | |
| Приложение C (справочное) Проблемы, связанные с ‘электропитанием *EUT*, имеющих *DC*/*DC*-преобразователи на входе……………………………………………. | | |
| Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам……………………….. | | |
| Библиография………………………………………………………………………………… | | |

**Предисловие к международному стандарту**

1) Международная электротехническая комиссия (IEC), состоящая из национальных электротехнических комитетов (национальные комитеты IEC), является всемирной организацией по стандартизации. Деятельность IEC направлена на укрепление международного сотрудничества по всем вопросам стандартизации в области электроники и электротехники. С этой целью, помимо другой своей деятельности, IEC публикует международные стандарты, технические спецификации, технические отчеты, общедоступные спецификации и рекомендации (далее именуемые «публикации IEC»). Подготовка публикаций поручена техническим комитетам. Любой национальный комитет IEC, заинтересованный рассматриваемой темой, может участвовать в этих подготовительных работах. Международные, правительственные и неправительственные организации, взаимодействующие с IEC, также участвуют в этой подготовке. IEC работает в тесном сотрудничестве с Международной организацией по стандартизации (ISO) согласно условиям соглашения, подписанного между двумя организациями.

2) Официальные решения или соглашения IEC по техническим вопросам выражают с максимально возможной точностью международную согласованную точку зрения по рассматриваемым вопросам, поскольку в каждом техническом комитете работают представители от всех заинтересованных национальных комитетов IEC.

3) Публикации IEC носят рекомендательный характер для международного использования и воспринимаются национальными комитетами IEC соответствующим образом. Для обеспечения точности технической информации, содержащейся в публикациях IEC, предприняты все разумные усилия. IEC не несет ответственности за способы использования такой информации или за любое ошибочное понимание любым конечным пользователем.

4) В целях содействия международной унификации национальные комитеты IEC обязуются применять публикации IEC максимально прозрачным образом в своих национальных и региональных публикациях. В любой национальной или региональной публикации должны быть четко указаны все возможные расхождения с соответствующей публикацией IEC.

5) IEC не предоставляет никаких подтверждений соответствия. Услуги по оценке соответствия оказывают независимые сертифицирующие организации, которые в отдельных случаях предоставляют знаки соответствия стандартам IEC. IEC не несет ответственности за любые услуги, оказываемые независимыми сертифицирующими организациями.

6) Пользователи должны убедиться в использовании самого последнего издания данной публикации.

7) Международная электротехническая комиссия, ее руководители, сотрудники, обслуживающий персонал и агенты, в том числе отдельные эксперты и участники технических и национальных комитетов IEC, не несут никакой ответственности за любые несчастные случаи, повреждения имущества или другой ущерб любого характера (прямой или косвенный), а также не несут никакой ответственности за издержки (в том числе вознаграждение за юридические услуги) и расходы, возникшие в результате использования каким-либо образом этой или любой другой публикации IEC.

8) Следует учитывать нормативные ссылки на документы, упоминаемые в этом документе. Использование упоминаемых документов необходимо для правильного применения данной публикации.

9) Следует иметь в виду, что некоторые элементы данной публикации IEC могут быть объектом патентных прав. IEC не несет ответственности за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

Международный стандарт IEC 61000-4-18 подготовлен подкомитетом 77B: «Высокочастотные явления» Технического комитета 77 «Электромагнитная совместимость» Международной электротехнической комиссии.

Настоящий стандарт является частью 4-18 серии стандартов IEC 61000. Он имеет статус базовой публикации по ЭМС в соответствии с Руководством IEC 107.

Настоящая вторая редакция отменяет и заменяет первую редакцию, опубликованную в 2006 году, включая поправку 1:2010. Настоящая редакция стандарта представляет собой технический пересмотр.

Настоящая редакция включает существенные технические изменения по сравнению с предыдущей редакцией:

a) добавлено математическое моделирование затухающих колебательных волн;

b) введено новое приложение B, в котором рассмотрены вопросы неопределенности измерений;

c) добавлено определение высокоскоростных *CDN*;

d) добавлена процедура калибровки для *CDN*;

e) добавлена возможность применения зажима емкостной связи на соединительных линиях для быстрых затухающих колебательных волн;

f) добавлена процедура испытания *DC*/*DC*-преобразователей в случае, если *CDN* не работает;

g) введено новое приложение C, описывающее процедуры, связанные с обеспечением электропитанием *EUT*, имеющих на входе *DC*/*DC*-преобразователи.

Текст настоящего международного стандарта основан на следующих документах:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | FDIS | Отчет о голосовании |  |
|  | 77B/797/FDIS | 77B/799/RVD |  |

Полная информация о голосовании по утверждению настоящего стандарта приведена в отчете о голосовании, указанном в приведенной выше таблице.

Настоящий документ был подготовлен в соответствии с Директивами ISO/IEC, часть 2.

Перечень всех частей серии IEC 61000, опубликованных под общим наименованием «Электромагнитная совместимость (ЭМС)», приведен на веб-сайте МЭК.

По решению технического комитета, содержание настоящего документа будет оставаться неизменным до даты результата пересмотра, указанного на веб-сайте МЭК «http://webstore.iec.ch» в сведениях, имеющих отношение к определенному документу. На эту дату документ будет:

- подтвержден;

- отменен;

- заменен на пересмотренное изданием; или

- изменен.

|  |
| --- |
| **ВАЖНО – Логотип «цвет внутри» на титульной странице настоящего стандарта указывает на то, что он содержит цвета, которые считают полезными для правильного понимания его содержания. Поэтому пользователям следует распечатать настоящий стандарт с помощью цветного принтера.** |

**Введение**

Стандарты, входящие в серию IEC 61000, опубликованы в виде отдельных частей в соответствии со следующей структурой:

- часть 1. Общие положения:

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

- часть 2. Окружающая обстановка:

* описание окружающей обстановки;
* классификация окружающей обстановки;
* уровни совместимости;

- часть 3. Нормы:

* нормы эмиссии;
* нормы помехоустойчивости (если они не входят в сферу ответственности технических комитетов по продукции);

- часть 4. Методы испытаний и измерений:

* методы испытаний;

- часть 5. Рекомендации по установке и снижению последствий:

* рекомендации по установке;
* методы и устройства для снижения последствий;

- часть 6. Общие стандарты;

- часть 9. Разное.

Каждая часть далее подразделяется на несколько частей, опубликованных либо в качестве международных стандартов, либо технических отчетов/технических требований, некоторые из которых уже опубликованы в виде разделов. Другие будут опубликованы с указанием номера части, за которым следует дефис и вторая цифра, идентифицирующая подраздел (пример: IEC 61000-6-1).

Настоящий стандарт, устанавливает требования к помехоустойчивости и процедуры испытаний, связанные с затухающими колебательными волнами.

|  |
| --- |
| 1. **МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ** |
| **Электромагнитная совместимость (ЭМС)**  **Часть 4-18**  **МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ**  **Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне** |
| 1. Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 4-18. Testing and measurement techniques. Damped oscillatory wave immunity test |
| 1. **Дата введения –** |

**1 Область применения**

Настоящий стандарт, входящий в серию стандартов IEC 61000, устанавливает требования к помехоустойчивости электрического и электронного оборудования в рабочих условиях и методы испытаний в отношении:

a) повторяющихся колебательных волн с медленным затуханием, возникающих в основном в силовых, контрольных и сигнальных кабелях, проложенных на подстанциях высокого и среднего напряжения (*HV*/*MV*);

b) повторяющихся колебательных волн с быстрым затуханием, возникающих в основном в силовых, контрольных и сигнальных кабелях, проложенных на подстанциях с газовой изоляцией (*GIS*) и, в некоторых случаях, на подстанциях с воздушной изоляцией (*AIS*), или в любой установке в результате явлений высотного электромагнитного импульса (*HEMP*).

Настоящий стандарт устанавливает общий и воспроизводимый эталон для оценки устойчивости электрического и электронного оборудования к воздействию затухающих колебательных волн на порты электропитания, сигнальные, управляющие и заземляющие порты. Метод испытания, установленный в настоящем стандарте, входящем в серию стандартов IEC 61000, описывает последовательный метод оценки устойчивости оборудования или системы к определенному явлению.

Примечание ‒ Как указано в IEC Guide 107, настоящий стандарт является базовой публикацией по ЭМС, который предназначен для использования техническими комитетами по продукции МЭК. В соответствии с требованиями IEC Guide 107, технические комитеты по продукции МЭК устанавливают необходимость применения настоящего стандарта, устанавливающего требования к испытаниям на помехоустойчивость, и, при положительном решении о применении, определяют соответствующие уровни испытаний и функциональные критерии.[[1]](#footnote-1)

В настоящем стандарте определены:

- формы испытательного напряжения и тока;

- диапазоны испытательных уровней;

- испытательное оборудование;

- процедуры калибровки и проверки испытательного оборудования;

- испытательные установки;

- процедура испытания.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных ― последнее издание ссылочного документа (включая все изменения к нему)]:

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

**3 Термины и определения**

**3.1 Термины и определения**

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

ISO и IEC поддерживают терминологические базы данных для использования в области стандартизации ИСО и МЭК по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ISO: доступна по адресу http://www. iso.org/ obp

- Электропедия IEC: доступна по адресу http://www.electropedia.org/

3.1.1 **подстанция с воздушной изоляцией**, ***AIS*** (air insulated substation, *AIS*): Подстанция, которая состоит только из распределительных устройств с воздушной изоляцией

Примечание 1 ‒ Настоящее примечание относится только редакции на французском языке

3.1.2 **вспомогательное оборудование, *AE*** (auxiliary equipment, *AE*): Оборудование, необходимое для обеспечения испытуемого оборудования (*EUT*) сигналами, необходимыми для его нормальной работы, и для проверки работоспособности *EUT*

Примечание 1 ‒ Настоящее примечание относится только редакции на французском языке

3.1.3 **пачка импульсов** (burst): Последовательность из ограниченного числа отдельных импульсов или колебания ограниченной длительности

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-161:1990, 161-02-07]

3.1.4 **калибровка**, поверка (calibration): Набор операций, устанавливающих, со ссылкой на стандарты, связь, существующую при определенных условиях, между показанием и результатом измерения

Примечание 1 ‒ Термин основан на принципе «неопределенности»

Примечание 2 ‒ Связь между показаниями и результатами измерений в принципе может быть выражена калибровочной диаграммой

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-311:2001, 311-01-09]

3.1.5 **зажим емкостной связи** (capacitive coupling clamp): Устройство определенных размеров и характеристик для синфазной связи сигнала помехи с испытуемой цепью без какого-либо гальванического соединения с ней.

3.1.6 **связь** (coupling): взаимодействие между цепями, передача энергии от одной цепи к другой.

3.1.7 **сеть связи**, соединительная сеть (coupling network): Электрическая цепь, предназначенная для передачи энергии из одной цепи в другую

3.1.8 **сеть развязки**, развязывающая сеть (decoupling network): Электрическая цепь для предотвращения воздействия испытательного напряжения, подаваемого на EUT на другие устройства, оборудование или системы, которые не подвергаются испытанию.

3.1.9 **ухудшение** **(характеристик)** [degradation (in performance)]: Нежелательное отклонение эксплуатационных характеристик любого устройства, оборудования или системы от предполагаемых характеристик

Примечание 1 ‒ Термин «ухудшение (деградация)» может быть применен к временной или постоянной неисправности.

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-161:1990, 161-01-19]

3.1.10 **подстанция с газовой изоляцией, *GIS*** (gas insulated substation, *GIS*): Подстанция, которая состоит только из распределительных устройств с газовой изоляцией в металлических оболочках.

Примечание 1 ‒ Настоящее примечание относится только редакции на французском языке

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-605:1983,605-02-14, модифицирован – слова «в металлической оболочке» исключены из термина.]

3.1.11 **высотный электромагнитный импульс, *HEMP***(high-altitude electromagnetic pulse, HEMP): Электромагнитный импульс, возникающий при ядерном взрыве за пределами земной атмосферы

Примечание 1 ‒. Обычно на высоте более 30 км

3.1.12 **электромагнитная совместимость, *EMC*** (electromagnetic compatibility, *EMC*): Способность оборудования или системы удовлетворительно функционировать в своей электромагнитной среде, не создавая недопустимых электромагнитных помех для всего, то находится в этой среде.

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-161:2018,161-01-07]

3.1.13 **устойчивость (к помехам),** помехоустойчивость [immunity (to a disturbance)]: Способность устройства, оборудования или системы работать без ухудшения характеристик в присутствии электромагнитных помех

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-161:1990,161-01-20]

3.1.14 **порт** (port): Конкретный интерфейс *EUT*, подвергающийся воздействию внешней окружающей электромагнитной обстановки.

3.1.15 **опорная плоскость заземления, *RGP*** (reference ground plane, *RGP*): Плоская проводящая поверхность, имеющая тот же электрический потенциал, что и опорное заземление, которую используют в качестве общей точки отсчета (исходной точки) и которая способствует воспроизведению паразитной емкости испытуемого оборудования (EUT) с окружающей его средой

Примечание 1‒. Опорная плоскость земли необходима для измерения наведенных (кондуктивных) помех и служит в качестве опорной точки для измерения несимметричных и асимметричных напряжений помех.

Примечание 2 ‒ В некоторых регионах вместо термина «земля» используется термин «грунт».

Примечание 3 ‒ Настоящее примечание относится только редакции на французском языке

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-161:1990,161-04-36]

3.1.16 **время нарастания** (rise time): Интервал времени между моментами, когда мгновенное значение импульса сначала достигает значения 10 %, а затем значения 90 %

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-161:1990, 161-02-05, модифицирован – исключено примечание к определению]

3.1.17 **переход,** **переходной** (прилагательное и существительное) (transient, adjective and noun): Относящийся к явлению или количеству, которые изменяются между двумя последовательными устойчивыми состояниями в течение интервала времени, короткого по сравнению со шкалой времени, представляющей интерес, или обозначающий их.

[ИСТОЧНИК: IEC 60050-161:1990,161-02-01]

3.1.18 **верификация** (verification):

Набор операций, который используют для проверки системы испытательного оборудования (например, испытательного генератора и соединительных кабелей) и для демонстрации того, что испытательная система функционирует в соответствии с требованиями, указанными в разделе 6

Примечание 1 ‒ Методы, применяемы для проверки, могут отличаться от методов, используемых для калибровки.

Примечание 2 ‒ Процедура 6.2.1.3 и 6.2.2.3 предназначена в качестве руководства для обеспечения правильной работы испытательного генератора и других элементов, входящих в состав испытательной установки, чтобы на *EUT* подавалась требуемая форма сигнала.

**3.2 Сокращения**

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

*AE* ‒ вспомогательное оборудование (auxiliary equipment);

*АIS* ‒ подстанция с воздушной изоляцией (air insulated substation);

*CDN* ‒ сеть связи/развязки (coupling/decoupling network);

*EFT/B* ‒ электрический быстрый переход/пачка импульсов (electrical fast transient/burst);

*EMC* ‒ электромагнитная совместимость (electromagnetic compatibility);

*EUT* ‒ испытуемое оборудование (equipment under test);

*FDOW* ‒ колебательная волна с быстрым затуханием (fast damped oscillatory wave);

*FDOWG* ‒ генератор колебательной волны с быстрым затуханием (fast damped oscillatory wave generator);

*GDT* ‒ газоразрядная трубка (gas discharge tube);

*GIS* ‒ подстанция с газовой изоляцией (gas insulated substation);

*HEMP* ‒ высотный электромагнитный импульс (high-altitude electromagnetic pulse);

*HV* ‒ высокое напряжение (high voltage);

*MU* ‒ неопределенность измерения (measurement uncertainty);

*MV* ‒ среднее напряжение (medium voltage);

*PE* ‒ защитное заземление (protective earth);

*PWM* ‒ широтно-импульсная модуляция (pulse width modulation);

*RGP* ‒ опорная плоскость заземления (reference ground plane);

*SDOW* ‒ колебательная волна с медленным затуханием (slow damped oscillatory wave);

*SDOWG* ‒ генератор колебательной волны с медленным затуханием (slow damped oscillatory wave generator).

**4 Общие положения**

**4.1 Типы колебательных волн с затуханием**

Явления затухающих колебательных волн делятся на две части. Первую часть называют колебательной волной с медленным затуханием, которая включает в себя частоты колебаний от 100 кГц до 1 МГц. Вторую часть называют колебательной волной с быстрым затуханием, которая включает в себя частоты колебаний свыше 1 МГц.

