



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

К.44

(07/2003)

СЕРИЯ К: ЗАЩИТА ОТ ПОМЕХ

**Испытания на стойкость оборудования
электросвязи, находящегося под действием
перенапряжения и сверхтоков –
Базовая Рекомендация**

Рекомендация МСЭ-Т К.44

Рекомендация МСЭ-Т К.44

Испытания на стойкость оборудования электросвязи, находящегося под действием перенапряжения и сверхтоков – Базовая Рекомендация

Резюме

В настоящей Рекомендации определены основные методы проведения испытаний и критерии стойкости оборудования электросвязи к действию перенапряжений и сверхтоков.

Перенапряжения и сверхтоки, рассматриваемые в данной Рекомендации, включают импульсные напряжения, возникающие вследствие разрядов молнии непосредственно в линейных сооружениях или вблизи них, краткосрочных наводок от расположенных рядом силовых линий переменного тока или электрифицированных железнодорожных систем, повышения энергопотенциала относительно земли вследствие сбоя в системе энергоснабжения, замыкания между линиями электросвязи и силовыми линиями

Наиболее существенные изменения, внесенные в данную Рекомендацию, по сравнению с версией 2000 года:

- замена продольного испытания испытанием порт–земля;
- введение внешнего порта в испытания порта;
- добавление требований к внутреннему порту.

Источник

Рекомендация К.44 утверждена 29 июля 2003 года 5-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соответствие положениям данной Рекомендации является добровольным делом. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (для обеспечения, например, возможности взаимодействия или применимости), и тогда соответствие данной Рекомендации достигается в том случае, если выполняются все эти обязательные положения. Для выражения требований используются слова "shall" ("должен", "обязан") или некоторые другие обязывающие термины, такие как "must" ("должен"), а также их отрицательные эквиваленты. Использование таких слов не предполагает, что соответствие данной Рекомендации требуется от каждой стороны.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на то, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для реализации этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ.

© МСЭ 2004

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1	Условия применения..... 1
2	Использованные источники 1
3	Определения и сокращения..... 2
3.1	Определения..... 2
3.2	Сокращения 5
3.3	Обозначения 6
4	Условия для перенапряжений и сверхтоков..... 6
5	Требования к стойкости (основные и расширенные) 6
5.1	Основные требования к стойкости..... 7
5.2	Расширенные требования к стойкости 7
6	Границы оборудования..... 7
7	Условия тестирования 7
7.1	Типы тестов 7
7.2	Условия тестирования 8
8	Координация защиты..... 10
8.1	Введение 10
8.2	Молния..... 10
8.3	Напряжение, индуцированное источником питания, возрастание земляного потенциала и контакт с силовыми проводами 10
8.4	Специальное тестовое защитное устройство 11
9	Критерии приемки 11
10	Тесты 11
10.1	Внешний порт с симметричной парой..... 16
10.2	Внешний коаксиальный порт 17
10.3	Внешний порты выделенного электропитания постоянного и переменного тока . 17
10.4	Внешний порт основного электропитания переменного тока..... 17
10.5	Внутренние порты 18
Приложение А – Схемы тестирования 18	
А.1	Введение 18
А.2	Оборудование..... 18
А.3	Тестовые генераторы..... 20
А.4	Генератор формы волны 22
А.5	Схемы питания, элементы связи, развязки и терминирования 22
А.6	Схемы тестирования для различных типов портов 25
Добавление I – Объяснения, иллюстрирующие условия тестирования..... 41	
I.1	Тестирование..... 41
I.2	Диапазон тестовых уровней в тестах на влияние молнии и индукции систем питания 53

	Стр.
I.3 Соотношение между МСЭ-Т К.44 и другими Рекомендациями на данный продукт или семейство продуктов	54
Добавление II – Дополнительная информация для производителей и операторов	56
II.1 Введение	56
II.2 Координация первичной защиты	56
II.3 Напряжение MDF на входе оборудования	60
II.4 Токовый тест на портах электропитания.....	67
II.5 Возрастание потенциалов земли и нулевого провода	68

Рекомендация МСЭ-Т К.44

Испытания на стойкость оборудования электросвязи, находящегося под действием перенапряжений и сверхтоков – Базовая Рекомендация

1 Область применения

В настоящей базовой Рекомендации описаны испытания на стойкость для всех типов оборудования электросвязи по отношению к перенапряжениям и сверхтокам, которыми должны пользоваться сетевые операторы и производители оборудования.

Рекомендация применима ко всем типам оборудования электросвязи, соединенного как с внешними, так и расположенными внутри здания, металлическими проводниками. Она должна рассматриваться вместе с Рекомендациями МСЭ-Т К.11 и К.39, которые касаются общих экономических и технических аспектов защиты.

Данная Рекомендация не приводит ни уровней тестирования, ни особых правил приемки для специального оборудования.

Информация о соответствующих уровнях тестирования и точках тестирования содержится в описаниях конкретного семейства продуктов или рекомендации на данный продукт.

Поэтому, данная Рекомендация должна использоваться совместно с Рекомендацией, относящейся к данному продукту или семейству продуктов, имеющей дело с требованиями стойкости, относящимися к оборудованию, которое подлежит тестированию.

Если Рекомендация, относящаяся к данному продукту или семейству продуктов, или какая-то статья ее или пункт, отличаются от статьи или пункта данной базовой Рекомендации, то применяется Рекомендация, относящаяся к данному продукту или семейству продуктов. Как только происходит обновление рекомендаций, относящихся к данному продукту, они должны быть согласованы с Рекомендацией МСЭ-Т К.44 и должны ссылаться на нее.

Данная Рекомендация предполагает, что конфигурация цепей заземления и связи удовлетворяет соответствующим рекомендациям, относящимся к определенным типам установок.

Эти тесты являются типовыми испытаниями и, хотя они применимы к системе в целом, могут применяться к отдельным элементам оборудования в процессе разработки и усовершенствования. При осуществлении этих испытаний, необходимо принимать во внимание любые обстоятельства, которые могут повлиять на результат, независимо от того, где они возникают: в тестируемом блоке или где-то еще.

Тестирование на действие электростатического разряда в данной Рекомендации не рассматривается, в этом случае должен использоваться стандарт IEC 61000-4-2.

2 Источники

Нижеследующие Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники являются предметом пересмотра; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается рассмотреть возможность применения последнего издания Рекомендаций и других ссылок, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

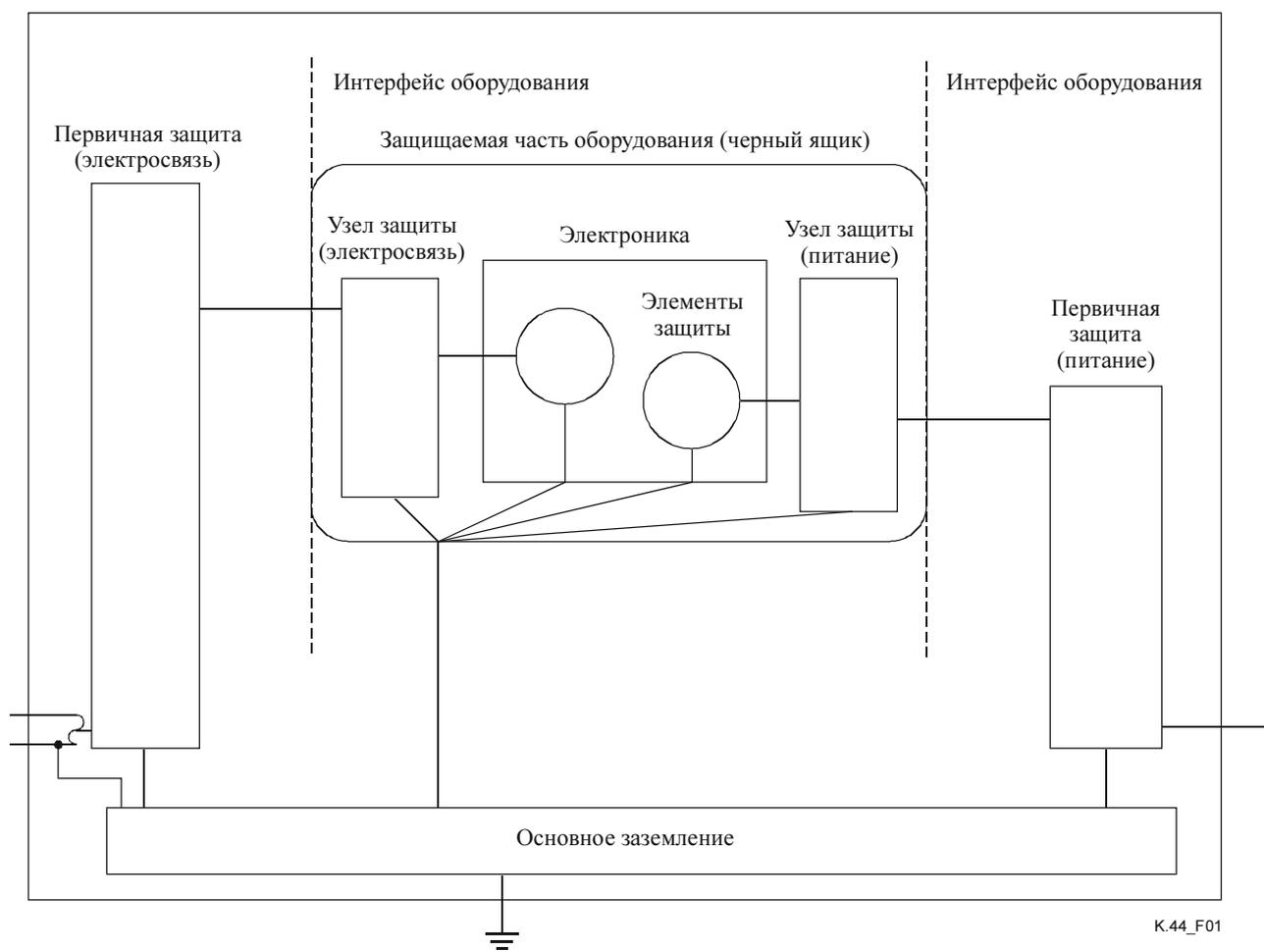
- ITU-T Recommendation K.11 (1993), *Principles of protection against overvoltages and overcurrents.*
- ITU-T Recommendation K.12 (2000), *Characteristics of gas discharge tubes for the protection of telecommunications installations.*
- ITU-T Recommendation K.27 (1996), *Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building.*
- ITU-T Recommendation K.28 (1993), *Characteristics of semi-conductor arrester assemblies for the protection of telecommunications installations.*

- ITU-T Recommendation K.31 (1993), *Bonding configurations and earthing of telecommunication installations inside a subscriber's building.*
- ITU-T Recommendation K.35 (1996), *Bonding configurations and earthing at remote electronic sites.*
- ITU-T Recommendation K.39 (1996), *Risk assessment of damages to telecommunication sites due to lightning discharges.*
- ITU-T Recommendation K.40 (1996), *Protection against LEMP in telecommunications centres.*
- IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques. Part 1: General definitions and test requirements.*
- IEC 61000-4-2:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*
- IEC 61000-4-5:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test.*
- IEC 61643-1:2002, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods.*

3 Определения и сокращения

3.1 Определения

Для лучшего понимания определений различных терминов, см. рисунок 1. На этом рисунке показаны элементы, имеющие отношение к оборудованию, которое может быть установлено.



ПРИМЕЧАНИЕ – Расположение блоков и соединительных проводов внутри здания, укрытия, структуры или места размещения оборудования призвано помочь их идентификации и не является примером оптимального физического размещения с точки зрения защиты.

Рисунок 1/К.44 – Иллюстрация различных элементов защиты

В данной Рекомендации определяются следующие термины:

3.1.1 стойкость: способность оборудования электросвязи или установок противостоять, в общем случае, без разрушения, воздействию перенапряжений или сверхтоков до определенного установленного уровня и в соответствии с определенными установленными критериями.

Замечание: Критерий разрушения установлен в разделе 9.

3.1.2 устройство защиты от импульсных разрядов напряжения, SPD (Surge protective device): устройство, используемое для ослабления действия импульсных разрядов перенапряжений и сверхтоков ограниченной длительности. Оно может состоять из одного элемента или иметь более сложную конструкцию.

3.1.3 первичная защита: первичная защита применяется путем использования SPD для защиты интерфейса оборудования в том месте, где оно отводит наиболее разрушительную энергию от последующего воздействия на оборудование. Устройство SPD должно быть доступным, убираемым и подсоединяемым к эквипотенциальной связи.

3.1.4 согласованная первичная защита: согласованная первичная защита является вариантом SPD, которое используется для защиты оборудования на основе соглашения между производителем и сетевым оператором. Согласованная первичная защита может быть основана на специальном SPD или группе устройств SPD, которая удовлетворяет требованиям определенной рекомендации или спецификации. Согласованная первичная защита может отсутствовать, если сетевой оператор согласился с тем, что для данного оборудования нет необходимости использовать внешние элементы защиты.

3.1.5 собственная защита: собственной защитой является такая защита, которая обеспечивается на интерфейсе оборудования либо с помощью фактически присущих ему внутренних характеристик, либо с помощью соответствующего проектирования, либо с помощью надлежащих элементов защиты.

3.1.6 элемент защиты, проводящий большие токи: элемент защиты, проводящий большие токи, является SPD, которое спроектировано проводить, или отводить, большую часть электрической энергии импульсных разрядов, при условии его нормального функционирования, от цепей, которые он защищает. Элементы защиты, проводящие большие токи, используются главным образом, для первичной защиты, но в некоторых случаях могут быть интегрированы в оборудование для реализации функций собственной защиты.

3.1.7 удельная энергия: удельная энергия W_{sp} – это мера энергии, возникающей от индукции или частоты электропитания в результате возрастания электрического потенциала земли, и равной энергии, которая могла бы быть рассеяна на резисторе номиналом в 1 Ом. Она определяется как квадрат индуцированного тока ($I_{a.c.}$), умноженный на время, в течение которого течет ток:

$$W_{sp} = (I_{a.c.})^2 \times t \quad (3-1)$$

Удельная энергия тестового генератора определяется путем закорачивания выходных терминалов генератора.

3.1.8 элемент координации: элемент координации – это элемент между первичной защитой и собственной защитой, используемый для предотвращения чрезмерного влияния режима работы на первичную защиту.

3.1.9 специальное тестовое устройство защиты: специальное тестовое устройство защиты – это элемент или схема, используемая для того, чтобы заменить согласованное устройство первичной защиты с целью подтверждения координации. Это специальное тестовое устройство защиты гарантирует, что напряжение на входе оборудования будет выше во время теста, чем при нормальном режиме работы, и обеспечивает определенный уровень гарантий, что оборудование будет защищено путем добавления первичной защиты.

3.1.10 выделенное электропитание: выделенное электропитание – это электропитание, обеспеченное выделенным кабелем, который покидает данное здание.

3.1.11 внешний порт: внешний порт – это особый интерфейс описываемого оборудования, который непосредственно подсоединяется к металлическим проводам, выходящим за границы данного здания или укрытия.

3.1.12 внутренний порт: внутренний порт – это особый интерфейс описываемого оборудования, подсоединяемый к металлическим проводам, которые не покидают здания или укрытия. Эти интерфейсы присоединяют к кабелям, которые связывают системные блоки, см. рисунок 2.



Рисунок 2/К.44 – Системные блоки

3.1.13 координация защиты: действие, гарантирующее, что все элементы защиты, внутренние или внешние по отношению к данному оборудованию, реагируют таким образом, чтобы ограничить количество энергии, напряжение или ток до таких уровней, что элементы защиты или оборудование не будут повреждены.

3.1.14 оборудование, установленное в помещении клиента, CPE (Customer premises equipment): оборудование, которое предполагается непосредственно подсоединить к терминальным точкам сети связи общего пользования на территории клиента.

3.1.15 сеть доступа, AN (Access network): часть общей сети электросвязи, которая расположена между центром электросвязи и зданием на территории клиента.

3.1.16 магистральная сеть, TNW (Trunk network): часть общей сети электросвязи, которая расположена между двумя центрами электросвязи.

3.1.17 центр электросвязи: телекоммуникационное сооружение, в котором заземление и связи осуществлены в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т К.27.

3.1.18 дистанционное электропитание: дистанционное электропитание является электропитанием, обеспеченным симметричными сигнальными парами или внутренними проводниками коаксиальных цепей, одновременно используемых для передачи сигнала. Снабжение рабочим напряжением питания терминального оборудования клиента не относится к дистанционному электропитанию.

3.1.19 элемент связи: компонент с низким импедансом, используемый для соединения генератора импульсных разрядов с тестируемым портом или для связи нетестируемого порта с землей.

3.1.20 элемент развязки: компонент с подходящим импедансом, служащий для снижения уровня энергии, передаваемой в связанное с ним оборудование или терминальное окончание.

3.1.21 терминальное окончание: компонент, моделирующий соединение подключенного к нему оборудования к тестируемому или нетестируемому портам.

3.2 Сокращения

В данной Рекомендации используются следующие сокращения:

МСЭ-Т	Сектор стандартизации Международного союза электросвязи	
a.c.	Alternating current	переменный ток
AN	Access Network	сеть доступа
ANE	Access Network Equipment	оборудование сети доступа
CPE	Customer Premises Equipment	оборудование в помещении клиента
d.c.	direct current	постоянный ток
dpf	dedicated power feed	выделенное электропитание
EPR	Earth Potential Rise	возрастание электрического потенциала земли
ESD	Electrostatic Discharge	электростатический разряд
EUT	Equipment Under Test	тестируемое оборудование
GDT	Gas Discharge Tube	газоразрядная трубка
IEC	International Electrotechnical Commission	Международная электротехническая комиссия (МЭК)
ISDN	Integrated Services Digital Network	цифровая сеть интегрированных служб (ЦСИС)
LE	Local Exchange	местная АТС
LI	Line Interface	линейный интерфейс
LT	Line Termination	линейное терминальное окончание
MDF	Main Distribution Frame	основной распределительный кросс
MOV	Metal Oxide Varistor	металло-оксидный варистор

n.a.	not applicable	не применимо
NT	Network Termination	сетевое окончание
o/c	open circuit	разомкнутая цепь
pfv	power feeding voltage	напряжение электропитания
PTC	Positive Temperature Coefficient resistor	резистор с положительным тепловым коэффициентом сопротивления (ТКС)
RSE	Remote Switching Equipment	дистанционное коммутирующее оборудование
SPD	Surge Protective Device	устройство защиты от импульсных разрядов напряжения
SSA	Solid State Arrester	твердотельный разрядник
TCE	Telecommunication Center Equipment	оборудование центра электросвязи
TNW	Trunk Network	магистральная сеть
USB	Universal Serial Bus	универсальная последовательная шина

3.3 Обозначения

В данной Рекомендации используются следующие обозначения:

U_c	напряжение заряда постоянного тока генератора импульсных разрядов
$U_{c(max)}$	максимальное напряжение заряда постоянного тока генератора импульсных разрядов
$U_{a.c.(max)}$	максимальное напряжение переменного тока для тестов, использующих переменное напряжение

4 Условия для перенапряжений и сверхтоков

В данной Рекомендации рассмотрены следующие случаи действия перенапряжений и сверхтоков:

- импульсные разряды, вызванные ударами молний в линию связи или около нее;
- большие токи в общей проводке или компонентах, когда перенапряжения или сверхтоки происходят одновременно в ряде линий;
- большие токи, текущие в данное оборудование, когда высокий ток, переносимый элементами защиты, которые устраняют необходимость первичной защиты, интегрируется данным оборудованием;
- кратковременные индукционные токи, наводимые переменным напряжением соседних линий электропитания или системами электрифицированных железных дорог, как правило, тогда, когда в этих линиях или системах возникают отказы;
- возрастание потенциала земли, вызванное отказами электропитания;
- прямой контакт между проводами линиями связи и основными линиями электропитания;
- переходные импульсные разряды на основных линиях электропитания;
- разность потенциалов, которая может возникнуть между ТТ или ИТ системой электропитания и системой электросвязи.

5 Требования к стойкости (основные и расширенные)

Линии электросвязи, дистанционные (выделенные) линии электропитания и основные линии электропитания в той или иной мере на практике подвержены воздействию молний или линий электропитания. Несколько степеней влияния и измерения защиты описываются в Рекомендации МСЭ-Т К.11. Имея в виду стойкость оборудования электросвязи, подсоединенного к металлическим проводам, существуют различные требования стойкости для различной окружающей среды. Выбор надлежащих требований к стойкости оборудования из рекомендаций на отдельный продукт или семейство продуктов является прерогативой Администрации или сетевых операторов. В интересах снижения числа типоразмеров оборудования, рекомендуется использовать только конкретные основные и расширенные требования.

5.1 Основные требования к стойкости

Нужно, чтобы оборудование было удобным для использования в условиях низкого уровня вредных внешних воздействий. Это достигается путем собственной защиты оборудования. Нужно также, чтобы такое оборудование было удобно и для использования в условиях с более высокими уровнями внешних воздействий, а этого можно достичь путем собственной защиты оборудования, работающей совместно с согласованной первичной защитой.

5.2 Расширенные требования к стойкости

Когда основных требований к стойкости недостаточно в силу окружающих условий, национального регулирования, соображений экономического или технического характера, стандартов установки или требований уровня сервиса, сетевые операторы могут запросить расширенных требований к стойкости.

6 Границы оборудования

Наличие вариантов различных типов оборудования приводит к необходимости рассматривать оборудование как "черный ящик", имеющий несколько портов: a, b, c, d, e и f, и т.д., а также E (земля). Возможно также, что некоторые типы оборудования защиты уже были установлены в данном оборудовании, либо на печатной плате и т.д., либо были подсоединены к его портам. Для целей этого тестирования, предполагается, что производители определяют границы таких "черных ящиков", а любые включаемые устройства защиты должны рассматриваться как неизменная часть данного оборудования (с небольшими изменениями в уличных шкафах, мультиплексорах, оборудовании на территории клиента и т.д.). Когда в оборудовании используются защитные элементы, пропускающие токи высокого уровня, см. раздел 10.1.1. Там, где используется внешняя проводка электросвязи, например в результате расширения, или как земля сигнализации, эта проводка должна рассматриваться в плане увеличения числа терминалов, подлежащих тестированию, например, a, b, c, d, e и f, и т.д., а также E (земля).

7 Условия тестирования

7.1 Типы тестов

Четыре типа тестов должны быть проведены на оборудовании, к ним относятся:

- поперечное тестирование (линия к линии);
- тестирование внешнего порта по отношению к земле;
- тестирование внешнего порта по отношению к внешнему порту;
- тестирование внутреннего порта по отношению к земле.

7.1.1 Поперечное тестирование

Поперечное тестирование должно осуществляться для всех внешних портов оборудования с симметричными парами. Это тест выполняется при наличии некоторых нетестируемых портов, для каждого типа портов, которые терминируются.

7.1.2 Тестирование внешнего порта по отношению к земле

Тестирование порта по отношению к земле должно осуществляться для оборудования, имеющего внешние порты, которые соединены с землей или с внутренними портами. Этот тест выполняется при условии терминирования всех нетестируемых портов (как внутренних, так и внешних), а затем последовательно повторяется с каждым типом внутреннего порта, заземленным через элемент связи.

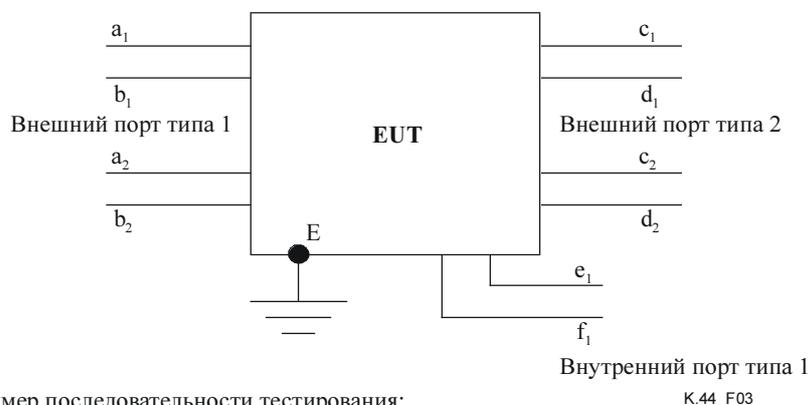
7.1.3 Тестирование внешнего порта по отношению к внешнему порту

Тестирование порта по отношению к порту должно осуществляться для оборудования, имеющего больше одного внешнего порта. Когда оборудование спроектировано для использования в схеме соединения с заземлением, рекомендации по данному оборудованию определяют, в каких случаях должно проводиться тестирование. Это тестирование осуществляется при условии терминирования всех нетестируемых портов (как внутренних, так и внешних) и проводится для каждого типа внешнего порта, включая и порты того же типа, заземленного, в свою очередь, через элемент связи.

При тестировании внешнего порта по отношению к внешнему порту нужно рассматривать как второй порт нижеследующее:

- 1) другие линии/пары того порта, который тестируется (например, пару 1 к паре 2 для порта 1);
- 2) линии/пары других типов портов (например, пару 1 порта типа 1 к паре 1 порта типа 2).

Пример последовательности тестирования приведен на рисунке 3.



Пример последовательности тестирования:

- $a_1 - b_1$ (поперечное тестирование)
- $a_1/b_1 - E$ (тестирование внешнего порта относительно земли)
- $a_1/b_1 - E$, когда e_1/f_1 имеет связь с E (тестирование внешнего порта относительно земли, когда один внутренний порт заземлен)
- $a_1/b_1 - c_1/d_1$, когда E отсоединен (тестирование внешнего порта относительно внешнего порта, когда один внешний порт заземлен)
- $e_1/f_1 - E$ (тестирование внутреннего порта относительно земли)

Рисунок 3/К.44 – Пример последовательности тестирования

7.1.4 Тестирование внутреннего порта по отношению к земле

Тестирование внутреннего порта относительно земли осуществляется на внутренних портах всех типов. Этот тест осуществляется при условии терминирования некоторых нетестируемых портов, для каждого типа портов.

7.2 Условия тестирования

Следующие условия применимы ко всем тестам, определенным в разделе 10.

- 1) Все тесты являются типовыми тестами и проводятся при стандартных условиях функционирования, если в рекомендациях по оборудованию или семейству оборудования не оговорены другие условия.
- 2) Порты, для которых применяются тесты на оборудовании, должны быть идентифицированы производителем как:
 - a и b , c и d , e и f и т.д. – для различных одиночных портов с симметричными парами;
 - a_1 к a_n и b_1 к b_n , c_1 к c_m и d_1 к d_m , e_1 к e_p и f_1 к f_p и т.д. – для различного множества симметричных портовых пар;
 - внутренние и внешние – для портов коаксиальных кабелей;
 - dpf_1 и dpf_2 и т.д. – для портов выделенного электропитания;
 - $L1$, $L2$, $L3$ и N – для портов основного электропитания;
 - E – для земли.
- 3) Тесты должны проводиться на работающем оборудовании, единственное исключение составляет тест, требующий прямых контактов (между линиями связи и линиями электропитания). Замечание: Если тест, требующий прямых контактов с линиями электропитания, выполняется на оборудовании, отключенном от питания, оно не должно влиять на результаты тестирования. Работающее оборудование должно тестироваться в любом рабочем состоянии в течение достаточного времени, см. А.2.4. Для доказательства соответствия необходимым требованиям, возможно, потребуется тестирование указанного оборудования как при терминировании тестируемых, так и нетестируемых портов, а также при наличии связи нетестируемых портов с землей, см. А.5 и I.1.5.

- 4) Терминирование для тестируемых и нетестируемых портов распространяется на внешнее оборудование, например, LI, LT, NT, SPE, источники питания, устройство моделирования или пассивное терминирование. Если нет необходимости подключать внешнее оборудование, для того чтобы убедиться, что EUT выдержит тестовое напряжение, то этот тест может быть осуществлен и без подключения внешнего оборудования. Там, где могут иметь место разные варианты терминирования, например, при наличии или в отсутствие первичной защиты, эти варианты должны быть рассмотрены, см. I.1.5. Элементы развязки используются для предохранения от выхода из строя подключенного оборудования или устройства терминирования от импульсных разрядов.
- 5) Возможно порты потребуется тестировать при наличии конечного числа заземленных нетестируемых портов того же самого или различных типов, для того чтобы подтвердить, что оборудование удовлетворяет определенным критериям приемных испытаний. Для заземления соответствующего порта, как это требуется в п. 6) и 7) ниже, используются элементы связи.
- 6) Тестирование внешнего порта относительно земли должно осуществляться без заземления нетестируемых портов, а также при наличии заземления всех типов внутренних портов.
- 7) Тестирование внешнего порта относительно внешнего порта должно осуществляться при наличии заземления каждого типа внешнего порта, включая порт того же самого типа.
- 8) Каждый тест должен быть осуществлен столько раз, сколько указано в рекомендациях на данное оборудование или семейство оборудования. Полярность импульсных разрядов при тестировании на действие молний должна последовательно меняться. Временной интервал между последовательными тестами на том же самом порту должен быть примерно равен одной минуте. Если необходимо, этот тест может быть проведен и для большей длительности, чтобы убедиться, что данное оборудование соответствует критериям приемных испытаний для импульсных разрядов длительностью больше одной минуты. Например, это может подтвердить, что данное оборудование прошло тест при приложении всех импульсных разрядов к РТС при нормальной рабочей температуре.
- 9) Когда осуществляется поперечный тест между двумя терминалами, один из этих терминалов должен быть подключен к генератору импульсных разрядов, а другой должен быть заземлен. Этот тест затем должен быть повторен в позиции, когда терминалы меняются местами.
- 10) Тест на влияние индукции электропитания должен проводиться на рабочих частотах источника питания или систем электрифицированных железных дорог, используемых в стране, использующей данное оборудование.
- 11) Во всех случаях, где указывается максимальное напряжение, ток или удельная энергия, тест должен проводиться также и для меньших значений, если это необходимо для подтверждения, что данное оборудование удовлетворяет критериям приемки для любого напряжения, тока или удельной энергии вплоть до максимальных значений. Там, где рекомендации на данное оборудование допускают сокращенное тестирование, например, для контактных с силовыми линиями тестов, следует выполнять столько тестов, сколько требуется, для того чтобы подтвердить, что данное оборудование удовлетворяет определенным критериям приемки.

ПРИМЕЧАНИЕ – Особые элементы, на которые нужно обратить внимание в процессе тестирования включают первичное защитное устройство, коммутирующее или возвратного типа собственное защитное устройство, РТС и плавкие предохранители.

Там, где используются резисторы-предохранители, тесты должны осуществляться с разными уровнями (в некотором диапазоне), чтобы гарантировать, что худший случай не пропущен.
- 12) После завершения каждой тестовой последовательности можно использовать новый элемент первичной защиты.
- 13) Карты должны тестироваться в одном или большем числе слотов, если необходимо, для того чтобы подтвердить, что данное оборудование удовлетворяет условиям приемки.
- 14) Если карта имеет два или больше одинаковых портов, нужно тестировать только один из них, при проведении однопортовых тестов.
- 15) В любом случае соседние карты не должны испытывать воздействие со стороны карт, находящихся в состоянии тестирования.

8 Координация защиты

8.1 Введение

Для оборудования, установленного в среде, более подверженной внешним воздействиям, современная практика защиты портов, соединенных с внешними металлическими проводами, предложит использовать в качестве первичной защиты устройства типа GDT, SSA или MOV. Самое лучшее место для размещения первичной защиты – это граница здания, укрытия или места размещения оборудования. Хотя это не всегда возможно, но нужно стараться, чтобы поместить первичную защиту как можно ближе к месту ввода кабеля в здание, укрытие или место размещения оборудования. Характеристики этого первичного устройства SPD должны удовлетворять требованиям Рекомендаций МСЭ-Т К.12, К.28 или IEC 61643-1.

Координация первичной защиты нужна для того, чтобы гарантировать совместимость данного оборудования с конкретной первичной защитой.