Формула идеальной формы волны, *w*(*t*) (напряжение разомкнутой цепи или ток короткого замыкания), приведенной на рисунке 1, выглядит следующим образом:

,

Где, значения параметров *w* (*t*) для напряжения разомкнутой цепи приведены в таблице 1 для каждого стандартного периода колебаний *T* = 1/*f*.

Таблица 1 ‒ Значения параметров w(t) для каждой стандартной

частоты колебаний

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Волновая форма | *A* | *K* | *n* | *t*1 | *f* | *t2* | φ |
| Быстрая 30 МГц | *Pk*1 | 1,19 | 1,67 | 2,26 нс | 30 МГц | 126 нс | -π/2 |
| Быстрая 10 МГц | *Pk*1 | 1,04 | 2,65 | 1,69 нс | 10 МГц | 377 нс | -π/4 |
| Быстрая 3 МГц | *Pk*1 | 1,07 | 2,30 | 2,89 нс | 3 МГц | 1,26 мкс | 0 |
| Медленная 1 МГц | *Pk*1 | 1,12 | 2,45 | 49,8 нс | 1 МГц | 3,77 мкс | -π/4 |
| Медленная 100 кГц | *Pk*1 | 1,04 | 1,96 | 32,7 нс | 100 кГц | 37,7 мкс | 0 |

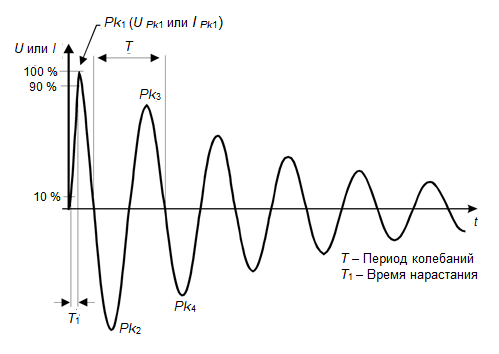


Рисунок 1‒ Пример волновой формы затухающей колебательной волны

**4.2 Явление колебательной волны с медленным затуханием**

Такое явление характерно для переключения разъединителей на подстанциях *HV*/*MV* с воздушной изоляцией и особенно связано с переключением *HV* шин.

На подстанциях операции размыкания и замыкания разъединителей *HV* приводят к резким переходным процессам с фронтальной волной напряжения, время нарастания которой составляет порядка нескольких десятков наносекунд.

Фронт волны напряжения включает отражения из-за несоответствия характеристического импеданса задействованных *HV* цепей. В связи с этим возникающие переходные напряжения и токи в *HV* шинах характеризуются основной частотой колебаний, которая зависит от протяженности цепи и времени распространения.

Частота колебаний составляет примерно от 100 кГц до нескольких мегагерц для подстанций с воздушной изоляцией, в зависимости от влияния вышеуказанных параметров и длины шин, которая может варьироваться от нескольких десятков до сотен метров (может достигать 400 м).

В связи с указанным выше, частоту колебаний 1 МГц можно считать репрезентативной для большинства ситуаций, но частоту 100 кГц считают подходящей для больших *HV* подстанций.

Частота повторения изменяется от нескольких герц до нескольких килогерц в зависимости от расстояния между коммутационными контактами. Для контактов, расположенных в непосредственной близости, частота повторения максимальна, а при расстоянии между контактами, близком к допустимому для повторного зажигания между ними, частота повторения минимальна и равна удвоенной частоте сети электроснабжения по отношению к каждой фазе (100/с на фазу для сетей 50 Гц и 120/с на фазу для сетей 60 Гц).

Частоты повторения 40/с и 400/с представляют собой компромисс, учитывающий различную продолжительность явлений, различные частоты и энергию, воздействующие на испытываемые цепи.

Повторяющиеся колебательные переходные процессы могут быть вызваны коммутационными переходными процессами и инжекцией импульсных токов в энергосистемах (сетях и электрооборудовании).

**4.3 Явление колебательной волны с быстрым затуханием**

**4.3.1 Общие положения**

Испытание на устойчивость к колебательным волнам с быстрым затуханием должно охватывать явления, присутствующие в двух конкретных средах:

- подстанциях сети электроснабжения (создаваемые устройствами распределения и управления);

- всех установках, подверженных воздействию высотного электромагнитного импульса (*HEMP*).

**4.3.2** **Возмущения, создаваемые устройствами распределения и управления**

При размыкании или замыкании разъединителя между обоими контактами управляемого устройства, возникает большое количество повторных замыканий из-за низкой скорости переключения контактов. Поэтому операции по переключению разъединителя генерируют очень быстрые переходные процессы, которые распространяются в виде бегущих волн в шинах подстанции. Электрическая длина проводников и шин определяет частоты колебаний переходных перенапряжений.

Для подстанций с воздушной изоляцией (*AIS*) такие переходные процессы будут излучать электромагнитное поле в окружающей среде подстанции. На *AIS* были проведены измерения с использованием приборов с большой полосой пропускания частот [1][[2]](#footnote-2). Проведенные измерения показали, что на таких подстанциях также могут иметь место переходные явления с частотами свыше 1 МГц.

На подстанциях с газовой изоляцией (*GIS*) такие переходные процессы распространяются внутри металлической оболочки, содержащей газ *SF*6. Благодаря скин-эффекту, высокочастотные переходные процессы локализуются внутри оболочки и не вызывают проблем. Переходный ток передается на внешнюю поверхность оболочки трубопровода при любом разрыве оболочки. Как следствие, потенциал оболочки повышается, и ток, протекающий по поверхности оболочки, излучает электромагнитное поле в окружающую среду подстанции. Переходное повышение потенциала земли является прямым источником переходных синфазных токов во вторичных цепях. Излучаемое электромагнитное поле также индуцирует синфазные токи во вторичных цепях.

Измерения показали, что максимальная частота значимых компонентов в спектральной плотности таких токов может достигать от 30 до 50 МГц [2].

Как показано в [1], частота колебаний переходных процессов, возникающих на *HV* подстанциях, увеличилась в связи с уменьшением габаритных размеров подстанций, применением *GIS* и размещением электронного оборудования ближе к коммутационным устройствам.

Поэтому частоты колебаний 3, 10 и 30 МГц для колебательных волн с быстрым затуханием подходят для представления окружающей среды в некоторых *AIS*, так и во всех *GIS*.

Частота повторения варьируется от нескольких герц до многих килогерц в зависимости от расстояния между переключающими контактами. При близком расположении контактов, частота повторения будет высокой, тогда как по мере увеличения расстояния при дальнейшем размыкании контактов, минимальная частота повторения по отношению к каждой фазе будет в два раза превышать частоту сети электроснабжения (100/с на фазу для 50 Гц и для систем *HV* 120/с на фазу для 60 Гц).

Частота повторения 5000/с представляет собой самую высокую частоту повторения, измеренную в *GIS*. Эта скорость все еще представляет собой компромисс, принимая во внимание различную продолжительность явлений, пригодность различных рассматриваемых частот и проблему, связанную с энергией, воздействующей на испытываемые цепи.

**4.3.3** **Возмущения, вызванные высотным электромагнитным импульсом (*HEMP)***

*HEMP*, как представлено в IEC 61000-2-9 [4], представляет собой интенсивное электромагнитное импульсное поле плоской волны, которое имеет время нарастания 2,5 нс и ширину импульса приблизительно 25 нс. Это поле взаимодействует с открытыми линиями электропередачи, создавая колебания напряжения и тока, которые зависят от длины линии (см. IEC 61000-2-10 [5]). Наружные линии электропередачи и связи имеют достаточную протяженность (более 1 км), поэтому связанные с ними токи и напряжения обычно имеют импульсный характер.

Для внутренних линий электропередачи и связи аварийным событием воздействия *HEMP* частично ослабляется. Тем не менее, поле взаимодействует с короткими кабелями внутри помещений, создавая угрозу подключенному электронному оборудованию. Поля *HEMP* взаимодействуют с внутренними короткими линиями и создают высокочастотные затухающие колебательные волны с частотами до 100 МГц. Чаще всего наблюдаются частоты ниже 30 МГц (см. IEC 61000-2-10 [5]). Скорость затухания колебательной волны высока из-за наличия поглощающих стенок, и типичным является коэффициент добротности резонанса, *Q*, от 10 до 20.

При аварийном событии, короткая наружная проводка (например, цепи управления на подстанциях или электростанциях) будет взаимодействовать с полями *HEMP*. Будут возникать затухающие колебательные переходные процессы, частота которых составляет от 1 до 100 МГц.

Аварийное событие *HEMP* обычно генерирует один или два импульса. Для воспроизведения события HEMP не требуется высокая частота повторения. Из-за проблем с надежностью цифровой электроники рекомендуют использовать частоту повторения 5000/с, аналогичную частоте повторения возмущений, генерируемых устройствами распределения и управления. Это повысит вероятность обнаружения любой неисправности, вызванной событием HEMP.

Настоящий стандарт также содержит информацию об испытательных уровнях, технических характеристиках генератора и процедурах испытаний, которые позволят проводить испытания при напряжениях, создаваемых *HEMP*. В реальных условиях встречаются многие частоты, но испытания проводят с частотами колебаний до 30 МГц в соответствии с окружающей средой на подстанциях.

**5 Испытательные уровни**

Предпочтительные испытательные уровни воздействия затухающих колебательных волн, применимые к силовым, сигнальным и управляющим портам оборудования, приведены в таблицах 2 и 3. Испытательный уровень воздействия, связан с напряжением первого пика волновой формы (*Pk*1 на рисунке 1).

Для силовых, сигнальных и управляющих портов могут быть применены разные испытательные уровни воздействия. Испытательный уровень (уровни), используемый для сигнальных портов и портов управления, не должен отличаться более чем на один испытательный уровень от уровня, используемого для силовых портов (портов электропитания).

Таблица 2 ‒ Испытательные уровни для колебательной волны с медленным затуханием (100 кГц или 1 МГц)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Уровень | Испытательное напряжение разомкнутой цепи | |
| линия ‒ линия, кВ | линия ‒ земля, кВ |
| 1 | 0,25 | 0,5 |
| 2 | 0,5 | 1 |
| 3 | 1 | 2a |
| 4b | ‒ | ‒ |
| *X*c | Специальное | Специальное |
| a Значение увеличено до 2,5 кВ для оборудования подстанций.  b Указанный уровень не применим к колебательным волнам с медленным затуханием.  c «*X*» может быть любым уровнем, выше, ниже или между другими. Уровень следует указать в технических требованиях, предъявляемых к специальному оборудованию | | |

Таблица 3 ‒ Испытательные уровни для колебательной волны с быстрым затуханием (3, 10 или 30 МГц)

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень | Испытательное напряжение разомкнутой цепи линия ‒ земля, кВ |
| 1 | 0,5 |
| 2 | 1 |

*Окончание таблицы 3*

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень | Испытательное напряжение разомкнутой цепи линия ‒ земля, кВ |
| 3 | 2 |
| 4 | 4 |
| *X*a | Специальное |
| a«X» может быть любым уровнем, выше, ниже или между другими. Уровень следует указать в технических требованиях, предъявляемых к специальному оборудованию | |

Испытательные уровни следует выбирать в соответствии с условиями установки, классы которых приведены в приложении A.

**6 Испытательное оборудование**

**6.1 Общие положения**

Выход генератора должен иметь возможность работать в условиях короткого замыкания.

Испытательный генератор создает затухающую колебательную волну с характеристика описанными ниже, которую следует подать на порт *EUT*. Если затухающую колебательную волну подают через сеть связи/развязки, то характеристики должны быть обеспечены на выходе этой сети.

Выход *SDOWG* должен быть плавающим. Такое условие необходимо для испытания сигнальных и управляющих портов *EUT* в дифференциальном режиме. Следует применять генератор с двумя выходами. Один из выходов *FDOWG* должен быть коаксиальным. Испытания с описанным ниже генератором следует проводить только в синфазном режиме.

**6.2 Генераторы затухающих колебательных волн**

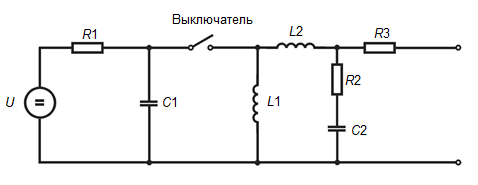
**6.2.1 Генератор колебательных волн с медленным затуханием**

6.2.1.1 Общие положения

Значение выходного импеданса генератора колебательных волн с медленным затуханием принимают равным 200 Ом несмотря на то, что фактический импеданс кабелей (витых пар) ближе к 150 Ом. Значение импеданса 200 Ом было выбрано в целях сохранения существующего общего статуса, который включает технические характеристики семейства оборудования, применяемого в основном на высоковольтных подстанциях.

Кроме того, длина кабелей в этой категории электрических и промышленных установок в основном составляет порядка сотен метров, и поэтому импеданс соединений в полевых условиях приближается к характеристическому импедансу кабелей, а не меньше этого значения.

Пример принципиальной схемы генератора приведен на рисунке 2.



*Выключатель ‒ высоковольтный выключатель; U ‒ источник высокого напряжения; R*1 ‒ зарядный резистор; *R*2 ‒ резистор фильтра; *R*3 ‒ резистор источника; *L*1 ‒ катушка индуктивности (дроссель) колебательного контура; *L*2 ‒ катушка индуктивности (дроссель) фильтра; *C*1 ‒конденсатор для накопления энергии; *C*2 ‒ конденсатор фильтра

Рисунок 2 ‒ Пример принципиальной схемы генератора колебательной волны с медленным затуханием

6.2.1.2 Рабочие характеристики генератора колебательной волны с медленным затуханием:

- время нарастания напряжения (*T*1 на рисунке 1) ‒ 75 нс с допустимым отклонением ± 20 %;

- частоты сигнала колебаний напряжения (см. примечание 1) ‒ 100 кГц и 1 МГц с допустимым отклонением ± 10 %;

- частота повторения ‒ 40/с для частоты 100 кГц с допустимым отклонением ± 10 % и 400/с для частоты 1 МГц с допустимым отклонением ± 10 %;

- затухание напряжения (см. рисунок 1) ‒ *Pk*5 должно составлять >50 % от значения *Pk*1 и *Pk*10 должна составлять <50 % от значения *Pk*1;

- длительность пачки импульсов ‒ не менее 2 с;

- напряжение разомкнутой цепи (значение *U*Pk1, см. рисунок 1) ‒ от 250 В до 2,5 кВ с допустимым отклонением ± 10 %;

- ток короткого замыкания (значение *I*Pk1) ‒ от 1,25 до 12,5 А с допустимым отклонением ± 20 %;

- взаимосвязь фаз с частотой электропитания ‒ не требуется;

- полярность первого полупериода ‒ положительная и отрицательная.

Примечание 1 ‒ Частоту колебаний определяют как обратную величину периода между первым и третьим пересечениями нуля после начального пика. Указанный период обозначен, как *T* на рисунке 1.

Примечание 2 ‒ Эффективный выходной импеданс определяют путем деления номинального напряжения разомкнутой цепи *U*Pk1 на номинальный ток короткого замыкания *I*Pk1. Номинальное значение импеданса составляет 200 Ом.

Примеры частоты повторения и длительности пачки импульсов приведены на рисунке 3.

Волновая форма колебательной волны с медленным затуханием с обозначенными точками пиковых величин приведена на рисунке 1.

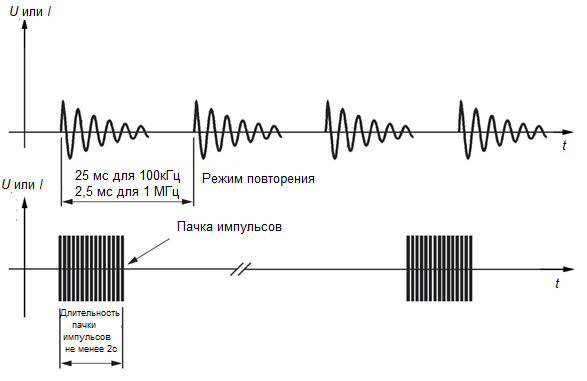


Рисунок 3 ‒ Представление колебательной волны с медленным затуханием

6.2.1.3 Калибровка генератора колебательных волн с медленным затуханием

Испытательный генератор следует подвергнуть калибровке для подтверждения соответствия его характеристик требованиям настоящего стандарта, установленным в 6.2.1.2. Следует сравнить следующие параметры различных испытательных генераторов:

- время нарастания напряжения;

- частоту колебаний;

- частоту повторения;

- затухание;

- длительность пачки импульсов;

- напряжение разомкнутой цепи *U*Pk1 (при импедансе разомкнутой цепи ‒ *Z*oc ≥ 10 кОм);

- ток короткого замыкания *I*Pk1 (при импедансе короткого замыкания ‒ *Z*sc ≤ 0,1 Ом).

Калибровки следует проводить с применением щупов напряжения или тока (в зависимости от применяемости), а также с помощью осциллографов или других эквивалентных измерительных приборов с минимальной полосой пропускания 40 МГц.

Характеристики формы сигнала следует проверять непосредственно на выходе испытательного генератора с импедансом разомкнутой цепи ≥ 10 кОм и импедансом нагрузки короткого замыкания ≤ 0,1 Ом.

Калибровки следует выполнять при тех же испытательных уровнях, которые применяют к *EUT*.

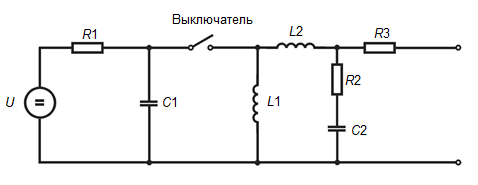
Неопределенность измерений см. в приложении В.

**6.2.2** **Генератор колебательных волн с быстрым затуханием**

6.2.2.1 Общие положения

Значение выходного импеданса генератора колебательных волн с быстрым затуханием принимают равным 50 Ом. Значение импеданса 50 Ом выбрано с целью обеспечения соответствия характеристикам генератора *EFT*/*B*, как указано в IEC 61000-4-4 [15].

Пример схемы генератора колебательных волн с с быстрым затуханием приведен на рисунке 4.



Выключатель ‒ высоковольтный выключатель*; U ‒* источник высокого напряжения*; R*1 ‒ зарядный резистор; *R*2 ‒ резистор фильтра; *R*3 ‒ резистор источника; *L*1 ‒ катушка индуктивности (дроссель) колебательного контура; *L*2 ‒ катушка индуктивности (дроссель) фильтра; *C*1 ‒конденсатор для накопления энергии; *C*2 ‒ конденсатор фильтра

Рисунок 4 ‒ Пример принципиальной схемы генератора

колебательной волны с быстрым затуханием

6.2.2.2 Рабочие характеристики генератора колебательных волн с быстрым затуханием включают:

- время нарастания напряжения (*T*1 на рисунке 1) ‒ 5 нс с допустимым отклонением ± 30 %;

- частоты сигнала колебаний напряжения (см. примечание 1) ‒ 3, 10 и 30 МГц с допустимым отклонением ± 10 %;

- частота повторения ‒ 5000/с с допустимым отклонением ± 10 %;

- затухание напряжения (см. рисунок 1) ‒ *Pk*5 должно составлять >50 % от значения *Pk*1 и *Pk*10 должна составлять <50 % от значения *Pk*1;

- длительность пачки импульсов:

- 3 МГц ‒ 50 мс с допустимым отклонением ± 20 %;

- 10 МГц ‒15 мс с допустимым отклонением ± 20 %;

- 30 МГц ‒ 5 мс с допустимым отклонением ± 20 %;

- длительность периода пачек импульсов ‒ 300 мс с допустимым отклонением ± 20 %;

- напряжение разомкнутой цепи (значение *U*Pk1, см. рисунок 1) ‒ от 500 В до 4 кВ с допустимым отклонением ± 10 %;

- взаимосвязь фаз с частотой электропитания ‒ не требуется;

- полярность первого полупериода ‒ положительная и отрицательная.

Характеристики тока короткого замыкания генератора колебательных волн с быстрым затуханием включают:

- время нарастания тока (*T*1 на рисунке 1):

- 3 МГц ‒ < 330 нс;

- 10 МГц ‒ < 100 нс;

- 30 МГц ‒ < 33 нс;

- частоты колебаний тока (примечание 1) ‒ 3, 10 и 30 МГц с допустимым отклонением ± 30 %;

- затухание (см. рисунок 1) ‒ *Pk*5 должно составлять >25 % от значения *Pk*1 и *Pk*10 должна составлять <25 % от значения *Pk*1;

- ток короткого замыкания (значение *I*Pk1) ‒ от 10 до 80 А с допустимым отклонением ± 20 %;

Примечание 1 ‒ Частоту колебаний определяют как обратную величину периода между первым и третьим пересечениями нуля после начального пика. Указанный период обозначен, как *T* на рисунке 1.

Примечание 2 ‒ Эффективный выходной импеданс определяют путем деления номинального напряжения разомкнутой цепи *U*Pk1 на номинальный ток короткого замыкания *I*Pk1. Номинальное значение импеданса составляет 50 Ом.

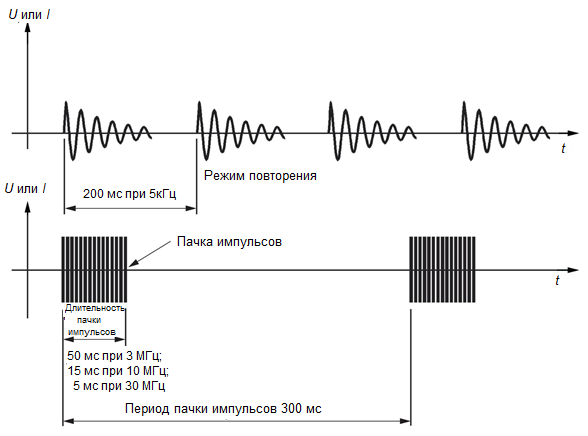
****

Рисунок 5 ‒ Представление колебательной волны с быстрым затуханием

**6.2.2.3 Калибровка генератора колебательных волн с быстрым затуханием**

Испытательный генератор должен быть подвергнут калибровке для подтверждения соответствия его характеристик требованиям настоящего стандарта, установленным в 6.2.2.2. Следует сравнить следующие параметры различных испытательных генераторов:

- время нарастания;

- частоту колебаний;

- частоту повторения;

- затухание напряжения колебательной волны;

- длительность пачки импульсов;

- длительность периода пачки импульса;

- напряжение разомкнутой цепи *U*Pk1 (при импедансе разомкнутой цепи ‒ *Z*oc ≥ 1 кОм с допустимым отклонением ± 2 %);

- время нарастания тока;

- частоту тока колебательной волны;

- ток короткого замыкания *I*Pk1 (при импедансе короткого замыкания ‒ *Z*sc ≤ 0,10 Ом с допустимым отклонением ± 2 %).

Калибровки следует проводить с применением щупов напряжения или тока (в зависимости от применяемости), а также с помощью осциллографов или других эквивалентных измерительных приборов с минимальной полосой пропускания 400 МГц.

Используемый щуп напряжения должен иметь следующие характеристики:

- 1 кОм с допустимым отклонением ± 2 %; измерения проводят при постоянном токе;

Допустимое отклонение вносимых потерь испытательных нагрузок не должно превышать:

- ± 1 дБ до 100 МГц;

- ± 3 дБ от 100 до 400 МГц.

Используемый токовый щуп должен иметь следующие характеристики:

- 0,1 Ом с допустимым отклонением ± 2 %; измерение проводят при постоянном токе.

Допустимое отклонение вносимых потерь испытательных нагрузок не должно превышать ± 3 дБ до 400 МГц.

Характеристики формы волны следует проверять непосредственно на выходе испытательного генератора с импедансом нагрузки разомкнутой цепи и короткого замыкания.

Форма волны сигнала с частотой 30 МГц может быть искажена в начале между *Pk*1 и *Pk*3. При калибровке на частоте 30 МГц необходимо учитывать следующие моменты:

a) амплитуда *Pk*1 должна быть выше, чем *Pk*3, чтобы четко определить точку соответствующую 100 % для расчета времени нарастания и затухания;

b) амплитуда *Pk*2 может быть выше, чем *Pk*1. В этом случае *Pk*1 следует учитывать при определении точки, соответствующей 100 %.

Калибровки следует выполнять при тех же испытательных уровнях, которые применяют к *EUT*.

Неопределенность измерений см. в приложении В

**6.3 Сети связи/развязки**

**6.3.1 Общие положения**

Каждая сеть связи/развязки (*CDN*) состоит из сети связи и сети развязки, как показано в примерах, приведенных в 6.3.2 для колебательной волны с медленным затуханием и 6.3.3 для колебательной волны с быстрым затуханием.

*CDN* обеспечивает возможность подачи испытательного напряжения в общем (для обоих генераторов) или дифференциальном (только 100 кГц, 1 МГц) режиме на сетевые, сигнальные и управляющие порты *EUT*, а также предотвращает воздействие испытательного напряжения на любое вспомогательное оборудование, необходимое для проведения испытания.

Конденсаторы связи емкостью 0,5 мкФ для колебательной волны с медленным затуханием или 33 нФ для колебательной волны с быстрым затуханием в сетях связи должны обеспечивать затухание связи менее чем на 10 %.

*CDN* должен иметь выделенный выводу заземления.

Для линий ввода/вывода и связи последовательный импеданс сети развязки ограничивает доступную полосу пропускания для передачи данных. Предпочтительными элементами развязки являются конденсаторы. При подключении к линиям межсоединений форма сигнала может быть искажена механизмами связи, описанными в п. 6.3.2.3.

Каждая *CDN* должна соответствовать требованиям 6.3. и требованиям к калибровке согласно 6.4.

Для установки c колебательной волной с быстрым затуханием используют *RGP*. Для установки c колебательной волной с медленным затуханием *RGP* не требуется (*RGP* систематически требуется на частотах выше 1 МГц).

**6.3.2** **Сети связи/развязки для колебательных волн с медленным затуханием**

6.3.2.1 Выбор сетей связи/развязки

Решение об использовании *CDN* принимают в соответствии со следующей блок-схемой (см. рисунок 6):

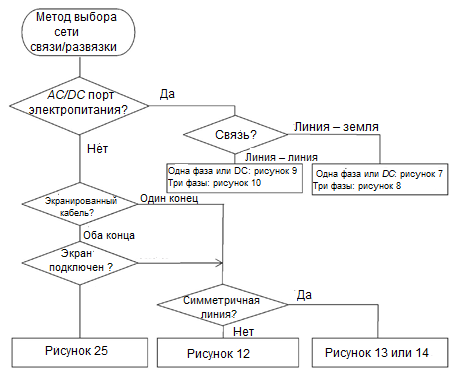
****

Рисунок 6 ‒ Выбор метода связи/развязки для колебательной волны с медленным затуханием

6.3.2.2 Сети связи/развязки для портов энергообеспечения переменного тока/постоянного тока до 32 А

Для линий электропередачи переменного или постоянного тока сеть развязки обеспечивает относительно высокий импеданс для формы колебательной волны с медленным затуханием, но в то же время позволяет протекать току к *EUT*. Такой импеданс позволяет сформировать форму сигнала напряжения на выходе *CDN*. Высоковольтные конденсаторы, рассчитанные на то, чтобы обеспечить подключение всей длительности колебательной волны к *EUT*, используют в качестве элементов связи.

Примечание 1 ‒ В настоящее время все оборудование, на которое распространяется действие настоящего стандарта, рассчитано на номинальный ток до 32 А. Поэтому *CDN* с номинальным током более 32 А не рассматривались.

Индуктивность развязки должна быть выбрана изготовителем *CDN* так, чтобы падение напряжения на *CDN* не превышало 10 % от входного напряжения *CDN* при указанном номинальном токе, но не должно превышать 1,5 мГн.

Примеры *CDN* для портов электропитания *AC*/*DC* показаны на рисунках 7‒ 10.

Остаточное напряжение затухающего колебания (от *Pk*1 до *Pk*10) на входах электропитания сети развязки при отключении *EUT* не должно превышать 15 % от приложенного испытательного напряжения или удвоенного номинального пикового напряжения сети связи/развязки, в зависимости от того, что выше.

Вышеуказанные характеристики применимы для однофазных систем (линия, нейтраль, защитное заземление) и трехфазных систем (трехфазные провода, нейтраль и защитное заземление).

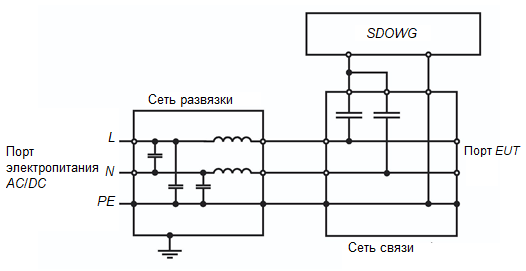


Рисунок 7 ‒ Пример *CDN* для емкостной связи в линиях переменного/постоянного тока ‒ связь линия ‒ земля

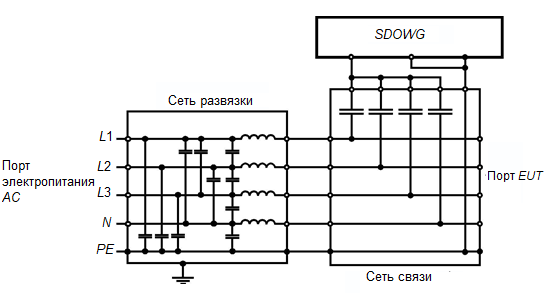


Рисунок 8 ‒ Пример *CDN* для емкостной связи в линиях переменного тока (три фазы) ‒ связь линия ‒ земля

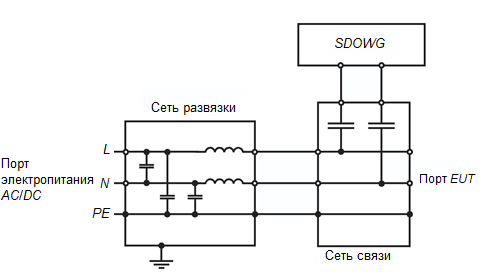


Рисунок 9 ‒ Пример *CDN* для емкостной связи в линиях переменного/постоянного тока ‒ связь линия ‒ линия

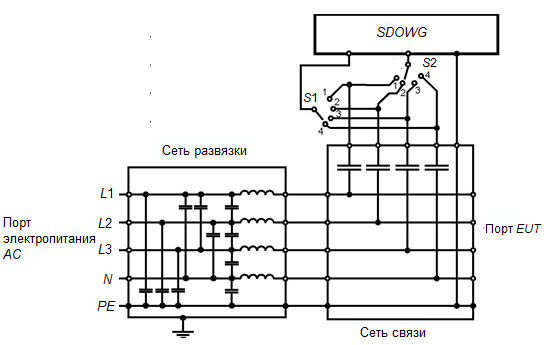


Рисунок 10 ‒ Пример *CDN* для емкостной связи в линиях переменного тока (три фазы) ‒ связь линия *L*2‒линия *N*

6.3.2.3 Сети связи/развязки для соединительных линий

6.3.2.3.1 Общие положения

Метод соединения следует выбирать в зависимости от типов или функций соединительных кабелей, цепей и рабочих условий, установленных в технических требованиях на изделия. На рисунке 11 показана типичная *CDN*, используемая для соединительных линий.

Для подключения к неэкранированным линиям требуются конденсаторы связи емкостью 0,5 мкФ, которые обеспечивают достаточную изоляцию между соединительными линиями и генератором затухающих колебаний, но позволяют эффективно передавать затухающую колебательную волну.

Соединение с помощью конденсаторов сохраняет целостность формы волны, но может оказывать фильтрующее воздействие на быструю передачу данных.

Если сигнальные линии симметричны, в сети развязки следует использовать катушки индуктивности (дроссели) с компенсацией тока.

Требуемые характеристики развязки на стороне *AE* зависят от требований к применению и определяют значения используемых элементов развязки (катушек индуктивности, резисторов, конденсаторов, газоразрядных трубок (*GDT*), зажимных устройств и т. д.). При выборе элементов развязки требуется анализ конкретного случая применения для обеспечения наилучших характеристик развязки и защиты от *AE*.

Минимальное затухание развязки может быть недостаточным для защиты вспомогательных источников сигнала, поэтому могут потребоваться дополнительные устройства защиты.

Сеть может состоять из отдельных блоков, чтобы обеспечить возможность испытания входных/выходных портов с отдельными цепями или группой цепей (например, многожильной цепи с общей).