8.2 Молния

Для того чтобы достичь координации в защите от импульсных разрядов, возникающих при разряде молнии, нужно, чтобы выполнялось следующее:

- Собственная защита в данном оборудовании должна создать защиту до такого напряжения, при котором согласованная первичная защита работает для напряжений генератора меньших, чем $U_{c(max)}$, определенном в рекомендации на данное оборудование или семейство оборудования.
- Между этим напряжением и напряжением генератора $U_{c(max)}$ должна работать первичная защита, защищающая данное оборудование.
- Данное оборудование должно удовлетворять определенным критериям, заложенным в рекомендации на данное оборудование или семейство оборудования.
- Для проверки того, что координация в защите от импульсных разрядов, возникающих при разряде молнии, была достигнута, используется специальное тестовое устройство защиты, устанавливаемое в том месте, где должна быть установлена первичная защита при проведении теста по защите от разряда молнии, см. 8.4. Во время теста специальное тестовое защитное устройство должно работать при напряжении генератора меньше чем или равном $U_{c(max)}$, определенном в рекомендации на данное оборудование или семейство оборудования. Это должно обеспечить некоторые гарантии, что устройство первичной защиты будет работать и защищать оборудование от импульсных разрядов напряжением $> U_{c(max)}$.

8.2.1 Первичное устройство SPD с коммутирующей характеристикой

Координация достигается при использовании устройства SPD коммутирующего типа, когда специальное тестовое устройство защиты, см. 8.4.1, активируется напряжением U_c , которое меньше максимального уровня, определенного в соответствующей рекомендации на данное оборудование или семейство оборудования, для тестирования с согласованной первичной защитой, и данное оборудование удовлетворяет указанным критериям данной Рекомендации.

8.2.2 Первичное устройство SPD с характеристикой фиксатора уровня

Координация с устройством SPD типа фиксатора уровня достигается, когда оборудование удовлетворяет критерию, указанному в документации на данное оборудование, при условии тестирования со специальным тестовым устройством защиты, см. 8.4.2, при максимальном тестовом напряжении и токе координационного теста, то есть тогда, когда первичное устройство SPD проводит максимальный ток.

8.3 Напряжение, индуцированное источником питания, возрастание земляного потенциала и контакт с силовыми проводами

Защита от напряжения, индуцированного источником питания, и EPR, как результат потери земли у источника питания, достигается с помощью собственной защиты внутри оборудования или в комбинации с согласованной первичной защитой.

Защита от повреждений в результате прямого контакта с проводами электропитания достигается за счет использования собственной защиты оборудования.

Входной импеданс по отношению к земле, как входа а, так и входа b, некоторого оборудования может быть низким, когда активируется собственная защита от перенапряжения. В этом случае, падение напряжения на полном внутреннем сопротивлении, вызванное током, который протекает за

счет индукции источника питания или EPR, может быть слишком низким, чтобы активировать первичную защиту. Если первичная защита не активируется, нужно обратить внимание на уровень энергии, которая может быть рассеяна внутри данного оборудования.

8.4 Специальное тестовое защитное устройство

Специальное защитное тестовое устройство должно вести себя так, как и согласованное первичное устройство защиты.

8.4.1 Защитное устройство коммутирующего типа

Рабочее напряжение постоянного тока специального тестового устройства защиты должно быть в 1,15 раза больше установленного максимального рабочего напряжения постоянного тока, значения, полученного после испытания на долговечность, согласованного первичного устройства защиты. Допуск этого напряжения зажигания равен $\pm 5\%$. Он также должен иметь рабочее отношение (амплитуды) импульсного разряда к (уровню) постоянного тока похожее на то, что имеет согласованное первичное устройство защиты. Производитель может использовать специальное тестовое устройство защиты с более высоким рабочим напряжением.

8.4.2 Защитное устройство типа фиксатора уровня

Напряжение фиксации уровня специального тестового устройства защиты должно быть в 1,15 раза больше установленного максимума напряжения фиксации уровня для согласованного первичного устройства защиты. Допуск на это напряжение фиксации равен $\pm 5\%$. Производитель может использовать специальное тестовое устройство защиты с более высоким рабочим напряжением.

8.4.3 Многокаскадные модули

В случае, если первичная защита представляет собой многокаскадный модуль, следует заменить первичную защиту на специальный тестовый модуль, который использует элементы в соответствии с 8.4.1. и 8.4.2.

9 Критерии приемки

Два критерия приемки являются общепризнанными:

- Критерий А – Оборудование должно выдерживать тест без выхода из строя или других неприятных последствий (таких как порча программного обеспечения или неправильное функционирование устройств защиты) и должно работать надлежащим образом в определенных допустимых пределах после тестирования. При этом не требуется работать корректно в процессе тестирования.
- Критерий В – Угроза возгорания не должна возникать в оборудовании в результате тестирования. Любой выход из строя, если это происходит, должен быть локализован вплоть до элементарной части оборудования.

10 Тесты

Тестовые генераторы, схемы тестирования, элементы связи и развязки и устройства терминирования портов приведены в Дополнении А.

Определенные доводы, которые оправдывают предложения по проведению тестов, приведены в Добавлении I. Отклик тестируемого оборудования на импульсные разряды может быть изменен за счет входного импеданса оборудования. Для объяснения этого эффекта, в Добавлении I включен пример схемы и мгновенные уровни напряжения в различных точках этой схемы, показывающие влияние входного импеданса. Эти значения приведены только для иллюстрации и не составляют какую-то часть данной Рекомендации.

В таблице 1 рассмотрены типы портов. Дистанционное электропитание использует такой же порт, как и сигнальный порт.

Таблица 1/К.44 – Типы портов

Тип порта	Тип теста	Пример	
Внешний	Симметричная пара	Воздействие молнии	Аналоговый пользовательский интерфейс Интерфейс базовой скорости ISDN Интерфейс xDSL
		Напряжение, индуцированное источником питания и возрастание потенциала земли	
		Контакты проводов с сетью основного питания	
	Коаксиальный кабель	Воздействие молнии	Интерфейс первичной скорости ISDN Схемы дистанционного электропитания
		Напряжение, индуцированное источником питания и возрастание потенциала земли	
	Выделенное питание (переменного и постоянного тока)	Воздействие молнии	Блок оптической сети/ терминальный интерфейс электропитания
		Напряжение, индуцированное источником питания и возрастание потенциала земли	
	Основное питание переменного тока	Воздействие молнии	Основное питание переменного тока
Возрастание потенциала земли и потенциала нулевого провода			
Внутренний	Неэкранированный кабель	Воздействие молнии	
	Экранированный кабель (включая коаксиальный)	Воздействие молнии	
	Плавающий интерфейс питания постоянного тока	Воздействие молнии	
	Заземленный интерфейс питания постоянного тока	Воздействие молнии	

Сводка применяемых тестов приведена в таблице 2. Номера, приведенные в колонках "Тип порта", например, 10.1.2, являются ссылками на номера соответствующих разделов в данной Рекомендации, где приведены обсуждения данного теста. Пометки типа "н/п" означают, что данный тест неприменим. Слова "в процессе изучения" означают, что МСЭ-Т пока еще занят разработкой данного теста. Термины "один" или "несколько" относятся к числу тестируемых портов. При одном тестируемом порте, тест проводится только для одного порта. При нескольких тестируемых портах, импульсный выброс подается на несколько портов одновременно. Заголовки и термины "поперечный", "Порт относительно земли" или "Порт относительно внешнего порта" относятся либо к тому, что импульсный разряд приложен поперечно (то есть, линия-к-линии, линия-к-экрану или в дифференциальном режиме), либо – Порт относительно земли (линия относительно заземления или в синфазном режиме), либо – Порт относительно внешнего порта (порт относительно порта с плавающей землей). Существуют заголовки для Базового уровня тестирования и Расширенного уровня тестирования, см. раздел 5 для информации.

Таблица 2а/К.44 – Тесты, применимые к внешним портам

Тип Теста	Число тестируемых портов	Продольный/ Поперечный тест	Первичная Защита	Тип порта			
				Симметричный порт	Коаксиальный порт	Выделенный порт питания	Основной порт питания
Действие молнии по напряжению	Один	Поперечный	Нет	10.1.1.1.	В стадии изучения	10.3.1	10.4.1
		Порт относительно земли	Нет	10.1.1.1.		10.3.1	10.4.1
		Порт относительно внешнего порта	Нет	10.1.1.1.		10.3.1	10.4.1
		Поперечный	Да	10.1.1.1.		10.3.1	10.4.1
		Порт относительно земли	Да	10.1.1.1.		10.3.1	10.4.1
		Порт относительно внешнего порта	Да	10.1.1.1.		10.3.1	10.4.1
	Несколько	Порт относительно земли	Нет	10.1.1.2.		н/п	н/п
		Порт относительно внешнего порта	Нет	10.1.1.2.		н/п	н/п
		Порт относительно земли	Да	10.1.1.2.		н/п	н/п
		Порт относительно внешнего порта	Да	10.1.1.2.		н/п	н/п

Таблица 2а/К.44 – Тесты, применимые к внешним портам

Тип Теста	Число тестируемых портов	Продольный/ Поперечный тест	Первичная Защита	Тип порта				
				Симметричный порт	Коаксиальный порт	Выделенный порт питания	Основной порт питания	
Действие молнии по току	Один	Поперечный	Нет	н/п	В стадии изучения	н/п	н/п	
		Порт относительно земли	Нет	10.1.2		10.3.2	н/п	
		Порт относительно внешнего порта	Нет	10.1.2		10.3.2	н/п	
		Поперечный	Да	н/п		н/п	н/п	
		Порт относительно земли	Да	н/п		н/п	н/п	
		Порт относительно внешнего порта	Да	н/п		н/п	н/п	
	Несколько	Порт относительно земли	Нет	10.1.2		н/п	н/п	
		Порт относительно внешнего порта	Нет	10.1.2		н/п	н/п	
	Индукция источника питания и возрастание потенциала земли	Один	Поперечный	Нет		10.1.4	10.3.3	н/п
			Порт относительно земли	Нет		10.1.4	10.3.3	10.4.3 (изучается)
Порт относительно внешнего порта			Нет	10.1.4	10.3.3	10.4.3 (изучается)		

Таблица 2а/К.44 – Тесты, применимые к внешним портам

Тип Теста	Число тестируемых портов	Продольный/ Поперечный тест	Первичная Защита	Тип порта			
				Симметричный порт	Коаксиальный порт	Выделенный порт питания	Основной порт питания
Индукция источника питания и возрастание потенциала земли	Один	Поперечный	Да	10.1.4	В стадии изучения	10.3.3	н/п
		Порт относительно земли	Да	10.1.4		10.3.3	(изучается)
		Порт относительно внешнего порта	Да	10.1.4		10.3.3	(изучается)
Возрастание потенциала нулевого провода	Один	Порт относительно земли	Нет	н/п		н/п	10.4.4
		Порт относительно внешнего порта	Нет	н/п		н/п	10.4.4
Контакт с проводами основного питания	Один	Поперечный/ продольный	Нет	10.1.5		10.3.4	н/п
		Порт относительно земли	Нет	10.1.5		10.3.4	н/п
		Порт относительно внешнего порта	Нет	10.1.5		10.3.4	н/п

Таблица 2б/К.44 – Тесты, применимые к внутренним портам

Тип теста	Первичная защита	Тип порта			
		Неэкранированный кабель	Экранированный кабель	Плавающий интерфейс питания постоянного тока	Заземленный интерфейс питания постоянного тока
Действие молнии по напряжению	Нет	10.5.1	10.5.2	10.5.3	10.5.4

10.1 Внешний порт с симметричной парой

10.1.1 Действие молнии по напряжению

Для оборудования с элементами защиты, проводящими токи большого уровня, которые исключают необходимость первичной защиты, справедливо следующее:

- Если этот элемент может быть удален, то в разделе 6 может быть сделано исключение, и он может быть удален и заменен специальным тестовым устройством защиты, как для собственного, так и для координационного тестирования, см. 8.4.
- Если этот элемент не может быть удален, все тесты выполняются с обеспеченной защитой, и производитель должен представить отчет о тестировании, чтобы показать, что собственное и координационное тестирования были осуществлены со специальным тестовым устройством защиты во время проектного тестирования.

10.1.1.1 Один порт

Тест на действие молнии с использованием одного порта проводится, чтобы проверить, что каждый порт испытываемого оборудования имеет требуемый уровень стойкости к перенапряжению. При этом должно проводиться как продольное, так и поперечное тестирование.

10.1.1.2 Несколько портов

Тест на действие импульсного разряда, вызванного молнией, с использованием нескольких портов, проводится, чтобы проверить, что испытываемое оборудование имеет требуемый уровень стойкости, когда возникает перенапряжение импульсного разряда на n портах одновременно, что может вызвать большой ток, текущий в общий элемент или часть данного оборудования.

Число или процент портов, которые должны тестироваться одновременно, определяется в рекомендации по данному продукту или семейству продуктов.

10.1.2 Действие молнии по току

Тест на стойкость к сверхтоку позволяет проверить, что данное оборудование имеет требуемый уровень собственной стойкости, когда элементы защиты, пропускающие высокую токовую нагрузку, устанавливаются внутри оборудования, чтобы исключить необходимость первичной защиты. Этот тест проверяет координацию токовых защитных устройств, интегрирующие свойства оборудования с соединительными элементами и печатными схемами.

Тест на стойкость к сверхтоку должен быть описан в рекомендации по данному продукту или семейству продуктов.

При применении этого теста к нескольким цепям одновременно, нужно принять необходимые меры, чтобы быть уверенным, что сверхток делится поровну между цепями. Особое внимание нужно уделять тому, чтобы быть уверенным, что работа одного или нескольких защитных устройств не влияет на работу остальных защитных устройств.

10.1.3 Действие индукции источника питания и возрастания потенциала земли

В этом случае нужно проводить как продольные, так и поперечные тесты.

Если оборудование имеет элементы защиты, пропускающие высокую токовую нагрузку, установленные, чтобы исключить необходимость первичной защиты, то нужно иметь в виду следующее:

- Если этот элемент может быть удален, то в разделе 6 может быть сделано исключение, и он может быть удален и заменен специальным тестовым устройством защиты, как для собственного, так и для координационного тестирования, см. 8.4.
- Если этот элемент не может быть удален, все тесты выполняются с обеспеченной защитой, и производитель должен представить отчет о тестировании, чтобы показать, что собственное и координационное тестирования были осуществлены со специальным тестовым устройством защиты во время проектного тестирования.

10.1.4 Контактное тестирование при наличии основного источника питания

В этом случае нужно проводить как продольные, так и поперечные тесты.

Если оборудование имеет элементы защиты, пропускающие высокую токовую нагрузку, установленные, чтобы исключить необходимость первичной защиты, необходимо осуществить следующее:

- Провести данный тест с защитой, которая установлена производителем. Убедиться, что данная защита работает во время теста. Это, возможно, потребует выбора линии с защитным устройством, которое имеет низкое напряжение зажигания. Нет необходимости подтверждать работу устройства защиты, если имеет место одно из следующих обстоятельств:
 - Изготовитель оборудования, в процессе проектирования оборудования, выбрал напряжение зажигания устройства защиты так, что оно не работает в процессе контактного тестирования.
 - Полный импеданс оборудования не позволяет напряжению, вызванному контактом с сетью питания, на входе данного оборудования, превысить определенный минимум напряжения зажигания данного типа устройства защиты.
- Если этот элемент может быть удален, то в разделе 6 (границы оборудования) может быть сделано исключение, и он может быть удален и заменен специальным тестовым устройством защиты, см. 8.4, а данный тест повторен.
- Если этот элемент не может быть удален, производитель должен представить отчет о тестировании, чтобы показать, что тесты были повторены с устройством защиты с напряжением зажигания, равным определенному минимуму напряжения зажигания постоянного тока во время проектного тестирования.

10.2 Внешний коаксиальный порт

Тестовые требования для портов с коаксиальными кабелями находятся в стадии изучения в Секторе стандартизации электросвязи МСЭ.

10.3 Внешний порты выделенного электропитания постоянного и переменного тока

10.3.1 Воздействие молнии по напряжению

В этом случае нужно проводить как продольные, так и поперечные тесты.

10.3.2 Воздействие молнии по току

Этот тест на сверхток проверяет, что данное оборудование имеет требуемый уровень собственной стойкости, когда элементы защиты, пропускающие высокую токовую нагрузку, устанавливаются внутри оборудования, чтобы исключить необходимость первичной защиты. Этот тест проверяет координацию токовых защитных устройств, интегрирующие свойства оборудования с соединительными элементами и печатными схемами. Тест на стойкость к сверхтоку должен быть описан в рекомендации по данному продукту или семейству продуктов.

10.3.3 Воздействие индукции источника питания и возрастание потенциала земли

В этом случае нужно проводить как продольные, так и поперечные тесты.

10.3.4 Контакты с сетями основного питания

В этом случае нужно проводить как продольные, так и поперечные тесты.

10.4 Внешний порт основного электропитания переменного тока

10.4.1 Воздействие молнии по напряжению

В этом случае нужно проводить как продольные, так и поперечные тесты.

Известно три типа первичных устройств защиты SPD, которые используются в системах электропитания, это устройства типа:

- 1) фиксаторов уровня (MOV);
- 2) коммутирующих устройств (искровых разрядников);

3) комбинации вышеперечисленных устройств.

В силу различия характеристик этих SPD, производителям необходимо проверять, что их оборудование работает со всеми тремя типами устройств.

10.4.2 Влияние возрастания потенциала земли

МСЭ изучает необходимость тестирования с целью проверки стойкости оборудования к возрастанию потенциала земли, которое может произойти, когда произойдет замыкание на землю высокого напряжения (HV) на подстанции, обеспечивающей основное электропитание.

10.4.3 Влияние возрастания потенциала нулевого провода

Этот тест осуществляется только по требованию сетевого оператора и тогда, когда нулевой провод не соединен с землей защиты (то есть, используется система основного питания TT или IT). Пример такой конфигурации описан в разделе II.5.

10.5 Внутренние порты

10.5.1 Неэкранированный кабель

Тест на влияние молнии по напряжению должен проверить, что данный порт оборудования имеет требуемый уровень стойкости к действию перенапряжения. При этом осуществляется только продольное тестирование.

10.5.2 Экранированный кабель

Тест на влияние молнии по напряжению должен проверить, что данный порт оборудования имеет требуемый уровень стойкости к действию перенапряжения. При этом осуществляется только продольное тестирование.

10.5.3 Плавающий интерфейс электропитания постоянного тока

Тест на влияние молнии по напряжению должен проверить, что данный порт оборудования имеет требуемый уровень стойкости к действию перенапряжения. При этом осуществляется только продольное тестирование.

10.5.4 Заземленный интерфейс электропитания постоянного тока

Тест на влияние молнии по напряжению должен проверить, что данный порт оборудования имеет требуемый уровень стойкости к действию перенапряжения. При этом осуществляется только продольное тестирование.

Добавление А

Схемы тестирования

А.1 Введение

Оборудование должно тестироваться для всех возможных состояниях и условиях. Это значит, что тест, указанный в каждой строке тестовой таблицы, может оказаться нужным выполнять много раз.

Чтобы быть уверенным в повторяемости результатов тестирования, выполненных лабораториями тестирования и производителями, необходимо быть уверенным, что данные тесты выполняются одинаково. То же нужно сказать и о генераторных схемах, устройствах связи и развязки, схемах питания, терминирования нетестируемых портов и подсоединения к тестируемому оборудованию (EUT).

А.2 Оборудование

А.2.1 Порты оборудования

На рисунке А.2-1 показаны возможные порты отдельных узлов оборудования.



ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Не все порты нужно тестировать, но возможно их нужно терминировать.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – На этом рисунке "Внешние порты" означают порты, соединенные с кабелями, которые выходят из здания, а "Внутренние порты" означают порты, соединенные с кабелями, которые остаются внутри здания.

Рисунок А.2-1/К.44 – Порты оборудования

Необходимо пояснить разницу между внешними портами и внутренними портами. Внутренние порты на EUT соединяются с кабелями, которые терминируются на оборудовании, имеющем ту же самую землю, что и EUT. Внешние порты на EUT, в отличие от этого, могут быть соединены с кабелями, которые терминируются на оборудовании с другой землей, например, в другом здании. Это означает, что ток может течь в один внешний порт и вытекать из другого внешнего порта.

А.2.2 Тип оборудования

Оборудование может быть двух основных типов: заземленное и с плавающей общей точкой. В основном, оборудование центров электросвязи относится к заземленному типу. Оборудование сетей доступа и оборудование клиента может быть другого типа.

А.2.3 Тип защиты

Защита оборудования от сильноточных импульсных разрядов достигается либо установкой первичной защиты, либо использованием оборудования с интегральной сильноточной защитой. В основном оборудование центров электросвязи защищается с помощью первичной защиты, установленной на MDF. Оборудование сетей доступа может быть защищено, используя другие методы. Оборудование клиента может быть нормально защищено путем установки первичной защиты.

А.2.4 Условия и состояния оборудования

Так как элементы оборудования, соединяемые с портами тестируемого оборудования, могут меняться, в зависимости от того, в каком состоянии находится оборудование, то это оборудование должно тестироваться, причем достаточно длительно, во всех рабочих состояниях. Примеры состояний оборудования, которые нужно рассматривать, включают:

- Телефонная трубка "лежит на рычаге" и "поднята";
- Электропитание "включено" и "выключено";
- В момент звонка;
- Во время тестирования линии, и т.д.

А.3 Тестовые генераторы

Примеры схем тестовых генераторов, которые могут быть использованы для генерации форм импульсных последовательностей, специфицированных в А.4, приведены на рисунках А.3-1 – А.3-6. Хотя показанные номиналы элементов схем должны дать корректную форму волны, может потребоваться их подстройка.

Могут быть использованы и альтернативные тестовые генераторы, при условии, что они дадут тот же результат.

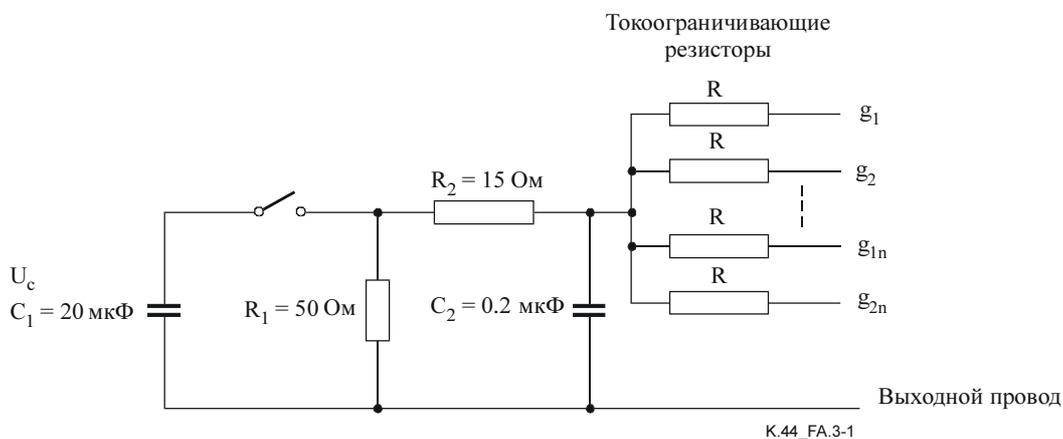


Рисунок А.3-1/К.44 – Генератор напряжения импульсного разряда с параметрами 10/700 мкс

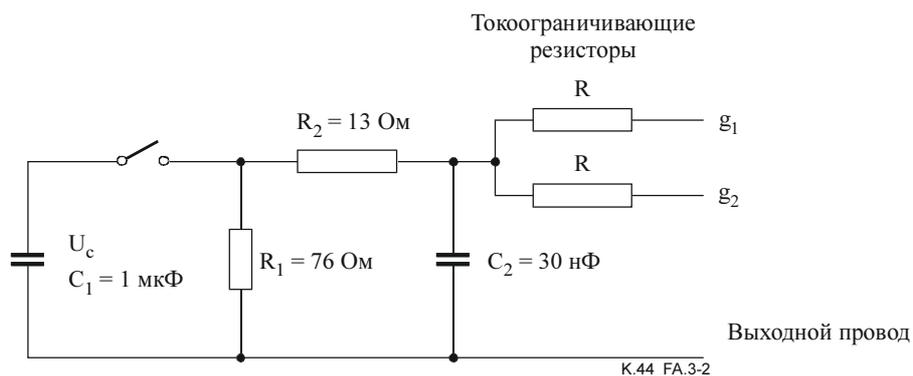
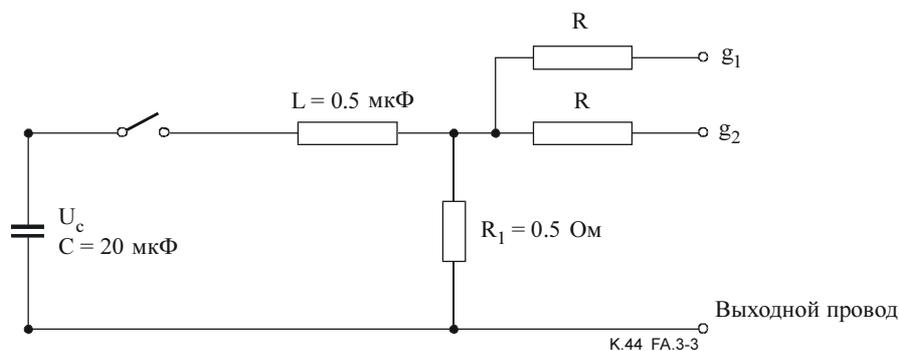


Рисунок А.3-2/К.44 – Генератор напряжения импульсного разряда с параметрами 1,2/50 мкс

Данный тестовый генератор может быть комбинацией генератора колебаний в соответствии со стандартом IEC 61000-4-5 (рис. А.3-5) или эквивалентом генератора напряжения импульсного разряда с параметрами 1,2/50 мкс.



L достаточно мала и соответствует, главным образом, паразитной индуктивности обмоток, может потребовать подстройки, чтобы дать требуемое время нарастания фронта – 2 мкс. Напряжение U_c подстраивается, для того чтобы получить требуемое значение выходного напряжения для разомкнутой схемы.

Рисунок А.3-3/К.44 – Генератор напряжения импульсного разряда с параметрами 2/10 мкс

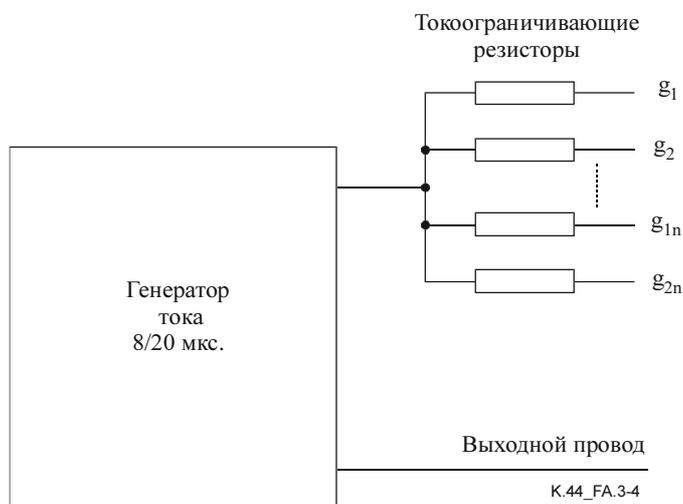


Рисунок А.3-4/К.44 – Генератор тока с параметрами 8/20 мкс

Данный тестовый генератор может быть:

- комбинацией генератора колебаний в соответствии со стандартом IEC 61000-4-5 (рис. А.3-5);
- любым генератора тока импульсного разряда с параметрами волны 8/20 мкс.

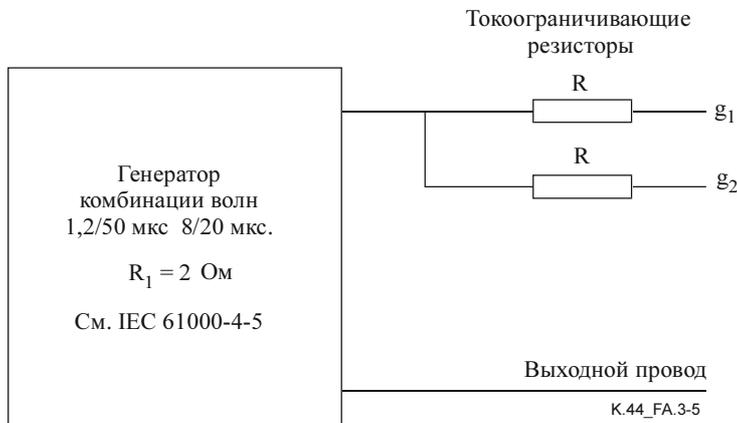
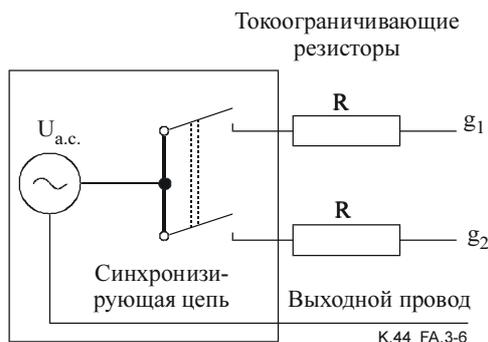


Рисунок А.3-5/К.44 – Генератор комбинации волн



Номинал резистора R см. в соответствующих тестовых таблицах в соответствующих рекомендациях на конкретный продукт.

ПРИМЕЧАНИЕ – Максимальный ток может быть ограничен, если это требуется национальными нормами.

Рисунок А.3-6/К.44 – Генератор индукции источника питания, контактного влияния сети питания и влияния потенциала нулевого провода

А.4 Генератор формы волны

Используй такую схему, где приводятся значения номиналов. Там, где схема генератора не дана, см. цитируемый стандарт IEC или IEC 60060-1 в качестве руководства по опробованным схемам генераторов.

А.5 Схемы питания, элементы связи, развязки и терминирования

Генератор импульсных разрядов, схема питания, элементы связи и развязки, EUT и терминирование соединяются так, как показано на рисунке А.5-1.