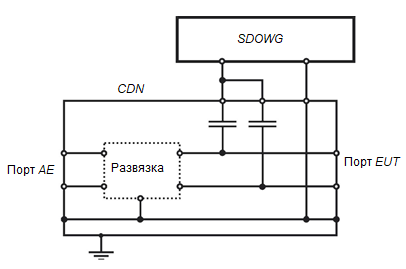


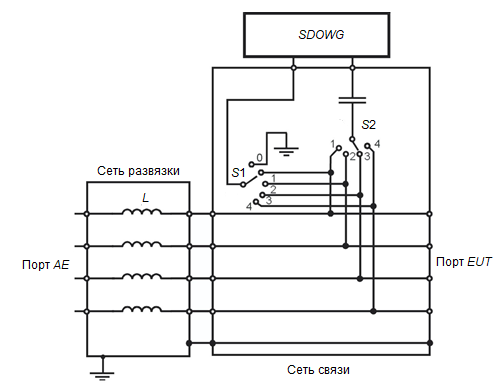
Рисунок 11 ‒ Пример *CDN* для соединительных линий ‒ связь линия ‒ земля

Развязывающая часть *CDN* обычно состоит из катушек индуктивности (дросселей) со значением индуктивности более 1,5 мГн..

6.3.2.3.2 Сети связи/развязки для неэкранированных, несимметричных линий

Связь для неэкранированных, несимметричных линий включает как связь «линия-линия», так и связь «линия-земля». Развязку обеспечивают одним развязывающим дросселем на линии.

Пример *CDN* для неэкранированных несимметричных линий связи показан на рисунке 12.



1) Переключатель *S*1:

- линия ‒ земля: позиция 0

- линия ‒ линия: позиции 1 ‒ 4

2) Переключатель *S*2: позиции 1‒4: во время проведения испытания положение переключателя *S*2 отличается от положения переключателя *S*1

Рисунок 12 ‒ Пример *CDN* для неэкранированных несимметричных соединительных: связь линия ‒ линия и линия ‒ земля

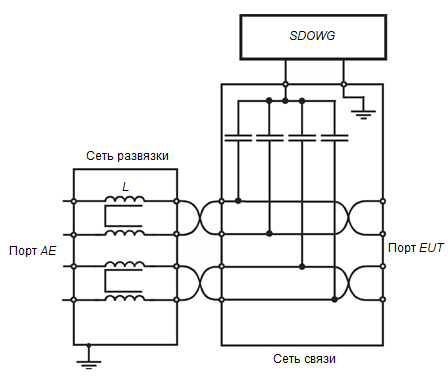
Для связи с неэкранированными несимметричными соединительными линиями требуются конденсаторы емкостью 0,5 мкФ. Развязывающая часть *CDN* обычно состоит из катушек индуктивности (дросселей) со значением индуктивности более 1,5 мГн.

6.3.2.3.3 Сети связи/развязки для соединительных линий для колебательных волн с быстрым затуханием

Из-за особенностей неэкранированной проводки, связь с симметричными межсистемными линиями (витыми парами) всегда происходит в синфазном режиме, т. е. при наличии связи между всеми линиями и землей.

Для развязки используют дроссели синфазного режима, обеспечивающие быструю передачу данных и эффективную развязку синфазного режима.

Один из примеров сети связи/развязки для неэкранированных симметричных соединительных линий показан на рисунке 13.



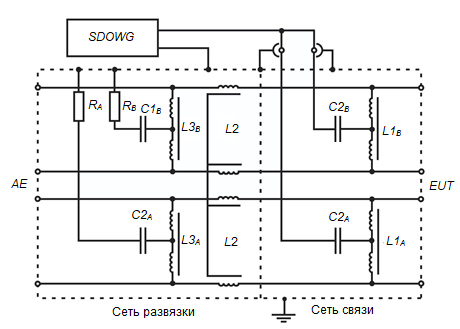
Примечание ‒ *L* с компенсацией тока может включать для обеспечения эффективности все четыре катушки или только пары, как показано на рисунке.

Рисунок 13 ‒ Пример *CDN* для неэкранированных симметричных соединительных связь линия ‒ земля

Для неэкранированных симметричных соединительных линий можно использовать примеры, приведенные на рисунках 13 и 14. Значение конденсатора связи на рисунке 13 должно составлять 0,5 мкФ.

Чтобы конденсаторы связи и развязки не оказывали фильтрующего влияния на передачу данных, необходима сбалансированная высокочастотная конструкция, объединяющая конденсаторы связи с дросселями связи.

На рисунке 14 показан пример сети связи и развязки для симметричных межсистемных линий, позволяющей проводить испытания со скоростью соединения до 1000 Мбит/с.



*RA,, RB,* *C1,C2, L1, L2, L3*: Все компоненты выбирают так, чтобы выполнялись заданные параметры импульса.

Рисунок 14 ‒ Пример *CDN* для неэкранированных симметричных соединительных линий: связь линия ‒ земля через конденсаторы

**6.3.3 Сети связи/развязки для колебательных волн с быстрым затуханием**

6.3.3.1 Выбор *CDN* для колебательных волн с быстрым затуханием

Различные типы *CDN*, упомянутые в 6.3.2, используют в сочетании с *FDOWG* для приложения колебательных волн с быстрым затуханием. Применяют следующие методы:

- для портов электропитания *AC*/*DC* используют примеры, показанные на рисунках 15 и 16;

- для соединительных линий используют пример, показанный на рисунке 17.

Примечание ‒ В 8.3 приведена подробная информация на случай, если использование *CDN* нецелесообразно.

6.3.3.2 Сети связи/развязки для портов электропитания *AC*/*DC* до 32 А для колебательных волн с быстрым затуханием

Для линий электропередачи переменного или постоянного тока сеть развязки обеспечивает относительно высокий импеданс для формы колебательной волны с медленным затуханием, но в то же время позволяет протекать току к *EUT* Такой импеданс позволяет сформировать форму сигнала напряжения на выходе *CDN*. Высоковольтные конденсаторы, рассчитанные на то, чтобы обеспечить подключение всей длительности колебательной волны к *EUT*, используют в качестве элементов связи.

Примечание ‒ В настоящее время все оборудование, на которое распространяется действие настоящего стандарта, рассчитано на номинальный ток до 32 А. Поэтому *CDN* с номинальным током более 32 А не рассматривались.

Индуктивность развязки должна быть выбрана изготовителем *CDN* так, чтобы падение напряжения на *CDN* не превышало 10 % от входного напряжения *CDN* при указанном номинальном токе, но не должно превышать 1,5 мГн.

Примеры *CDN* для портов электропитания *AC*/*DC* показаны на рисунках. 15 и 16.

Остаточное напряжение затухающего колебания (от *Pk*1 до *Pk*10) на входах электропитания сети развязки при отключении *EUT* не должно превышать 15 % от приложенного испытательного напряжения или удвоенного рассчетного пикового напряжения сети связи/развязки, в зависимости от того, что выше.

Вышеуказанные характеристики применимы для однофазных систем (линия, нейтраль, защитное заземление) и трехфазных систем (трехфазные провода, нейтраль и защитное заземление).

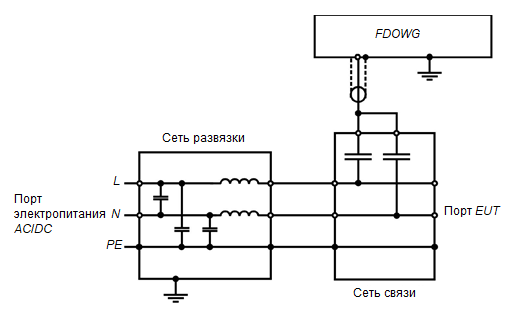


Рисунок 15 ‒ Пример *CDN* для однофазного источника питания *AC*/*DC*:

связь линия ‒ земля

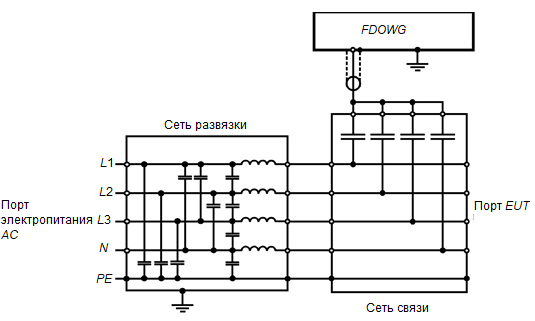


Рисунок 16 ‒ Пример *CDN* для трехфазной сети переменного тока: связь линия ‒ земля

6.3.3.3 Сети связи/развязки для соединительных линий для колебательных волн c быстрым затуханием

Метод соединения следует выбирать в зависимости от типа или функции соединительных кабелей, цепей и рабочих условий, установленных в технических требованиях к изделию. На рисунке 17 показан типичный *CDN*, используемый для соединительных линий.

Для подключения к неэкранированным линиям требуются конденсаторы связи емкостью 33 нФ, которые обеспечивают достаточную изоляцию между соединительными линиями и генератором затухающих колебаний, но позволяют эффективно передавать затухающую колебательную волну.

Соединение с помощью конденсаторов обеспечивает целостность формы волны, но может оказывать фильтрующее воздействие на быструю передачу данных.

Напряжение пробоя конденсатора связи должно быть выбрано как можно более низким, но выше, чем максимальное рабочее напряжение испытываемых линий.

Все *CDN* должны удовлетворять требованиям калибровки, приведенным в 6.4.

Если сигнальные линии симметричны, в сети развязки следует использовать катушки индуктивности (дроссели) с компенсацией тока.

Требуемые характеристики развязки на стороне *AE з*ависят от требований к применению и определяют значения используемых элементов развязки (катушки индуктивности, резисторы, конденсаторы, *GDT*, зажимные устройства и т.д.). При выборе элементов развязки требуется анализ конкретного случая для обеспечения наилучших характеристик развязки и защиты от *AE*.

Минимальное ослабление развязки может оказаться недостаточным для защиты вспомогательных источников сигналов, поэтому могут потребоваться дополнительные устройства защиты.

Сеть может состоять из отдельных блоков, чтобы обеспечить возможность проведения испытания входных/выходных портов с отдельными цепями или группами цепей (например, многожильных с общим).

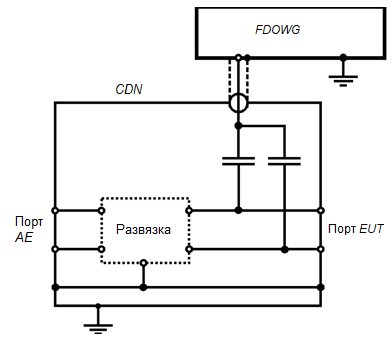


Рисунок 17 ‒ Пример *CDN* для соединительных линий для быстрых затухающих колебательных волн: связь линия ‒земля

Развязывающая секция *CDN* построена с индуктивностью >100 мкГн (для испытания на воздействие колебательные волны с быстрым затуханием).

**6.4 Калибровка сетей связи/развязки**

**6.4.1 Общие положения**

Для сравнения результатов испытаний, полученных с помощью различных *CDN,* следует проводить периодическую калибровку *CDN*. Рассмотрение неопределенности измерений приведено в приложении B. Для этой цели следует выполнить следующую процедуру измерения наиболее важных характеристик *CDN*. Параметры формы волны, измеренные на порту *EUT* *CDN*, зависят от источника генератора и, следовательно, могут быть различными при использовании различных генераторов.

Измерительное оборудование, используемое для калибровки *CDN*, должно удовлетворять тем же требованиям, что и при калибровке генератора (см. 6.2.1.3 или 6.2.2.3 соответственно).

Калибровку следует проводить при тех испытательных уровнях, которые применяют к *EUT*, или при минимальном и максимальном испытательных уровнях.

Напряжение разомкнутой цепи *U*Pk1, время нарастания и затухания следует измерять в условиях разомкнутой цепи. Ток *I*Pk1 измеряют при условиях короткого замыкания.

Остаточное напряжение затухающего колебания, измеренное между подключенными линиями и землей на входном порту электропитания *AC*/*DC* сети развязки при неподключенном *EUT* и сетевом электропитании, не должно превышать 15 % от максимального приложенного испытательного напряжения или удвоенного номинального пикового напряжения *CDN*, в зависимости от того, что выше. Нежелательное напряжение затухающей колебательной волны, измеренное между неподключенными линиями и землей на порте *EUT* при неподключенном *EUT* и сетевом электропитании, не должно превышать 15 % от максимального приложенного испытательного напряжения (разомкнутая цепь).

**6.4.2 Калибровка *CDN* для колебательных волн с медленным затуханием**

Калибровку следует проводить последовательно порт за портом при разрыве и коротком замыкании для *Pk*1 на порте *EUT* *CDN*. Следует провести калибровку обеих полярностей (положительной и отрицательной).

Соответствие требованиям, указанным в 6.4.1, и характеристикам, приведенным в таблице 4, следует проверять на выходе *CDN*, когда ни порт электропитания *AC*/*DC*, ни порт *AE* не подключены.

Таблица 4 ‒ Характеристики затухающих колебательных волн порта *EUT* *CDN* для колебательных волн с медленным затуханием

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выбор *CDN* | Частоты колебаний  напряжения,  ± 10% | *SDOWG*  выходное напряжение | *U*Pk1 порта *EUT CDN* | Время нарастания напряжения  *T*1 ,  ± 20% | Напряжение затухания, *U*Pk5 | | *I*Pk1 порта *EUT CDN* |
| *U*Pk5 | *U*Pk10 |
| *CDN* (рисунки 7 и 8)  Синфазный режим (линия‒земля) | 100 кГц  1 МГц | 0,5 кВ | 0,5 кВ | 75 нс | >50 % *U*Pk1 | < 50 % *U*Pk1 | 2,5 А |
| 1,0 кВ | 1,0 кВ | 5 А |
| 2,0 кВa | 2,0 кВa | 10 Аa |
| *CDN* (рисунки 9 и 10)  Дифференциальный режим (линия‒линия) | 100 кГц  1 МГц | 0,25 кВ | 0,25 кВ | 75 нс | >50 % *U*Pk1 | < 50 % *U*Pk1 | 1,25 А |
| 0,5 кВ | 0,5 кВ | 2,5 А |
| 1,0 кВ | 1,0 кВ | 5 А |
| *CDN* (рисунок 11)  Синфазный режим (линия‒земля) | 100 кГц  1 МГц | 0,5 кВ | 0,5 кВ | 75 нс | >50 % *U*Pk1 | < 50 % *U*Pk1 | 2,5 А |
| 1,0 кВ | 1,0 кВ | 5 А |
| 2,0 кВa | 2,0 кВa | 10 Аa |
| *CDN* (рисунок 12)  Дифференциальный режим (линия‒линия) | 100 кГц  1 МГц | 0,25 кВ | 0,25 кВ | 75 нс | >50 % *U*Pk1 | < 50 % *U*Pk1 | 1,25 А |
| 0,5 кВ | 0,5 кВ | 2,5 А |
| 1,0 кВ | 1,0 кВ | 5 А |
| *CDN* (рисунки 13 и 14)  Синфазный режим (линия‒земля) | 100 кГц  1 МГц | 0,5 кВ | 0,5 кВ | 75 нс | >50 % *U*Pk1 | < 50 % *U*Pk1 | 2,5 А |
| 1,0 кВ | 1,0 кВ | 5 А |
| 2,0 кВa | 2,0 кВa | 10 Аa |
| Формы сигналов на выходных портах *CDN* должны соответствовать тем же допускам, что и на выходном порту генератора.  a Для оборудования подстанций значение увеличено до 2,5 кВ / 12,5 A. | | | | | | | |

**6.4.3 Калибровка *CDN* для колебательных волн с быстрым затуханием**

Калибровку следует выполнить для синфазного режима связи, т.е. для связи затухающих колебательных волн со всеми линиями одновременно.

Калибровку следует проводить последовательно порт за портом при коротким замыкании для *Pk*1 на порту *EU*T *CDN*.

Следует провести калибровку обеих полярностей (положительной и отрицательной).

Для *CDN* с портами электропитания *AC*/*DC* калибровку выполняют с выходными параметрами генератора, соответствующими испытательным уровням, применяемым для *EUT*. Генератор подключают к входу *CDN*. К каждому отдельному выходу *CDN* (*L*1, *L*2, *L*3, *N*, обычно подключенный к *EUT*) подключают к *RGP* нагрузку ‒ шунт со значением сопротивления 0,1 Ом, в то время как другие порты открыты. Значение пикового тока и форму волны регистрируют для каждой полярности. На рисунке 18 показано одно из четырех калибровочных измерений ‒ калибровка *L*1 по *RGP*.

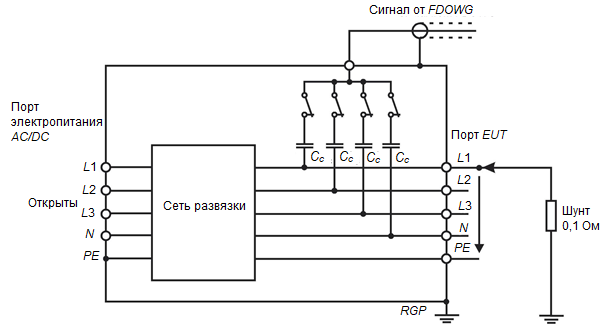


Рисунок 18 ‒ Пример калибровочной установки *CDN* для портов электропитания *AC*/*DC* для колебательных волн с быстрым затуханием

Для *CDN* соединительных линий характеристики, приведенные в таблице 5, должны быть индивидуально откалиброваны для каждой соединительной линии на каждом выводе порта *EUT* (*SC*1, *SC*2) *CDN* с подключением к *RGP* одного шунта со значением сопротивления 0,1 Ом с допускаемым отклонением ± 2 %. На рисунке 19 показано одно из двух калибровочных измерений, калибровка *SC*1 с *RGP.*

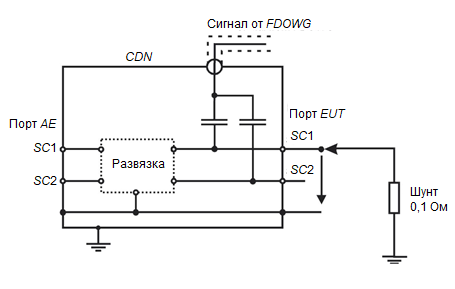
**

Рисунок 19 ‒ Пример калибровочной установки *CDN* соединительных линий для колебательных волн с быстрым затуханием

Примечание 1 ‒ Проверку каждой соединительной линии отдельно выполняют для обеспечения правильного функционирования и калибровки каждой линии.

Примечание 2 ‒ Для сопряжения с выходом *CDN* следует использовать коаксиальные адаптеры.

Соединение между выходом *CDN* и коаксиальным адаптером должно быть как можно короче, но не более 0,1 м.

Требования, указанные в 6.4.1, и характеристики, приведенные в таблице 5, должны быть выполнены на выходе *CDN* , который не подключен к порту электропитания *AC*/*DC*, и не подключен к порту *AE*.

Таблица 5 ‒ Характеристики формы затухающих колебательных волн на порту *EUT CDN* для колебательных волн с быстрым затуханием

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выбор *CDN* | *FDOWG*  выходное напряжение | *I*Pk1 порта *EUT CDN* | Частоты колебаний  напряжения  ± 30% | Время нарастания напряжения  *T*1 | Ток затухания,  *I* Pk5 | Ток затухания,  *I* Pk10 |
| *CDN* (рисунки 18 и 19)  Синфазный режим (линия‒земля) | 0,5 кВ | 10 А | 3 МГц  10 МГц  30 МГц | < 330 нс  < 100 нс  < 33 нс | > 25 % *I*Pk1 | < 25 % *I*Pk1 |
| 1,0 кВ | 20 А |
| 2,0 кВ | 40 А |
| 4,0 кВ | 80 А |

**6.5** **Зажим емкостной связи для колебательных волн с быстрым затуханием**

**6.5.1 Характеристики зажима емкостной связи**

Зажим обеспечивает возможность передачи колебательных волн с быстрым затуханием в испытуемую цепь без гальванического соединения с выводами портов *EUT*, экранирования кабелей или любой другой части *EUT*.

Емкость зажима связи зависит от диаметра кабеля, материала кабеля и наличия экранирования кабеля.

Устройство состоит из зажима (например, из оцинкованной стали, латуни, меди или алюминия) для размещения кабелей (плоских или круглых) испытуемых цепей и должно быть размещено на *RGP*. *RGP* должна выходить за пределы зажима не менее чем на 0,1 м со всех сторон.

Зажим должен быть снабжен с обоих концов высоковольтными коаксиальными соединителями для подключения испытательного генератора к любому концу. Генератор следует подключать к тому концу зажима, который находится ближе всего к *EUT*.

Примечание ‒ Если зажим связи имеет только один коаксиальный соединитель высокого напряжения, его располагают так, чтобы коаксиальный соединитель высокого напряжения находился ближе всего к *EUT*.

Сам зажим должен быть максимально закрыт, чтобы обеспечить максимальную емкость связи между кабелем и зажимом.

Пример механического расположения зажима связи приведен на рисунке 20. Следует использовать следующие размеры:

- высота нижней пластины связи ‒ (100 ± 5) мм

- ширина нижней пластины связи ‒ (140 ± 7) мм

- длина нижней пластины связи ‒ (1 000 ± 50) мм

Примечание ‒ Удлинение нижней пластины связи для установки крепежа (винтов), удерживающего верхнюю пластину, не входит в площадь, заданную размерами, указанными в приведенном выше перечислении и показанными на рисунке 20.

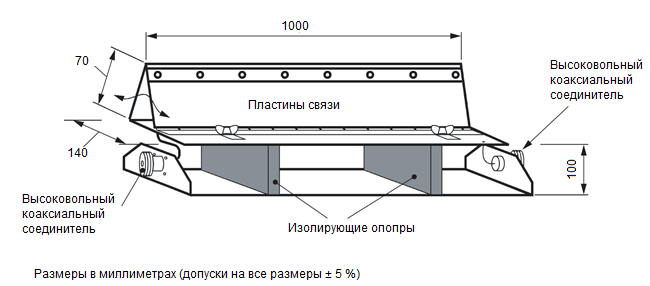
****

Рисунок 20 ‒ Пример зажима емкостной связи

**6.5.2 Калибровка зажима емкостной связи**

Для калибровки характеристик зажима емкостной связи следует использовать измерительное оборудование, указанное в 6.2.2.3 как подходящее для выполнения калибровок.

Пластина преобразователя (см. рисунок 21) должна быть вставлена в зажим связи, а для подключения к измерительному выводу/аттенюатору следует использовать соединительный адаптер с низкой индуктивностью связи по отношению к земле. Схема установки приведена на рисунке 22.

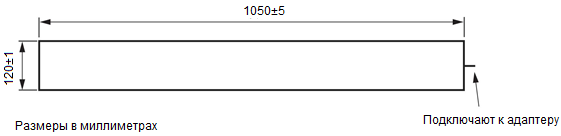


Рисунок 21 ‒ Пластина преобразователя для калибровки зажима связи

Пластина преобразователя должна состоять из металлического листа 120 × 1050 мм толщиной не более 0,5 мм, изолированного сверху и снизу диэлектрическим листом толщиной 0,5 мм. В целях исключения контакта зажима с пластиной преобразователя, ее изоляция должна выдерживать воздействие не менее 2,5 кВ со всех сторон. К одному концу пластины преобразователя подключают соединительный адаптер, посредством низкоомного соединения максимальной длиной не более 30 мм. Пластину преобразователя следует разместить в зажим емкостной связи так, чтобы конец с соединением был совмещен с концом нижней пластины связи. Соединительный адаптер должен поддерживать значение сопротивления равное 50 Ом низкоомного соединение с *RGP* для заземления коаксиального измерительного вывода/аттенюатора. Расстояние между пластиной преобразователя и измерительным выводом/аттенюатором должно быть не более 0,1 м.

Примечание‒ Зазор между верхней пластиной связи и пластиной преобразователя не является значительным.

Калибровку проводят с одним оконечным устройством с сопротивлением 50 Ом с применением указанных ниже требований.

Калибровку зажима связи следует проводить с применением генератора, для которого подтверждено его соответствие требованиям 6.2.2.3.

Калибровку выполняют при установке значения выходного напряжения *FDOWG* равным 2 кВ.

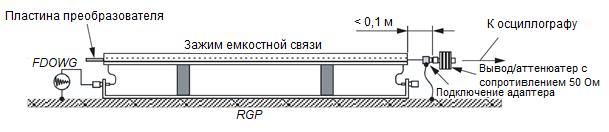


Рисунок 22 ‒ Калибровка зажима емкостной связи с применением пластины преобразователя

*FDOWG* подключают к входу зажима связи.

Пиковое значение напряжения и характеристики формы волны регистрируют на выходе пластины преобразователя, расположенной на противоположном конце зажима связи.

Характеристики формы волны должны соответствовать следующим требованиям:

- пиковое напряжение (1000 ± 200) В

- частоты колебаний (3 ± 0,6), (10 ± 2), (30 ± 6) МГц.

**7 Испытательная установка**

**7.1 Испытательное оборудование**

Испытательная установка включает в себя следующее оборудование:

- заземляющие соединения;

- *RGP* (требуется для испытаний на воздействие колебательных волн с быстрым затуханием и необязательно для испытаний на воздействие колебательных волн с медленным затуханием);

- *EUT*;

- *SDOWG* или *FDOWG*;

- *CDN*;

- зажим емкостной связи (для испытаний на воздействие затухающих колебательных волн);

- *AE*.

Испытательное напряжение следует подавать через *CDN*, если сеть подходит для рабочего сигнала портов *EUT*.

**7.2 Верификация испытательной аппаратуры**

Целью верификации является проверка правильности работы испытательной установки. Испытательная установка включает в себя:

- генератор затухающих колебательных волн (*SDOWG* или *FDOWG*);

- *CDN*;

- зажим емкостной связи (для испытаний колебательных волн с быстрым затуханием);

- соединительные кабели;

- средства измерений.

Для верификации правильности работы системы, необходимо проверить следующие сигналы:

- наличие затухающей колебательной волны на выходе *CDN*;

- наличие колебательной волны с быстрым затуханием на зажиме емкостной связи.

Для верификации достаточно убедиться с помощью подходящего измерительного оборудования (например, осциллографа), что затухающая колебательная волна (см. рисунок 1) присутствует на любом уровне без подключенного к системе *EUT*.

Испытательные лаборатории могут определить внутреннее контрольное эталонное значение для описываемой процедуры верификации.

Пример установки для верификации зажима емкостной связи приведен на рисунке 23. Аналогичная процедура может быть применена для верификации наличия затухающей колебательной волны на порту *EUT* системы *CDN*.

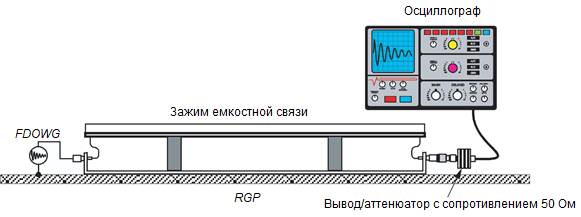


Рисунок 23 ‒ Пример верификации установки зажима емкостной связи

**7.3 Испытательная установка**

**7.3.1 Общие положения**

Напольное *EUT* и оборудование, предназначенное для монтажа в других конфигурациях, если не указано иное, должно быть изолировано от земли с помощью изолирующей опоры толщиной (0,1 ± 0,05) м, включая непроводящие ролики/касторы (см. рисунок 24).

Испытание настольного оборудования и оборудования, обычно монтируемого на потолке или стенах, а также встроенного оборудования можно проводить на столе. Требований к высоте стола не предъявляют. *EUT* следует разместить на высоте (0,1 ± 0,01) м над *RGP*, если ее используют.

Примечание 1 ‒ Испытания большого настольного оборудования или нескольких систем можно проводить на полу, соблюдая те же расстояния, что и при испытании настольного оборудования.

Испытательный генератор и сеть связи/развязки должны быть соединены с землей.

При проведении испытаний следует соблюдать требования к безопасному заземлению, установленные изготовителем *EUT* и испытательного оборудования.

При настройке испытательной конфигурации, заземление испытательного генератора, сети связи/развязки, *EUT* и вспомогательного оборудования может быть обеспечено с помощью *RGP* или надлежащих заземляющих соединений.

*EUT* следует разместить и подключить так, чтобы его размещение и подключение соответствовало функциональным требованиям, соответствующим требованиям к установке (монтажу) оборудования. Минимальное расстояние между *EUT* и всеми другими проводящими конструкциями должно быть более 0,5 м.

Все кабели, идущие к *EUT*, должны быть размещены на изоляционной опоре на высоте 0,1 м над землей. Кабели, не подвергаемые настоящему испытанию, следует прокладывать как можно дальше от испытываемого кабеля, чтобы свести к минимуму взаимодействие между кабелями. Для *EUT*, имеющих съемный шнур электропитания, следует использовать кабель длиной 1 м, если длина кабеля не указана изготовителем. Испытания *EUT* с несъемными кабелями следует проводить с фактической длиной кабеля. Если указано несколько длин кабеля, то для испытания следует проводить с использованием наименьшей длины.

*EUT* должно быть подключено к системе заземления в соответствии с техническими требованиями к установке, указанными изготовителем установки. Дополнительные заземляющие соединения не допускаются.

Для защиты вспомогательного оборудования и сетей общего пользования могут быть использованы сети развязки или устройства поглощения синфазных помех.

Расстояние между любыми устройствами связи и *EUT* должно составлять 0,5 м для настольного и (1,0 ± 0,1) м для напольного оборудования, если иное не указано в стандартах на продукцию. Если применение указанных выше расстояний физически невозможно, могут быть использованы другие расстояния, которые следует указать в протоколе испытаний.

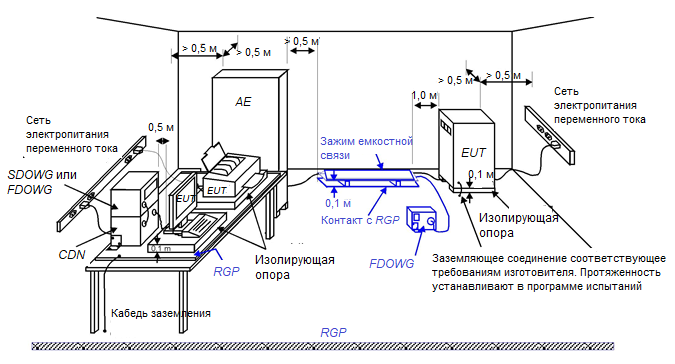
Кабель между *EUT* и устройством связи, если он съемный, должен быть как можно короче, чтобы соответствовать требованиям 7.3.1. Если изготовитель предоставляет кабель, длина которого превышает расстояние между устройством связи и точкой ввода *EUT*, то избыточная длина этого кабеля должна быть собрана в пучок и при использовании располагаться на расстоянии 0,1 м над *RGP*.

Части *EUT* с межсоединительными кабелями длиной менее 3 м, которые не подвергают испытаниям, следует разместить на изолирующей опоре. Расстояние между частями *EUT* должно составлять 0,5 м. Избыточная длина кабеля должна быть собрана в пучок.

Для целей формирования технических требований в настоящем стандарте, портами электропитания считают порты, непосредственно подключенные к сети переменного тока или постоянного тока (распределительная сеть).

Примечание 2 ‒ Комитеты по продукции могут принять решение, что порты электропитания, не подключенные к распределительным сетям, следует подвергнуть испытаниям в соответствии с требованиями настоящего стандарта с применением *CDN*.

Для изделий с двойной изоляцией (т.е. изделий без выделенного вывода заземления) испытания «линия ‒ земля» не проводят. Комитеты по продукции могут принять решение о применяемости испытания «линия ‒ земля» для изделий с двойной изоляцией и заземленными соединениями, отличными от *PE*.



Примечание‒ Элементы рисунка, выделенные синим цветом, применимы только при испытании на воздействие колебательных волн с быстрым затуханием (см. 7.3.2).

Рисунок 24 ‒ Пример испытательной установки

**7.3.2** **Особые требования к испытательной установке для испытаний на воздействие колебательных волн с медленным затуханием**

*EUT* изолируют от земли и *SDOW* прикладывают к его металлической оболочке при заземлении оконечного (или вспомогательного) оборудования, подключенного к испытуемому порту (портам). Испытание применимо к оборудованию с одним или несколькими экранированными кабелями (см. рисунок 25).