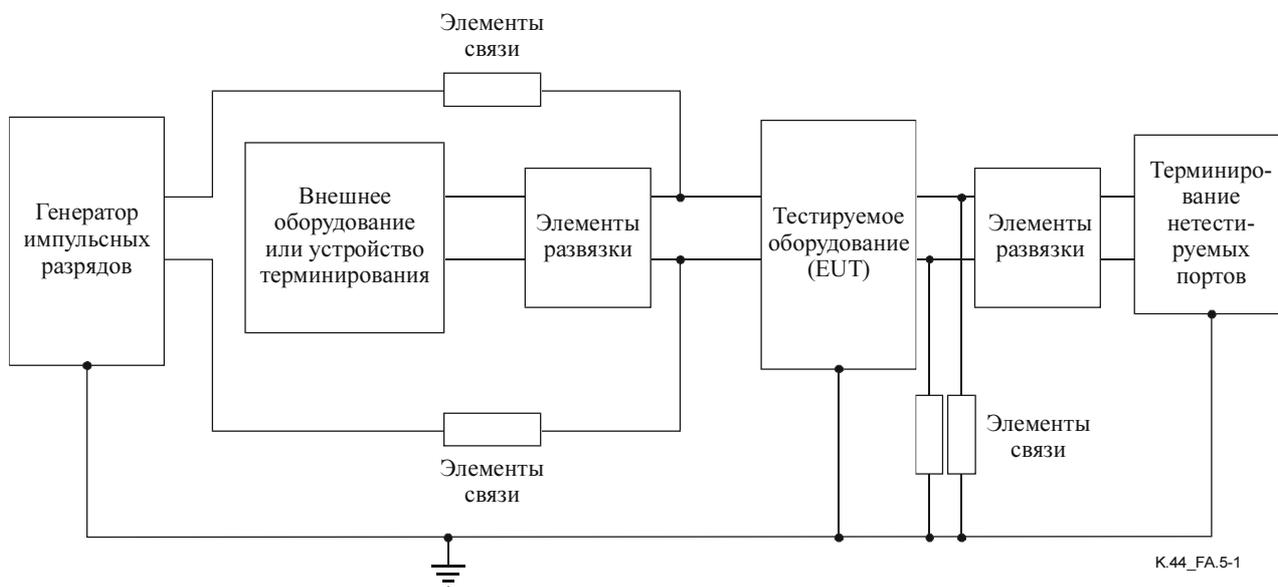
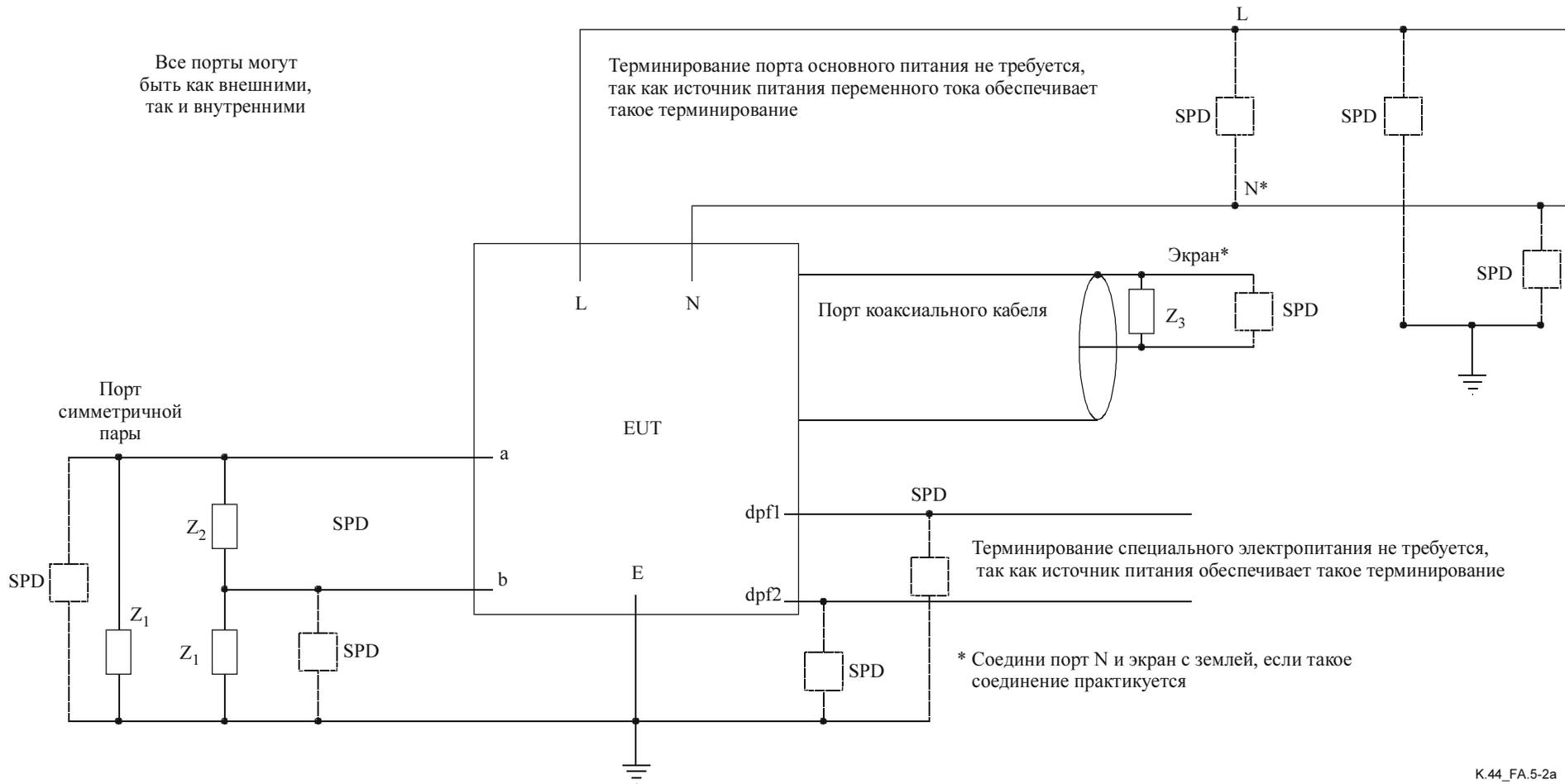


Рисунок А.5-1/К.44 – Блок-схема типовой организации тестирования

Элементы связи используются для соединения генератора импульсных разрядов с тестируемым оборудованием, а также для того, чтобы соединить другие порты/линии с заземлением во время тестирования порта относительно другого порта. В качестве элемента связи, если требуется, можно использовать MOV, GDT, конденсатор или любой другой элемент с операционным напряжением, превышающим максимальное рабочее напряжение тестируемого элемента. Элемент связи должен рассматриваться как составная часть тестового генератора, и он не должен значительно влиять как на напряжение разомкнутой цепи, так и на ток короткого замыкания. Возможно, потребуются увеличить тестовое напряжение, чтобы компенсировать падение напряжения на элементах связи. Существует ряд способов соединения элементов связи с заземлением, и некоторые примеры этого показаны на рисунке А.5-2b.

Элементы развязки используются для уменьшения энергии импульсного разряда, которая, в противном случае, непосредственно воздействовала бы на оборудование, питаемое силовой сетью, связанное с ним оборудование или терминирующие устройства. Элементом развязки, если необходимо, мог бы быть элемент, полное сопротивление которого блокирует подачу энергии импульсного разряда на моделирующее устройство линии (например, резистор сопротивлением 200 Ом или больше для схем с симметричной парой, индуктивностью или дросселем), но в то же время допускает подачу питания и сигнализации на тестируемое оборудование. Питание на оборудование подается путем использования основного или dprf порта, и т.д., через соответствующую сеть развязки, например, изолирующий трансформатор или фильтры, и т.д.

Пример терминирования нетестируемых портов приведен на рисунке А.5-2а. Все порты, включая тестовый порт, можно было бы терминировать тем или иным способом. Если требуется для целей тестирования, соответствующий нетестируемый порт соединяется с заземлением путем использования элемента связи.



K.44_FA.5-2a

Z_1 , Z_2 и Z_3 номиналы терминирующих устройств для работающей системы или связанного с ней оборудования
 В свою очередь, устройства SPD используются для связи нужных нетестируемых портов с заземлением

Рисунок А.5-2а/К.44 – Пример терминирования и связи с заземлением нетестируемых портов

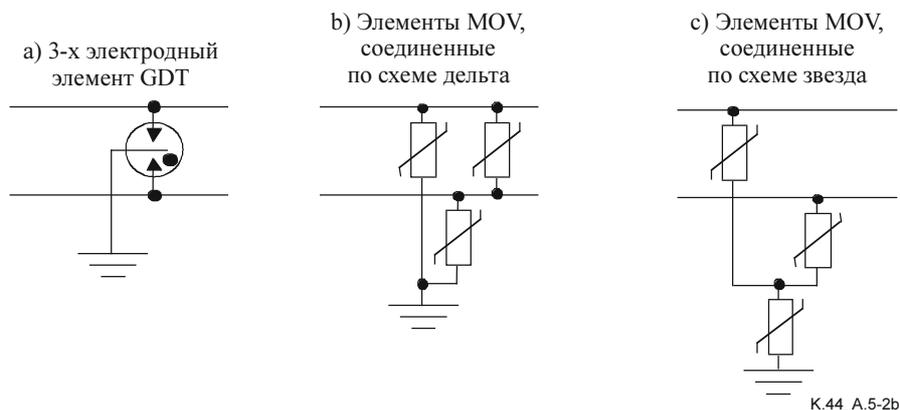


Рисунок А.5-2б/К.44 – Примеры соединения элементов связи с заземлением

А.6 Схемы тестирования для различных типов портов

А.6.1 Порты для симметричной пары

На рисунках А.6.1-1а и А.6.1-1б приведены схемы подачи импульсных разрядов для поперечного тестирования. На рисунке А.6.1-2 приведена схема подачи импульсных разрядов для тестирования влияния на порт относительно земли. На рисунке А.6.1-3 приведена схема подачи импульсных разрядов для тестирования влияния внешнего порта относительно другого внешнего порта.

А.6.2 Порты для коаксиального кабеля

См. рисунок А.6.2-1 и А.6.2-2.

А.6.3 Порты выделенного электропитания переменного или постоянного тока

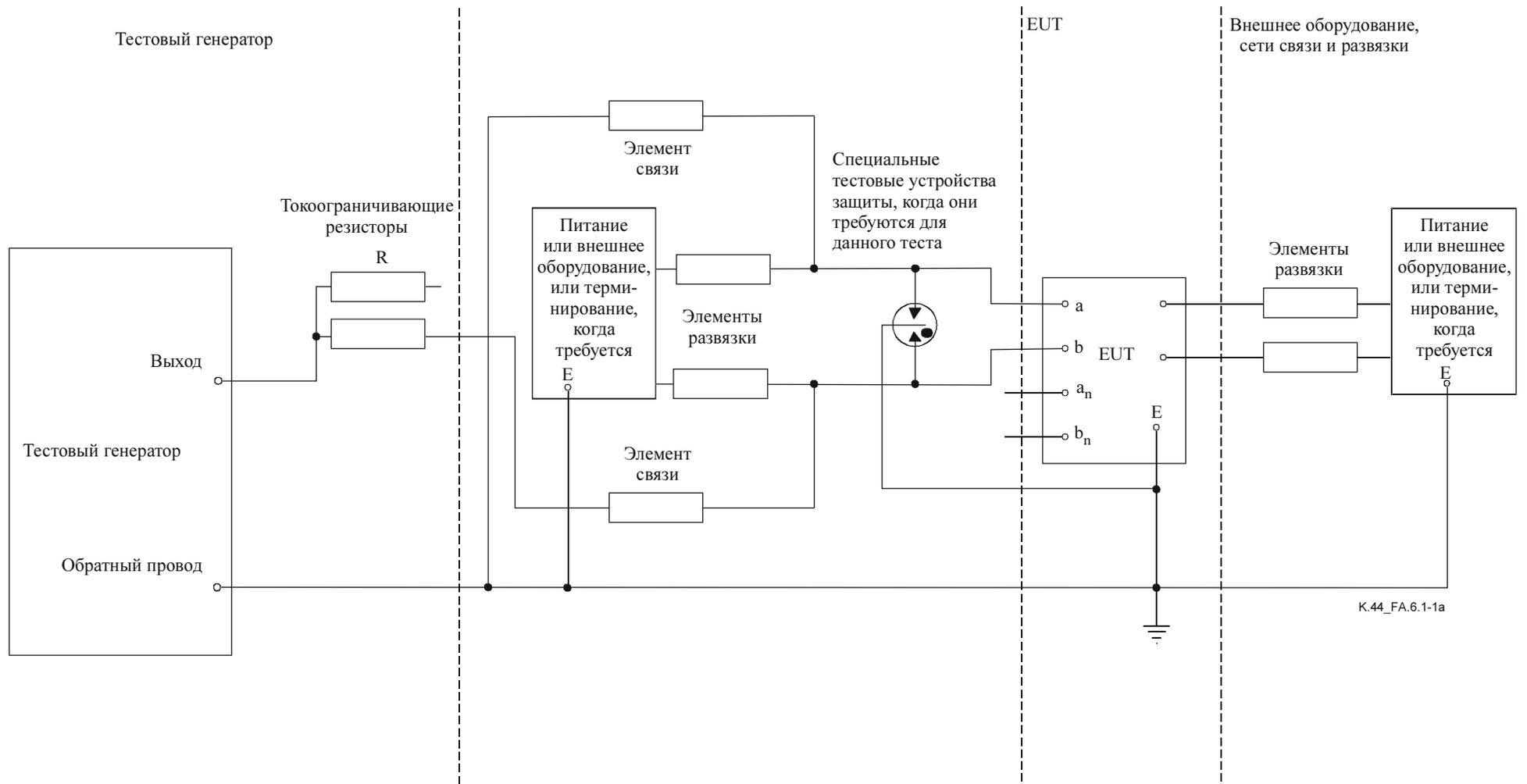
На рисунках А.6.3-1а и А.6.3-1б приведены схемы подачи импульсного разряда при поперечном тестировании. На рисунке А.6.3-2 приведена схема подачи импульсного разряда при тестировании порта по отношению к земле. На рисунке А.6.3-3 приведена схема подачи импульсного разряда при тестировании одного внешнего порта по отношению к другому внешнему порту.

А.6.4 Порты основного электропитания

На рисунке А.6.4-1 приведена схема подачи импульсного разряда при поперечном тестировании. На рисунке А.6.4-2 приведена схема подачи импульсного разряда при тестировании порта по отношению к земле. На рисунке А.6.4-3 приведена схема подачи импульсного разряда при тестировании одного внешнего порта по отношению к другому внешнему порту.

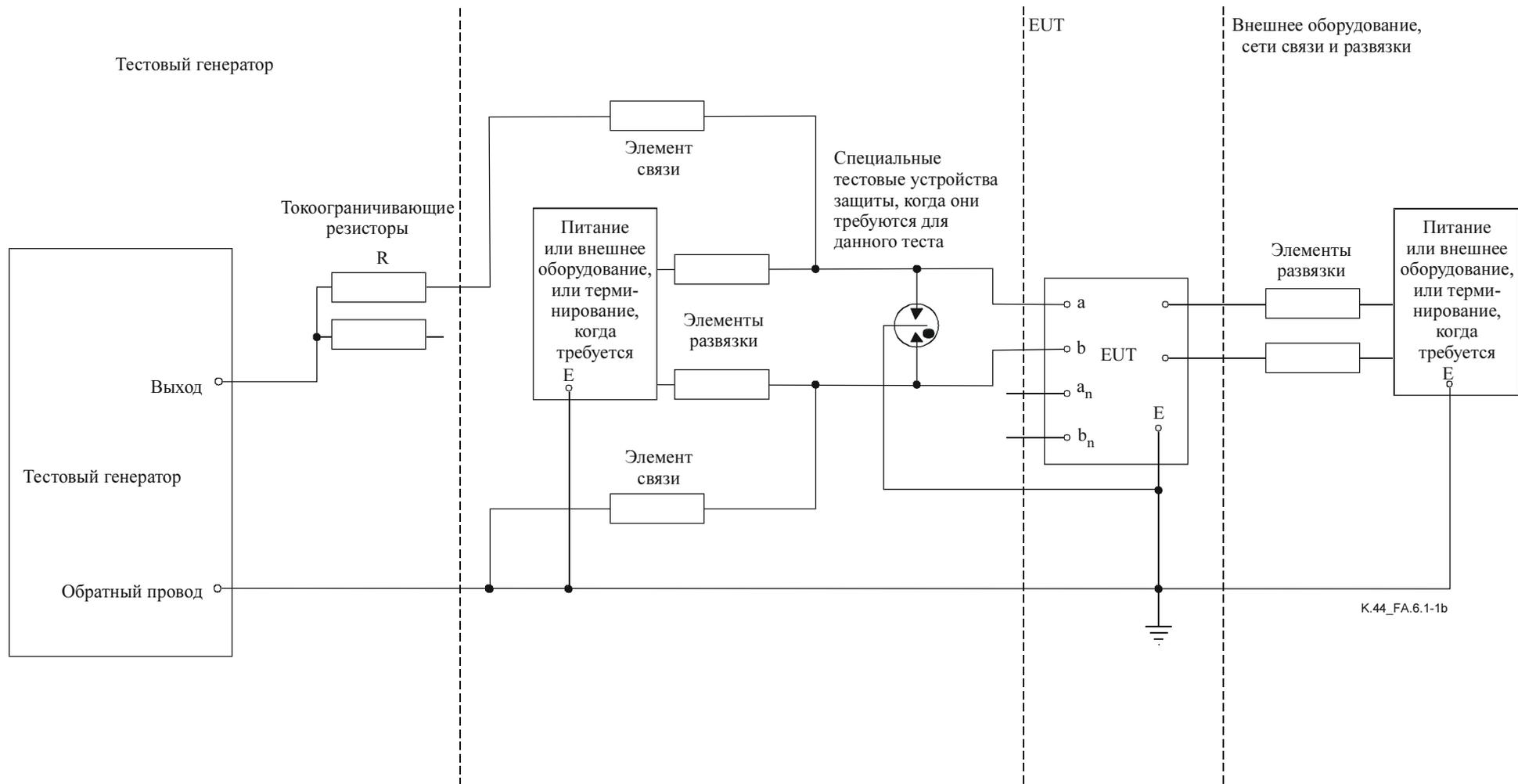
А.6.5 Внутренние порты для экранированного кабеля

См. рисунок А.6.5-1 и А.6.5-2.



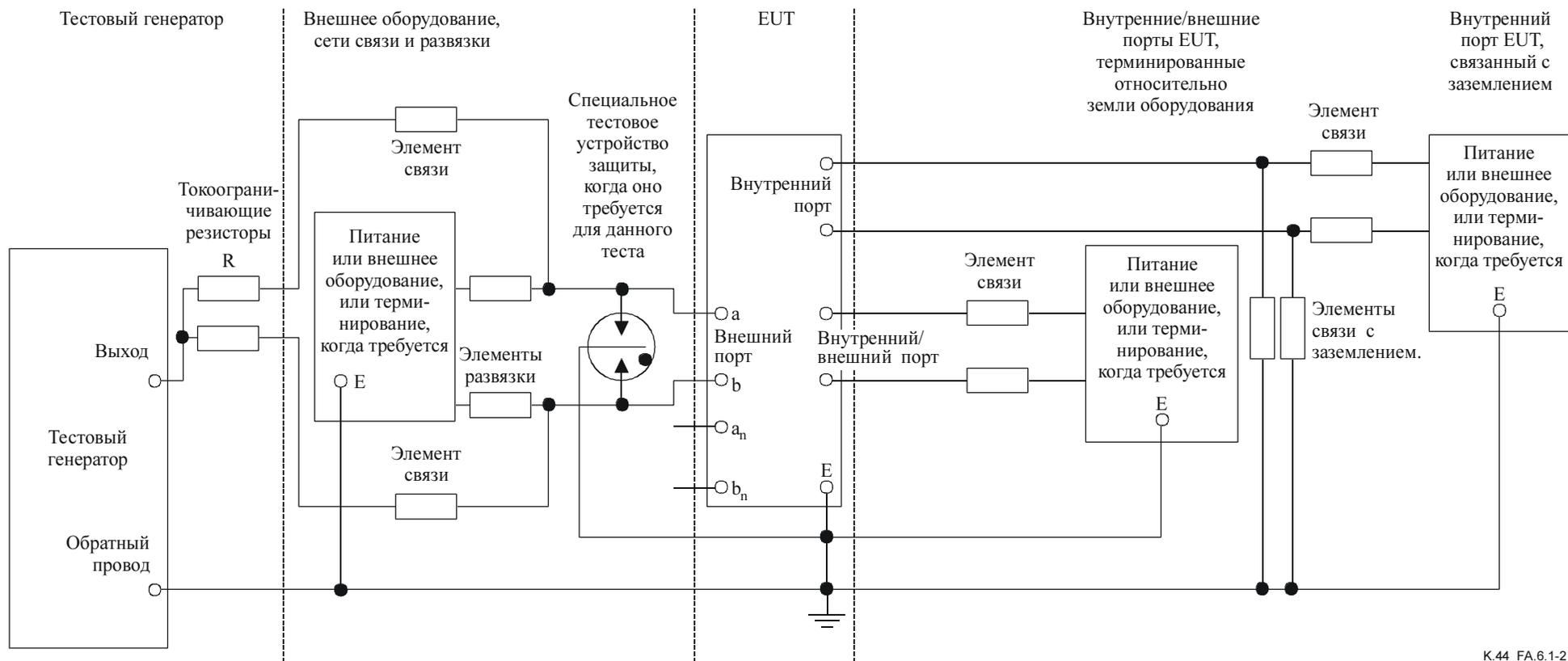
K.44_FA.6.1-1a

Рисунок А.6.1-1а/К.44 – Пример схемы поперечного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один внешний порт для симметричной пары (а – терминал относительно заземления)



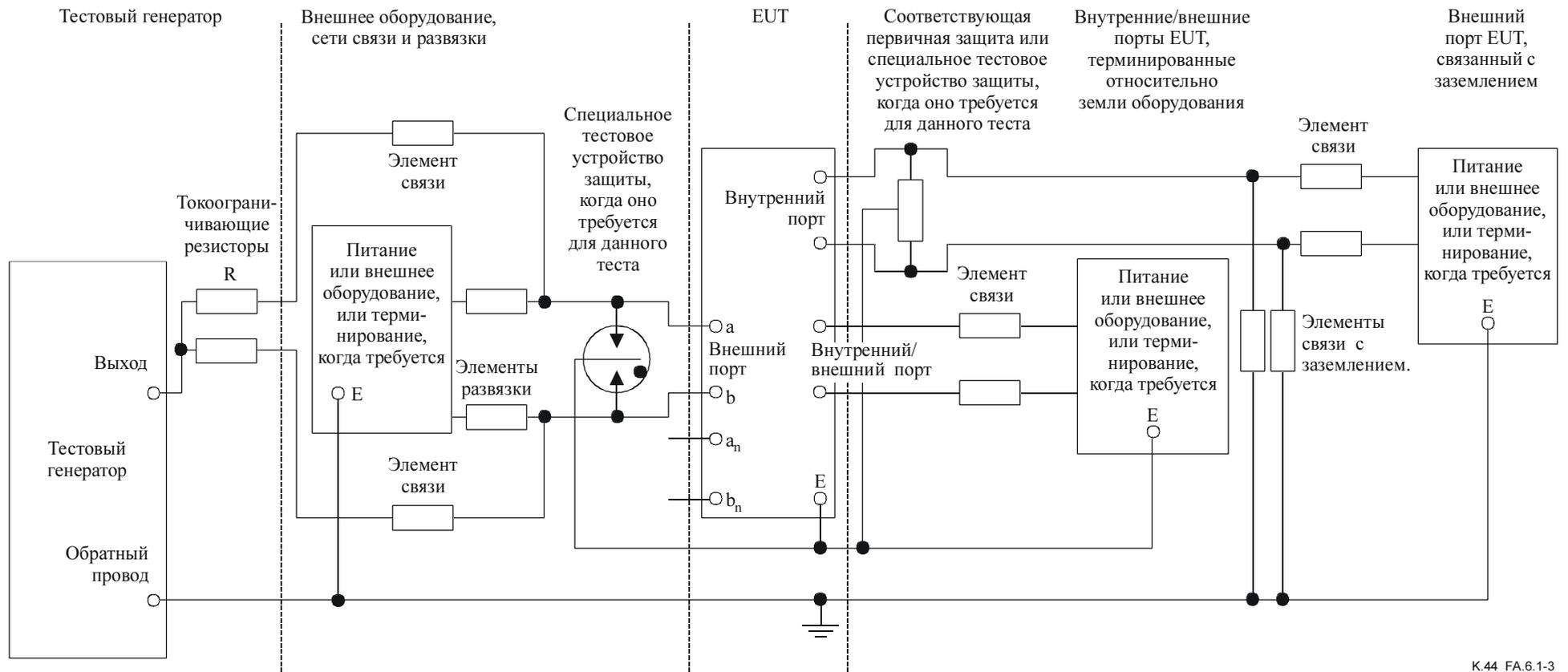
K.44_FA.6.1-1b

Рисунок А.6.1-1b/К.44 – Пример схемы поперечного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один внешний порт для симметричной пары (а – терминал относительно заземления)



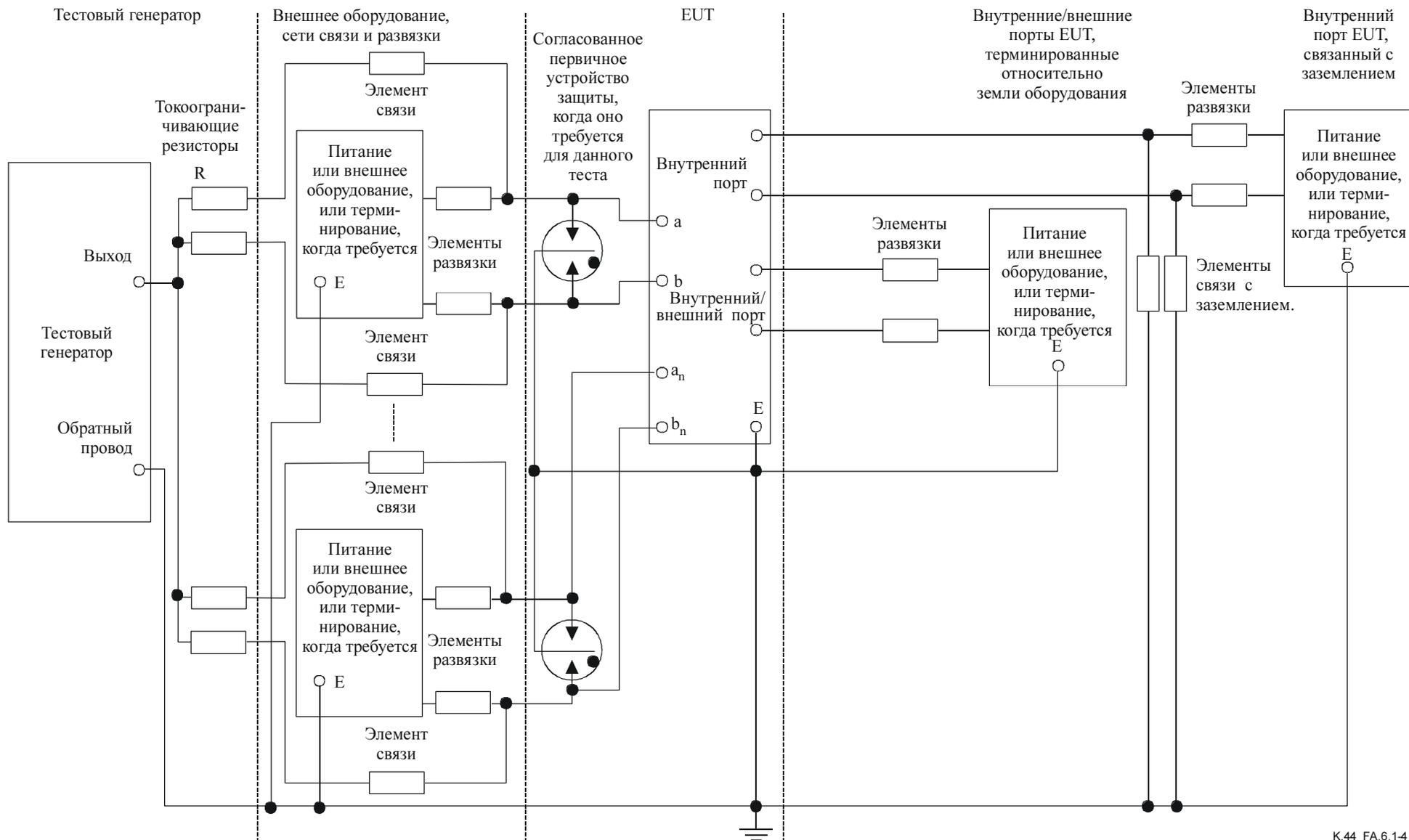
K.44_FA.6.1-2

Рисунок А.6.1-2/К.44 – Пример схемы тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один, используемый для симметричной пары, внешний порт относительно земли



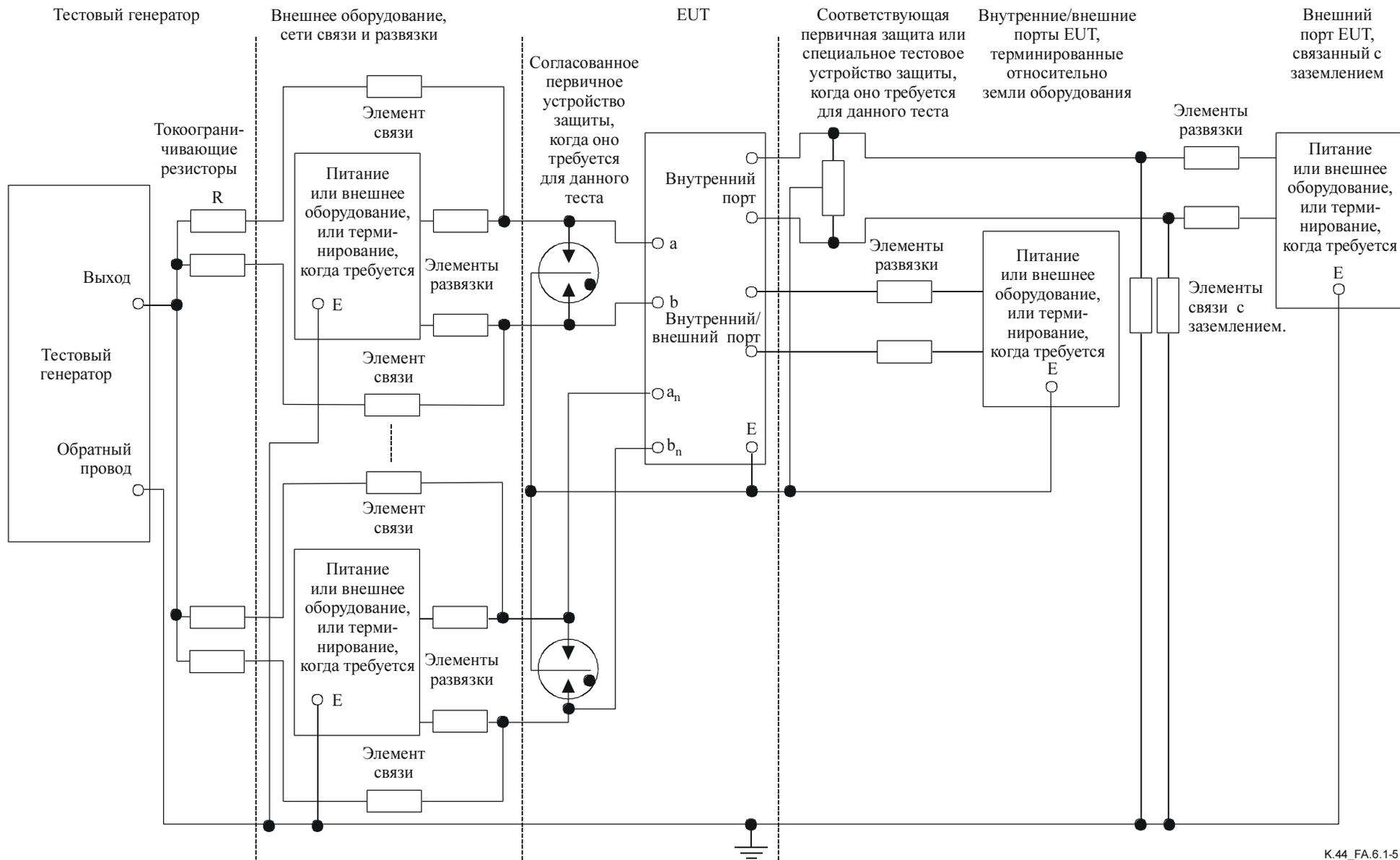
K.44_FA.6.1-3

Рисунок А.6.1-3/К.44 – Пример схемы тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один, используемый для симметричной пары, внешний порт относительно другого внешнего порта



K.44_FA.6.14

Рисунок А.6.1-4/К.44 – Пример схемы продольного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на несколько, используемых для симметричных пар, внешних портов относительно земли



K.44_FA.6.1-5

Рисунок А.6.1-5/К.44 – Пример схемы продольного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на несколько, используемых для симметричных пар, внешних портов относительно другого внешнего порта

ПРИМЕЧАНИЕ – *Этот рисунок находится в стадии изучения, поэтому не был включен.*

Рисунок А.6.2-1/К.44 – Пример схемы поперечного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один внешний порт для коаксиального кабеля

ПРИМЕЧАНИЕ – *Этот рисунок находится в стадии изучения, поэтому не был включен.*

Рисунок А.6.2-2/К.44 – Пример схемы тестирования влияния сверхтока на внешний порт для экрана коаксиального кабеля

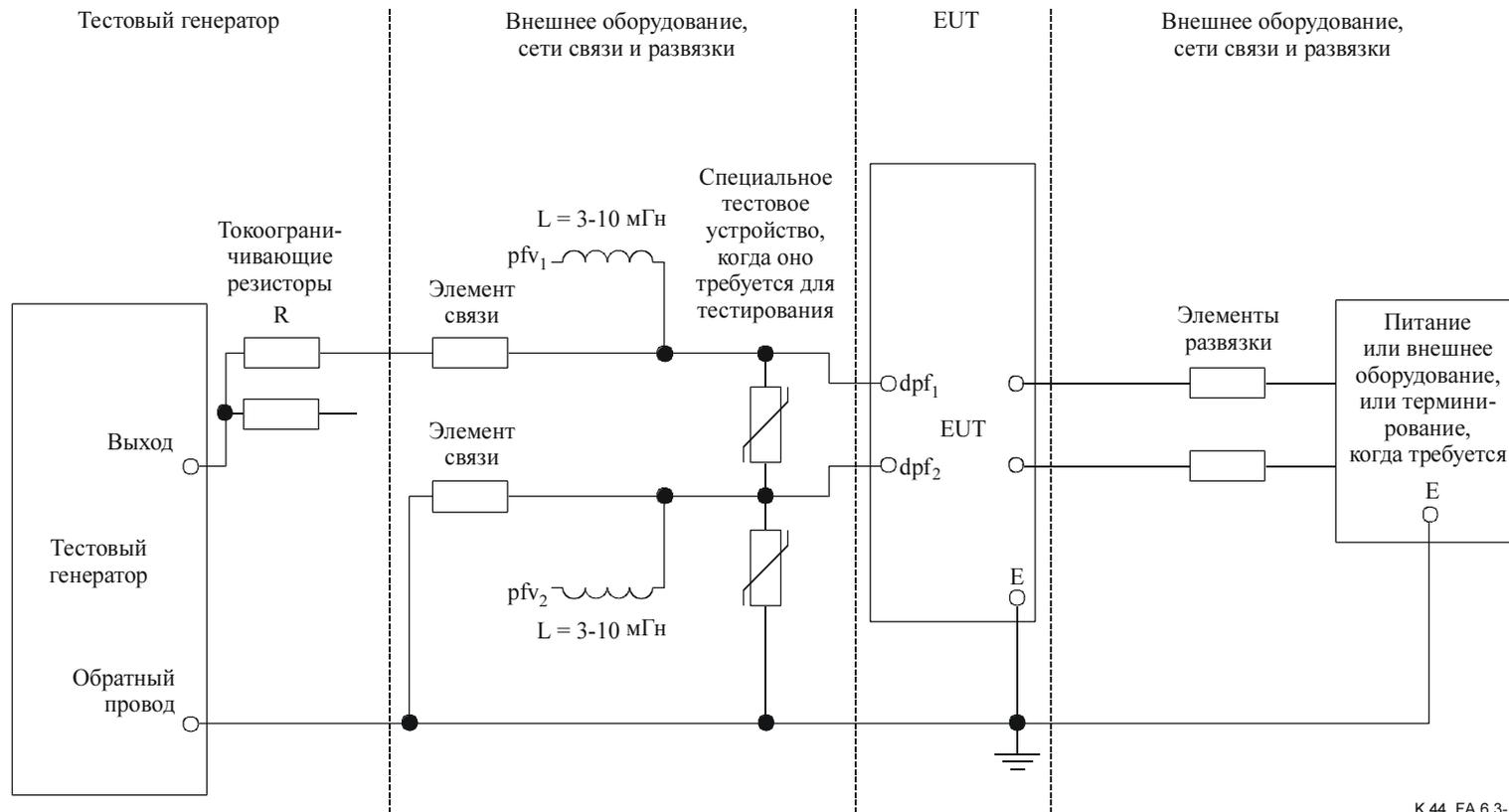
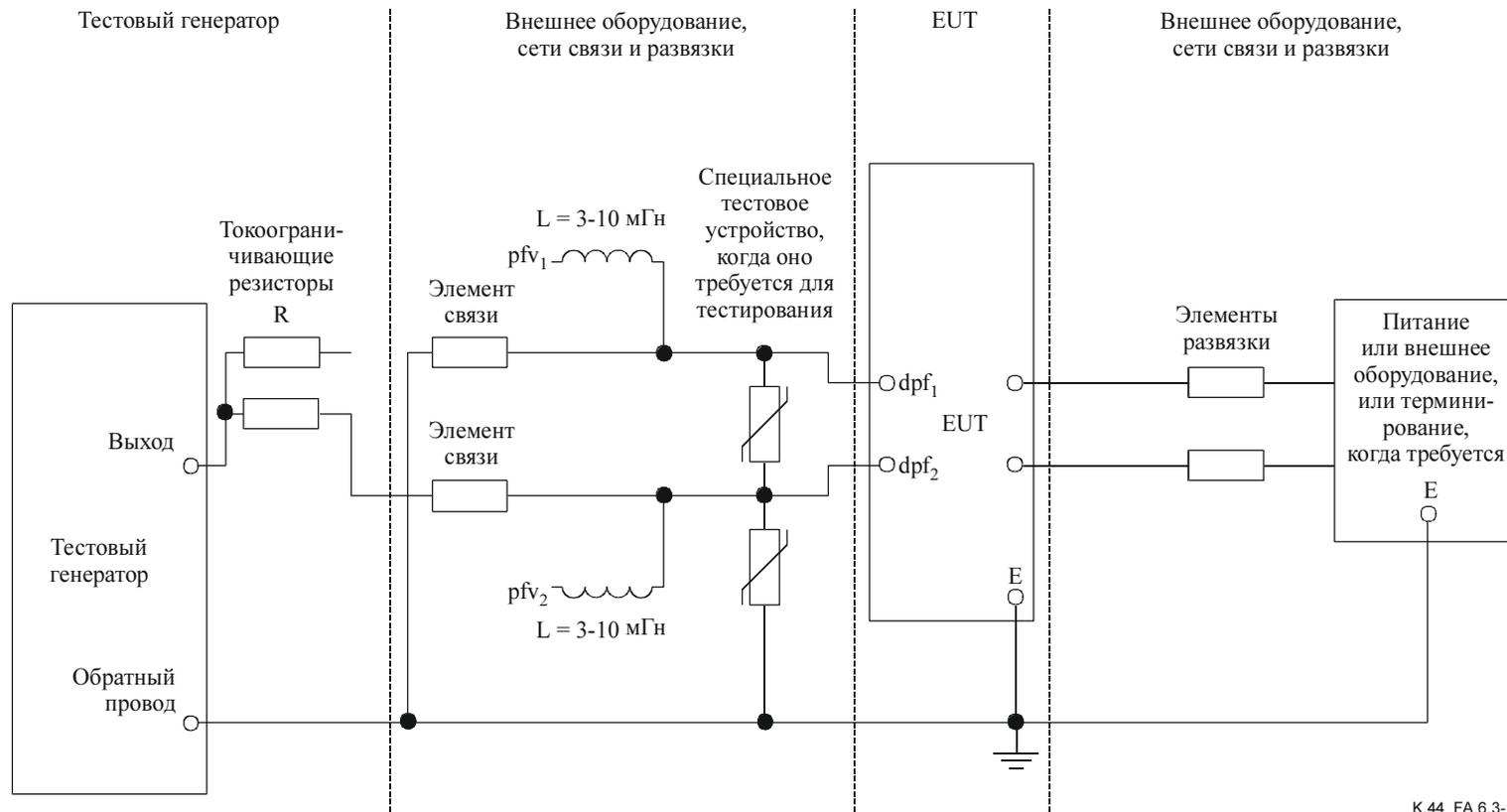
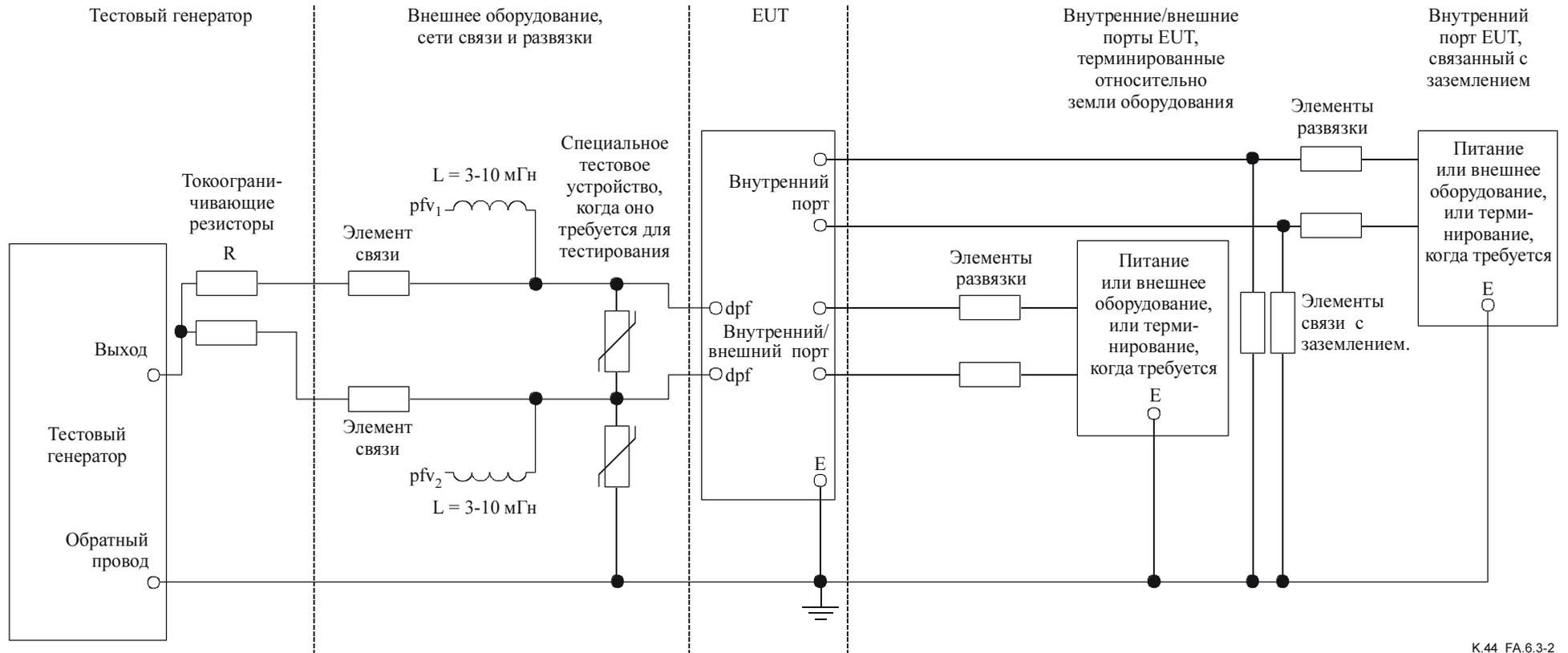


Рисунок А.6.3-1а/К.44 – Пример схемы поперечного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один внешний порт dpf (dpf2 заземлен)



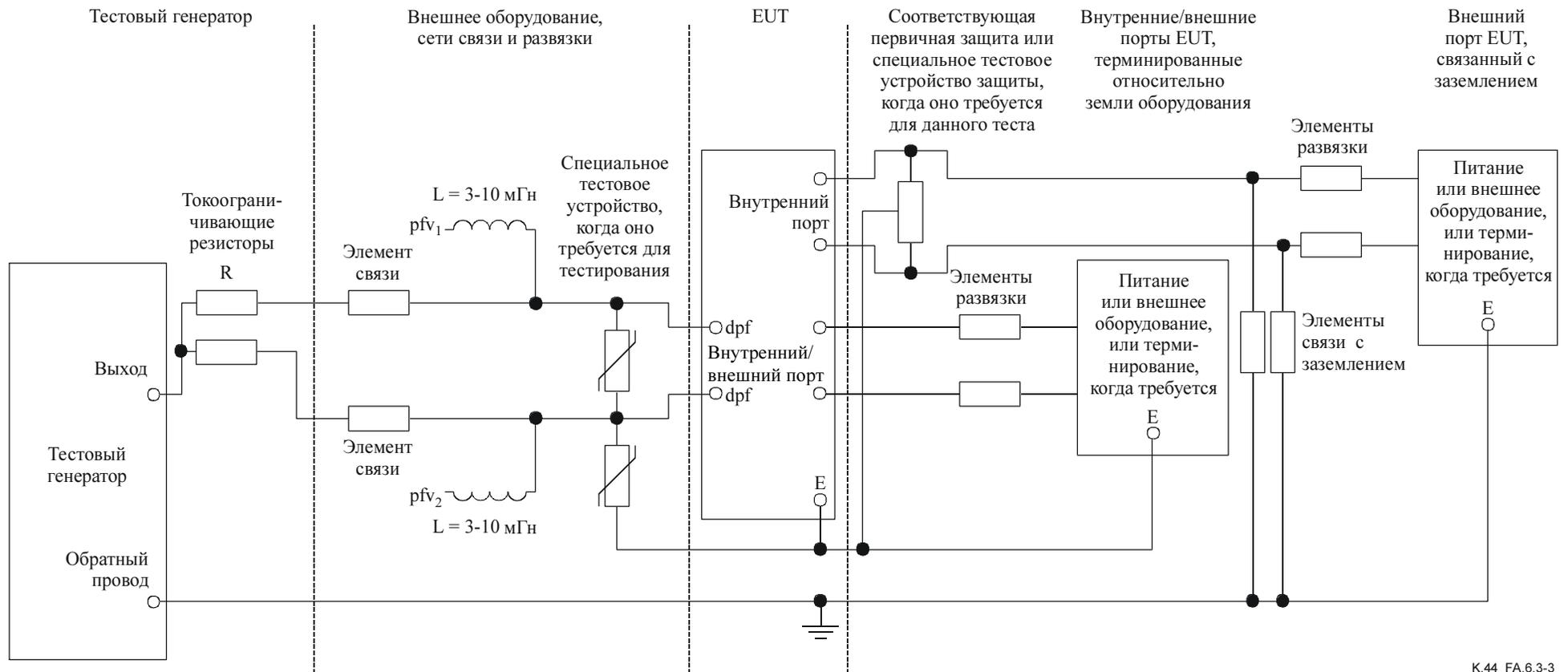
К.44_FA.6.3-1b

Рисунок А.6.3-1b/К.44 – Пример схемы поперечного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один внешний порт dpf (dpf1 заземлен)



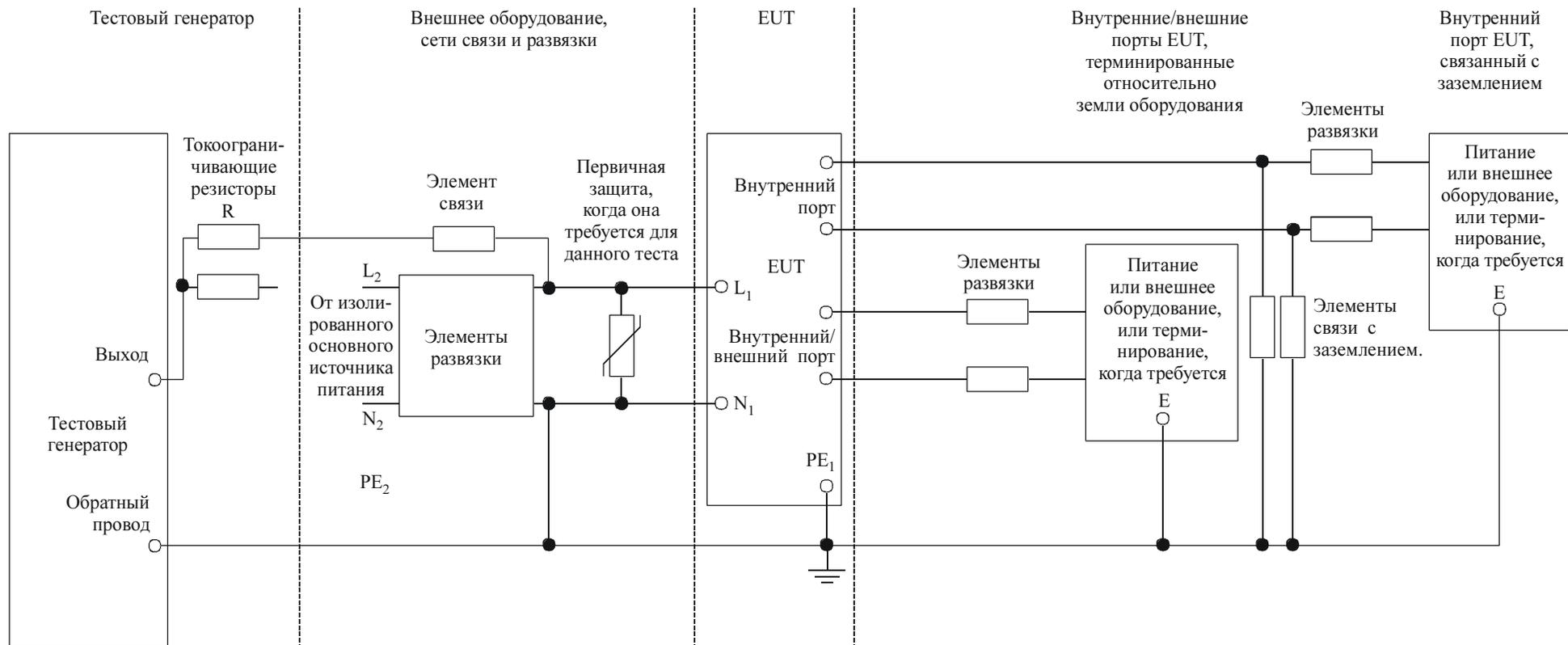
K.44_FA.6.3-2

Рисунок А.6.3-2/К.44 – Пример схемы тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один внешний порт dpf относительно земли



K.44_FA.6.3-3

Рисунок А.6.3-3/К.44 – Пример схемы тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на один внешний порт dpf относительно внешнего порта

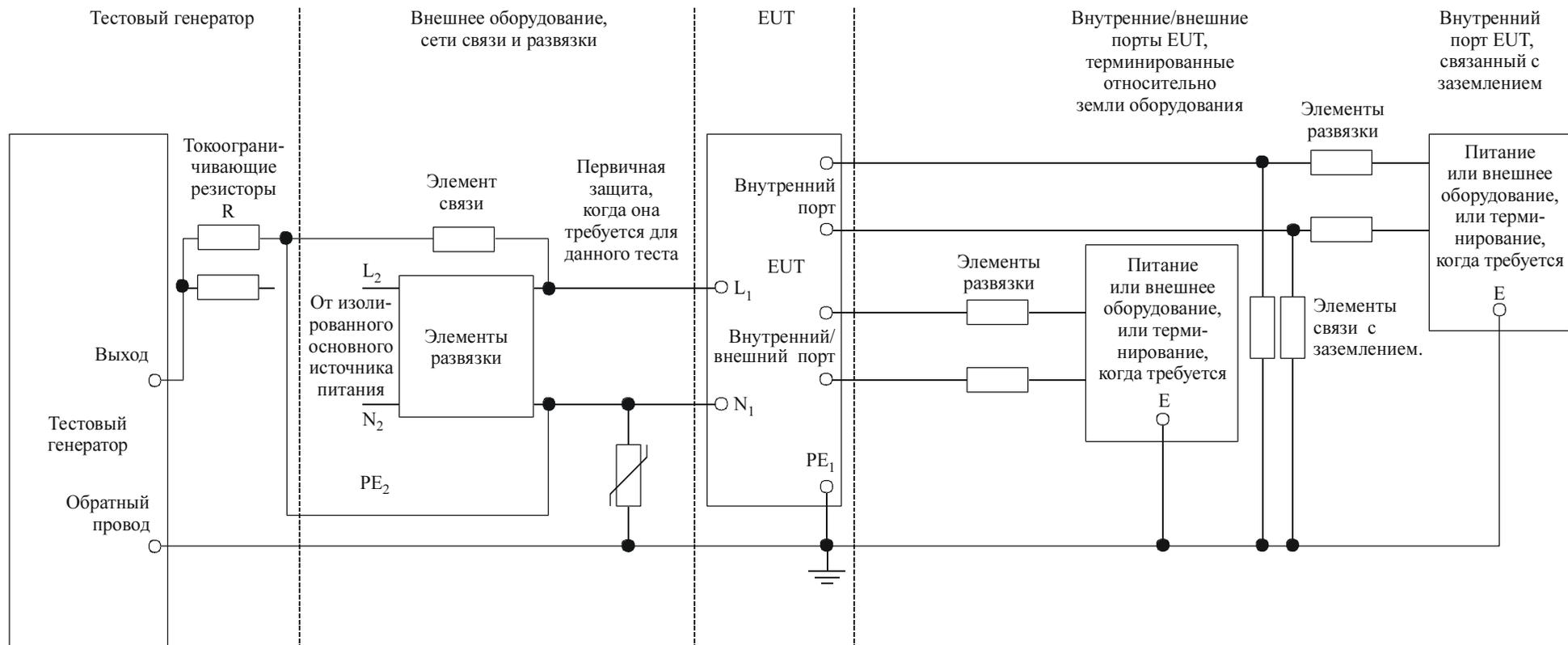


K.44_FA.6.4-1

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Общая длина вывода, в расчете на одно SPD, для соединения с первичной защитой, должна быть 1 м.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – В качестве элементов развязки могут быть использованы изолирующий трансформатор с дополнительной индуктивностью в каждой выходной ветви.

Рисунок А.6.4-1/К.44 – Пример схемы поперечного тестирования влияния перенапряжений или сверхтоков на внешний порт основного источника питания

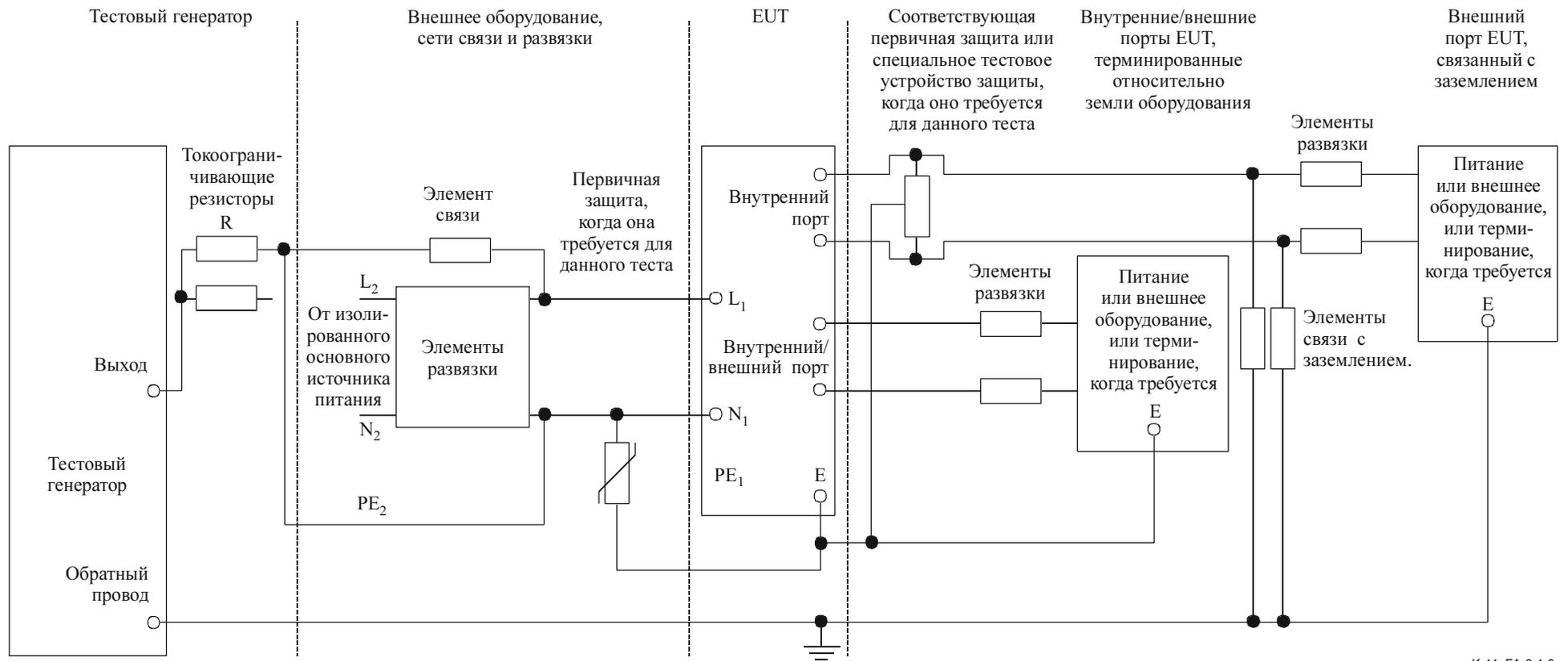


K.44_FA.6.4-2

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Общая длина вывода, в расчете на одно SPD, для соединения с первичной защитой, должна быть 1 м.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – В качестве элементов развязки могут быть использованы изолирующий трансформатор с дополнительной индуктивностью в каждой выходной ветви.

Рисунок А.6.4-2/К.44 – Пример схемы тестирования влияния перенапряжений, сверхтоков и возрастания потенциала нулевого провода на внешний порт основного источника питания относительно земли

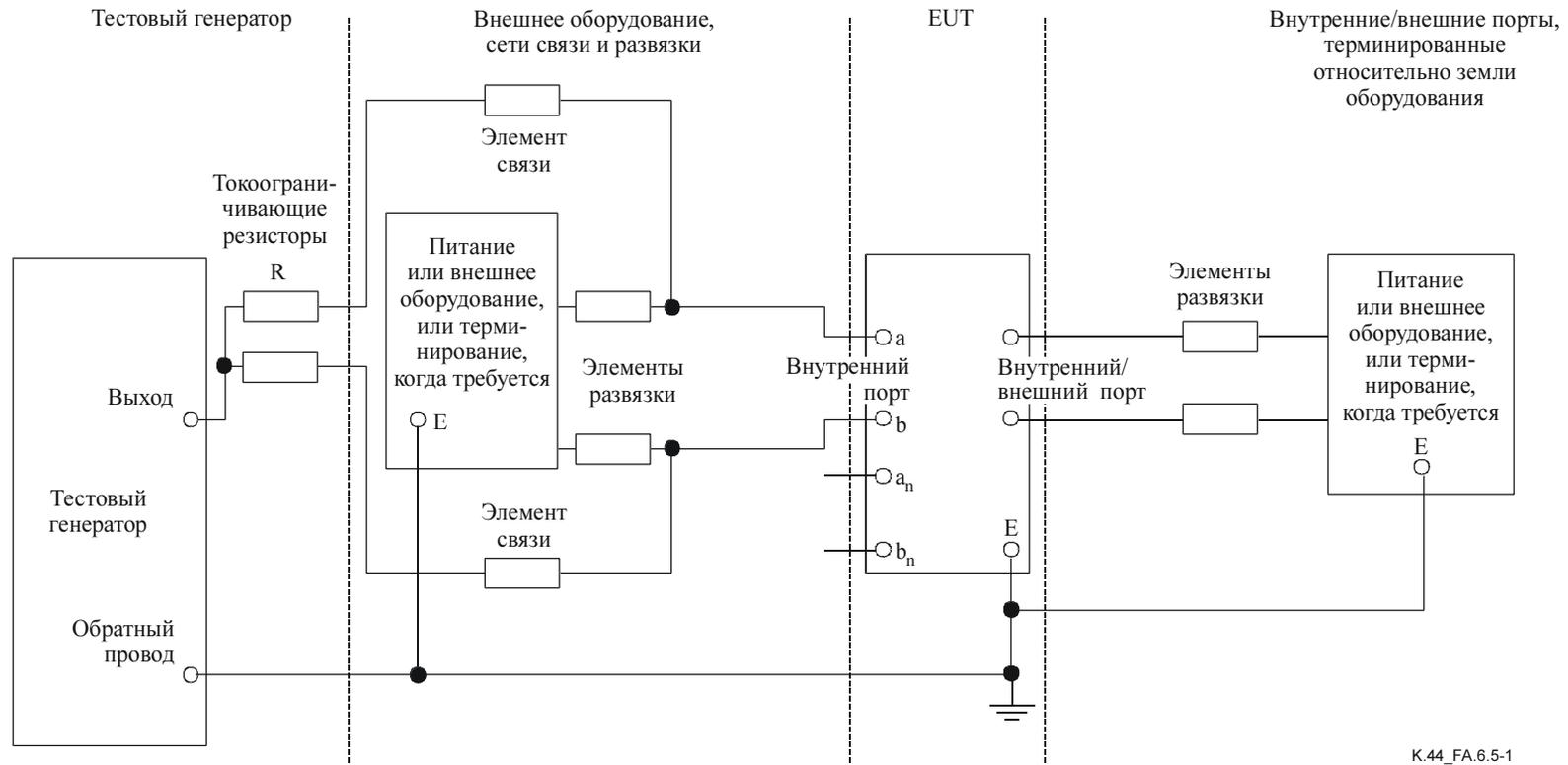


K.44_FA.6.4-3

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Общая длина вывода, в расчете на одно SPD, для соединения с первичной защитой, должна быть 1 м.

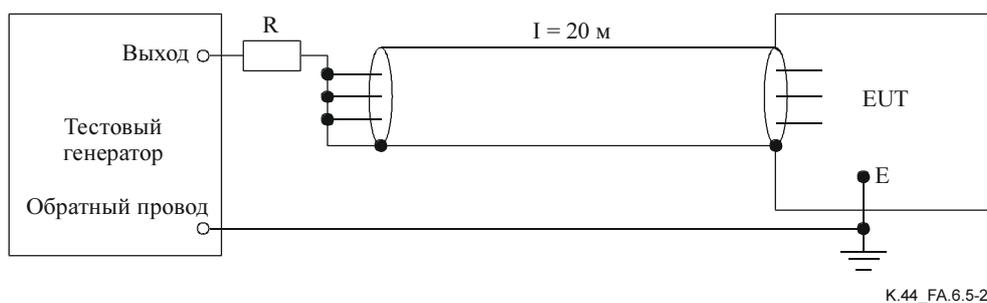
ПРИМЕЧАНИЕ 2 – В качестве элементов развязки могут быть использованы изолирующий трансформатор с дополнительной индуктивностью в каждой выходной ветви.

Рисунок А.6.4-3/К.44 – Пример схемы тестирования влияния перенапряжений, сверхтоков и возрастания потенциала нулевого провода на внешний порт основного источника питания относительно внешнего порта



K.44_FA.6.5-1

Рисунок А.6.5-1/К.44 – Пример схемы тестирования для внутренних портов с неэкранированными кабелями



Для повторяемости результатов измерений рекомендуется, чтобы данный тест выполнялся на эталонной плоскости земли с кабелем, лежащим на плоскости заземления в змеевидной форме. Все провода соединяются вместе и вместе с экраном. (Причина: В худшем случае включенные защитные элементы в дополнительном оборудовании, не включенные в схему этого теста, могут вызвать короткозамкнутое терминирование.)