Примечание ‒ *RGP*, приведенная на рисунке 25, представляет собой низкоомный эталон. Можно использовать специальный кабель или металлическую пластину.

Все соединения с *EUT*, за исключением испытуемого порта (портов), должны быть изолированы от земли с помощью подходящих средств, таких как безопасные разделительные трансформаторы или подходящая сеть развязки.

Длина кабеля между испытуемым портом (портами) и устройством, подключенным к другому концу кабеля (*AE* на рисунке 25), должна быть:

- 20 м (предпочтительная длина), или

- минимальной длины более 10 м, если изготовитель предоставляет предварительно собранные кабели, используемые в реальных установках.

Если в соответствии с требованиями изготовителя длина кабелей составляет 10 м или менее, испытания не требуются.

Кабель между *EUT* и *АE* следует связать в жгут неиндуктивным способом или намотать в виде бифилярной катушки и разместить на изолированной опоре.

Применяют следующие правила применения *SDOW* к экранированным линиям:

1) экраны заземлены с обоих концов:

- испытание следует проводить в соответствии с рисунком 25.

Испытательный уровень применяют к экранам с конденсатором связи 0,5 мкФ;

2) экраны, заземленные с одного конца:

- испытание проводят в соответствии с 7.3.1 (см. рисунок 6).

Примечание ‒ В этом случае испытание *SDOW* к экрану не применяют.

Для *EUT*, не имеющих металлических оболочек, *SDOW* применяют непосредственно к экранированному кабелю со стороны *EUT*.



Допускается подача электропитания на *EUT* и/или *АE* через сеть развязки, а не через показанный на рисунке разделительный трансформатор. В этом случае защитное заземление *EUT* не следует подключать к сети развязки.

Подачу электропитания постоянного тока на *EUT* и/или *AE* следует осуществлять через сеть развязки.

Если необходимо изолировать оборудование *AE* от *SDOW*, заземляющее соединение на стороне *AE* испытуемого кабеля может быть выполнено непосредственным подключением к экрану соединителя, а не к шасси *AE*. Если требуется дополнительная изоляция и кабель можно удлинить без нарушения целостности экрана (например, с помощью коаксиального цилиндрического соединителя или экранированного соединителя кабеля *Ethernet*), заземление можно выполнить через экран удлинительного соединителя. В этом случае длину кабеля измеряют между *EUT* и соединителем, а не между *EUT* и *AE*. Длина кабеля между соединителем и *AE* не является критичной.

Рисунок 25 ‒ Пример испытательной установки для экранированных линий

**7.3.3** **Особые требования к испытательной установке для испытаний на воздействие колебательных волн с быстрым затуханием**

Напольные *EUT* и оборудование, предназначенное для установки в других конфигурациях, если не указано иное, следует размещать на *RGP* и изолировать от нее с помощью изолирующей опоры толщиной (0,1 ± 0,05) м, включая непроводящие ролики/касторы (см. рисунок 24).

Настольное оборудование и оборудование, обычно монтируемое на потолке или стене, а также встроенное оборудование следует испытывать с *EUT*, расположенным на расстоянии (0,1 ± 0,01) м над *RGP*.

Испытательный генератор и сеть связи/развязки следует закрепить на *RGP*.

*RGP* следует использовать при проведении испытаний на воздействие колебательных волн с быстрым затуханием. *RGP* (систематически требуемый при испытаниях на частотах выше 1 МГц) должен представлять собой металлический лист (медный или алюминиевый) с минимальной толщиной 0,25 мм. Могут быть применены и другие металлы, но в этом случае их толщина должна составлять не менее 0,65 мм.

*EUT*, вспомогательное оборудование и испытательное оборудование следует разместить на RGP и подключить. Соединения с *RGP* должны быть как можно короче.

Минимальный размер *RGP* составляет 1 × 1 м; окончательный размер зависит от размеров *EUT*. *RGP* должен выступать за пределы *EUT* и его вспомогательного оборудования не менее чем на 0,1 м со всех сторон.

При испытании большого настольного оборудования или нескольких систем может потребоваться более одного металлического листа для создания достаточно большого *RGP*. В этом случае, несколько металлических листов следует соединить друг с другом вдоль их смежных сторон, чтобы сформировать большую *RGP*. Соединения должны быть выполнены с помощью короткой (т.е. длиной менее 10 см) оплетки или шнура, и расстояние между ними не должно превышать 10 см.

*RGP* следует подключить к системе защитного заземления лаборатории.

Все кабели к *EUT* должны быть размещены на изолирующей опоре на высоте 0,1 м над уровнем *RGP*.

Импеданс подключения кабелей заземления *CDN* к *RGP* и всех соединений должен обеспечивать низкую индуктивность.

Минимальное расстояние между *EUT* и всеми другими токопроводящими конструкциями (включая генератор, *AE* и стены экранированного помещения), кроме *RGP*, должно быть более 0,5 м.

Для приложения испытательного напряжения к межсоединительным линиям следует использовать *CDN* или зажим емкостной связи. Испытательные напряжения следует подавать на все порты *EUT* по очереди, включая порты между двумя единицами оборудования, участвующими в испытании, за исключением случаев, когда длина соединительного кабеля делает невозможным проведение испытания (см. рисунок. 26).

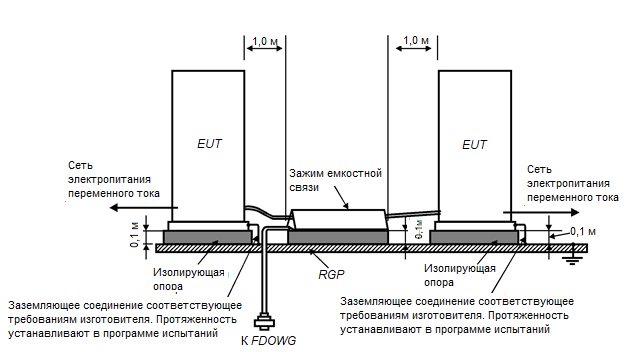


Рисунок 26 ‒ Пример испытательной установки с использованием напольной системы двух *EUT*

Примечание 1 ‒ Длину кабеля, подлежащего испытанию, обычно устанавливают технические комитеты по продукции.

Примечание 2 ‒ Оборудование, не включающее в свой состав кабели, испытывают в соответствии с инструкцией по эксплуатации/установке или по наихудшему сценарию.

При использовании зажима связи минимальное расстояние между пластинами связи и всеми другими токопроводящими поверхностями (включая генератор), за исключением *RGP* под зажимом связи и под *EUT*, должно составлять не менее 0,5 м.

Кабель между *EUT* и устройством связи, если оно съемное, должно быть как можно короче, чтобы соответствовать требованиям 7.3.3. Если изготовитель предоставляет кабель, превышающий расстояние между устройством связи и точкой входа *EUT*, избыточная длина этого кабеля должна быть собрана в пучок и размещена на расстоянии 0,1 м над *RGP*. Если в качестве устройства связи используют зажим емкостной связи, избыточную длину кабеля следует собрать в пучок на стороне *AE*.

**7.4 Испытуемое оборудование (*EUT*)**

Испытуемое оборудование следует размещать и подключать в соответствии с техническими требованиями к установке (монтажу) оборудования.

Рабочие сигналы для введения в действие *EUT* могут быть поданы от вспомогательного оборудования или от имитатора.

Входные и выходные цепи, подключенные к вспомогательному оборудованию, должны быть снабжены сетями развязки для предотвращения воздействия помех на это оборудование.

Необходимо использовать кабели, поставляемые или указанные изготовителем оборудования, или, при их отсутствии, следует использовать неэкранированные кабели, тип которых подходит для соответствующих сигналов.

Линии связи (линии данных) должны быть подключены к *EUT* с помощью кабелей, указанных в технических требованиях или стандарте для данного применения. Длина кабелей должна быть не менее 1 м.

**7.5 Сети связи/развязки**

Если *CDN* является автономным блоком, испытательный генератор должен быть размещен рядом с *CDN*. Соединительный кабель между *CDN* и генератором должен быть менее 1 м. *CDN* следует подключить к *RGP*, если ее используют, и это соединение должно быть как можно короче.

**8 Процедура испытаний**

**8.1 Общие положения**

Процедура испытания включает:

- верификацию испытательной аппаратуры в соответствии с 7.2;

- верификацию лабораторных эталонных условий;

- верификацию правильности работы *EUT*;

- проведение испытания;

- оценку результатов испытания (см. раздел 9).

**8.2 Референтные лабораторные условия**

**8.2.1 Климатические условия**

Климатические условия в лаборатории должны соответствовать любым значениям в пределах значений, установленных для рабочих условий *EUT* и испытательного оборудования, установленных их изготовителями, если иное не установлено комитетом, ответственным за общий стандарт или стандарт на продукцию.

Испытания не следует проводить, если относительная влажность вызывает конденсацию влаги на *EUT* или испытательном оборудовании.

**8.2.2 Электромагнитная обстановка**

Электромагнитные обстановка в лаборатории должны быть такой, чтобы была обеспечена правильная работа *EUT* и не оказывалось влияния на результаты испытаний

**8.3 Проведение испытания**

Следует провести верификацию. Предпочтительно выполнить верификацию до начала испытания (см. 7.2). *EUT* должно работать в нормальных рабочих условиях.

Испытание следует проводить в соответствии с программой испытаний, в которой должна быть указана схема испытаний, включая:

- уровень испытания;

- метод связи (*CDN* или зажим емкостной связи);

- способ приложения испытательного напряжения (линия ‒ земля, линия ‒ линия, между кожухами);

- полярность испытательного напряжения: положительные и отрицательные затухающие колебательные волновые импульсы;

- для испытаний на воздействие на каждый порт *FDOW* ‒ длительность воздействия, которая не должна быть меньше времени, необходимого для введения в действие и отклика *EUT*, но ни в коем случае не менее 1 мин;

- для испытаний на воздействие на каждый порт *SDOW ‒* общая длительность воздействия пачки импульсов в течение времени, необходимого для введение в действие и отклика *EUT*, но ни в коем случае не менее 1 мин, которая может быть разделена на отдельные пачки импульсов (например, шесть пачек импульсов по 10 с, разделенных паузой в 10 с);

- порты *EUT*, подлежащие испытанию;

- последовательность приложения испытательного напряжения на порты *EUT*;

- репрезентативные рабочие условия *EUT*;

- испытательный генератор, выбранный для каждого испытания (*SDOWG* или *FDOWG*);

- *АЕ*.

Примечание 1 ‒ Комитеты по продукции могут установить другие длительности испытаний.

Примечание 2 ‒ При наличии нескольких идентичных цепей, может быть достаточно проведение репрезентативных испытаний на выбранном количестве цепей.

При испытаниях связи «линия ‒ земля» все линии испытывают в синфазном режиме, если не указано иное.

Порты электропитания (переменного или постоянного тока) могут быть входными или выходными.

Испытания на выходных портах рекомендуют в тех случаях, когда затухающие колебательные волны могут проникнуть в *EUT* через эти выходные порты (например, при переключении нагрузок с большим энергопотреблением).

В случае, когда *EUT*, имеющее входные преобразователи *DC*/*DC*, не может быть обеспечена электропитанием через соответствующее *CDN*, которые соответствуют техническим требованиям, указанным в таблицах 4 или 5 соответственно, разрешается применить дополнительную цепь на входе *CDN* (см. рисунок C.1). В этом случае использование специального *CDN* должно быть описано в протоколе испытаний. Вместо использования описанного специального *CDN,* в качестве альтернативного метода испытаний, можно применить прямую подачу затухающих колебательных волн в преобразователи через конденсатор емкостью 33 нФ для *FDOW* или 0,5 мкФ для *SDOW* (см. рисунок C.2 для *FDOW*). Для экранированных кабелей для подачи *SDOW* следует применить метод прямой инжекции согласно 7.3.2. Приложение C содержит дополнительную информацию, относящуюся к такому особому случаю.

Если нормальное функционирование не может быть достигнуто из-за воздействия *CDN* на *EUT*, зажим емкостной связи, указанный в 6.5, может быть использован вместе с *FDOWG*.

Примечание ‒. Если нормальное функционирование не может быть достигнуто из-за воздействия *CDN* на *EUT*, комитеты по продукции могут указать, что испытание на устойчивость к затухающим колебаниям не требуется.

**9 Оценка результатов испытаний**

Результаты испытаний должны быть классифицированы с точки зрения ухудшения или снижения функциональных характеристик *EUT* относительно допустимого ухудшения, определенного комитетами по продукции или иным образом его изготовителем и заказчиком испытаний, или согласованного между изготовителем и потребителям изделий. Рекомендуется следующая классификация (критерий эффективности):

a) нормальная работа в пределах заданных технических характеристик оборудования;

b) функциональные характеристики могут быть снижены за счет допустимого ухудшения работы при воздействии затухающих колебательных волн при условии, что оборудование может самостоятельно восстановить свою нормальную работу после устранения воздействия затухающих колебательных волн. Допустимое ухудшение (деградация) должно быть установлено техническими комитетами по продукции или, в случае отсутствия таких сведений, изготовителем *EUT* совместно с описанием изделия и документацией, включая сведения о том, что может обоснованно ожидать от оборудования потребитель при его использовании по назначению. В этом случае, допустимое ухудшение (деградация) обычно согласовывают между изготовителем и потребителем. Полная потеря функции обычно недопустима;

Примечание ‒ Полезно привести примеры допустимых отклонений.

c) временная потеря функции или ухудшение характеристик без повреждения оборудования, исправление которой обычно требует вмешательства оператора в органы управления оборудованием.

В технических требованиях изготовителя могут быть указаны воздействия на *EUT*, которые можно считать незначительными и, следовательно, приемлемыми.

Данная классификация может быть использована в качестве руководства при формулировании критериев эффективности комитетами, ответственными за общие стандарты на продукцию и стандарты на конкретную продукцию, или в качестве основы для соглашения о критериях эффективности между изготовителем и потребителем, например, когда не существует подходящего общего стандарта на продукцию или стандарта на конкретную продукцию.

В особых случаях, связанных с функциональной безопасностью, может допускаться потеря функции или ухудшение характеристик, которые не подлежат восстановлению, включая повреждение оборудования или программного обеспечения, а также потерю данных.

Оборудование не должно стать опасным или получить повреждения в результате проведения испытаний.

**10 Протокол испытаний (отчет)**

Протокол испытаний (отчет) должен содержать всю информацию, необходимую для воспроизведения испытания. В частности, должно быть зафиксировано следующее:

- элементы, указанные в программе испытаний, требуемые разделом 8 настоящего стандарта;

- идентификацию *EUT* и любого связанного с ним оборудования, например, наименование марки, тип изделия, серийный номер;

- идентификация испытательного оборудования, например, наименование марки, тип продукта, серийный номер;

- любые особые условия окружающей среды, в которых проводилось испытание, например, экранированное помещение;

- любые особые условия, необходимые для проведения испытания;

- чертеж и/или фотографии испытательной установки и компоновки *EUT*;

- уровни характеристик, определенных изготовителем, заказчиком или потребителем;

- критерий эффективности, указанный в общем стандарте, стандарте на конкретную продукцию или группу однородной продукции;

- любые эффекты на *EUT*, наблюдаемые во время или после применения испытательного воздействия, и продолжительность времени, в течение которой эти эффекты сохраняются;

- обоснование решения о прохождении/непрохождении испытания (на основе критерия эффективности, указанного в общем стандарте, стандарте на конкретную продукцию или группу однородной продукции или согласованного между изготовителем и потребителем);

- любые особые условия применения, например, длина или тип кабеля, экранирование или заземление, или условия работы *EUT*, которые требуются для достижения соответствия;

- испытательная конфигурация (аппаратная), включая используемый метод связи;

- испытательная конфигурация (программное обеспечение).

**Приложение А**

**(справочное)**

# Информация об испытательных уровнях для затухающих колебательных волн

Исходя из общепринятой практики установки (монтажа), предусматривающей использование экранированных кабелей с экраном, заземленным с обоих концов на сеть заземления, рекомендуемые уровни испытаний на воздействие затухающих колебательных волн для портов оборудования выбирают следующим образом:

Уровень 1 ‒ Порты, подключенные к кабелям, проходящим в ограниченной зоне управления зданием.

Уровень 2 ‒ Порты, подключенные к кабелям оборудования в здании управления и релейной станции (будках). Соответствующее оборудование установлено в здании управления и релейной станции.