Рисунок А.6.5-2/К.44 – Пример схемы тестирования для внутренних портов с экранированными кабелями

Добавление I

Объяснения, иллюстрирующие условия тестирования

I.1 Тестирование

I.1.1 Общая часть

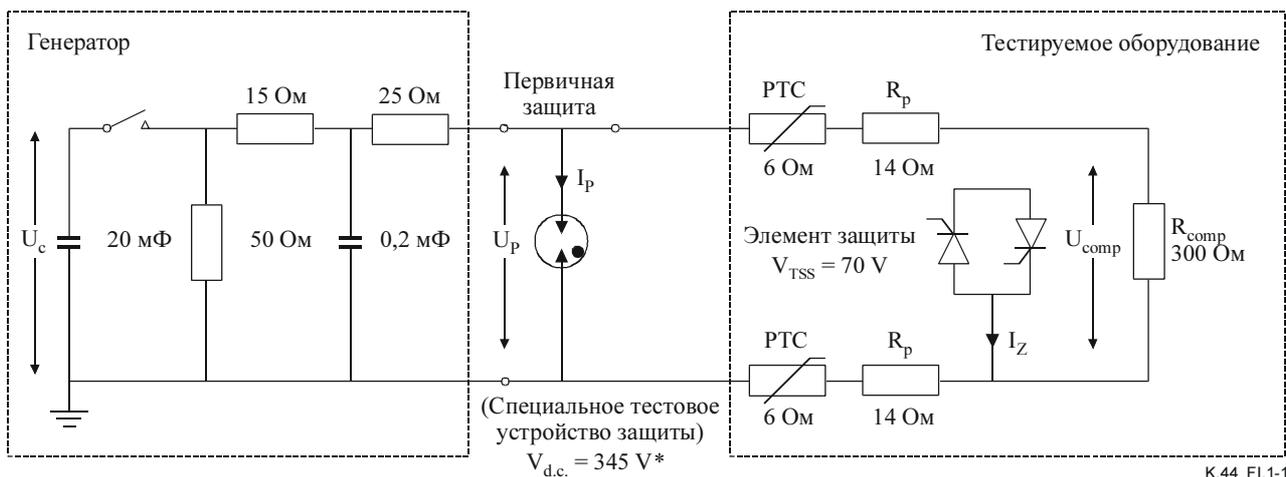
Чтобы проверить, что данное оборудование удовлетворяет определенным требованиям приемки для всех уровней напряжения и тока вплоть до максимального тестируемого уровня, необходимо либо тестировать в более широком диапазоне тестовых напряжений/токов от 0 до определенного максимального уровня, либо осуществить "интеллектуальное тестирование". Разделы I.1.2–I.1.4 содержат информацию об интеллектуальном тестировании, которое минимизирует число уровней тестирования, но при этом гарантирует, что проведено достаточное число тестов.

I.1.2 Тесты на действие импульсных разрядов, вызванных молнией

Чтобы проверить, что не существует зон повреждения в данном оборудовании, необходимо осуществить тесты при определенных тестовых напряжениях. Эти специфические тестовые напряжения определяются на основании операционных точек таких элементов, как первичные устройства защиты (GDT или SSA) и защитные устройства коммутирующего типа в данном оборудовании. Примеры таких тестовых напряжений иллюстрируются с помощью линейной карты с 20-омным плавким резистором-предохранителем и устройством собственной защиты коммутирующего типа. Этот пример с линейной картой, а также тестовым генератором и устройством первичной защиты, показан на рисунке I.1.1. Кроме схемы и элементов тестового генератора, все схемы и номиналы элементов были выбраны только, чтобы дать возможность для объяснений и не могут рассматриваться как схемы и номиналы, рекомендуемые на практике.

Когда напряжение заряда U_c последовательно увеличивается, различные элементы будут находиться под действием разных напряжений, токов и энергии. Выбор элементов данной схемы определяется следующим:

- максимальным напряжением на данном элементе;
- максимальным током, протекающим через данный элемент;
- максимальной энергией, которая может быть поглощена данным элементом (интеграл произведения напряжения и тока за время длительности импульса).



K.44_F1.1-1

* Специальное тестовое устройство защиты для 230-вольтового первичного устройства защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ – На практике R_p может варьироваться от 10 до 100 Ом, а $R_{сис}$ также может иметь другое значение номинала.

Рисунок I.1-1 – Пример схемы с линейной картой и назначенными напряжениями и токами

Вышеприведенная схема является примером линейной карты с низким входным импедансом, когда срабатывает собственная защита. Указанное оборудование номинально защищается в подверженных воздействию областях с помощью SSA или GDT на MDF. Предполагается, что оно будет защищено с помощью 230-вольтового GDT, а первичное устройство защиты будет замещено с помощью GDT, имеющего напряжение искрового разряда 345 В (постоянного тока), как это описано в разделе 8.4.1 (то есть, 300 В V_{dcmx} , умноженное на 1,15). Эта схема показана на рисунке A.5.1-2а для поперечного теста. Для простоты схемы на ней не показаны элементы связи или развязки, или другое связанное с ней оборудование. Приведенная схема применима только для импульсных разрядов положительной полярности. Резистор R_{comp} номиналом 300 Ом представляет поперечное полное сопротивление защищаемых элементов.

R_p – защитный резистор, сопротивление которого может варьироваться от 10 до 100 Ом. Этот резистор выполняет две функции. Во-первых, он проектируется для работы как плавкий предохранитель, в случае контакта с проводом электропитания, для предохранения от возгорания. Во-вторых, он обеспечивает буферный импеданс между первичной защитой и собственной защитой для достижения координации. Он играет роль полного входного сопротивления EUT, когда включается собственная защита. R_p может быть резистором, PTC или каким-то гибридным устройством. В некоторых приложениях может быть так, что PTC и резистор R_p будут на кроссе MDF вместе с первичной защитой. Заметим, что наличие PTC резистора R_p на кроссе MDF не рекомендуется на практике, так как некоторые операторы могут иметь такие MDF, которые не допускают наличие последовательного импеданса. Кроме того, для PTC лучше иметь температуру такую, как у линейной карты. Однако могут быть некоторые обстоятельства, когда PTC или другие типы защиты от сверхтока нужно устанавливать на MDF, см. Рекомендацию МСЭ-Т К.30 в качестве руководства.

R_{comp} – это сопротивление цепи. Его значение может изменяться в зависимости от тока и частоты. Однако, обычно максимальный ток, который течет через R_{comp} , меньше 0,2 А. Этот ток очень мал по сравнению с током, который протекает по собственной защите, когда она срабатывает.

Устройство собственной защиты является прибором типа PNPN.

Когда воздействует отрицательный импульсный разряд, тиристор включается, если напряжение на нем превышает напряжение включения, обычно оно около 70 В. После того, как тиристор включился, падение напряжения составляет 1-2 вольта.

При напряжении U_c , формирующем напряжение U_{comp} от 0 до 69 В, ток через тиристор не идет, см. рисунок I.1-2. Это позиция наихудшего воздействия на элементы и следует подавать на них 10 тестовых импульсов перемежающейся полярности. При U_c , формирующем напряжение $U_{comp}=70$ В, срабатывает внутренняя защита и ток проводится через PTC и 14-омные резисторы, см. рисунок I.1-3. Это ограничивает напряжение на элементах, которые находятся под защитой, на уровне 70 В.

Напряжение на РТС и 14-омных резисторах, а также ток через РТС и эти резисторы, будут расти, пока напряжение заряда ниже уровня активации первичной защиты, см. рисунок I.1-4. Это позиция максимального наихудшего воздействия на РТС и 14-омные резисторы и следует подавать на них 10 тестовых импульсов перемежающейся полярности.

Когда активируется первичная защита, напряжение U_p падает до низкой величины (как правило, до 25 В). Ток I_z , протекающий по оборудованию, падает до очень низкого значения и становится практически независимым от напряжения U_c .

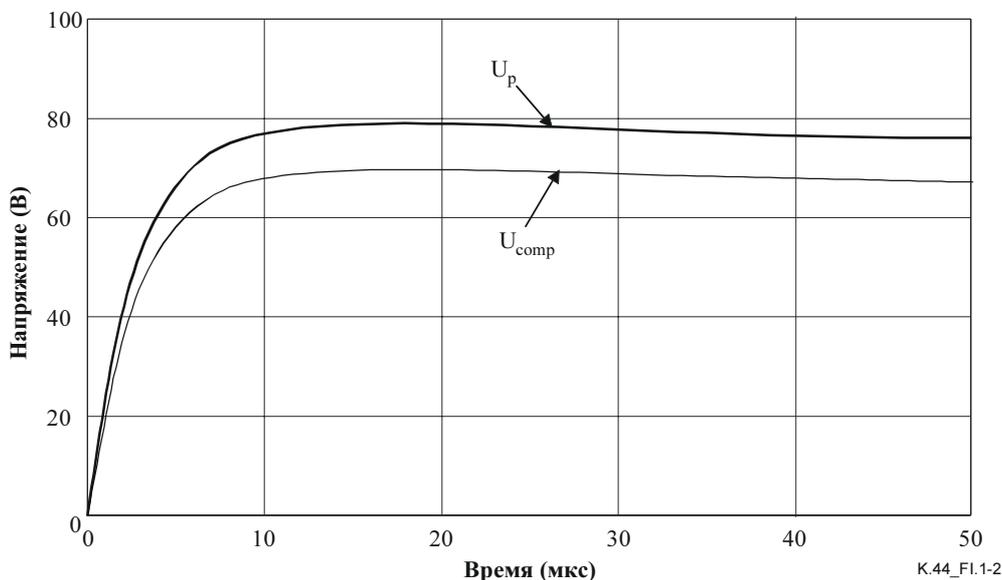


Рисунок I.1-2/К.44 – Напряжения при U_c , формирующим U_{comp} до 69 В

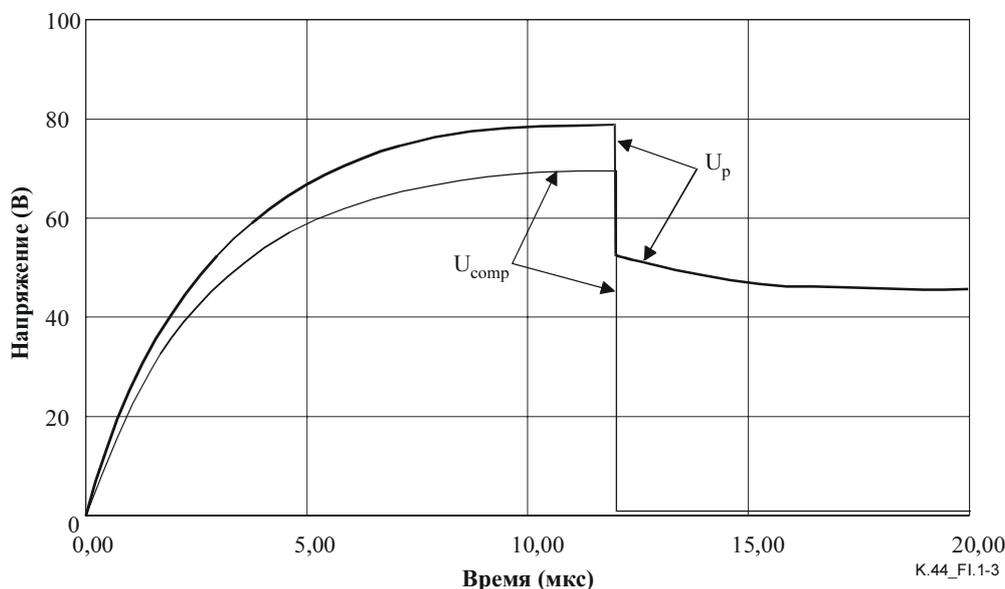


Рисунок I.1-3/К.44 – Напряжения при U_c , формирующим U_{comp} 70 В

На рис I.1-4 показана максимальная полная волна напряжения 10/700 мкс, которая появляется на входе оборудования. На рисунке I.1-5 показано устройство защиты, работающее на хвосте этой волны. Напряжение зажигания 10/700 мкс является значением U_p , которое вызывает срабатывание устройства защиты, то есть напряжение зажигания 10/700 мкс для устройства защиты составляет 420 В.

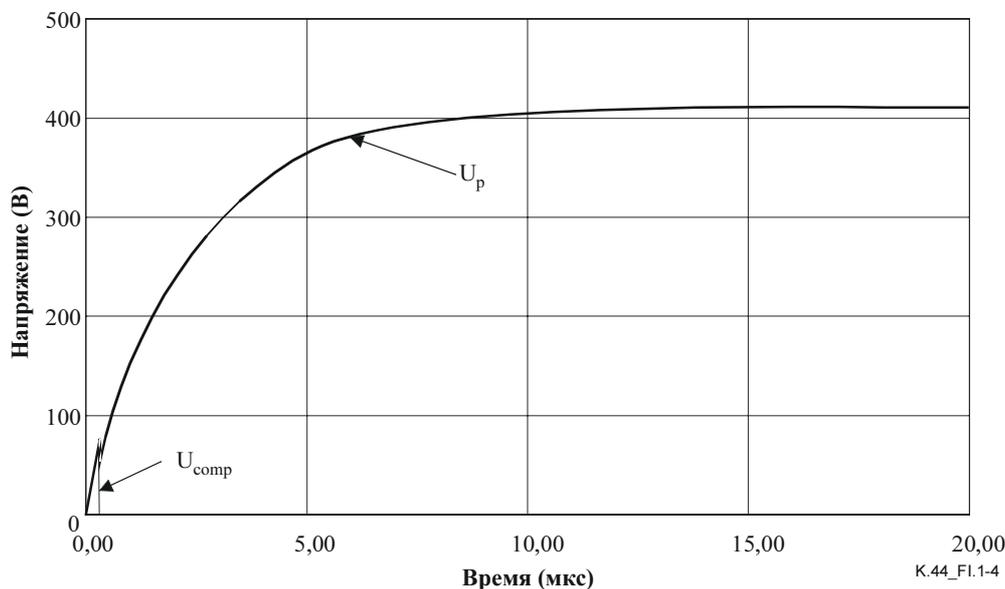


Рисунок I.1-4/К.44 – Напряжения при U_c , установленном так, чтобы сформировать U_p несколько меньшим, чем требуется для разряда GDT

На рисунке I.1-5 показано измеренное напряжение U_p на первичной защите и напряжение на PTC и 14-омных резисторах при напряжении заряда U_c – 855 В и GDT с напряжением пробоя – 345 В постоянного тока, напряжение зажигания использованного специального тестового устройства защиты соответствует случаю, когда согласованным первичным устройством защиты является GDT, 230 В. Разностные токи могут быть вычислены из данных напряжений. Использованное первичное устройство защиты было активировано спустя 15 мкс, а максимальное напряжение на GDT было равно 420 В.

Следует заметить, что если первичная защита не активируется в течение нарастающего фронта, она еще может быть активирована в течение периода затухания, так как напряжение в начале этого периода остается почти постоянным. Если GDT активируется во время периода затухания, напряжение пробоя меньше и приближается к напряжению пробоя постоянного тока.

На рисунке I.1-6 показано измеренное напряжение U_p на первичной защите и напряжение на PTC и 14-омных резисторах при напряжении заряда U_c равном 4 кВ. Первичная защита была активирована спустя 1,5 мкс, а максимальное напряжение на GDT было равно 632 В. Хотя это напряжение было выше, количество энергии прошедшее через защиту на оборудование было меньше.

На рисунке I.1-7 показано измеренное напряжение U_p на первичной защите и напряжение на PTC и 14-омных резисторах при напряжении заряда U_c равном 10 кВ. Первичная защита была активирована спустя 0,5 мкс, а максимальное напряжение на GDT было равно 690 В. Хотя это напряжение было выше, количество энергии прошедшее через защиту на оборудование было меньше.

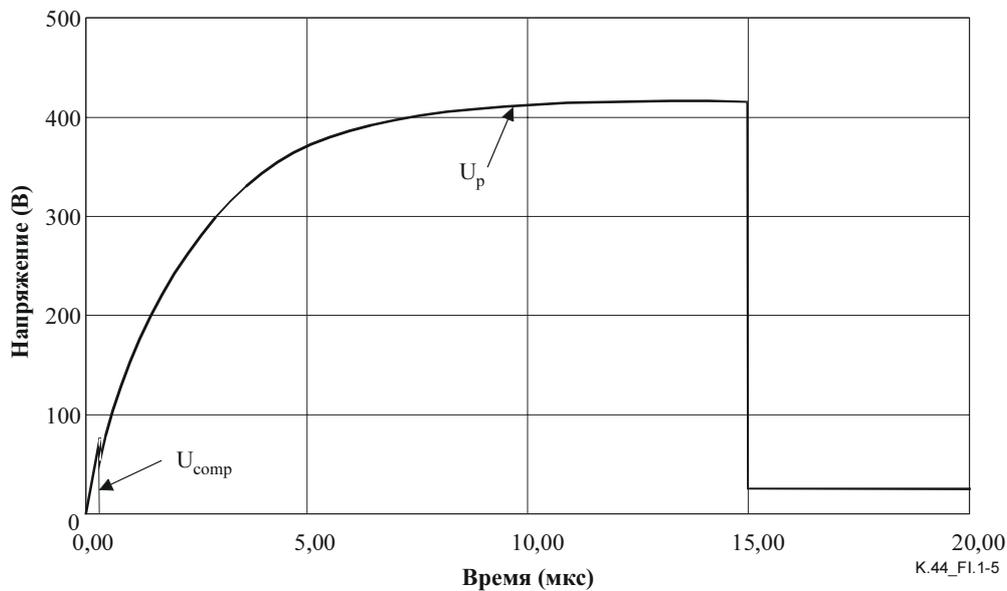


Рисунок I.1-5/К.44 – Напряжения U_p на специальном тестовом устройстве защиты для напряжения заряда U_c порядка 855 В

Этот пример с шестью различными напряжениями заряда показывает важность знаний о характеристиках первичной защиты и собственной защиты, для того чтобы обеспечить соответствующую координацию между первичной и собственной защитами и защищаемым оборудованием.

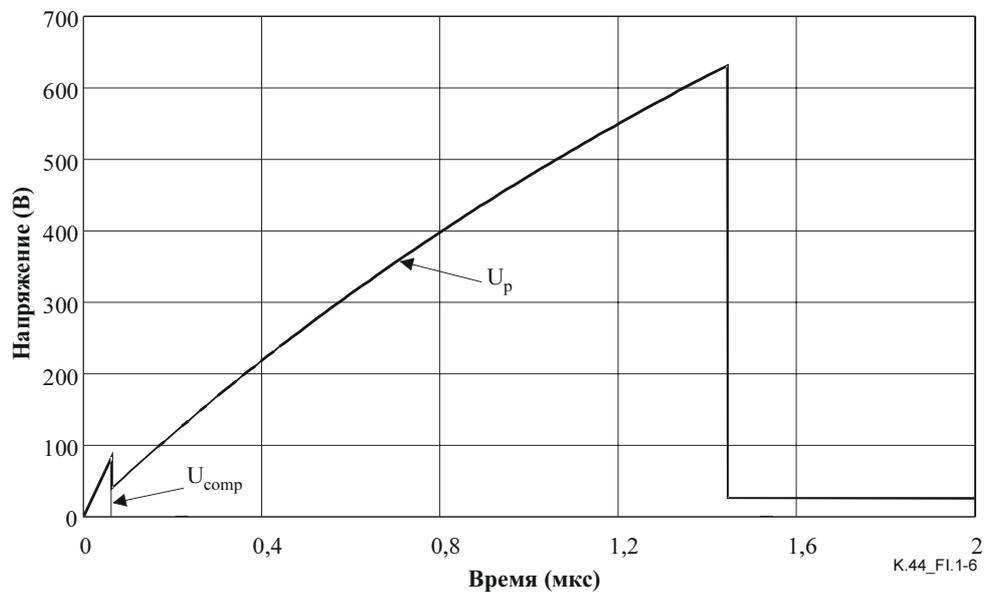


Рисунок I.1-6/К.44 – Напряжения U_p на специальном тестовом устройстве защиты для напряжения заряда U_c порядка 4 кВ

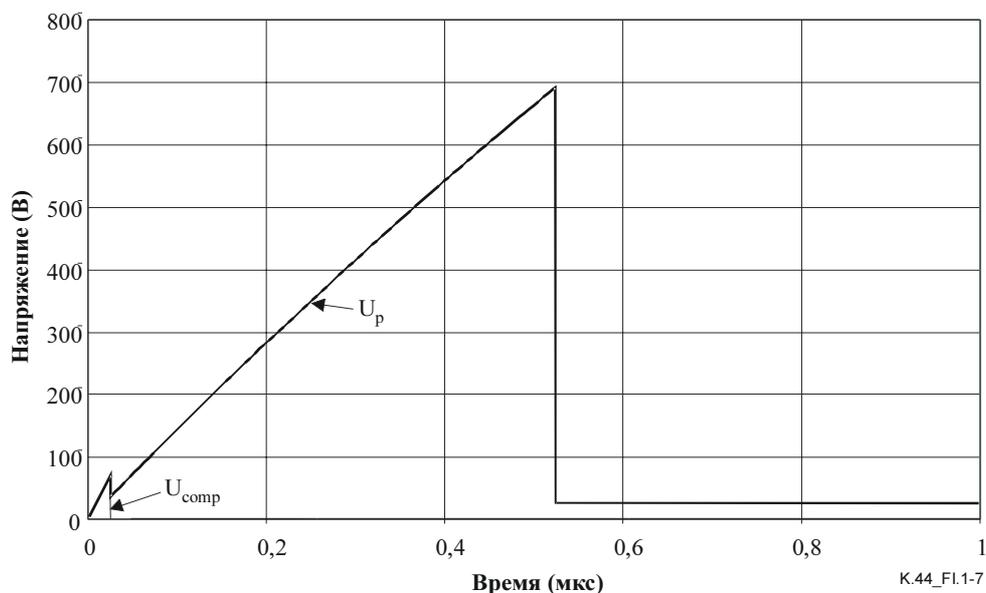


Рисунок I.1-7/К.44 – Напряжения U_p на специальном тестовом устройстве защиты для напряжения заряда U_c порядка 10 кВ

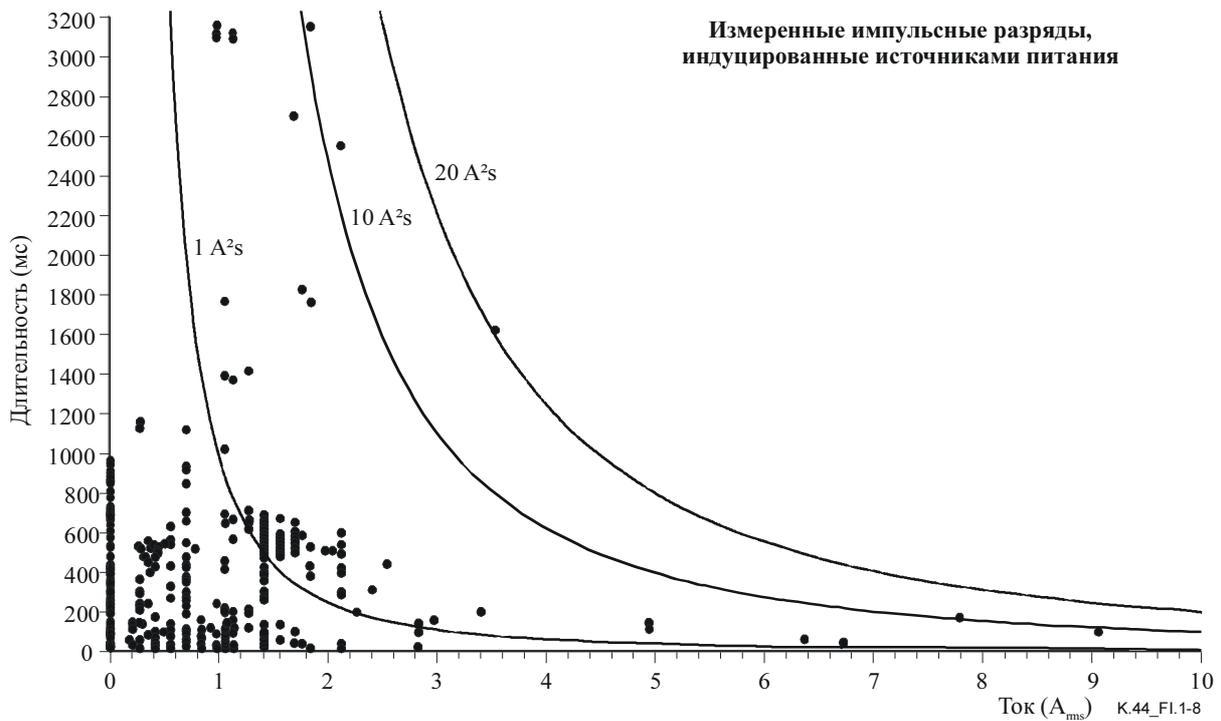
I.1.3 Влияние индукции источника питания

Индуктированные напряжения с большей вероятностью возникают в длинных линиях и там, где, в общем случае, линии абонентов не обеспечивают низкого сопротивления относительно земли. Индуктированное напряжение E может рассматриваться в виде источника высокого импеданса, состоящего из 600-омного последовательно включенного резистора и конденсатора емкостью 0,33 мкФ между линией и землей, как показано на рисунке I.1-9. Телефон представляется в виде 100-омного сопротивления и рычага-переключателя. Устройство типа GDT требуется только на линиях в районах, подверженных внешним воздействиям. Однако, учитывая либерализацию СРЕ, такие устройства защиты могут быть использованы и в районах менее подверженных таким воздействиям. Эти GDT зажимаются на линейных окончаниях абонентов в случае напряжения, индуктированного источником питания при коротком замыкании, короткого замыкания телефона и линейных емкостей. Поэтому схема тестирования, приведенная на рисунке А.3-6 состоит только из индуктированного напряжения $E=U_{a.c.}$ и проволочных резисторов R .

Практический опыт показывает, что большое число линейных карт в некоторых АТС были повреждены благодаря действию напряжения, индуктированного источником питания во время грозных дней. Повреждения имели место только в сельских районах, подверженных внешним воздействиям. Токи, индуктированные в таких линиях и приводящие к повреждению линейных карт, измерялись в редких случаях и показали уровень 4-6 А и длительность 200-500 мс, что соответствует удельной энергии порядка 10-20 А²с. На рисунке I.1-8 показаны результаты измерений влияния такой индукции источников питания в Австралии.

Случаи появления свертков с высокой удельной энергией были оценены как редкие явления. Поэтому пришли к соглашению, что тест на влияние индукции источника питания с использованием согласованной первичной защиты, должен моделировать свертки с удельной энергией порядка 1 А²с для базовых требований и 10 А²с для повышенных требований.

Учитывая, что большинство тестовых лабораторий имеют возможность использовать схемы тестирования только с максимальным тестовым напряжением 600 В, было решено установить для индукционных тестов, подтверждающих соответствие базовым требованиям, это максимальное напряжение $U_{a.c.(max)} = 600$ В и увеличить длительность теста до 1 с.



ПРИМЕЧАНИЕ – Импульсные разряды, помеченные как 0 А, соответствуют уровню минимально разрешимого тока.

Рисунок I.1-8/К.44 – Результаты измерений сверхтоков, индуцированных источниками питания, в Австралии

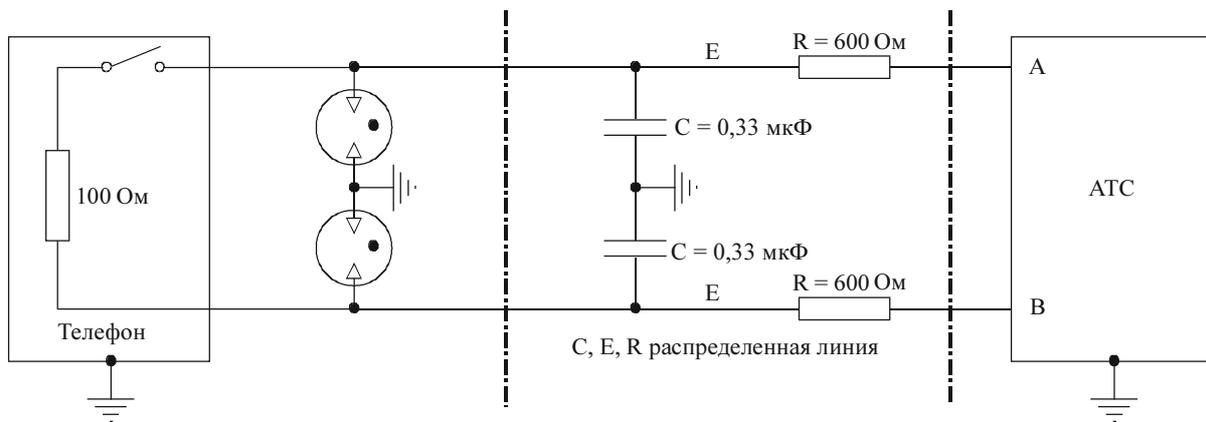
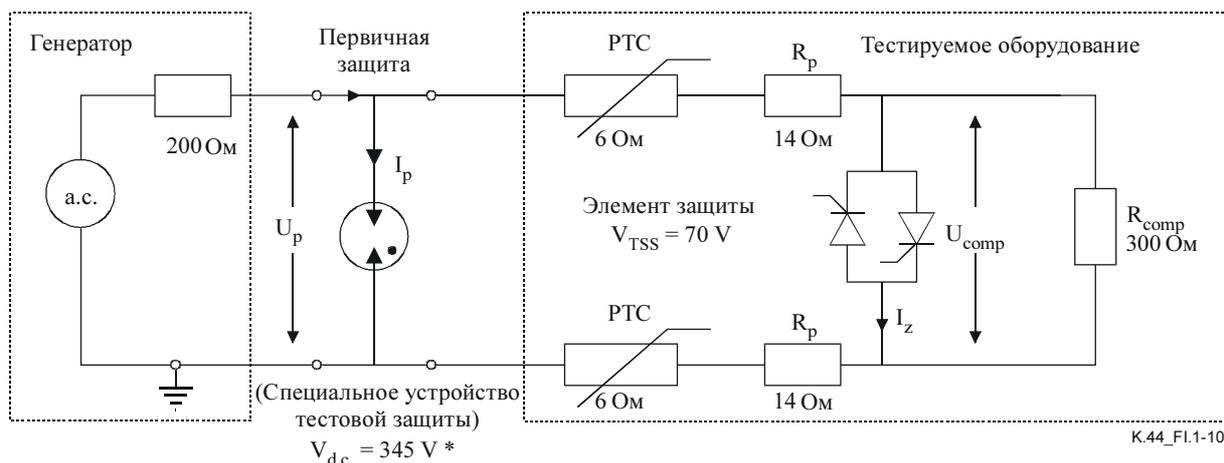


Рисунок I.1-9/К.44 – Эквивалентная схема линии электросвязи, подверженной индукционному воздействию источника питания

Как и при тестировании влияния молниевых импульсных разрядов, нужно быть внимательным с выбором уровней тестирования при проведении теста на индукционное воздействие источника питания. На рисунке I.1-10 показан пример с линейными картами, использующими РТС и устройства защиты коммутирующего типа. Во время тестирования, для иллюстрации функционирования различных элементов контролируются следующие точки: V_p , I_p , U_{comp} и I_z . Этот, внутренний для конкретного оборудования, мониторинг проводится, чтобы помочь проектировщикам и инженерам испытателям понять те вопросы, ответ на которые нужно получить в результате тестирования оборудования. Нет необходимости проводить мониторинг внутри оборудования в процессе квалификационного тестирования.



* Специальное устройство тестовой защиты для 230 В устройства первичной защиты

ПРИМЕЧАНИЕ – На практике R_p может варьироваться от 10 до 100 Ом, а R_{slc} также может иметь различные значения.

Рисунок I.1-10/К.44 – Пример схемы

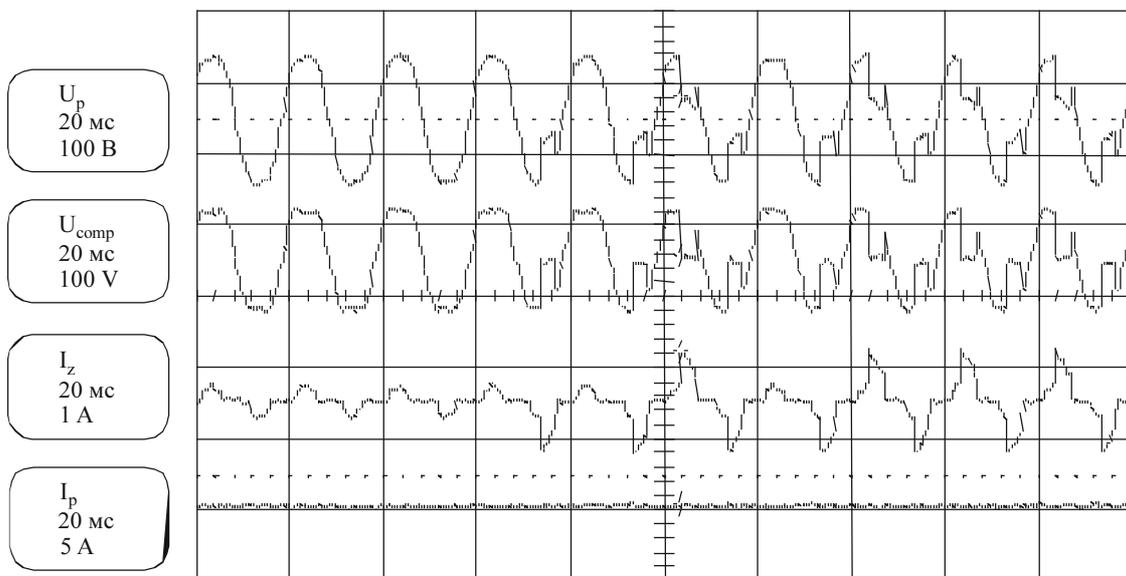
Замечено, что при увеличении тестового напряжения коммутирующие устройства начинают функционировать в районе пика напряжения, см. рисунок I.1-11. Напряжение генератора несколько ниже того, которое приводит к срабатыванию собственной защиты коммутирующего типа и возвратного типа, является точкой максимального воздействия по напряжению для компонентов, находящихся под защитой. Нужно приложить пять импульсных разрядов при напряжении генератора, установленном несколько ниже того, при котором срабатывает собственная защита. Заметим, что для собственной защиты типа фиксатора уровня точкой максимального воздействия по напряжению обычно является напряжение генератора несколько ниже того, при котором срабатывает устройство первичной защиты, то есть то, что соответствует максимальному току через устройство собственной защиты. В этом случае нужно приложить пять импульсных разрядов при напряжении генератора, установленном несколько ниже того, при котором срабатывает устройство первичной защиты.

Замечено, что если это напряжение увеличивается и дальше, то устройство коммутирующего типа функционируют весь период, но при этом не возникает достаточного нагрева ПТС, чтобы вызвать их срабатывание, см. рисунок I.1-12. Нужно приложить пять импульсных разрядов при этом напряжении генератора. Так как $U_{a.c.}$ продолжает увеличиваться, ПТС срабатывает в конце тестового периода. В некоторых случаях значение $U_{a.c.}$ может быть недостаточно для срабатывания специального устройства тестовой защиты, см. рисунок I.1-13. Нужно приложить пять импульсных разрядов при этом напряжении генератора.

Как только $U_{a.c.}$ продолжает увеличиваться, начнет функционировать специальное устройство тестовой защиты, см. рисунок I.1-14. Нужно приложить пять импульсных разрядов при этом напряжении генератора. В некоторых случаях, $U_{a.c.}$ которое требуется для того, чтобы вызвать срабатывание ПТС, будет достаточным для того, чтобы вызвать срабатывание специального устройства тестовой защиты. В этом случае нужно приложить пять импульсных разрядов при таком уровне напряжения, который вызовет начальное срабатывание ПТС, а также вызовет срабатывание специального устройства тестовой защиты в конце тестового периода.

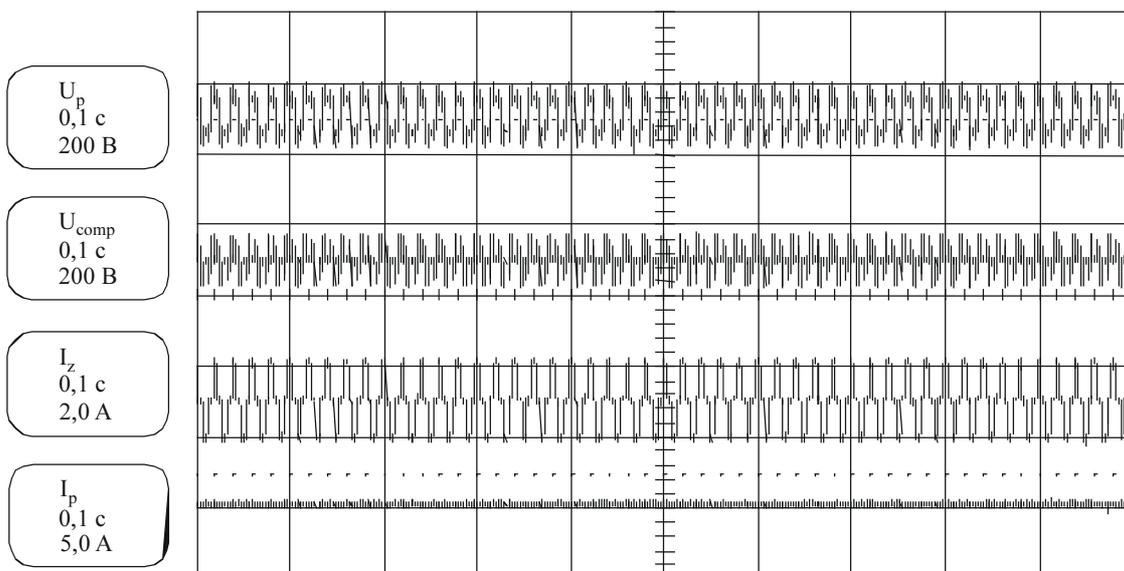
Также нужно приложить пять импульсных разрядов при напряжении генератора, установленном на величину $U_{a.c.(max)}$, так как это соответствует точке наибольшего токового воздействия для ПТС.

Во всех случаях, когда работает ПТС, необходимо ждать примерно 15 минут, прежде чем использовать следующий импульсный разряд, чтобы дать остыть ПТС.



K.44_F1.1-11

Рисунок I.1-11/К.44 – $U_{a.c.} = 127 \text{ В}_{\text{СКВ}}$, устройство собственной защиты коммутирующего типа начинает работать



K.44_F1.1-12

Рисунок I.1-12/К.44 – $U_{a.c.} = 200 \text{ В}_{\text{СКВ}}$, устройство собственной защиты коммутирующего типа работает, а РТС нет

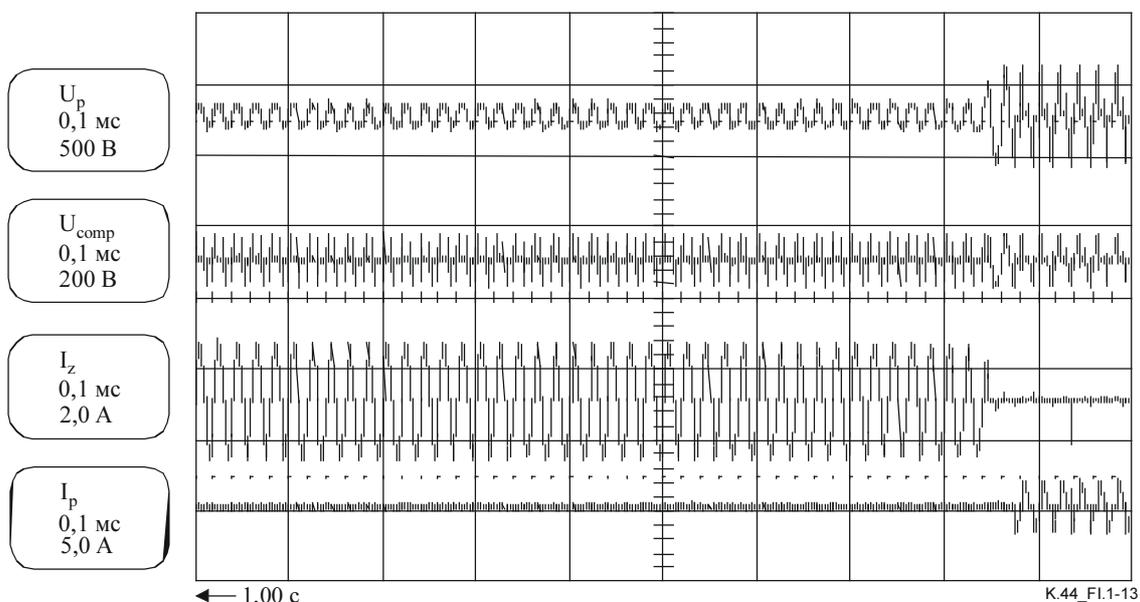


Рисунок I.1-13/К.44 – $U_{a.c.} = 220 \text{ В}_{скв}$, РТС работает в конце тестового периода (2 с), напряжение ниже напряжения зажигания специального устройства тестовой защиты

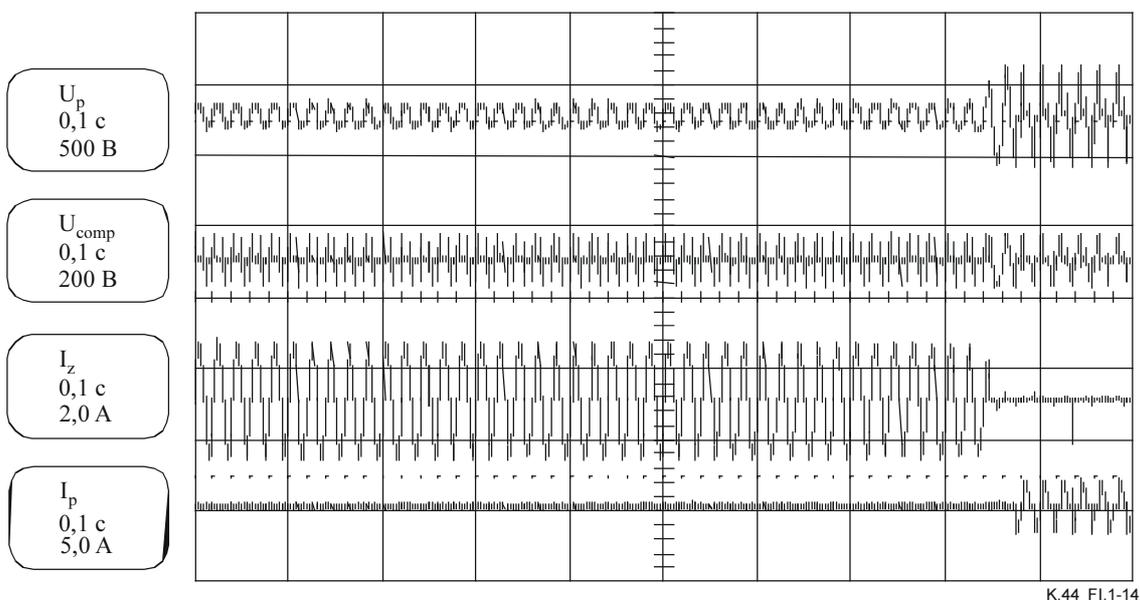


Рисунок I.1-14/К.44 – $U_{a.c.} = 280 \text{ В}_{скв}$, работает специальное тестовое устройство защиты

I.1.4 Влияние контактов с сетью основного источника питания

Импульсный разряд при контакте с сетью основного источника питания может достигать амплитуды напряжения питания. Максимальное значение обычно составляет $240 \text{ В}_{скв}$. Сопротивление между источником и оборудованием при этом может быть равно $10\text{--}1000 \text{ Ом}$.

Прямой контакт с проводами основного источника питания может произойти в случае повреждения сетевых линий или кабеля, поврежденного или несоответствующего СРЕ или в других случаях. Этот контакт может и не вызвать срабатывания предохранителей системы защиты питания. Переменный ток, вызванный таким прямым контактом, может сделать эффективную защиту как трудной, так и дорогой. Так как такие события крайне редки, то оборудование не обязательно должно противостоять перенапряжениям или сверхтокам, возникающим в результате таких прямых контактов, но может выйти из строя вполне законно.

При этом для оборудования могут возникнуть определенные угрозы:

- Если контакт происходит рядом с оборудованием, где суммарное сопротивление кабельной цепи и терминирующего устройства оборудования мало, то может возникнуть высокий ток. Эти условия моделируются в тесте на рисунке I.1–15 с помощью сопротивления в 10 Ом. Тестовый ток может быть ограничен до низкого уровня в соответствии с национальными стандартами.
- Если контакт происходит максимально далеко от оборудования, где суммарное сопротивление кабельной цепи и терминирующего устройства оборудования велико, то постоянно может течь небольшой, но вредный ток. Эти условия моделируются в тесте с помощью сопротивления в 1000 Ом.
- Опыт показывает, что на практике, при наличии сопротивления с номиналом от 10 до 1000 Ом, оборудование находится в состоянии наиболее чувствительным к возможному повреждению и опасности возгорания от перегрева, вызванного избыточным током.

Контакт с сетью основного источника питания приводит к возникновению источника напряжения равного местному основному источнику напряжения. Сопротивление между этим источником и линейной картой состоит из линейного сопротивления и контактного сопротивления, вызванного ошибочным контактом. Эксперименты показывают, что ситуации типа "в худшем случае" могут происходить и в более узком диапазоне сопротивлений. Чтобы быть уверенным, что условия наступления "худшего случая" контролируются, для тестов используется следующий ряд сопротивлений: 10, 20, 40, 80, 160, 300, 600 и 1000 Ом.

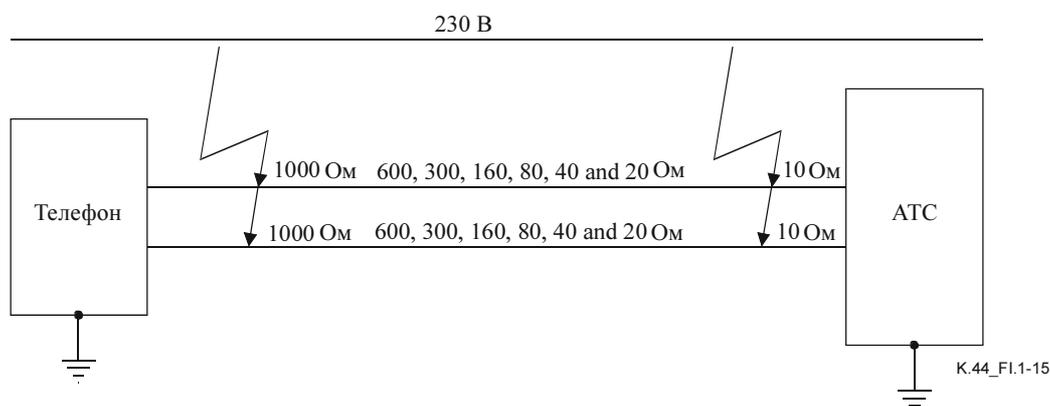


Рисунок I.1-15/К.44 – Механизм контакта с проводами основного источника питания

При подготовке стандарта, было согласовано проводить оценку влияния контакта с проводами источника питания, как результат проблем, с которыми столкнулась British Telecom. Однако, учитывая, что один такой контактный тест занимает 15 минут, было решено, что тестирование для всех 8 значений сопротивления сделает проведение теста затруднительным, поэтому выбор промежуточных значений сопротивления оставлен за тем, кто делает этот тест. Была также некая дискуссия о снижении продолжительности теста, такой, которая не влияла бы на результаты тестирования. В этом случае нужно привести некоторые соображения по выбору тестового сопротивления и длительности тестирования.

Существует два известных метода проектирования, которые позволяют удовлетворить контактному тестированию, а именно: использование плавкой вставки, или использование РТС, включенного последовательно линейному току. Как при использовании плавкой вставки, так и РТС, худшим случаем, с точки зрения схемы, является тестовый резистор, который приводит к максимальной передаче энергии в схему. Его можно определить путем тестирования всех значений тестового резистора и определения максимума передаваемой энергии с помощью осциллографа, измеряя напряжение на входе схемы, ток, текущий в схему, и интегрируя по времени произведение напряжения и тока.

- Плавкая вставка или резистор проектируются в расчете на перегрев и размыкание, которое прерывает протекание сверхтока в оборудование. Когда выполняется минимальный объем тестирования, тест должен выполняться с таким тестовым резистором, который вызывает максимальную энергию рассеяния в цепи. Когда подтверждается, что данный резистор не будет сокращаться и перекоммутировать схему после остывания, тест можно остановить, как только ток прерывается.

- b) РТС проектируется так, что он переходит в состояние с высоким сопротивлением, когда по нему течет сверхток. Для РТС ток худшего случая соответствует минимальному сопротивлению, то есть максимально большому пику тока. Когда выполняется минимальный объем тестирования, тест должен выполняться с таким тестовым резистором, который вызывает максимальную энергию рассеяния в цепи и при наличии 10-омного резистора.

В общем случае, как только РТС начнет работать, ток будет ограничиваться на низком уровне и не будет изменяться до конца данного теста. Однако, существуют варианты, при которых РТС пробивается в конце теста, что может вызвать избыточный нагрев и возможность возгорания. Существует, также, возможность того, что РТС сформирует релаксационный осциллятор с большой постоянной времени. Однако, как только становится ясно, что РТС не возбудится в оставшееся время, и что нет других факторов, которые могут изменить тестовый результат, тест может быть прекращен, как только ток стабилизируется при низком значении, которое предотвратит перегрев.

Если величина резистора в расчете на "худший случай" не может быть определена, то тест должен быть проведен со всеми указанными номиналами резисторов.

I.1.5 Терминирование и SPD на нетестируемых портах

На рисунке А.2-1 показаны возможные порты сложного узла оборудования.

Это оборудование имеет как внешние, так и внутренние порты, и будет рассмотрено влияние этого на тестируемый порт. EUT может быть соединено с ассоциированным с ним оборудованием внутри того же здания с помощью внутренних кабелей или соединено с оборудованием в другом здании с помощью внешних кабелей. SPD могут быть использованы на обоих типах портов, см. рисунок I.1-16.

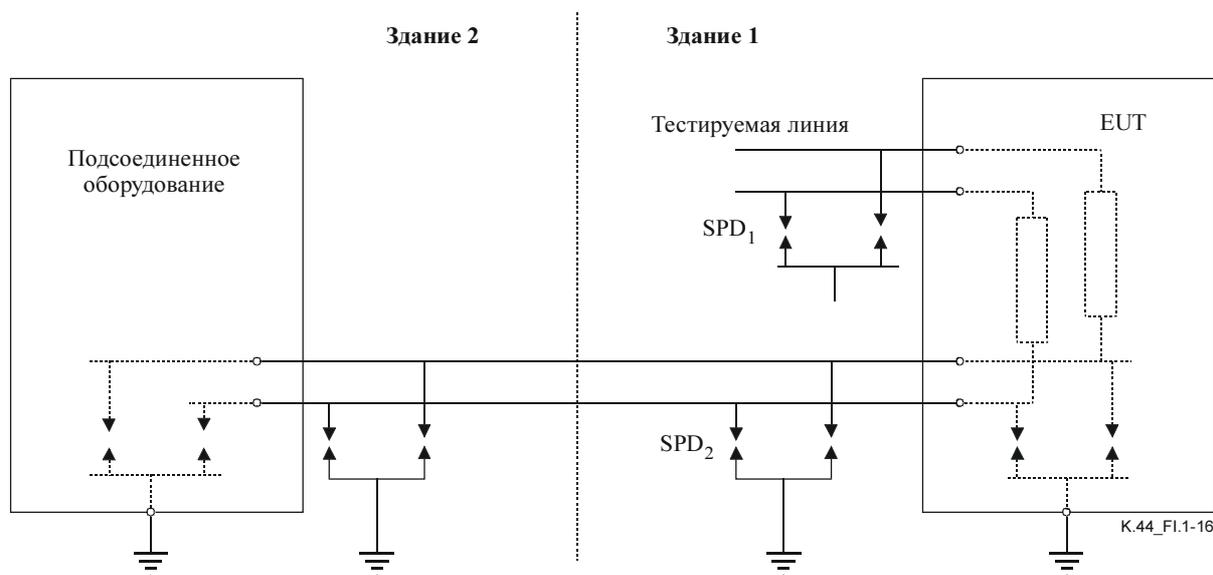


Рисунок I.1-16/К.44 – Использование устройств терминирования и SPD на оборудовании

Во время тестирования порты должны быть как терминированы, путем их соединения с соответствующим оборудованием или с помощью терминирующих импедансов, или сопротивлений, так и заземлены с помощью элементов связи. Необходимо рассмотреть различие между внешними портами и внутренними портами. Внутренние порты рассматриваются как соединенные с оборудованием, которое имеет ту же самую эталонную точку, как и тестируемое оборудование. Внешние порты, в то же время, могут быть соединены с оборудованием, имеющим различные эталонные земли, например, находящиеся в разных зданиях. Это означает, что ток может входить в один внешний порт, а выходить из другого внешнего порта.

Терминируя оборудование или заземляя порт, нужно рассмотреть следующие вопросы:

- 1) Когда между тестируемым и нетестируемым портами существует возможная связь, имеющая низкий импеданс, нужно рассмотреть возможности устройства защиты на нетестируемом порту, срабатывающего в первую очередь. Это делается путем использования специального тестового устройства защиты на тестируемом порту и устройства защиты с минимально допустимым напряжением электрического пробоя постоянного тока на нетестируемом порту.
- 2) Когда существует больше одного типа нетестируемых портов, то должен терминироваться только один тип нетестируемого порта или добавляется SPD. Причина этого в том, что наличие низкоимпедансной связи к одному типу нетестируемого порта, может препятствовать прохождению тока к другому типу нетестируемого порта.
- 3) Там, где один порт может быть внутренне соединен с другим портом, например, при определенных условиях функционирования или в условиях отказа питания, этот порт должен быть протестирован при условии терминирования или защиты другого порта.
- 4) Там, где оборудование имеет элементы защиты, проводящие сверхтоки, исключающее необходимость использования первичной защиты, необходимо удалить GDT на тестируемом порту и заменить его тестовым устройством защиты, как описано в разделах 8.2, 8.3 и 8.4. При этом нужно быть уверенным, что достигается требуемая координация. В процессе тестирования этого порта устройство тестирования интегрального типа должно быть оставлено на месте для нетестируемых портов. Если этот элемент неудаляемый, то все тесты выполняются при наличии устройства защиты, и производитель должен представить отчет о тестировании, чтобы показать, что были проведены собственные и координационные тесты с использованием специального тестового устройства защиты во время проектного тестирования.
- 5) Тесты могут быть проведены с использованием следующих четырех комбинаций терминирования и заземления нетестируемых портов, а именно:
 - a) без терминирования и без заземления;
 - b) без терминирования, но с заземлением порта;
 - c) без заземления, но с терминированием;
 - d) с заземлением и с терминированием.

При тестировании порта относительно порта необходимо рассмотреть нижеследующее как второй порт:

- 1) другие линии/пары того порта, который тестируется;
- 2) линии/пары других типов портов.

1.2 Диапазон тестовых уровней в тестах на влияние молнии и индукции систем питания

1.2.1 Влияние молнии

1.2.1.1 Уровни собственного тестирования

Диапазон тестовых напряжений, используемых в рекомендациях на рассматриваемый продукт, для тестовых уровней собственной стойкости может быть от 1 до 5 кВ. Традиционно тестовое напряжение в 1 кВ используется в большинстве телекоммуникационных строений. Это объясняется тем, что большинство импульсных разрядов меньше, чем 1 кВ, и тем, что для него относительно легко установить, когда потребуется, первичную защиту на MDF. Более высокое напряжение, такое как 5 кВ, может быть рассмотрено для CPE, так как они находятся в менее контролируемых окружающих условиях и на них более трудно установить GDT.

1.2.1.2 Уровни координационного тестирования

Максимальный уровень тестирования для требований координационного тестирования составляет традиционно 4 кВ. Однако недавние измерения показали, что уровни импульсных разрядов, превышающие 7 кВ, действительно имеют место. В этой связи допускается, как вариант, уровень тестирования 10 кВ. Более высокий уровень тестирования имеет более высокое значение dU/dt . Это приводит к более высокому напряжению зажигания устройств первичной защиты и более высоким токам заряда емкостей в оборудовании.

I.2.2 Уровни тестирования при тестировании действия индукции систем питания

I.2.2.1 Уровни собственного тестирования

Традиционно для собственного тестирования используется уровень $0,2 \text{ A}^2\text{с}$ для оборудования в центрах электросвязи и СРЕ. Благодаря либерализации в устройстве СРЕ, использование первичной защиты не является обязательным, уровень собственного тестирования может для СРЕ требоваться выше, например, $1,0 \text{ A}^2\text{с}$.

I.2.2.2 Уровни собственного/координационного тестирования

Традиционно уровень тестирования для тестов с первичной защитой был $1,0 \text{ A}^2\text{с}$. Был также введен более высокий уровень – $10 \text{ A}^2\text{с}$, принимая во внимание, что некоторые страны имеют более высокий уровень индукции систем питания, максимальный уровень индукции в коротких линиях (200 Ом) или имеют потребность в более высоком качестве сервиса, ввиду изменений регламентных требований.

Метод определения требований для оборудования может оказаться различным. МСЭ-Т К.20 (1996) определяет $U_{c(\text{max})}=600 \text{ В}$ через 600 Ом за 1 с. Измерения показали, что диапазон времени, в течение которого течет ток перегрузки составляет от 0 до 3,2 с, а сам ток составляет $0-9 \text{ A}_{\text{СКВ}}$, см. рисунок I.1-8. Тесты на сопротивлении показали, что рейтинг удельной энергии уменьшается с возрастанием тока при постоянной удельной энергии. Это показывает, что собственный/координационный тест должен проводиться при максимальном возможном зарегистрированном токе.

I.3 Соотношение между МСЭ-Т К.44 и другими Рекомендациями на данный продукт или семейство продуктов

Рекомендация МСЭ-Т К.20 разработана для оборудования, которое устанавливается в центрах электросвязи. Существует надлежащая система заземления и металлическая структура, записанная в Рекомендации МСЭ-Т К.27, так как окружающая среда не слишком подвержена внешним воздействиям. Однако, благодаря большому количеству телефонных кабелей, общий ток, текущий в здание будет большим.

Рекомендация МСЭ-Т К.21 разработана для оборудования, которое устанавливается на территории абонента, где плохое заземление и система соединений. Сопротивление земли может быть велико или даже система заземления может отсутствовать.

Рекомендация МСЭ-Т К.42 разработана для оборудования, которое устанавливается между центром электросвязи и зданием на территории абонента. При этом система заземления может быть не так хороша, как в центре электросвязи, но эта система находится под управлением оператора. Есть определенный уровень качества, который позволяет этой небольшой структуре осуществлять идеальные эквипотенциальные соединения.

На рисунке I.3-1 показан пример расположения оборудования и Рекомендации, используемые при этом. Если оборудование используется более, чем в одном месте, оно должно тестироваться в соответствии со всеми относящимися к делу Рекомендациями.

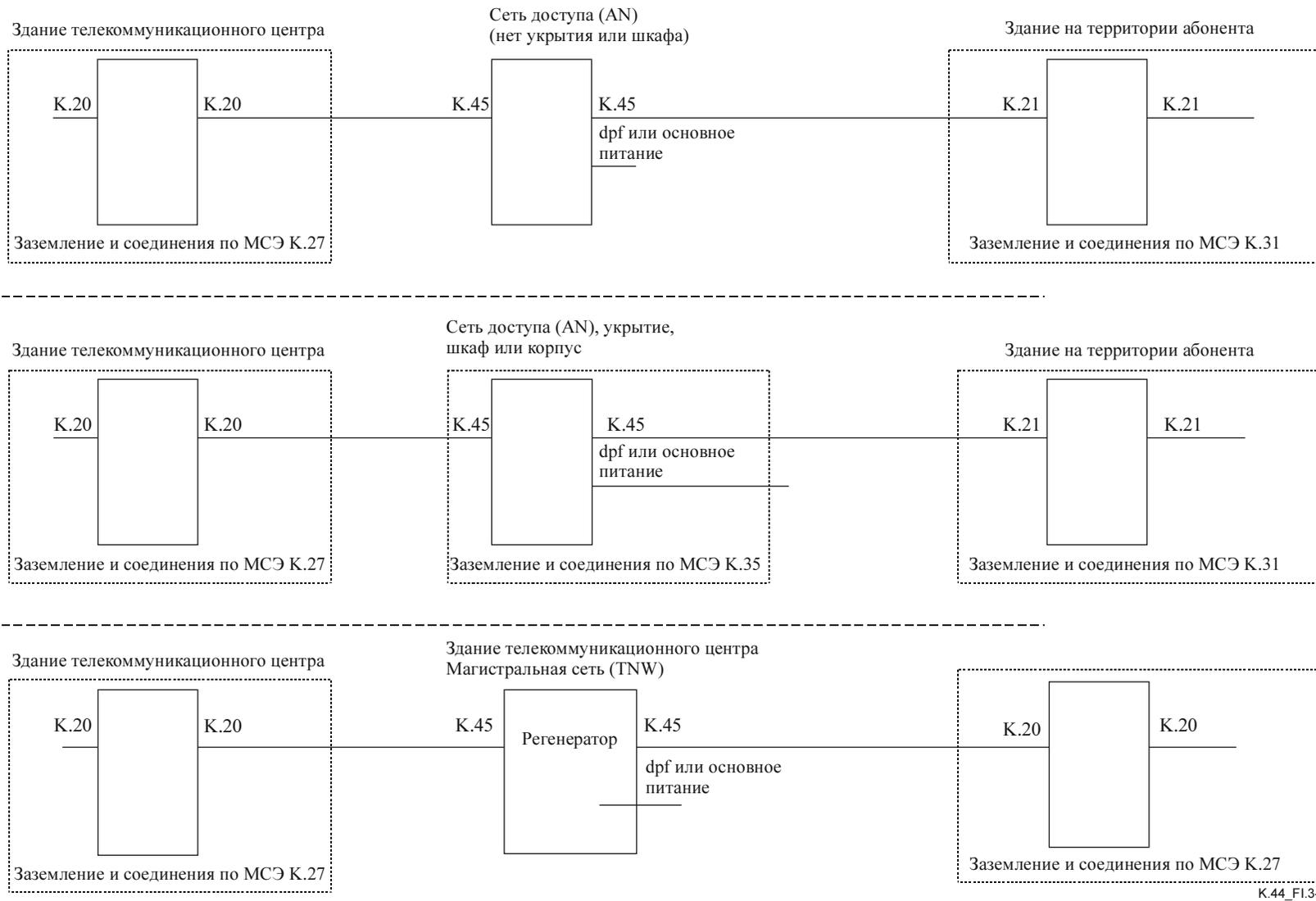


Рисунок I.3-1/К.44 – Пример конфигурации сети электросвязи, показывающий границы между центром электросвязи, сетью доступа/магистральной сетью и зданием с оборудованием в помещении абонента

Добавление II

Дополнительная информация для производителей и операторов

II.1 Введение

Приведенная ниже информация находится в стадии изучения МСЭ. Она приведена в настоящем Добавлении как для информации производителей и операторов, так и для обсуждения указанных вопросов.

II.2 Координация первичной защиты

Действие первичной защиты описано в Рекомендации МСЭ-Т К.11.

Чтобы быть уверенным в координации элементов защиты с оборудованием, необходимо проверить, что:

- 1) данное оборудование не будет повреждено напряжением, соответствующим ситуации "худшего случая", которое может возникнуть между входными терминалами и между входным терминалом и эталонной точкой заземления оборудования;
- 2) данное оборудование не будет повреждено или окажется под действием помех в результате работы первичной защиты во всем диапазоне напряжений импульсных разрядов.