Уровень 3 ‒ Порты, подключенные к кабелям оборудования, установленного в помещении, где расположен релейный щит. Относится к оборудованию, установленному в помещении релейном щита. Для такого оборудования уровень 3 предполагает воздействующее значение сигнала равное 2,5 кВ.

Уровень 4 ‒ Колебательные волны с медленным затуханием не применимы к оборудованию, используемому на электростанциях, в частности на подстанциях *HV*, однако применимы колебательные волны с быстрым затуханием. При необходимости применения этого уровня следует применять надлежащие методы смягчения последствий.

Уровень *X* ‒ Особые ситуации, подлежащие анализу.

Уровни испытаний должны быть выбраны в соответствии с наиболее реалистичными условиями установки и окружающей среды.

Для применений *HEMP* IEC 61000-6-6 [13] описывает особые условия для применения уровней 1‒4, а также уровня *X*.

**Приложение В**

**(справочное)**

**Анализ неопределенности измерений (*MU*)**

**B.1 Общие положения**

Воспроизводимость результатов испытаний по *EMC* зависит от множества факторов или воздействий, которые влияют на результаты испытаний. Эти влияния можно разделить на случайные и систематические. Соответствие реализованной величины помехи величине помехи, указанной в настоящем стандарте, обычно подтверждают с помощью ряда измерений (например, измерение времени нарастания импульса с помощью осциллографа с использованием щупа напряжения или тока). Результат каждого измерения включает в себя определенную неопределенность измерения (*MU*), обусловленную несовершенством средств измерений, а также недостаточной повторяемостью самой измеряемой величины.

Для того чтобы оценить *MU*, необходимо:

- определить источники неопределенности, относящиеся как к средствам измерений, так и к измеряемой величине;

- определить функциональную связь (модель измерения) между влияющими (входными) величинами и измеряемой (выходной) величиной;

- получить оценку и стандартную неопределенность входных величин;

- получить оценку интервала, содержащего, с высокой степенью достоверности, истинное значение измеряемой величины.

При испытаниях на помехоустойчивость, оценки и неопределенности оценивают для параметров величины возмущения (например, время нарастания, пиковое значение и длительность периода колебаний). Таким образом, они описывают степень согласованности величины возмущения (помехи) с соответствующими техническими требованиями настоящего базового стандарта.

Эти оценки и неопределенности, полученные для конкретной величины возмущения, не описывают степень согласованности между моделируемым электромагнитным явлением, как определено в базовом стандарте, и реальным электромагнитным явлением в окружающей обстановке за пределами лаборатории.

Поскольку влияние параметров возмущающей величины на *EUT* априори неизвестно и в большинстве случаев *EUT* демонстрирует нелинейное поведение, для возмущающей величины не может быть определена единая оценка и количество неопределенностей. Поэтому каждый из параметров возмущающей величины будет сопровождаться соответствующей оценкой и неопределенностью. Это приводит к появлению более чем одного бюджета неопределенности.

**B.2 Описание параметров затухающей колебательной волны**

*T*1 ‒ время нарастания затухающей колебательной волны (напряжение или ток, от 10 % до 90 %);

*T* ‒ период затухающей колебательной волны (напряжение, интервал времени между первым и третьим пересечениями нуля после начального пика);

*Pk*1 ‒ первый пик затухающей колебательной волны (напряжение или ток);

*Pk*5 ‒ пятый пик затухающей колебательной волны (напряжение или ток);

*Pk*10 ‒ десятый пик затухающей колебательной волны (напряжение или ток);

Примечание ‒ Значение и взаимосвязь между обозначениями *u*(*x*i), *c*i, *u*i(*y*), *u*c(*y*), *U*(*y*) и *y* объяснены в IEC TR 61000-1-6 [8].

**B.3** **Неопределенности, влияющие на затухающую колебательную волну** ***MU***

Факторы, используемые для оценки влияния как средств измерений, так и испытательной установки, включают:

- считывание пикового значения

- полосу пропускания измерительной системы;

- форму импульсной характеристики измерительной системы;

- погрешность измерения вертикальной оси осциллографа;

- повторяемость системы измерения, измеряемых величин и настроек (тип А);

- калибровка осциллографа;

- калибровка щупов напряжения и тока

**B.4** **Неопределенность измерения выходного напряжения и тока**

**B.4.1 Общие положения**

В случае испытания на устойчивость к затухающим колебательным волнам, возмущающими величинами являются импульсное напряжение и ток, генерируемые испытательным генератором в сочетании с *CDN* и подаваемые на *EUT*. Как указано в B.1, необходим бюджет неопределенности для каждого измеренного параметра величины возмущения. Параметрами этих возмущающих величин являются время нарастания *T*1 сигналов напряжения (разомкнутой цепи) и тока (короткого замыкания), амплитуда первого пика *Pk*1 сигнала напряжения и тока, частота сигнала напряжения 1/*T*, затухание сигнала напряжения и тока (соотношение между *Pk*5 и *Pk*1, *Pk*10 и *Pk*1) и частота повторения сигнала. Оценка неопределенности измерения частоты формы согнала, затухания формы сигнала напряжения и тока и частоты повторения формы сигнала, хотя и является необходимой, но менее требуема. Поэтому основное внимание уделяют времени нарастания и пиковому значению сигнала (как напряжения, так и тока).

Подход, принятый в настоящем приложении для оценки импульсных *MU*, описан в B.4.5 и B.4.6. В таблицах B.1 и B.2 приведены примеры бюджетов неопределенности для амплитуды первого пика и параметров времени нарастания, соответственно. Каждая таблица включает в себя входные величины, которые считаются наиболее значимыми для данного примера, сведения (числовые значения, тип функции плотности вероятности и т.д.) о каждом факторе, вносящем вклад в *MU* и результаты расчетов, необходимых для определения бюджета неопределенности.

Проанализирована неопределенность измерения колебательной волны с быстрым затуханием частотой 3 МГц. Аналогичную процедуру применяют к другим колебательным волнам с быстрым и медленным затуханием.

**B.4.2 Время нарастания затухающей колебательной волны 3 МГц**

Измеряемой величиной является время нарастания напряжения разомкнутой цепи и тока короткого замыкания затухающей колебательной волны, рассчитанное с помощью функциональной зависимости:

,

Где,

‒ время при 10 % амплитуды первого пика;

*‒* время при 90 % амплитуды первого пика;

δ*R* ‒ поправка на отсутствие повторяемости;

*T*MS ‒ время нарастания ступенчатого отклика измерительной системы (от 10 % до 90 %);

*B* ‒ полоса пропускания измерительной системы по уровню минус 3 дБ

α ‒ коэффициент, значение которого равно 360 ± 40 (*B* в МГц и *T*MS в нс).

Таблица B.1 ‒ Пример бюджета неопределенности для времени нарастания затухающей колебательной волны 3 МГц (*T*1) напряжения разомкнутой цепи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Оценка | Предел  погреш-ности | PDF\* | Делитель | *u*(*x*i) | *c*i, | Еди-ница | *u*i(*y)*, нс |
| *T*10% | 0,85 нс | 0,1000 нс | Треугольная | 2,45 | 0,04082 | минус 1,01503 | 1 | 0,04144 |
| *T*90% | 6,1 нс | 0,1000 нс | Треугольная | 2,45 | 0,04082 | 1,01503 | 1 | 0,04144 |
| δ*R* | 0 нс | 0,15 нс | Нормальная (k=1) | 1,00 | 0,15000 | 1,01503 | 1 | 0,15225 |
| α | 360 нс∙МГц | 40 нс∙МГц | Треугольная | 1,73 | 23,09401 | минус 0,00044 | 1/МГц | 0,01005 |

*Окончание таблицы B.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Оценка | Предел  погреш-ности | PDF\* | Делитель | *u*(*x*i) | *c*i, | Еди-ница | *u*i(*y)*, нс |
| *B* | 400 МГц | 30 МГц | Треугольная | 1,73 | 17,32051 | 0,00039 | нс/МГц | 0,00678 |
|  | | | | |  | | | 0,16359 |
|  | | | 0,33 |
| y | | | 5,17 |
| \* Функция плотности вероятности | | | | | | | | |

***T*10 %, *T*90 %**‒ значения времени нарастания на уровне 10 % или 90 % пиковой амплитуды. Предел погрешности получен при условии частоты дискретизации 5 ГС/с и возможности интерполяции трасс осциллографа (треугольная функция плотности вероятности). В противном случае следует принять прямоугольную функцию плотности вероятности. Здесь учитывают только вклад в *MU*, обусловленный частотой дискретизации; дополнительные вклады см. в В.4.5. Предполагается, что значения *T*10 % равно 0,85 нс и *T*90 % равно 6,1 нс.

***T*MS** ‒ расчетное время нарастания ступенчатого отклика измерительной системы. Коэффициент α зависит от формы импульсного отклика измерительной системы. Диапазон 360 ± 40 является представительным для широкого класса систем, каждая из которых имеет различную форму импульсного отклика (см. В.4.5 и таблицу В.3). Ширина полосы пропускания *B* измерительной системы может быть получена экспериментально (прямое измерение полосы пропускания) или рассчитана на основе полосы пропускания *B*i каждого элемента измерительной системы (в основном такими элементами являются щупы напряжения и тока, кабель и осциллограф) с использованием следующей формулы:

,

Предполагаемое оценочное значение *B* равно 400 МГц, а оценочное значение предела погрешности составляет 30 МГц для прямоугольной функции плотности вероятности.

δ*R* ‒ представляет собой отсутствие повторяемости времени нарастания от 10 % до 90 %. Величина определяет отсутствие повторяемости при измерении разности *T*90 %‒*T*10 %, которое обусловленное средствами измерения, схемой измерительной установки и самим *DOWG*. Величину определяют экспериментально. Такая оценка типа А, основана на формуле экспериментального стандартного отклонения *s*(*qk*) выборки из *n* повторных измерений *q*j и представлена в виде:

,

где ‒ среднее арифметическое значений *q*j. Предполагается, что предел погрешности *s*(*qk*) равен 150 пс (в единицах стандартного отклонения нормальной функции плотности вероятности) и оценка составляет 0 нс.

Примечание ‒ Для напряжения разомкнутой цепи и тока короткого замыкания бюджеты неопределенности получаются аналогичным образом. В случае формы волны напряжения *T*MS включает в себя полосу пропускания щупа напряжения, а в случае формы волны тока ‒ полосу пропускания шунта или щупа для измерения тока. Функциональная зависимость одинакова в обоих случаях.

**B.4.3 Пик затухающей колебательной волны 3 МГц**

Измеряемой величиной является значение первого пика затухающей колебательной волны напряжения разомкнутой цепи, полученное с использованием следующей функциональной зависимости:

Где, *V*PR ‒ пиковое значение напряжения;

*A* ‒ затухание постоянного тока щупа напряжения;

δ*R* ‒ поправка на отсутствие повторяемости;

δ*V* ‒ точность отображения постоянного тока по вертикали осциллографа;

*B* ‒ полоса пропускания измерительной системы по уровню минус 3 дБ;

β - коэффициент, значение которого равно (4,2 ± 0,5) МГц.

Таблица В.2 ‒ Пример бюджета неопределенности для затухающей колебательной волны 3 МГц (*Pk*1) пикового напряжения разомкнутой цепи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Оценка | Предел  погреш-ности | Еди-ница | PDF\* | Дели-тель | *u*(*x*i) | *c*i, | Еди-ница | *u*i(*y)* |
| *VPR* | 0,97 В | 0,0019 | В | Треугольная | 2,45 | 0,00077 | 1000,11 | 1 | 0,77352 В |
| *A* | 1000 (1) | 50 | 1 | Прямоугольная | 1,73 | 28,86751 | 0,97011 | В | 28,00458 В |
| δ*R* | 0 (1) | 0,03 | 1 | Нормальная (k=1) | 1,00 | 0,03000 | 970,107 | В | 29,10321 В |
| δ*V* | 0 (1) | 0,02 | 1 | Прямоугольная | 1,73 | 0,01155 | 970,107 | В | 11,20183 В |
| 𝛽 | 4,2 МГц | 0,5 | МГц | Прямоугольная | 1,73 | 0,028868 | 0,05094 | В/МГц | 0,01470 В |
| *B* | 400 МГц | 30 | МГц | Прямоугольная | 1,73 | 17,32051 | минус 0,00053 | В/МГц | 0,00926 В |
|  | | | | | |  | | | 0,14192 кВ |
|  | | | 0,08 кВ |
| Оценка *y* | | | 0,97 кВ |
| \* Функция плотности вероятности | | | | | | | | | |

***V*PR** ‒ пиковое значение напряжения. Предел погрешности получен при условии, что осциллограф имеет 8-битное вертикальное разрешение с возможностью интерполяции (треугольная функция плотности вероятности);

***A*** ‒ затухание постоянного тока в щупе напряжения. Предполагается, что оценочное значение равно 1000, а погрешность составляет 5 % (прямоугольная функция плотности вероятности);

δ*R* ‒ количественная оценка отсутствия повторяемости измерительной установки, схемы и оборудования. Оценка является оценкой типа А, количественно определяемая экспериментальным стандартным отклонением выборки повторных измерений пикового напряжения. Выражается в относительных величинах и предполагается, что оценка равна 0 %, а предел погрешности составляет 3 % (в единицах стандартного отклонения).

δ*V* ‒ количественная оценка погрешности измерения амплитуды осциллографом на постоянном токе. Предполагается, что погрешность прямоугольной функции плотности вероятности составляет 2 %, а оценка равна 0.

β ‒ коэффициент, зависящий от формы импульсного отклика измерительной системы и стандартной формы импульсного сигнала в окрестности пика (см. В.4.6). Интервал 4,2 ± 0,5 является репрезентативным для широкого класса систем, каждая из которых имеет различную форму импульсного отклика.

*B* ‒ см. B.4.2, имеет тот же смысл и те же значения как для оценки, так и для предела погрешности.

Примечание ‒ Для напряжения разомкнутой цепи и тока короткого замыкания бюджеты неопределенности получаются аналогичным образом. В случае формы волны напряжения *T*MS включает в себя полосу пропускания щупа напряжения, а в случае формы волны тока ‒ полосу пропускания шунта или щупа для измерения тока. Функциональная зависимость одинакова в обоих случаях.

**B.4.4 Добавочные вклады *MU* при измерении времени**

Добавочными вкладами *MU* при измерении времени являются:

- ошибка временной базы и джиттер: характеристики осциллографа могут быть приняты как пределы погрешности прямоугольных функций плотности вероятности. Обычно этими вкладами можно пренебречь.

- вертикальное разрешение: вклад зависит от вертикального амплитудного разрешения Δ*A* и от наклона трассы *dA*/*dt.* Неопределенность связана с полушириной разрешения и составляет (Δ*A*/2)/(*dA/dt*). Если выполняется интерполяция трассы (см. руководство к осциллографу), то используют треугольную функцию плотности вероятности, в противном случае ‒ прямоугольную функцию плотности вероятности. Такой вклад часто можно пренебречь.

**B.4.5 Время нарастания ступенчатого отклика на воздействие и полоса пропускания отклика измерительной системы**

Если принять *T*MS, как время нарастания ступенчатого отклика измерительной системы, которое определяют по формуле:

, (B.1)

Где *h*0 (t) ‒ импульсный отклик измерительной системы, имеющий нормированную площадь, т.е., а *T*s ‒ время задержки, определяемое по следующей формуле:

,

Формула (B.1) гораздо проще с математической точки зрения, чем обычная формула, основанная на пороговых уровнях 10 % и 90 %. Тем не менее, в технических приложениях обычно используют определение времени нарастания, основанное на пороговых уровнях от 10 % до 90 %. С учетом полосы пропускания системы минус 3 дБ эти два способа определения приводят к сопоставимому времени нарастания. Действительно, если определить

то следует, что значения α, полученные из двух способов определения времени нарастания, не сильно отличаются друг от друга. Значения α, соответствующие различным формам импульсного отклика *h*(*t*), приведены в таблице B.3. Из таблицы В.3 видно, что невозможно определить однозначное значение α, поскольку α зависит как от принятого определения времени нарастания [например на основе пороговых значений или при использовании формулы (В.1)], так и от формы импульсного отклика измерительной системы. Разумная оценка α может быть получена как среднее арифметическое между минимальным (321∙10-3) и максимальным (399∙10-3) значениями, приведенными в таблице В.3, то есть 360∙10-3. Далее можно предположить, что если нет никакой информации об измерительной системе, кроме ее полосы пропускания, то любое значение α между 321∙10-3 и 399∙10-3 является равновероятным. Говоря иначе, α принимают за случайную величину, имеющую прямоугольную функцию плотности вероятности с нижней и верхней границами 321∙10-3 и 399∙10-3, соответственно.

Стандартная неопределенность α определяет:

а) безразличие к математической модели, принятой для определения времени нарастания, и

b) безразличие к форме импульсного отклика системы.

Таблица B.3 ‒ Коэффициент α различных однонаправленных импульсных откликов

соответствующих одной и той же полосе пропускания *B* системы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Значения α умножены на 103 | Гауссовская функция плотности вероятности | Первого порядка  (I-го порядка) | Второго порядка  (II-го порядка)  (критическое затухание) | Функция плотности вероятности | |
| Прямоугольная | Треугольная |
| α ‒ по формуле (B.1) | 332 | 399 | 383 | 321 | 326 |
| α ‒ на основе пороговых уровней 10 % и 90 % | 339 | 350 | 344 | 354 | 353 |

**B.4.6 Искажение пика и ширины импульса из-за ограниченной полосы пропускания измерительной системы**

Искаженная форма импульсного сигнала *V*out (*t*) на выходе измерительной системы задается интегралом свертки:

, (B.2)

Где, *V*in(*t*) ‒ форма волны входного импульса;

*h*(*t*) ‒ импульсный отклик измерительной системы.

*A* ⋅ *h* (*t*) = h0 (*t*),

Где, *A* ‒ затухание постоянного тока в измерительной системе.

Форма входного сигнала может быть аппроксимирована разложением в ряд Тейлора относительно момента времени *t*p, когда входной сигнал достигает своего пикового значения *V*p :

, (B.3)

Член первого порядка отсутствует в формуле (B.3), поскольку V′′(*t*p) = 0. Далее, Vin′′(*t*p) < 0 поскольку вогнутость направлена вниз (максимум), а Vin′′′ (*t*p) > 0, поскольку для интересующих нас стандартных форм волны время нарастания меньше времени спада. Подставив формулу (B.3) в формулу (B.2) и сделав упрощения, справедливых, когда полоса пропускания измерительной системы велика по отношению к полосе пропускания входного сигнала (так что члены степенного ряда, порядок которых больше двух, пренебрежимо малы), получаем:

Где, *V*pd ‒ пиковое значение выходного импульса;

*A ‒* затухание постоянного тока в измерительной системе; и

Параметр β зависит от второй производной стандартной формы входного сигнала (или измеренной формы выходного сигнала) и от параметра α, определенного и выведенного в В.4.5. Математическое выражение для стандартной затухающей колебательной формы сигнала приведено в 4.1, а численное значение β = (4,2 ± 0,5) кГц.

**B.5 Применение неопределенностей при оценке критерия соответствия затухающей колебательной волны**

Для подтверждения того, что генерируемая затухающая колебательная волна соответствует требованиям настоящего стандарта, результаты калибровки следует сравнить с допускаемыми отклонениями, установленными в настоящем стандарте. *MU* не должны приводить с снижению допускаемых отклонений.

Дальнейшие указания приведены в IEC TR 61000-1-6:2012, статья 6 [8].

**Приложение С**

**(справочное)**

**Проблемы, связанные с электропитанием *EUT*, имеющих на входе *DC*/*DC*-преобразователи**

**C.1 Общие положения**

Поскольку промышленность требует проектирования энергосберегающего оборудования, особенно в классических «фермах» серверов данных и центральных офисах, которые могут содержать сотни или тысячи непрерывно работающих серверов/маршрутизаторов коммуникационного оборудования, изготовители оборудования перепроектируют свое оборудование, чтобы сделать его более эффективным и менее энергозатратным с точки зрения рассеяния тепла. Одним из самых расточительных компонентов является блок электропитания. Проектируя источники электропитания оборудования для работы от постоянного напряжения и затем преобразуя номинальное входное напряжение в напряжения, требуемые цепями системы, можно сэкономить огромное количество энергии, используя современную конструкцию коммутации, управляемую микропроцессорными технологиями, чтобы получать электропитание от источника только тогда, когда это действительно необходимо цепям нагрузки. Более крупные накопительные конденсаторы, которые ранее использовались для хранения энергии между циклами включения электропитания, исключаются из оборота или их применение существенно сокращается. В результате входной ток таких источников электропитания постоянного тока больше не является настоящим постоянным током. Он стал импульсным током. Частота этого импульсного тока часто становится проблемой при прохождении через индуктор, используемый в сети развязки *CDN*. Индуктивность сети развязки была выбрана так, чтобы обеспечить очень низкое реактивное сопротивление частотам линий электропередачи постоянного и переменного тока, обычно до 50 или 60 Гц. С увеличением частоты увеличивается и индуктивное сопротивление. Таким образом, для затухающих колебательных волн реактивное сопротивление становится очень высоким и эффективно ослабляет импульс, проходящий через источник электропитания, подключенный к *CDN*. Таким образом, импульс «направляется» на выход *EUT* *CDN*. Частота входных импульсов тока *DC*/*DC*-преобразователей постоянно увеличивается, что позволяет повышать их эффективность. Поскольку технологии импульсных источников электропитания развиваются с целью использования методов *PWM* (широтно-импульсной модуляции), входной ток этих источников электропитания становится сложной формой волны, фактически содержащей множество частот и их гармоник (из-за прямоугольной формы импульсов). В результате индуктор развязки, через который этот ток протекает к своему источнику, не может пропускать эти быстрые изменения тока. Высокое реактивное сопротивление индуктора при воздействии таких высокочастотных переходов приводит к мгновенному падению напряжения, подаваемого на испытываемое оборудование. Поскольку источник электропитания *EUT* имеет малую емкость для поддержания напряжения на своих нагрузках, его выходное напряжение падает. Подобный процесс может привести к прекращению работы цепей нагрузки оборудования или их неустойчивой работе. Блок электропитания *DC*/*DC* имеет быстро реагирующую схему, поэтому он немедленно пытается получить больше тока от своего источника. Для увеличения тока от источника, он изменяет свой *PWM* (рабочий цикл). Такое изменение фактически изменяет частоту прерывистого тока через индуктор развязки, что может дополнительно уменьшить мгновенное напряжение на *EUT* или увеличить его в зависимости от частотного эффекта *PWM*, и цикл начинается снова.

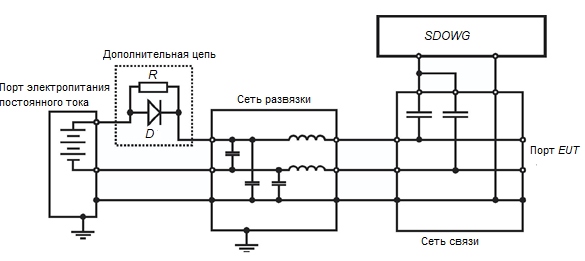
Другой проблемой активных *DC*/*DC*-преобразователей является то, что наличие индуктивности между источником постоянного тока и входом *DC*/*DC*-преобразователя может вызвать автоколебания из-за динамического соотношения напряжения и тока входного сигнала. *dI*/*dV* имеет отрицательное значение при небольших отклонениях от номинального напряжения, и для некоторых преобразователей это, в сочетании с характеристиками усиления и фазы контура управления преобразователя, может вызвать нежелательные автоколебания. Запас устойчивости *DC*/*DC*-преобразователя в сочетании с *CDN* испытательной лаборатории, как правило, неизвестен.

В то время как переход на источники электропитания для *EUT* направлен на использование более энергоэффективных входов постоянного тока для такого телекоммуникационного *EUT*, испытательным лабораториям приходится приобретать источники постоянного тока для обеспечения электропитанием входных *CDN*, используемых для испытаний на соответствие требованиям к электропитанию этих *EUT*. Современные технологии также изменили номенклатуру лабораторных источников электропитания постоянного тока. В настоящее время, при разработке источников электропитания используют технологии импульсного режима и имеют они очень сложную схему, которая позволяет поддерживать постоянное выходное напряжение и ток при различных изменяющихся нагрузках, а также сокращать потери энергии в виде тепла, в отличие от устаревших технологий линейных источников электропитания. Применяемые схемы могут создавать проблемы при подаче электропитания на устройства, имеющие на входах *DC*/*DC*-преобразователи, из-за изменяющегося тока и сложных форм тока, вызванных частотами переключения *DC*/*DC*-преобразователей.

Источники электропитания могут не справиться с такими быстрыми изменениями нагрузки. Кроме того, их выходное сопротивление в сочетании с индуктивностью развязки *CDN* и индуктивностью нагрузки *EUT* может сделать их восприимчивыми к колебаниям. Кроме того, многие из этих источников постоянного тока не выдерживают и не справляются с воздействием остаточных импульсов, проходящих через сеть развязки, и могут быть повреждены. Инженерам-испытателям необходимо тщательно изучить и понять ограничения таких источников, используемых для испытаний на оценку соответствия, чтобы обеспечить их пригодность для таких применений.

**C.2 Соображения по исправлению ситуации**

Если причина, по которой *EUT* не включается через *CDN*, не найдена, следующим шагом будет определение того, связана ли проблема с ограничением напряжения на *EUT* с индуктивностью развязки или с тем, что источник постоянного тока не может поддерживать свое выходное напряжение, выдает колебания напряжения или имеет место комбинация того и другого. Это не всегда простые задачи. Одновременный просмотр входного напряжения и тока в линии на *EUT* с помощью двухканального осциллографа может выявить наличие колебаний или скачков частоты переключения, влияющих на входное напряжение на *EUT*. Важно знать все частоты переключения источника электропитания *EUT*, а также минимальные и максимальные уровни входного напряжения. Если форма сигнала сложная (содержит множество частот с разными амплитудами), это, вероятно, вызвано наведенными помехами со стороны источника постоянного тока, например, его собственными частотами переключения и генерацией шума. Часто требуется устранять источники частотных помех шаг за шагом, например, заменяя источник электропитания постоянного тока или даже исключая источник электропитания постоянного тока на аккумуляторные батареи (например, хорошо подходят автомобильные аккумуляторные батареи) для достижения надлежащих значений входного напряжения и тока. Если проблема заключается в колебаниях и предполагается, что они вызваны индуктивностью развязки, то включение цепи резистор-диод последовательно с входом источника в *CDN*, как показано на рисунке C.1, может ослабить или устранить колебания. Если колебание затухает в достаточной степени, так что напряжение не превышает минимальные и максимальные допуски источника электропитания постоянного тока *EUT*, то этого должно быть достаточно, чтобы можно было включить *EUT* и провести испытание на воздействие затухающей колебательной волны. Поскольку каждый источник электропитания и источник постоянного тока *EUT* отличаются друг от друга, для достижения оптимального значения сопротивления для оптимального затухания требуются некоторые разумные эксперименты. Приведенная ниже схема, размещенная на входе *CDN*, не оказывает влияния на параметры волнового сигнала, указанные в настоящем стандарте. Иногда требуется добавление демпфирующей цепи, показанной на рисунке C.1.

Рисунок C.1 – Пример дополнительной демпфирующей цепи к *CDN* для *DC*/DC-преобразователей *EUT*

Альтернативным методом испытаний модифицированного CDN может быть прямая инжекция затухающих колебательных волн через конденсатор емкостью 33 нФ для *FDOW* или 0,5 мкФ для *SDOW*, как показано на рисунке C.2.

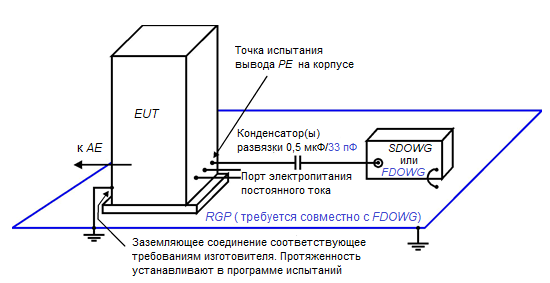


Рисунок C.2 – Пример прямой инжекции затухающих колебательных волн

**Приложение ДА**

**(справочное)**

**Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам**

Таблица ДА.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень  соответствия | Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта |
|  |  |  |
| IEC 60050-161 | MOD | ГОСТ 30372‒2017 (IEC 60050-161:1990 «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения» |
| Примечание− В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта ‒ MOD ‒ модифицированный стандарт. | | |

# [Библиография](file:///D:\Елена%20Р\ТК%20452\2018%20стандарты\РОСНАНО\ГОСТ%20Р%20МЭК%2062715-6-2\Регистрация%20перевода%20IEC%2062715-6-2\IEC%2062715-6-1%20Ed.1.0%20rus.docx#Библиография)

[1] IMPOSIMATO, C., HOEFFELMAN, J., ERIKSSON, A., SIEW, WH., PRETORIUS, PH., WONG, PS. EMI Characterization of HVAC Substations – Updated data and Influence on Immunity Assessment. CIGRE Paper 36-108, Paris, 2002 (Характеристика электромагнитных помех подстанций HVAC. Обновленные данные и влияние на оценку помехоустойчивости. Документ CIGRE, стр. 36-108, Париж, 2002)

[2] IEC TS 60816, Guide on methods of measurement of short duration transients on low-voltage power and signal lines (Руководство по методам измерения кратковременных переходных процессов на низковольтных силовых и сигнальных линиях)

[3] lEC 60068-1, Environmental testing – Part 1: General and guidance (Испытания на воздействие окружающей среды. Часть 1: Общие сведения и рекомендации)

[4] IEC 61000-2-9, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 9: Description of HEMP environment – Radiated disturbance [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2: Окружающая среда. Раздел 9. Описание среды HEMP.Излучаемые помехи]

[5] IEC 61000-2-10, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-10: Environment – Description of HEMP environment – Conducted disturbance [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-10. Окружающая среда. Описание среды HEMP. Кондуктивные помехи]

[6] IEC 60694, Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards (Общие спецификации для стандартов высоковольтных устройств распределения и управления)

[7] IEC 61000-4-25, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-25: Testing and measurement techniques – HEMP immunity test methods for equipment and systems [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-25. Методы испытаний и измерений. Методы испытаний на устойчивость к HEMP для оборудования и систем]

[8] IEC TR 61000-1-6:2012, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 1-6. Общие положения. Руководство по оценке неопределенности измерений]

[9] IEC TR 61000-2-5, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-5: Environment – Description and classification of electromagnetic environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-5. Окружающая среда. Описание и классификация электромагнитных сред]

[10] IEC TR 61000-4-1, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-1. Методы испытаний и измерений.Обзор серии IEC 61000-4]

[11] lEC 61010-1, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements (Требования безопасности к электрическому оборудования для измерений, контроля и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования)

[12] lEC Guide 107, Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications (Электромагнитная совместимость. Руководство по составлению публикаций по электромагнитной совместимости)

[13] IEC 61000-6-6, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-6: Generic standards – HEMP immunity for indoor equipment [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-6. Общие стандарт. Устойчивость к HEMP для внутреннего оборудования]

[14] IEC 60050-311, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 311: Electrical and electronic measurements – General terms relating to measurements (available at [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)) [Международный электротехнический словарь (МЭС). Часть 311. Электрические и электронные измерения. Общие термины, относящиеся к измерениям (доступно на[www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)]

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| УДК 621.396/.397:001.4:006/354 |  | МКС 33.100.20 |  | IDT |
| Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электромагнитная обстановка, затухающая колебательная волна, устойчивость, требования, калибровка, испытательная установка, средства измерений, испытания, измерения, неопределенность измерений, сети связи/развязки, зажим емкостной связи, оценка соответствия | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Руководитель организации-разработчика: | | | | |
| Общество с ограниченной ответственностью Научно-Методический центр «Электромагнитная совместимость» (ООО «НМЦ ЭМС») | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
|  | | | | |
| Генеральный директор |  |  |  | Н.И. Файзрахманов |
| *должность* |  | *подпись* |  | *инициалы фамилия* |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Исполнитель |  |  |  |  |
| *должность* |  | *подпись* |  | *инициалы фамилия* |

1. ТК 77 и его подкомитеты готовы сотрудничать с комитетами по продуктам в оценке значимости конкретных испытаний на устойчивость изделий, входящих в их область деятельности. [↑](#footnote-ref-1)
2. Цифры в квадратных скобках относятся к библиографии [↑](#footnote-ref-2)