Работа первичной защиты коммутирующего типа оказывает двойное действие типа:

- Она ограничивает максимальное напряжение, приложенное к оборудованию, и, следовательно, в зависимости от внутреннего импеданса оборудования, максимальный ток, которое оборудование должно выдерживать.
- Она вызывает очень быстрое изменение напряжения и тока, которые, благодаря индуктивным и емкостным эффектам, могут достичь чувствительных узлов оборудования, которые не подвергались внешнему воздействию непосредственно.

II.2.1 Первичная защита не работает

Для импульсных разрядов, когда первичная защита еще не активирована, нужно обратить внимание на токи, которые могут течь во внутренней кабельной сети. Большие токи во внутренней кабельной сети могут нарушить работу другого оборудования. Рекомендация МСЭ-Т К.27 описывает заземление и организацию связей внутри телекоммуникационного здания, а Рекомендация К.11 посвящена координации с устройствами электрической защиты.

II.2.2 Первичная защита работает

Моделирование разрядов молний требует обратить внимание на:

- изменение рабочего напряжения GDT с изменением скорости нарастания напряжения;
- разность потенциалов, нарабатываемую на кроссе защиты и любой, связанной с ним, проводкой заземления благодаря протеканию большого тока;
- быстрое изменение dU/dt , вызванное работой DGT, которое может повредить чувствительные элементы или вызвать неправильное функционирование (блокировку оборудования или произвольное изменение данных в памяти).

При проверке координации с первичной защитой нужно обратить внимание на принципы работы GDT. Во-первых, напряжение зажигания $10/700$ мкс GDT, см. рисунок I.1-4, в общем случае выше, чем напряжение зажигания постоянного тока, но меньше, чем напряжение зажигания 1 кВ/мкс. Во-вторых, напряжение зажигания постоянного тока, а, следовательно, напряжение зажигания $10/700$ мкс может существенно меняться для устройств защиты того же типа. Например, напряжение зажигания постоянного тока 230 -вольтового GDT может меняться от 180 до 300 В (МСЭ-Т К.12).

По этой причине координация первичной защиты проверяется путем замены согласованного первичного устройства защиты на специальное тестовое устройство защиты. Напряжение зажигания постоянного тока специального тестового устройства защиты должно быть в $1,15$ раз больше установленного максимального напряжения зажигания постоянного тока согласованного первичного устройства защиты. Допуск на напряжение зажигания равен 5% . Для 230 -вольтового первичного устройства защиты напряжение зажигания специального тестового устройства защиты равно 345 В \pm

17 В. Это тестовое устройство защиты используется как для тестирования влияния разрядов молний и индукции системы питания, так и для контактных тестов. Это специальное тестовое устройство защиты должно иметь характеристики, похожие на те, что имеет согласованное устройство первичной защиты.

II.2.3 Принципы координации

В Рекомендации МСЭ-Т К.11 записано, что:

- Не существует устройств, имеющих характеристики, позволяющие идеально подавлять все напряжения и токи, вызванные возмущениями.
- В ряде случаев необходимо использовать более одного устройства защиты.

В общем случае высокотокковые устройства, работают медленнее и имеют остаточное напряжение. Быстродействующие полупроводниковые приборы работают достаточно быстро, но могут обрабатывать меньшее количество энергии, чем высокотокковые устройства. Поэтому необходимо иметь лестничные схемы для постепенного снижения энергии импульсного разряда до уровня, который безопасен для оборудования. Этот тип защиты называется многоступенчатой защитой.

На рисунке II.2-1 показан принцип защиты с использованием лестничных схем.

Первичное устройство защиты прикладывается в пограничной области, например, там, где располагается MDF, внешней по отношению к EUT. Наиболее разрушительная энергия шунтируется на землю в этой точке. Устройство собственной защиты находится внутри EUT и оно отводит остаточную энергию устройства первичной защиты. Внутри EUT может быть также третье устройство защиты, которое может рассматриваться как часть черного ящика.

Важно, что между этими устройствами должно быть сопротивление, так чтобы не соединять каждый следующий непосредственно, тогда такая схема может выглядеть как лестничная. Рассматривая координацию между первичной и внутренней защитой, следует иметь ввиду, что существует сопротивление R_{in} . Это сопротивление R_{in} фактически то же, что и входное сопротивление EUT, когда собственное устройство защиты, такое как PNPN-устройство или диод, включено и соединяет R_{in} с заземлением. На рисунке II.2-1б показана эквивалентная схема, когда включено собственное устройство защиты. Если между устройствами первичной и собственной защиты нет резистора, то функционирует только то устройство защиты, которое имеет меньшее напряжение включения. В этом случае будет работать только устройство собственной защиты, которое заблокирует работу первичного устройства защиты, в результате координация не будет достигнута. Сопротивление R_{in} необходимо для того, чтобы увеличить напряжение на первичном устройстве защиты до величины, достаточной, чтобы заставить работать устройство первичной защиты.

Проблема в том, что устройство собственной защиты обычно включается при меньшем напряжении, по сравнению с устройством первичной защиты при MDF. Сначала ток течет в черный ящик и генерирует напряжение на устройстве внутренней защиты, и оно включается. Затем ток, который течет через R_{in} и устройство собственной защиты, генерирует напряжение на устройстве первичной защиты.

Следовательно, устройство внутренней защиты – это не вспомогательное, а важное устройство, потому что оно, обычно, начинает работать раньше, чем устройство первичной защиты, предохраняя следующие за ним элементы. Падение напряжения на сопротивлении, используемом для координации, вызванное током через устройство собственной защиты, вызывает срабатывание устройства первичной защиты, которое шунтирует большую часть энергии импульсного заряда на заземление.

В традиционных схемах, использующих большой трансформатор или катушку внутри EUT, может оказаться, что в них вообще отсутствует устройство собственной защиты. Сумма сопротивлений R_{in} и R_e достаточно велика для того, чтобы включить устройство первичной защиты и при не столь значительном токе, текущем в EUT. На рисунке II.2-1в показана такая эквивалентная схема.

Если есть устройство внутренней защиты, такое, как полупроводниковое SPD в EUT, то оно, обычно, срабатывает быстрее, чем устройство первичной защиты при MDF. Если нет сопротивления между устройствами первичной и собственной защиты, то функционирование устройства собственной защиты нарушает функционирование устройства первичной защиты. Координация достигается тогда, когда между двумя этими устройствами находится достаточно большое сопротивление, и падение напряжения на этом сопротивлении позволяет первичной защите работать корректно. Если такая координация правильно спроектирована, то EUT не может быть поврежден даже при максимальных уровнях тестирования. При превышении максимального тестового уровня, в случае молниевых разрядов, должно работать устройство первичной защиты.

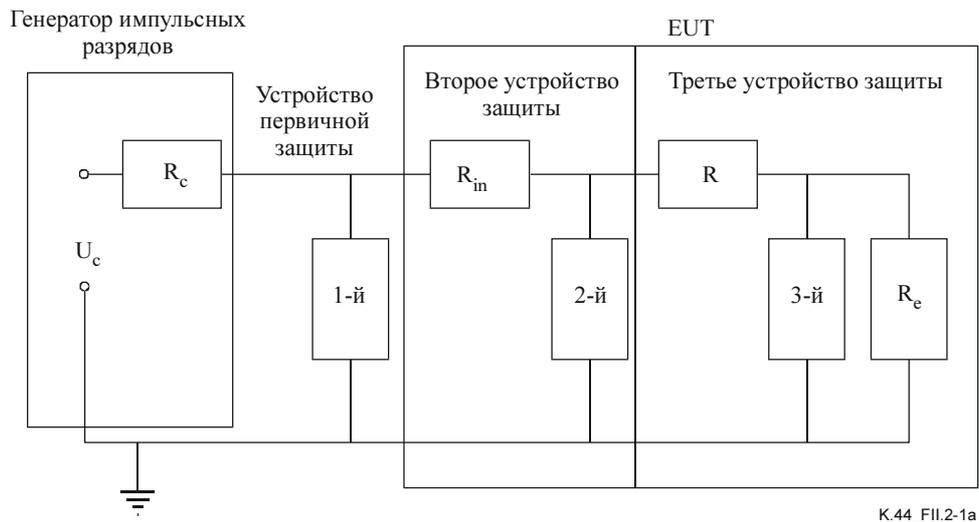


Рисунок П.2-1а/К.44 – Принципы защиты с помощью лестничных схем

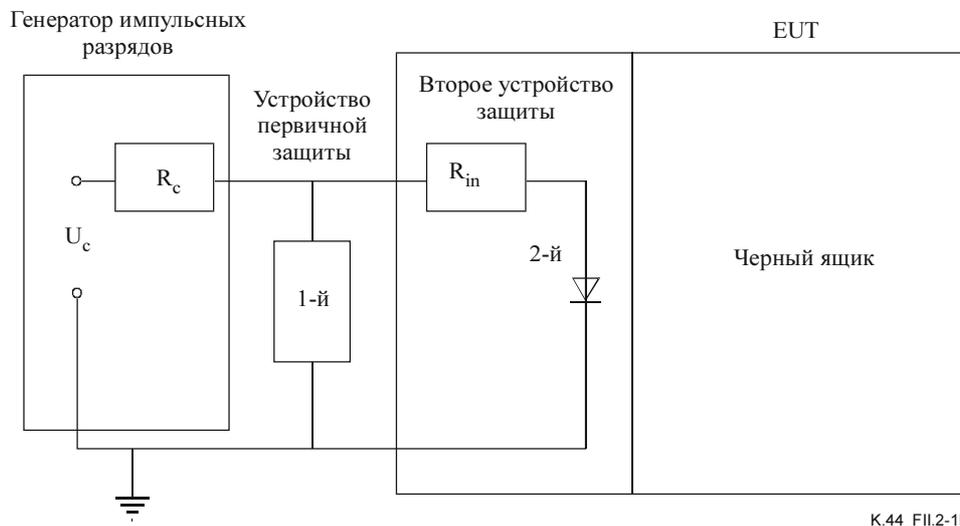


Рисунок П.2-1б/К.44 – Эквивалентная схема, когда включено второе устройство защиты

1

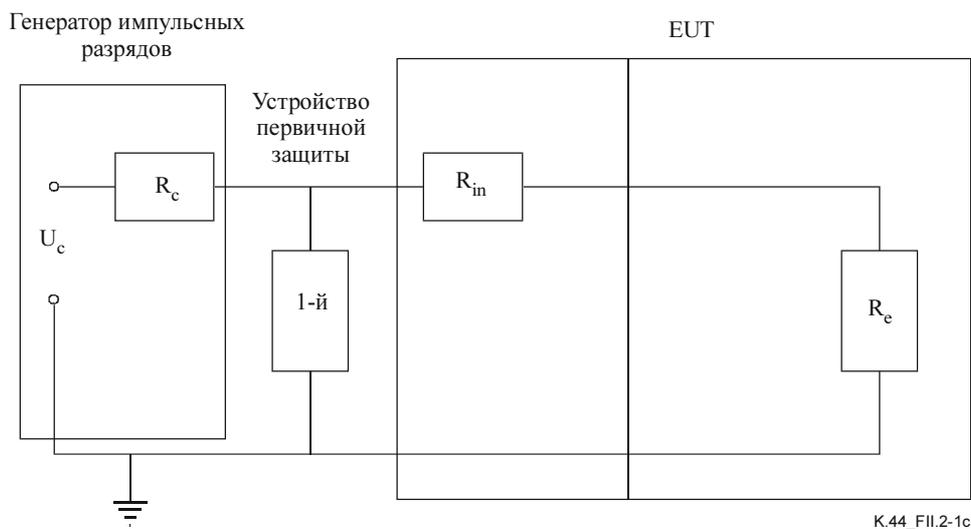


Рисунок П.2-1с/К.44 – Робастная схема без второго устройства защиты

II.2.4 Тестирование координации SPD коммутирующего типа и типа фиксатора уровня

Стандарт IEC TS 61312-3 содержит информацию о теории координации. Нижеследующий текст содержит специфические тесты, которые необходимо осуществить, чтобы подтвердить наличие координации.

Существуют четыре комбинации SPD, показанные на рисунке II.2-2.

Рисунок II.2-2а: Для проведения тестирования SPD на рисунке II.2-2а, необходимо осуществить следующие тесты:

- 1) Установить U_c так, чтобы сформировать форму волны с максимумом чуть ниже того, что соответствует напряжения зажигания первичной защиты (максимум энергии в собственное устройство защиты);
- 2) Установить $U_c = U_{c(max)}$ (худший случай dV/dt и наибольший пиковый ток в устройство собственной защиты).

Рисунок II.2-2b: Для проведения тестирования SPD на рисунке II.2-2b, необходимо осуществить следующие тесты:

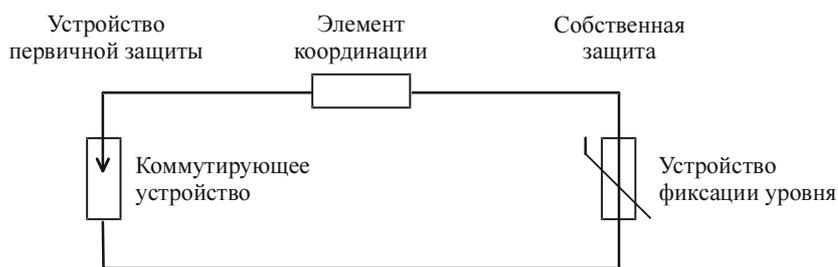
- 1) Установить U_c так, чтобы сформировать форму волны с максимумом чуть ниже того, что соответствует напряжения зажигания собственной защиты (максимум энергии в элементы электроники);
- 2) Установить U_c так, чтобы сформировать форму волны с максимумом чуть ниже того, что соответствует напряжения зажигания первичной защиты (максимум энергии в собственное устройство защиты);
- 3) Установить $U_c = U_{c(max)}$ (худший случай dV/dt и наибольший пиковый ток в устройство собственной защиты).

Рисунок II.2-2с: Для проведения тестирования SPD на рисунке II.2-2с, необходимо осуществить следующий тест:

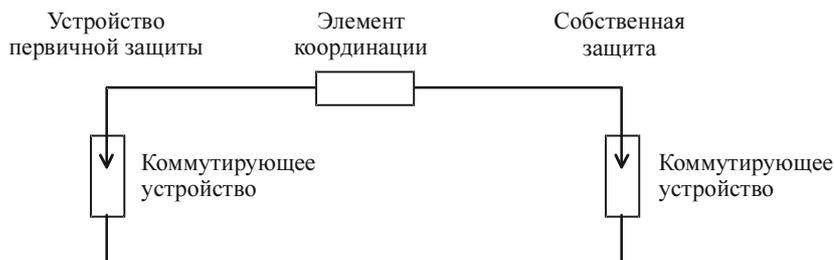
- 1) Установить $U_c = U_{c(max)}$ (худший случай dV/dt и наибольший пиковый ток в устройство собственной защиты).

Рисунок II.2-2d: Для проведения тестирования SPD на рисунке II.2-2d, необходимо осуществить следующие тесты:

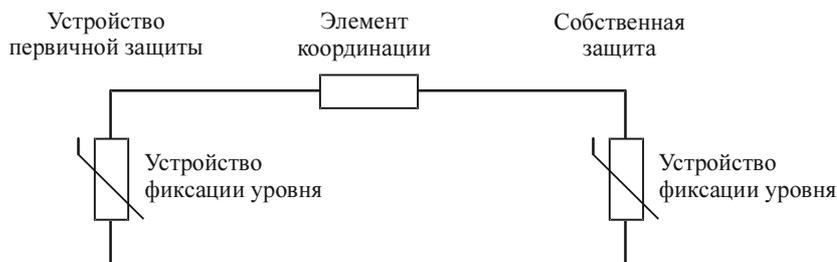
- 1) Установить U_c так, чтобы сформировать форму волны с максимумом чуть ниже того, что соответствует напряжения зажигания собственной защиты (максимум энергии в элементы электроники);
- 2) Установить $U_c = U_{c(max)}$ (худший случай dV/dt и наибольший пиковый ток в устройство собственной защиты).



а) Коммутирующее устройство, за которым следует устройство фиксации уровня



б) Коммутирующее устройство, за которым следует коммутирующее устройство



в) Устройство фиксации уровня, за которым следует устройство фиксации уровня



г) Устройство фиксации уровня, за которым следует коммутирующее устройство

К.44_Ф.И.2-2

Рисунок П.2-2/К.44 – Различные комбинации SPD

П.3 Напряжение MDF на входе оборудования

П.3.1 Общая часть

Напряжение зажигания GDT зависит от dU/dt . Если R_p известно, то dU/dt от U_{si} можно вычислить с помощью моделирования с использованием SPICE transient. Используя напряжение зажигания, соответствующее данным о dU/dt в таблице параметров GDT, можно получить для каждого условия фактическое напряжение зажигания. На рисунке П.3-3 показаны результаты моделирования для 1 м MDF кабеля между GDT и оборудованием и 1 м MDF кабеля заземления. Видно, что GDT срабатывает при более высоком напряжении и за более короткий промежуток времени, когда U_c велико. Если U_c мало, то GDT срабатывает при меньшем напряжении и за более длительный период времени.

На рисунке П.3-4 показаны результаты того же самого моделирования, но при использовании 10 м MDF кабеля между GDT и оборудованием и 10 м MDF кабелем заземления. Индуктивность 10 м кабеля заземления примерно равна 10 мкГн. Общая индуктивность порядка 20 мкГн может работать как эффективный фильтр нижних частот для высокоскоростного остаточного напряжения, вызванного работой GDT. Такой MDF кабель подавляет высокую скорость нарастания (dU/dt) импульсного заряда, вызванного функционированием GDT/ Такое моделирование показывает, что тестовый вывод между генератором импульсного разряда и EUT должен быть коротким, например, меньше 2 метров.

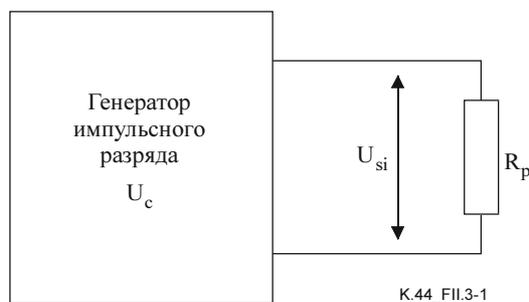


Рисунок П.3-1/К.44 – Модель вычисления dU/dt от U_{si}

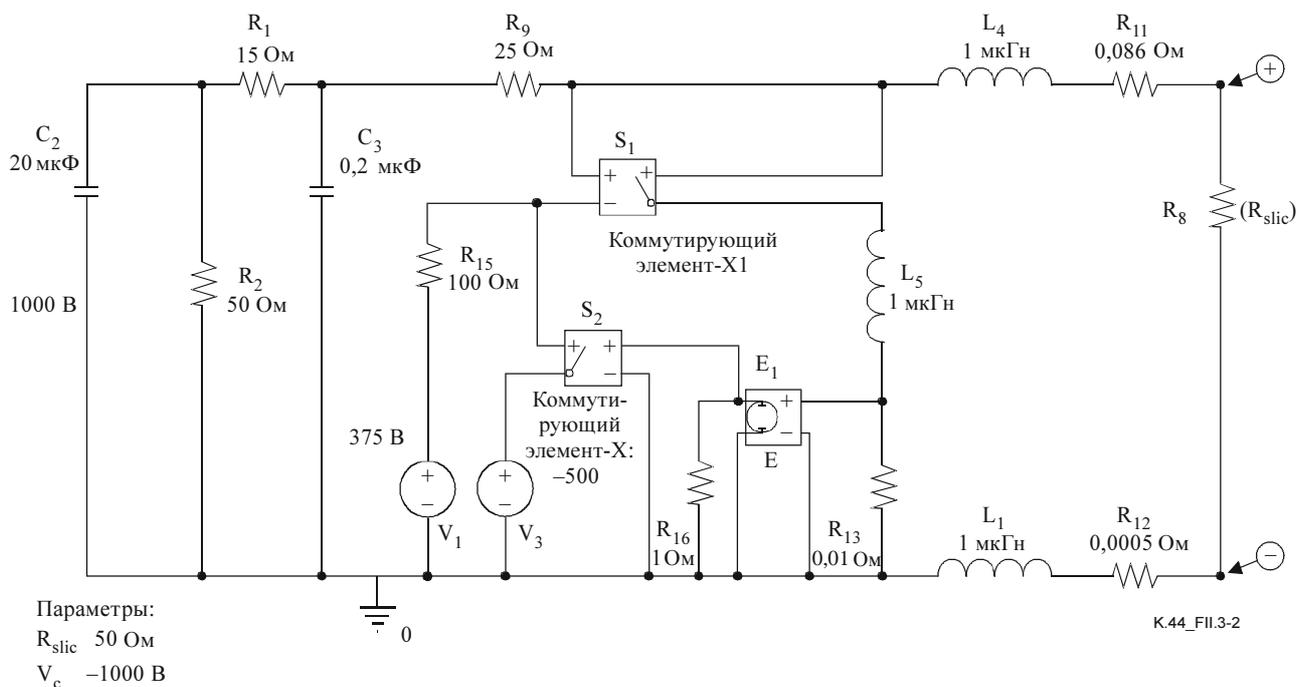


Рисунок П.3-2/К.44 – SPICE-модель, используемая для вычисления уменьшенного напряжения на входе оборудования благодаря импедансу MDF кабеля

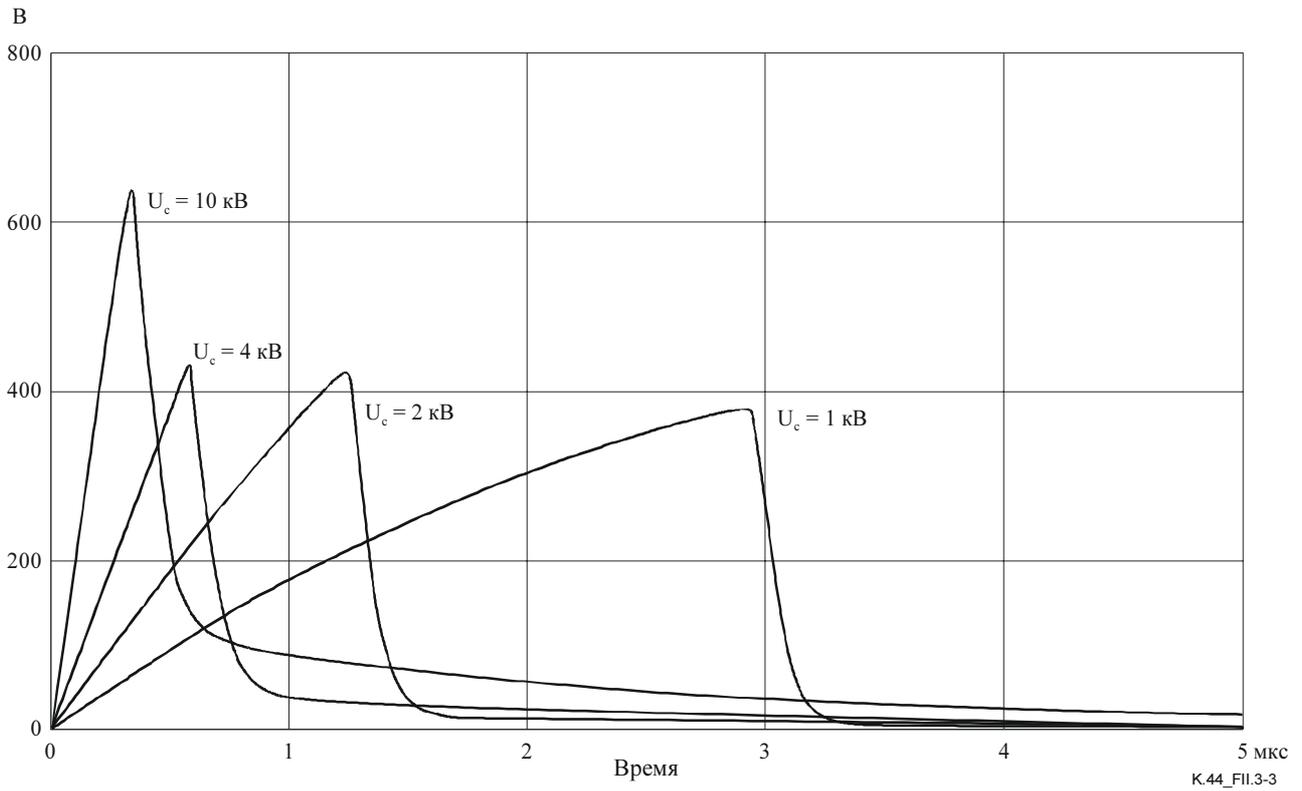


Рисунок П.3-3/К.44 – MDF кабель длиной 1 м

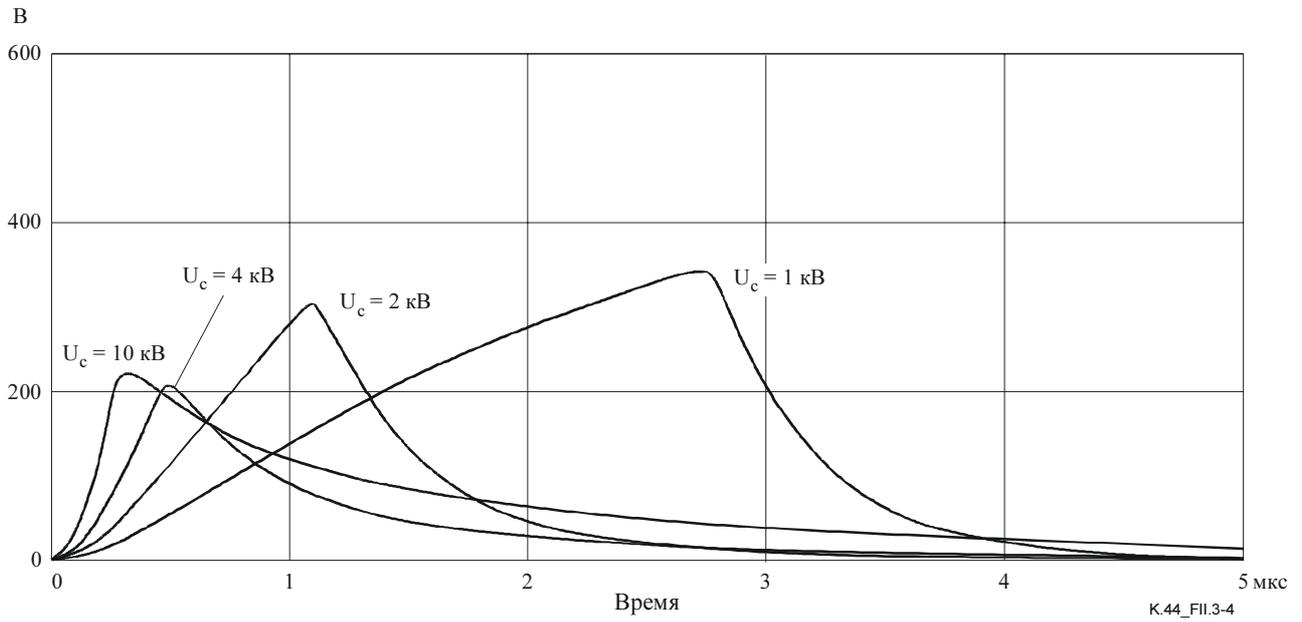


Рисунок П.3-4/К.44 – MDF кабель длиной 10 м

II.3.2 Падение напряжения на проводе заземления

Индуктивность MDF-кабеля между устройством первичной защиты и EUT оказывает положительное влияние на dU/dt импульсного разряда, но та же индуктивность кабеля заземления MDF имеет и противоположный эффект. Это проявляется особенно тогда, когда считается, что ток от всех работающих GDT течет по GDT-кабелю заземления. Индуктивность зависит от длины кабеля и мало зависит от диаметра кабеля. Длина MDF-кабеля заземления не может быть нулевой, то есть индуктивность будет присутствовать всегда. Падение напряжения, вызванное наличием MDF-кабеля заземления, объясняется действием тока импульсного разряда, текущим после того, как GDT начинает функционировать. Это падение напряжения от MDF-кабеля заземления появляется на входе оборудования, поэтому необходимо иметь такую конфигурацию связей, которая бы имела минимальную индуктивность и сопротивление. На рисунке II.3-5 показано, где существует индуктивность MDF-кабеля заземления.

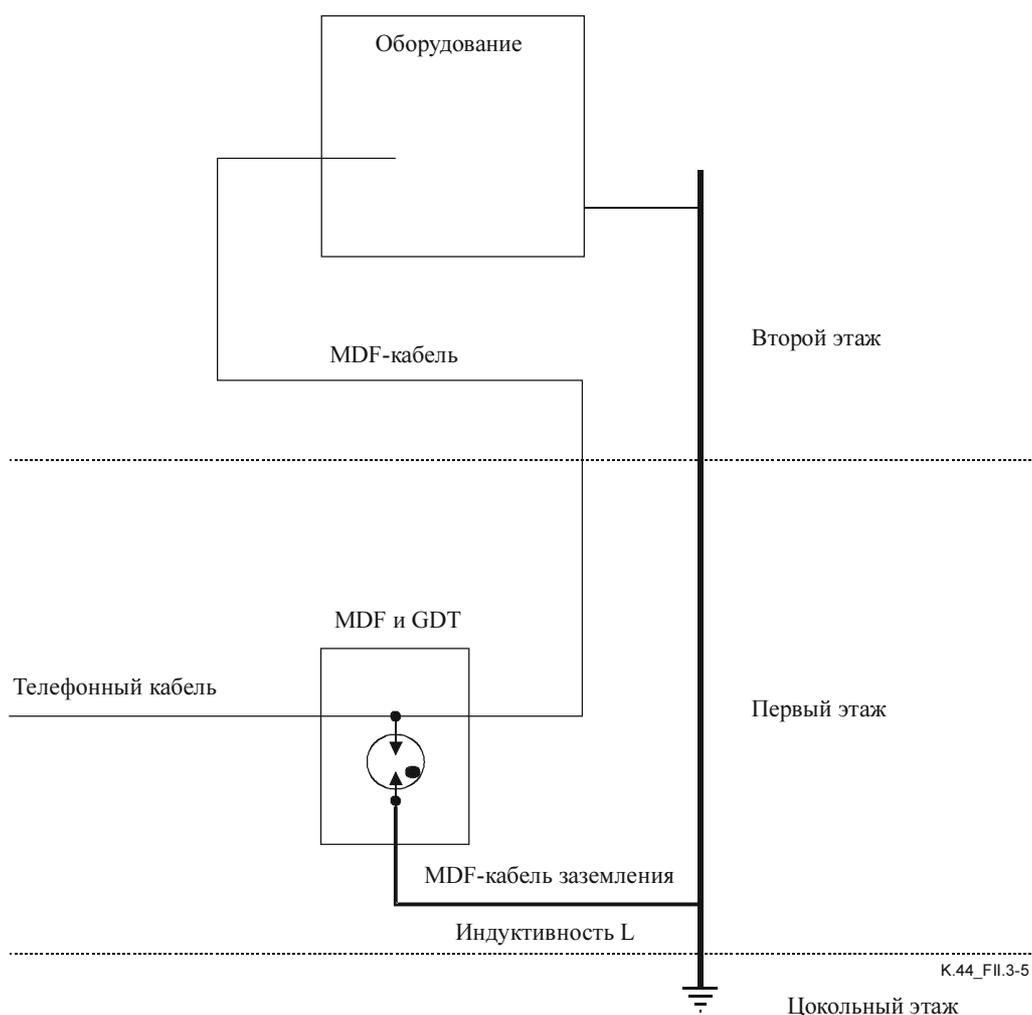


Рисунок II.3-5/К.44 – Индуктивность MDF-кабеля заземления

Когда длина MDF-кабеля заземления достаточно велика, как показано на рисунке II.3-5, то желательно использовать многожильный кабель или ячеистую конфигурацию.

Многожильные кабели, если они не связаны вместе, а соединены отдельно, могут уменьшить индуктивность практически в отношении $1/N$, где N – число кабелей. См. рисунок II.3-6.

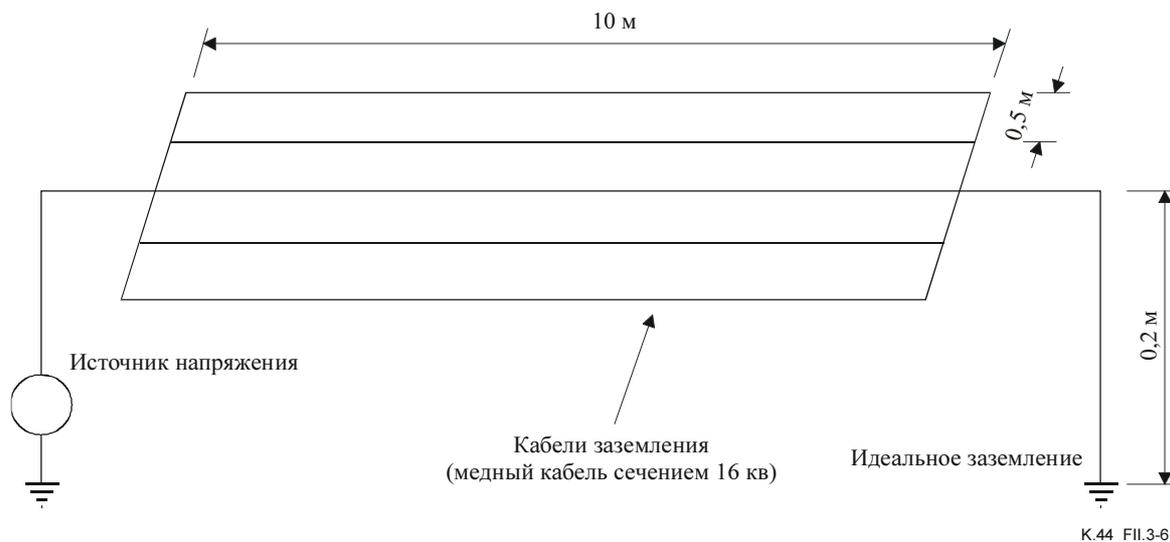


Рисунок П.3-6/К.44 – Использование нескольких проводов заземления для уменьшения индуктивности

Индуктивность, вычисленная с использованием моделирования с помощью ACCUFIELD, приведена в таблице П.3-1.

Таблица П.3-1/К.44 – Зависимость индуктивности от числа проводников

Н (число проводников)	Полная индуктивность, мкГн
1	10,89
2	6,16
3	4,39
5	3,05

П.3.3 Тестирование падения напряжения на проводе заземления

Когда существует стойка внешней защиты и/или провод заземления, соединенный с шиной заземления, большой ток, текущий по стойке и проводу заземления, вызовет падение напряжения, приложенное ко входу оборудования, см. рисунок П.3-7.

Повреждение оборудования, вызванное влиянием падения напряжения на элементах заземления, наблюдалось в Великобритании и Австралии.

П.3.3.1 Проблемы, вызванные падением напряжения на элементах заземления, пример Великобритании

Некоторые небольшие системы коммутации, установленные на территории абонентов, пострадали от повреждений, вызванных разностью потенциалов, созданной проводами заземления от оборудования защиты и коммутации. Соединения для схемы защиты обычно проводились, без использования прямых маршрутов к основным терминалам заземления. Защитная земля оборудования соединялась землей системы питания и, следовательно, с основным терминалом заземления. Благодаря разнице в импедансах, нарабатывалась большая разница потенциалов между линейными терминалами оборудования и защитной землей оборудования. Это приводило к возникновению небольших перекрывающих разрядов от схем на шасси, приводящих к разрушению оборудования. Решением было размещение защиты как можно ближе к оборудованию, используя устройства защиты с корректными напряжениями электрического пробоя постоянного тока, так чтобы питание не могло замкнуться на линию в случае замыкания питания на землю оборудования.

П.3.3.2 Проблемы, вызванные падением напряжения на элементах заземления у клиента, пример Австралии

Австралия много страдала от повреждения систем коммутации, вызванных молнией, у небольших компаний-клиентов в результате возникновения разности потенциалов в линиях электросвязи и основных источниках питания из-за большой длины проводов, связывающих между собой стойку

защиты и основную точку заземления. Там, где нельзя уменьшить длину связующего провода до нескольких метров, нужно устанавливать комбинированный (для системы связи и блока питания) блок защиты около оборудования. Такие блоки защиты очень дорогие и стоят порядка 150 \$.

II.3.3.3 Австралийский пример проблем, вызванных падением напряжения на элементах заземления в центре электросвязи

Компания Telstra столкнулась с фактами повреждения оборудования, установленного в центре электросвязи и защищенным с помощью первичной защиты. Исследование проблемы показало, что пробой происходил между выводами проводов от MDF и шасси оборудования. Напряжение пробоя между этими проводами и шасси составляло примерно 1,5 кВ для формы импульса разряда 10/700 мкс. Это показывает, что на практике может возникать падение напряжения на элементах заземления порядка 1,5 кВ и выше. Вместо того, чтобы изменить схему заземления в коммутаторах, были использованы различные типы оборудования того же функционального назначения. Эти коммутаторы заземлялись в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т К.27, а оборудование расположено в IBN. Существует необходимость сбалансированного подхода между практикой установки оборудования, стойкостью оборудования и добавлением внешней защиты.

II.3.3.4 Возможный тест на стойкость по отношению к падению напряжения на элементах заземления

Как показано в разделе II.3.2, наиболее существенное напряжение возникает тогда, когда для соединения защитной стойки с шиной земли используется один провод заземления. Проблема влияния падения напряжения на элементах заземления становится меньше для стойки защиты, если использовать в стойке параллельные проводники, она уменьшается и при использовании многожильных кабелей заземления для соединения стойки с шиной земли.

Этот тест не применим, если происходит одно (или больше одного) из следующего:

- Проводник эталонной земли оборудования соединяется с корпусом защитной стойки.
- Между защитной стойкой и оборудованием используются экранированные кабели.
- Используется ячеистая структура заземления BN.
- Защитная стойка непосредственно соединена с CBN с помощью коротких (< 1 м) проводников.

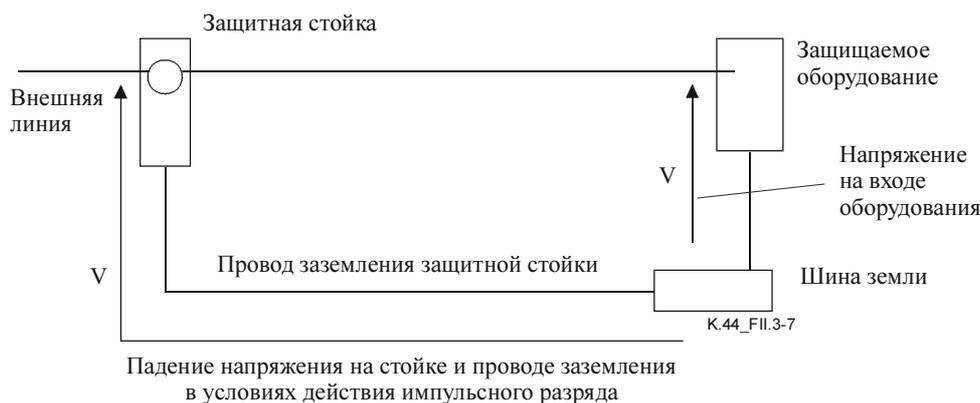


Рисунок II.3-7/К.44 – Падение напряжения в проводах заземления

Таблица II.3-2 и генератор на рисунке II.3-9 основаны на результатах теста Surge 4, описанного в разделе 4.5.7 стандарта Bellcore GR1089 CORE. Этот тест (Bellcore) широко используется в США. Он имеет максимальный пик амплитуды при разомкнутой цепи 2,5 кВ.

Примерное напряжение импульсного разряда, генерируемое током импульсного разряда, проходящим в проводах связи, показано на рисунке II.3-8.

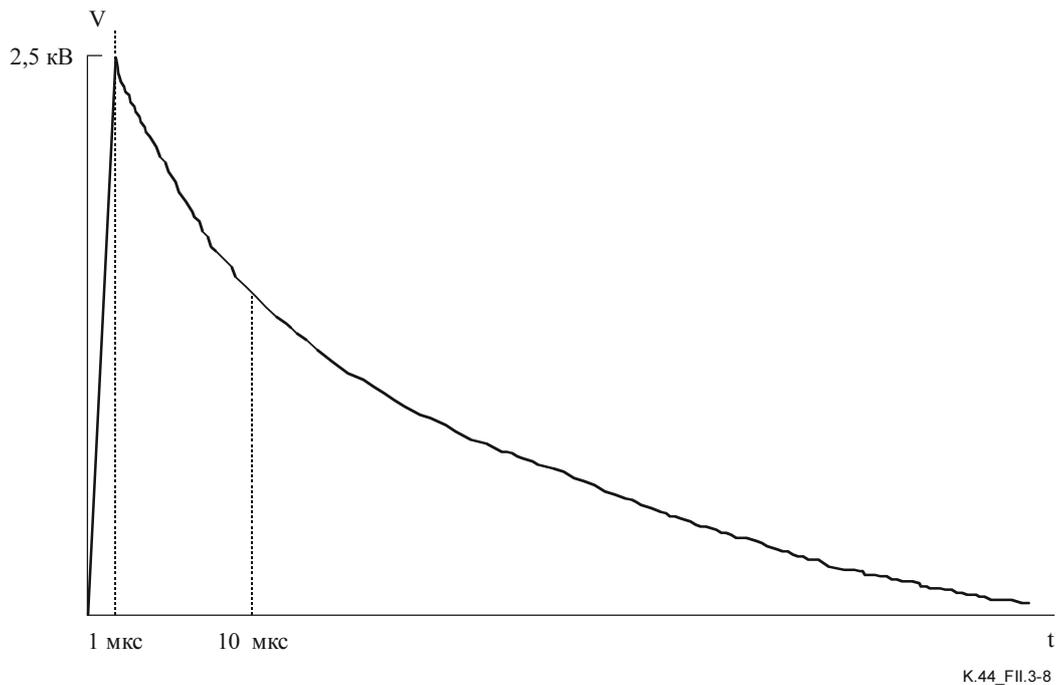


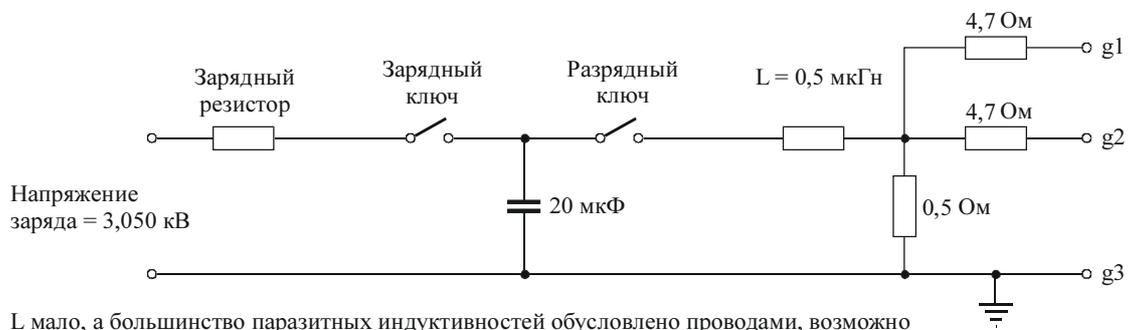
Рисунок П.3-8/К.44 – Падение напряжения на заземлении

Схема, приведенная на рисунке П.3-9, генерирует форму волны 2/10 мкс и может быть использована для воспроизведения этого эффекта.

Приближенная амплитуда такого напряжения, которое может возникнуть, приведена в таблице П.3-3.

Таблица П.3-2/К.44 – Тестовое напряжение

Описание	$U_{c(max)}$
Большая внешняя стойка с небольшим числом проводников или длинным проводом заземления (< 10 м) в здании или в большом укрытии	2,5 кВ
Внешняя стойка в шкафу со средней длиной одного проводника заземления (< 3 м)	1,5 кВ
Небольшая внешняя стойка с коротким проводом заземления (< 0,5 м)	Тест не проводится. Напряжение на входе оборудования предполагается меньшим, чем это имеет место для тестов 1.1 и 1.2 в табл. 1а/К.45.



L мало, а большинство паразитных индуктивностей обусловлено проводами, возможно потребуется подстройка, чтобы получить требуемое время нарастания фронта – 2 мкс. Напряжение заряда подстраивается, чтобы дать требуемое выходное напряжение о/с.

Рисунок П.3-9/К.44 – Генератор тока импульсного разряда 2/10 мкс

Таблица П.3-3/К.44 – Тест на влияние падения напряжения на элементах заземления

Тест №	Описание теста	Тестовый ток	Тестовый уровень	Число тестов	Согласованная первичная защита	Критерий приемки	Комментарии
1.1	Падение напряжения на элементах заземления	Рис. П.3-9 и А.5.1-1	См. табл. П.3-2	5	5 по каждой полярности	А	Применяется только к оборудованию, где есть большая защитная стойка и/или один провод заземления между первичной защитой и общей землей

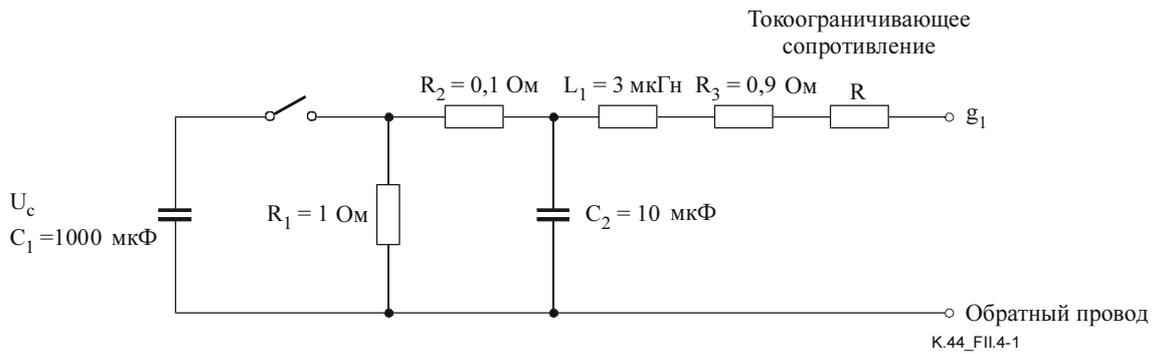
П.4 Токовый тест на портах электропитания

Когда молния ударяет в здание или укрытие, в котором находится оборудование электросвязи, токовый импульс значительно дольше, чем импульс 8/20, традиционно используемый для тестирования портов электропитания. Исследования, проведенные в Германии, показали, что форма токового импульса при прямом ударе может иметь половинное значение до 350 мкс. Пример в руководстве, озаглавленном "Неправильное функционирование автоматических выключателей цепи, вызванное ударом молнии" показывает, что импульсы разряды в линиях электропитания могут иметь длинные хвосты. Тесты на коммутируемых источниках питания показали, что 350 мкс хвосты могут вызвать повреждение, тогда как 20 мкс хвосты – нет. Не существует материалов, документально зафиксировавших эти повреждения. Поэтому было предложено использовать импульсы 10/350 мкс для проверки координации первичной защиты с тестируемым оборудованием. Пока этот момент не был обсужден в МСЭ-Т, соглашение на этот тест не могло быть получено. Этот тест остается в состоянии изучения. Тест на координацию в рекомендациях на конкретные продукты требует формы волны 8/20 мкс.

Предложенный тест показан в таблице П.4-1.

Таблица П.4-1/К.44 – Координационный тест для портов электропитания, моделирующий прямой удар молнии в здание или укрытие

1.x.a	Координация портов электропитания при прямом ударе молнии L-N	Рис. П.4-1 и А.5.4-2/К.44	$I_{(max)} = 10 \text{ кА}$ $R = 0 \text{ Ом}$	5 по каждой полярности	Согласованное устройство первичной защиты (по питанию)	Замечание: Коммутирующее устройство защиты должно работать при $I_{(max)}$
1.x.b	Координация портов электропитания при прямом ударе молнии L+N-E	Рис. П.4-1 и А.5.4-1/К.44	$I_{(max (L+N))} = 10 \text{ кА}$ $R = 0 \text{ Ом}$	5 по каждой полярности	Согласованное устройство первичной защиты (по питанию)	Замечание: Коммутирующее устройство защиты должно работать при $I_{(max)}$



ПРИМЕЧАНИЕ – для получения верного времени возрастания может потребоваться регулировка L_1 .

Рисунок II.4-1/К.44 – Генератор тока импульсов разряда 10/350 мкс

II.5 Возрастание потенциалов земли и нулевого провода

II.5.1 Предисловие

В зависимости от сетевых решений низковольтной распределительной сети общего пользования, существует некоторый риск того, что на низковольтных системах питания может возникнуть возрастание нулевого потенциала, вызванное распространением импульсного разряда молнии.

II.5.2 Объяснение

Возрастание потенциалов земли и нулевого провода происходит, главным образом, тогда, когда повреждается изоляция трансформатора, или работают искровые разрядники, предохраняющие трансформатор от разрушения под действием индукции, вызванной молнией, или в результате прямого удара в линию. При этом протекает значительный 50-герцовый ток, приводящий к возрастанию потенциала земли.

II.5.2.1 Возрастание потенциала земли

В первую очередь необходимо понять то, как можно ограничить возрастание потенциала земли (ERP), когда происходит авария в системе питания. См. рисунок II.5-1.

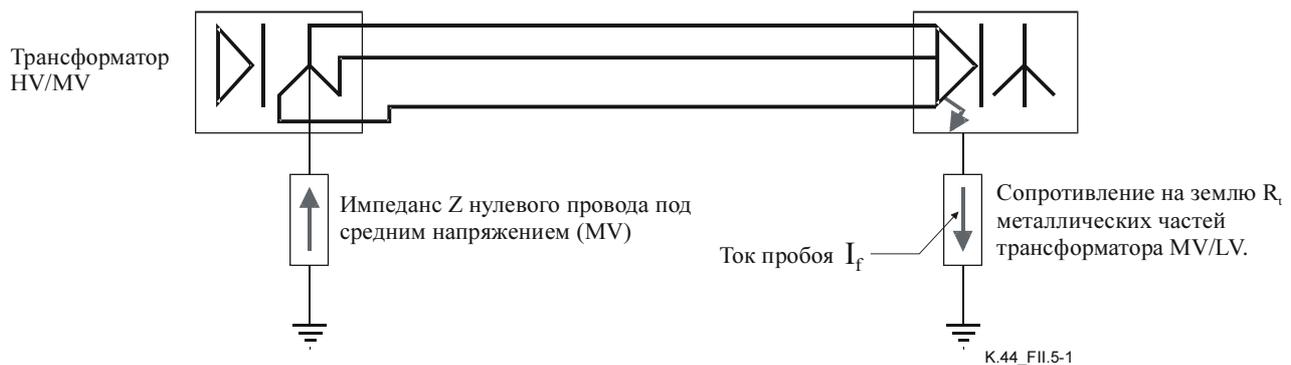


Рисунок II.5-1/К.44 – Факторы, влияющие на ток пробоя

Ток пробоя в расчете на худший случай I_f получается, если пренебречь импедансом линии высокого напряжения (HV) и связью между металлическими частями заземления трансформатора и другими системами заземления, такими как нулевого провода заземление.

$$I_f = U / \sqrt{3(Z + R_t)},$$

где U – напряжение между активными проводниками среднего напряжения (MV).

Возрастание потенциала земли на трансформаторе MV/LV равно $EPR = R_t \cdot I_f$ (здесь LV – низкое напряжение).

Во Франции значение EPR ограничивается 6 кВ.

II.5.2.2 Возрастание потенциала нулевого провода

II.5.2.2.1 Связь между трансформатором и системами заземления нулевого провода

Из-за конструкции заземления нейтрального провода, потенциал нейтрального провода возрастает благодаря проводящей связи, когда среднее напряжение (MV) случайно замыкается на землю.

Регулирование на национальном уровне может фиксировать границы такого возрастания потенциала нулевого уровня (например, 1500 В для Франции). См. рисунки II.5-2 и II.5-3.

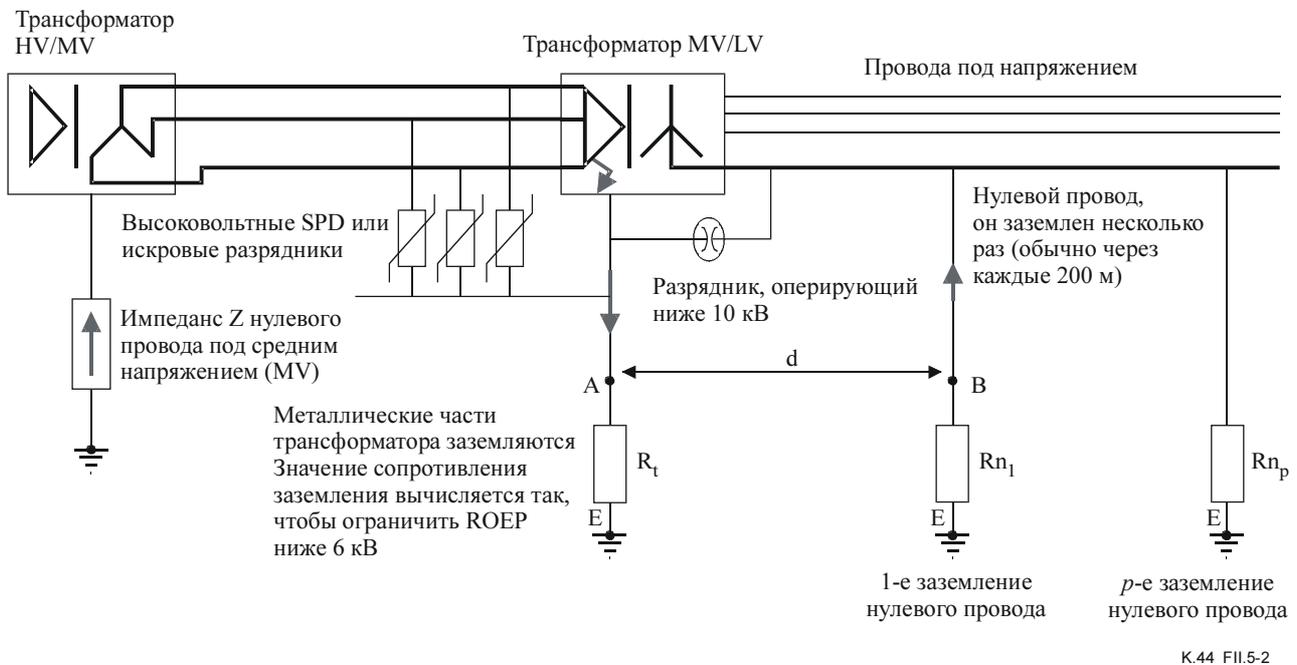


Рисунок II.5-2/К.44 – Схема связи нулевого провода в цепи LV

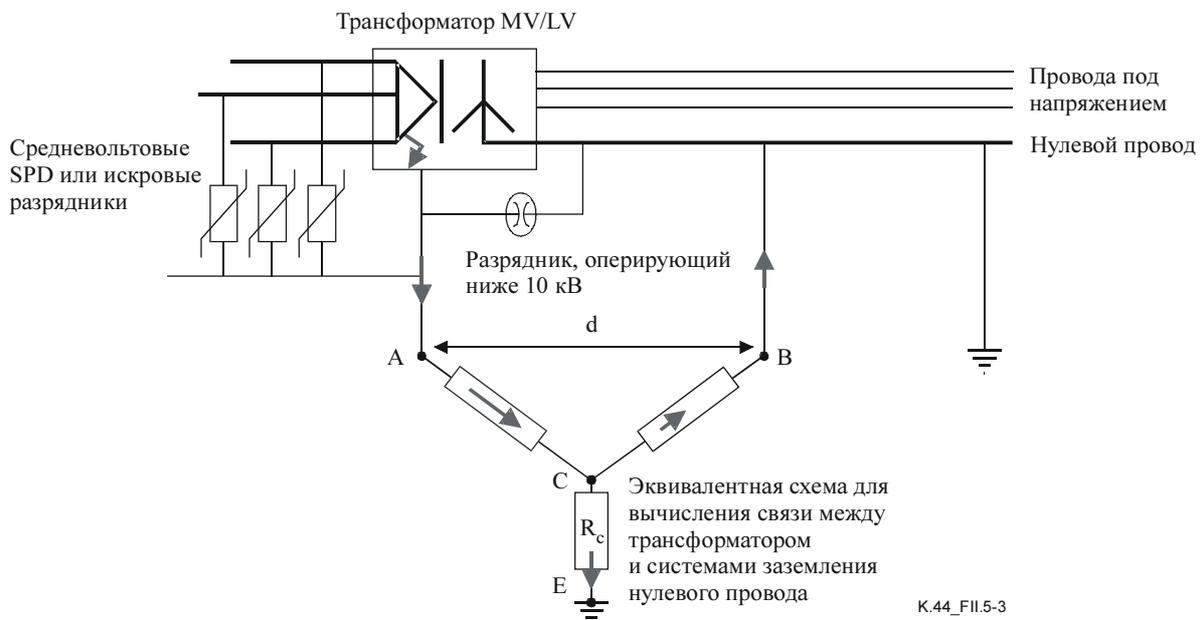


Рисунок II.5-3/К.44 – Ограничение EPR с помощью схемы заземления

Сопротивление связи $R_c = \rho \cdot l / 2 \cdot \pi \cdot d$ подстраивается путем изменения d , для того чтобы получить величину возрастания потенциала нулевого провода ниже 1500 В или относительную величину связи (V_{AE}/V_{BE}) ниже 15%, когда происходит пробой.

Когда почва имеет высокое удельное сопротивление, вычисленное значение сопротивления может и не быть достигнуто и возрастание потенциала земли может оказаться выше, чем 1500 В.

II.5.2.3 Токи, которые могут течь через оборудование

См. рисунок II.5-4.

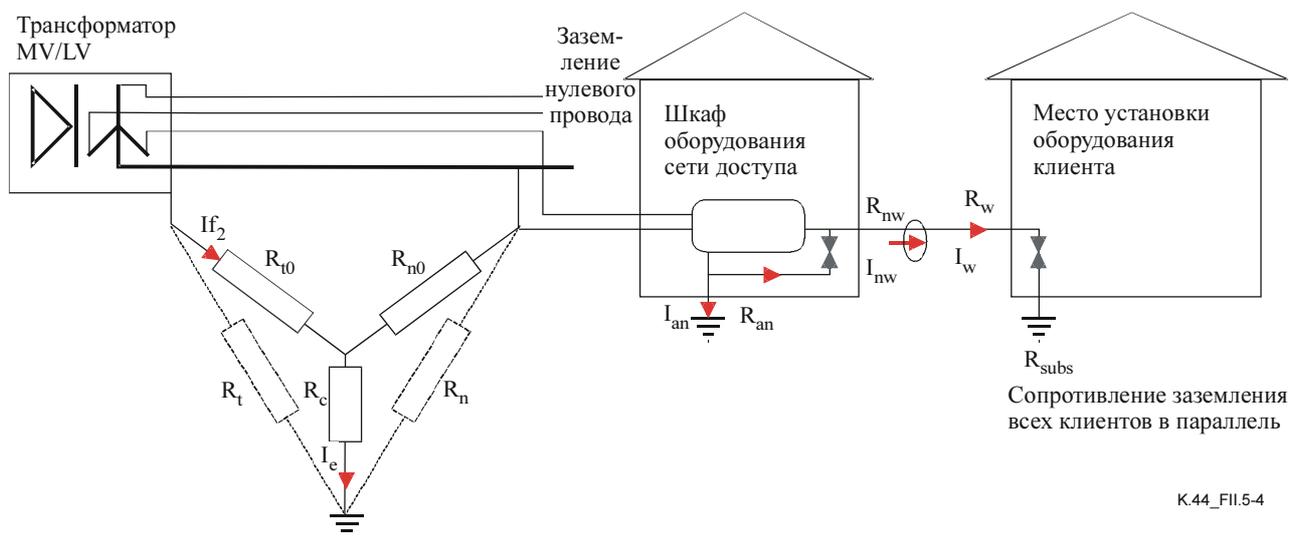


Рисунок II.5-4/К.44 – Механизм протекания тока через оборудование

Если предположить, что:

- 28 клиентов соединены с одной симметричной парой (длиной 5 км и проводом с диаметром 0,4 мм);
- эквивалентное сопротивление всех их параллельно соединенных систем заземления равно 2 Ом;
- сопротивление заземления шкафа оборудования сети доступа равно 50 Ом;
- характеристики системы питания таковы: $Z = j40$ Ом, $R_t = 30$ Ом, $R_n = 15$ Ом, $d = 8$ м.
- удельное сопротивление почвы 300 Ом·м;

то результаты вычислений показывают, что через оборудование в систему заземления шкафа сети доступа могут течь десятки ампер (разряд пробоя между портами электропитания и землей оборудования).

Ток может также течь либо прямо по SPD линии электросвязи (в случае разряда пробоя между портами электропитания и землей оборудования, если SPD установлены), либо через оборудование (разряд пробоя между портами электропитания и телекоммуникационными портами) через место установки оборудования клиента, I_w примерно равно 1 А.

Заметим, что эти вычисления основаны на тех же принципах, будь то замена места установки оборудования клиента на центр электросвязи, или замена шкафа оборудования сети доступа на место установки оборудования клиента.

II.5.2.4 Передача импульса разряда

Передача разряда молнии, будь то индуцированная или прямая передача импульсов разряда от обмотки среднего напряжения в обмотку низкого напряжения, может произойти в случае, если:

- 1) пробой изоляции трансформатора предохраняется шунтированием его с помощью разрядника;
- 2) повреждена изоляция трансформатора между обмотками среднего и низкого напряжения.

См. рисунок II.5-5.

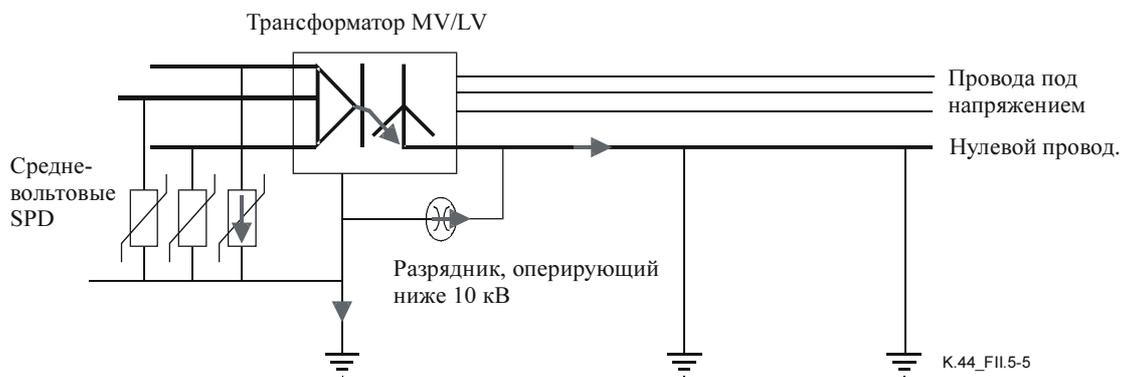


Рисунок II.5-5/К.44 – Передача перенапряжения по нулевому проводу

За импульсным разрядом последует значительный ток частоты 50 Гц в случае 1), когда используются искровые разрядники, и всегда – в случае 2).

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия В	Средства выражения: определения, символы, классификация
Серия С	Общая статистика электросвязи
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	TMN и техническое обслуживание сетей: международные системы передачи, телефонные, телеграфные, факсимильные и арендованные каналы
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура и аспекты межсетевых протоколов (IP)
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи