

Международный союз электросвязи

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

Отчет МСЭ-R SM.2157
(09/2009)

**Методы измерения для систем
электросвязи по линиям электропередач
с высокой скоростью передачи данных**

Серия SM
Управление использованием спектра



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publications/R-REP/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра

Примечание. – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

Отчет МСЭ-R SM.2157**Методы измерения для систем электросвязи по линиям электропередач с высокой скоростью передачи данных**

(Вопрос МСЭ-R 218/1)

(2009)

Резюме

В мире существует растущий спрос на использование широкополосного доступа в интернет. Одним из средств такого доступа могут служить системы электросвязи по линиям электропередач. Такие системы являются источниками непреднамеренного радиочастотного излучения, а такое непреднамеренное излучение может создавать помехи приемникам радиосвязи. Путь попадания помехи на испытываемый приемник может быть образован за счет воздействия создаваемых излучений или кондуктивных излучений.

Некоторые администрации уже приняли или разрабатывают методы или процедуры для измерения создаваемых или кондуктивных излучений от систем электросвязи по линиям электропередач, либо для измерения обоих типов излучений. Настоящий отчет представляет собой обобщение этих методов и процедур. См. Приложения с 1 по 6.

Другие администрации находятся в процессе оценки методов таких измерений. Возможно, эти администрации захотят рассмотреть методы, описанные в приложениях к настоящему Отчету.

Кроме того, Международный специальный комитет по радиопомехам (CISPR), который разрабатывает пределы и методы измерений радиочастотных помех, создаваемых источниками различными типов, также проводит работу по методам измерения кондуктивных излучений от систем электросвязи по линиям электропередач.

1 Непреднамеренные излучения от систем PLT

Модемы PLT разработаны для связи друг с другом путем передачи и приема сигналов по линиям электропередач. Следовательно, как правило, мощность сигнала сосредоточена вблизи двух проводов линии электропередач. Однако, если эти два провода не достаточно хорошо сбалансированы, то мощность сигнала может утекать из линии электропередач в виде создаваемого излучения. Несбалансированность линий электропередач вызвана различными нагрузками, подключенными к линиям, такими как электрические или электронные устройства, а также большим количеством линий ответвления, подключенных параллельно основным линиям электропередач, таких как цепи с лампами и их выключателями. Кроме того, линии ответвления могут создавать резонанс на определенных частотах, что в результате приведет к появлению несимметричных токов сигнала в линиях. Таким образом излучение, создаваемое линиями электропередач, может быть вызвано несбалансированностью токов сигнала, протекающих в системе PLT, включая такие факторы, как модемы PLT, расположение линий электропередач, различные нагрузки. Несбалансированность токов в системе PLT может меняться в зависимости от времени и частоты. Соответственно, уровни создаваемого системой PLT излучения зависят, прежде всего, от мощности сигналов модемов PLT, но могут существенно меняться в зависимости от времени, частоты и местоположения (также возможно от других факторов, таких как объекты отражения, расположенные вблизи линий электропередач).

2 Измерения излучений PLT

Существует две различные категории измерений излучений PLT: измерение создаваемого излучения и измерение кондуктивного излучения.

2.1 Измерение создаваемого излучения

Электромагнитные поля, излучаемые системой PLT, обычно измеряются вдоль линий электропередач или за пределами дома, оборудованного системами PLT. В основном, результаты измерения напряженности поля сильно зависят от расстояния измерений и направления от источников

излучений, а также от поляризации и высоты используемой антенны. В диапазоне ВЧ для измерений магнитного или электрического поля используются рамочная антенна или несимметричный вибратор, соответственно.

Однако взаимно преобразовать данные измерений напряженности магнитного поля и напряженности электрического поля довольно трудно, особенно на расстоянии менее $\lambda/2\pi$, потому что может быть не применим коэффициент преобразования 377Ω .

Измерения создаваемого излучения обычно проводятся *в том месте*, где может наблюдаться помеха радиослужбам. Однако, как описано в предыдущем разделе, необходимо отметить, что результаты могут меняться в зависимости от времени, частоты и местоположения.

Для того чтобы минимизировать вероятность того, что системы PLT будут создавать помехи, регуляторные положения и стандарты требуют проведения измерений создаваемого излучения, как показано в Приложениях 1 (МСЭ-T), 2 (Соединенные Штаты Америки) и 3 (Германия). В Приложении 4 описывается проводимая (в Бразилии) работа по корреляции измерений излучений, выполненных с использованием антенн различных типов. Основными факторами в ходе измерений создаваемого излучения являются характеристики измерительного приемника и используемой антенны (как описано в Приложении 3 и 4). Кроме того, также важны расстояние измерения, высота антенны, влияние отражающих объектов, которые находятся недалеко от места измерения. В Приложении 6 описаны методы, используемые Научно-исследовательским центром связи для выполнения измерений как создаваемого излучения, так и кондуктивного радиочастотного излучения от устройств PLT, работающих в жилой среде. Результаты данных измерений можно найти в Отчете МСЭ-R SM.2158.

2.2 Измерение кондуктивного излучения

В отличие от измерения создаваемого излучения, измерение кондуктивного излучения может проводиться во время испытаний для выдачи разрешения на использование оборудования.

Как описано в п. 2.1, непреднамеренное излучение от систем PLT создается несбалансированными токами (общего режима), которые образуются из сбалансированных токов сигналов (дифференциального режима) из-за несбалансированности и резонанса системы PLT. Поэтому измерения проводятся на сбалансированных и несбалансированных составляющих напряжения или тока сигнала, передаваемого по линии электропередач. Однако в реальной ситуации результаты измерений могут быть разбросаны в широком диапазоне значений, так как несбалансированность в модемах PLT, линиях электропередач и связанном с ними оборудовании в значительной степени меняется в зависимости от времени, частоты, а также от нагрузок линий электропередач и близлежащих объектов. Поэтому, в испытаниях модема PLT на соответствие для моделирования типовых характеристик в условиях реальных линий электропередач обычно используется сеть под названием "сеть стабилизации полного сопротивления" (ISN).

Для управления потенциальной помехой от других видов электрического/электронного оборудования, такого как персональные компьютеры и бытовая техника, при измерении кондуктивного излучения всегда, особенно в диапазоне частот ниже 30 МГц, требуется показать соответствие определенным ограничениям, наложенным различными стандартами, например, стандартами CISPR. Таким же образом в испытаниях для выдачи разрешения на использование оборудования к модемам PLT могут применяться измерения кондуктивного излучения. В Приложении 5 (Япония) содержатся требования к измерениям токов сигналов общего режима, вытекающих из испытываемого модема, когда он соединен с ISN. Так как характеристики ISN строго определены как фиксированное значение нагрузки модема, токи сигналов дифференциального режима также ограничены пределами, установленными для токов общего режима. Основными факторами для измерения кондуктивного излучения являются характеристики измерительного приемника и используемая ISN.

Требования защиты для служб радиосвязи должны учитывать уровень радиочастотной энергии, излучаемой системой PLT в свободное пространство, а также кондуктивное излучение от систем PLT, совместно использующих цепи электропитания, общие с приемным оборудованием. Однако не существует четко определенного соответствия РЧ мощности, излученной системами PLT, и значений проводимого тока, измеренных на выходах систем, или мощности, передаваемой модемами PLT по

линиям электропередач. Настоящий Отчет содержит метод для измерения кондуктивных излучений, но не рассматривает, какие излучения – кондуктивные или создаваемые – должны использоваться для регулирования PLT.

2.3 Другие соответствующие документы МСЭ-R

Рекомендация МСЭ-R SM.1753 – Метод измерений радишума.

Рекомендация МСЭ-R P.372-9 – Радишум.

Отчет МСЭ-R SM.2055 – Измерения радишума.

Отчет МСЭ-R SM.2155 – Измерения искусственного шума в диапазоне ВЧ.

Приложение 1

Измерения мешающих излучений из Рекомендации МСЭ-T К.60¹

A1.1 Общие сведения

Для получения наивысшего значения мешающего излучения, следует удостовериться в том, что оцениваемая часть сети электросвязи работает с максимальными для нее уровнями сигнала и в том режиме, который ранее был идентифицирован как режим, приводящий к максимальной напряженности поля РЧ помехи. Если система интерактивная, важно проконтролировать наличие сигналов обратного канала (восходящего направления), если используется тот же диапазон частот, который указан в жалобе(ах).

Измерения внутри помещений особенно часто бывают неточными в силу наличия отражений или, например, неизвестной длины кабельного отвода. Важно тщательно искать максимум излучения и учитывать возможные влияющие факторы.

Хотя измерение излучаемого поля имеет недостатки – достаточно высокую неточность измерений и трудности позиционирования, этот метод пригоден как для измерений внутри помещений, так и вне помещений. Кроме того, при выполнении измерений внутри помещения требуется обращать особое внимание на наличие отражений. В некоторых случаях интенсивность поля может вдвое превышать вычисленные значения.

A1.2 Приведение результатов измерений к стандартному расстоянию измерений

Местные ограничения пространства, возникающие, например, во время измерений внутри помещения, могут потребовать уменьшения расстояния измерений до величины, меньше стандартного расстояния измерений. В этом случае расстояние измерений должно быть выбрано как можно большим, но не менее 1 м. В случае измерений вне помещений может оказаться, что необходимо использовать расстояние измерений, превышающее стандартное.

Если необходимо использовать расстояние измерений больше или меньше, чем стандартное расстояние измерений, то выбираются три различные и доступные точки измерений, расположенные вдоль измерительной оси. Расстояния между этими точками должны быть выбраны как можно большими. В каждой точке поля нужно измерить напряженность поля помехи. Местные условия и факт измеряемости напряженности поля помехи будут при этом определяющими факторами.

¹ Целью данной Рекомендации является предоставление администрациям руководящих указаний по рассмотрению жалоб на наличие помех между системами электросвязи, и она не предназначена для установления требований соответствия или изложения рекомендаций по защите радиоспектра.

Результаты измерений должны быть отображены в виде диаграммы, показывающей уровни напряженности поля в дБ(мкВ/м) в зависимости от логарифма расстояния измерений. Линия, соединяющая результаты измерений, представляет собой наклон графика напряженности поля вдоль оси измерений. Если этот наклон определить не удастся, то должны быть выбраны дополнительные точки измерений. Уровень напряженности поля при стандартном расстоянии измерений можно определить с помощью графика, продлив по прямой соединительную линию.

Нормализация результатов измерений не допускается, если в точке измерения точное расстояние до сетевого кабеля связи неизвестно.

A1.3 Измерение мешающих излучений в диапазоне частот 9 кГц – 30 МГц

A1.3.1 Введение

В диапазоне частот 9 кГц – 30 МГц должна быть измерена и оценена магнитная составляющая создаваемого мешающего излучения.

Для этого требуется калиброванная измерительная система, состоящая, согласно CISPR 16-1-1, из измерительного приемника радиопомехи или подходящего анализатора спектра, соединенного с рамочной антенной для измерения составляющих магнитного поля, и треножник.

При необходимости можно также использовать другое специализированное оборудование, например резонансные рамочные антенны.

Для того чтобы ускорить измерения, нужно использовать пиковый детектор. Если из-за фонового шума эти простые измерения неприменимы, то можно использовать квазипиковый детектор и применять квазипиковые пределы.

Рекомендуется, чтобы измерительный приемник и рамочная антенна имели независимые незаземленные источники питания, например, аккумуляторы, особенно при проведении измерений внутри помещения, для того чтобы минимизировать возможность образования через заземление токовых петель, которые могли бы влиять на результаты измерений.

A1.3.2 Процедура измерений

Рамочная антенна закрепляется на штативе так, чтобы нижний край рамки находился на высоте 1 м, и устанавливается в точке измерений, определенной ранее как точка, имеющая максимальную напряженность поля помехи, так чтобы она оказалась на стандартном расстоянии измерений.

На измерительном приемнике устанавливают частоту несущей помехи, требуемый тип детектора и позицию рамочной антенны так, чтобы получить максимум сигнала.

Измерение магнитных полей, излучаемых сетями связи в диапазоне частот до 30 МГц, может оказаться сложным вследствие присутствия различных полезных РЧ излучений высокого уровня от радиослужб. В связи с этим может потребоваться определить некоторые частоты (здесь и далее описываемые как "тихие частоты"), расположенные близко к частоте радиослужбы, на которую действует помеха, с низкими уровнями напряженности поля, такими как фоновый шум и любые окружающие сигналы с уровнями ниже предела. Везде, где можно, этот запас должен быть больше 6 дБ. Это должно быть сделано, не изменяя позиции антенны, и в идеальных условиях, при отключенной сети связи.

Если сеть не может быть отключена, то можно применить следующие варианты:

- ориентировать рамочную антенну на минимальное соединение с сетевым излучением и проверить, что фоновый шум и любые окружающие сигналы оказываются ниже применимых к ним ограничений: везде, где можно, запас должен быть больше 6 дБ;
- ориентировать рамочную антенну на минимальное соединение с сетевым излучением, затем увеличить расстояние измерений и проверить, что наблюдается уменьшение измеренной напряженности поля в соответствии с п. 7.2 Рекомендации МСЭ-Т К.60.

Определенные ранее тихие частоты или диапазоны частот используются для измерения мешающих излучений. Оператор измерительного приемника должен последовательно оценить уровни фонового шума на каждой из этих частот. Используя полосу измерений и указанный детектор, нужно записывать наибольший уровень напряженности поля помехи (в дБ(мкВ/м)) в течение 15 секунд. Следует игнорировать любые изолированные кратковременные пики.

A1.4 Измерение мешающих излучений в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц

A1.4.1 Введение

Необходимо измерить и оценить электрическую составляющую создаваемого мешающего излучения.

Обычно электрическая составляющая измеряется как напряженность электрического поля (в дБ(мкВ/м)) на стандартном расстоянии измерений.

A1.4.2 Измерительное оборудование

Для измерений требуется калиброванная измерительная система, состоящая, в соответствии с CISPR 16-1-1, из измерительного приемника радиопомех (или соответствующего анализатора спектра), связанного с ним широкополосного диполя, биконического устройства, логопериодической антенны или рупора или аналогичной линейно поляризованной антенны, пригодных для измерения электрических составляющих электромагнитного поля, и антенной мачты.

Для того чтобы ускорить процесс измерений, вначале должен использоваться пиковый детектор. Если из-за фонового шума эти простые измерения неприменимы, то используется квазипиковый детектор и применяются соответствующие квазипиковые пределы. Для частот выше 1 ГГц квазипикового детектора не существует, и должен быть использован только пиковый детектор.

A1.4.3 Измерение напряженности поля электрической помехи

Измерительная антенна монтируется на мачте, и позиция точки измерений, определенной ранее как точка с максимальной напряженностью поля помехи, устанавливается так чтобы она оказалась на стандартном расстоянии измерений.

Местные ограничения пространства, возникающие, например, во время измерений внутри помещения, могут потребовать уменьшения расстояния измерений до величины. В этом случае выбранное расстояние измерений должно быть больше или равняться 1 м. Для этих измерений антенна ориентируется так, чтобы получить максимальную связь с источником помехи без сканирования по высоте.

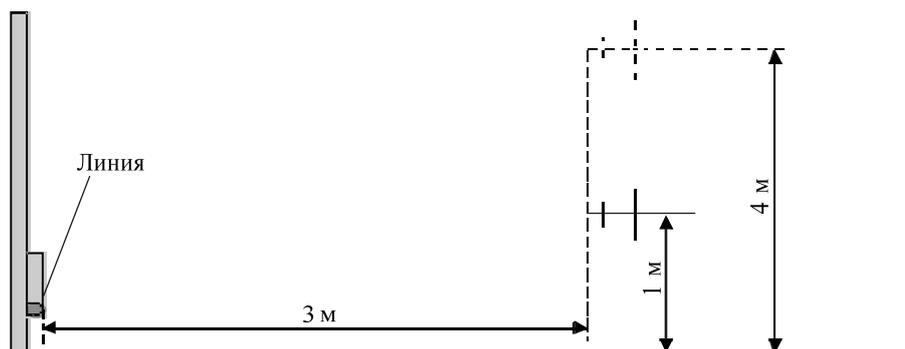
Измерительный приемник или анализатор спектра настраивается на несущую частоту помехи и тип требуемого детектора, и проводятся измерения. В позиции измерений и измерительных точках меняется направление, высота и поляризация измерительной антенны (вертикальная и горизонтальная), для того чтобы определить максимум напряженности поля РЧ помехи. Электрическая составляющая напряженности поля помехи должна определяться путем наблюдения за показаниями измерительного приемника в интервале 15 секунд, последовательно записывая максимальные показания. Возникающие случайно изолированные пики не должны приниматься во внимание.

Если антенна и сеть связи расположены на одном уровне, то для того чтобы определить максимальную напряженность поля высота антенны будет меняться от 1 до 4 м, или до максимума ограничиваемого высотой потолка. При изменении высоты антенны, она не должна располагаться ближе, чем на 0,5 м, от отражающих объектов (стен, потолка, металлических структур и т. д.). Изменения высоты антенны могут быть ограничены местными условиями (см. рисунок 1).

При измерениях вне помещений высота антенны будет изменяться в диапазоне от 1 до 4 м.

РИСУНОК 1

Изменение высоты антенны



Отчет 2157-01

Приложение 2

Методы измерения, применяемые к создаваемым излучениям от линий электропередач систем электросвязи в Соединенных Штатах Америки

A2.1 Определения

Система, в которой носителем сигнала является электрический ток: система или часть системы, которая передает радиочастотную энергию путем передачи по линиям электропередач. Система, в которой носителем сигнала является электрический ток, может быть разработана таким образом, чтобы сигналы принимались при помощи проводимости напрямую от подключения к электрическим линиям электропередач (непреднамеренный излучатель) или принимались по эфиру в результате излучения радиочастотных сигналов от электрических линий электропередач (преднамеренный излучатель).

Доступ к PLT: система, в которой носителем сигнала является электрический ток, работающая как непреднамеренный излучатель, использующая для предоставления широкополосных каналов связи частоты в диапазоне между 1705 кГц и 80 МГц на линиях со средним напряжением (СВ) или низким напряжением (НВ), и находящаяся на стороне поставщика электроэнергии в точках подключения к линии электропередач помещения пользователя.

Провода СВ передают от подстанции напряжение от 1000 до 40 000 В, и могут проходить по воздуху или под землей; Провода НВ передают низкое напряжение, например 240/120 В от распределительного трансформатора к помещению пользователя.

PLT внутри дома: система, в которой носителем сигнала является электрический ток, работающая как непреднамеренный излучатель, использующая частоты в диапазоне между 1705 кГц и 80 МГц на линиях с низким напряжением, которые не принадлежат поставщику электроэнергии, не эксплуатируются и не управляются им. Такие системы включают в себя закрытые сети в пределах помещения пользователя и сети в помещении пользователя, образующие соединения с доступом к системам BPL.

A2.2 Принципы основных измерений для доступа к PLT и PLT внутри дома

- 1 Испытания должны проводиться с мощностью испытываемого оборудования (EUT), установленной на максимальном уровне
- 2 Испытания должны проводиться, используя максимальный коэффициент импульсов на вводе РЧ (скорость передачи пакетов). Тестовые режимы или их тестовое программное обеспечение могут использоваться для передач на линии вверх и на линии вниз.

- 3 Измерения следует проводить на испытательной площадке, где окружающие сигналы имеют уровень на 6 дБ ниже установленного предела. (См. CISPR 16-1-4 – Технические требования для аппаратуры и методов измерения радиопомех и защищенности, Ред. 1.1, 2004-05, п. 5 и 8.)
- 4 Если скорость передачи пакетов данных составляет, по крайней мере, 20 пакетов/с, для измерений должен применяться квазипиковый детектор. Если скорость передачи пакетов данных составляет 20 пакетов/с и меньше, то для измерений должен применяться пиковый детектор.
- 5 На частотах выше 30 МГц для определения электрического поля должна использоваться антенна, например биконическая. В соответствии с CISPR 16-1-4 – Технические требования для аппаратуры и методов измерения радиопомех и защищенности, Ред. 1.1, 2004-05, процедуры п. 4, для антенн высотой от 1 до 4 метра сигнал должен быть максимальным как для горизонтальной, так и для вертикальной поляризации антенны. Только для измерений доступа к PLT, в качестве альтернативы к изменению высоты антенны от 1 до 4 м, эти измерения могут проводиться на высоте 1 м при условии, что для учета влияния высоты измеренные значения напряженности поля будут увеличены на 5 дБ.
- 6 Для частот ниже 30 МГц используются активные и пассивные магнитные рамки. Антенна с магнитной рамкой должна находиться на высоте 1 м от плоскости, ориентированной вертикально, и максимума излучения добиваются путем вращения антенны на 180 градусов вокруг вертикальной оси. Если используются активные магнитные рамки, необходимо проследить, чтобы эти окружающие сигналы не перегрузили анализатор спектра или предусилитель антенны.
- 7 Отчет о шести самых сильных создаваемых помехах, с указанием их соотношения с пределами, и не зависящих от поляризации антенны, должны передаваться в соответствии с CISPR 22 – Оборудование информационной технологии – Характеристики радиопомех – Пределы и методы измерения, Ред. 5, 2004-05, п. 8.
- 8 Следует испытать все режимы работы и все рабочие диапазоны частот.

A2.3 Принципы измерения доступа к PLT

а) Условия испытаний

- 1 Испытываемое оборудование (EUT) включает все электронные устройства PLT, например, ответвители, устройства ввода, разъединители, усилители, концентраторы и электрические воздушные или подземные линии энергоснабжения со средним напряжением.
- 2 Испытание *на месте* должно проводиться на трех типовых установках для воздушных линий и трех типовых установках для подземных линий.

б) Принципы измерения создаваемых излучений для установок с воздушной линией

- 1 Измерения должны проводиться в нормальном режиме на расстоянии от воздушной линии по горизонтали, равном 10 м. При наличии окружающих излучений измерения могут проводиться на расстоянии 3 м, если это необходимо. Корректировка расстояния до определенного значения должна выполняться с использованием коэффициента экстраполяции 20 дБ/декада для частот равных или выше 30 МГц, и 40 дБ/декада – для частот ниже 30 МГц.
- 2 Испытание должно проводиться на расстояниях, равных 0, 1/4, 1/2, 3/4 и 1 длины волны вдоль линии от точки ввода PLT на линии электропередач. Разнос длин волн основан на средней частоте диапазона, используемого EUT. Кроме того, если средняя частота диапазона превысит нижнюю частоту, введенную в линию электропередач более чем два раза, необходимо увеличивать шаг в испытании на 1/2 длины волны нижней вводимой частоты, пока расстояние не будет больше или равно 1/2 длины волны нижней вводимой частоты. Например, если устройство вводит частоты от 3 до 27 МГц, длина волны соответствует средней частоте диапазона 15 МГц и равна 20 м, а длина волны, соответствующая нижней вводимой частоте равна 100 м. Измерения должны проводиться на линии вниз на расстоянии

0, 5, 10, 15 и 20 м – соответственно от 0 до 1 длины волны средней частоты диапазона. Поскольку средняя частота диапазона превышает минимальную частоту больше, чем в два раза, на 10-метровых интервалах требуются дополнительные измерения, пока расстояние линии вниз от пункта ввода не станет равным или превысит $1/2 \cdot 100$ м. Таким образом, дополнительные точки измерения требуются на линии вниз на расстоянии 30, 40 и 50 м от точки ввода.

- 3 Испытания должны повторяться для каждой составляющей доступа к PLT (устройств ввода, разъединителей, повторителей, усилителей, концентраторов и т. д.).
- 4 Корректировка расстояния для измерений воздушной линии должна основываться на расстоянии наклонной дальности, которое является расстоянием прямой видимости от измерительной антенны до воздушной линии. Используя коэффициент экстраполяции, равный 20 дБ/декада, осуществляется корректировка расстояния наклонной дальности до определенного значения для частот равных или выше 30 МГц и 40 дБ/декада для частот ниже 30 МГц. Например, если измерения сделаны на горизонтальном расстоянии 10 м при высоте антенны 1 м и высоте линии электропередачи 11 м, то расстояние наклонной дальности равно 14,1 м (10 м расстояние по вертикали и 10 м расстояние по горизонтали. На частотах ниже 30 МГц измерения экстраполируются до требуемого эталонного расстояния в 30 м путем вычитания $40 \log(30/14,1)$ или 13,1 дБ от измеренных значений. Для частот выше 30 МГц используется коэффициент коррекция в $20 \log$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В случаях, когда устройства доступа к PLT соединены с линиями электропередач с низким напряжением, например, домашние разъемы или усилители модемов, применяют процедуры, как указано выше, применимые к воздушным линиям по линиям НВ.

с) Принципы измерения создаваемых излучений для установок с подземными линиями

Установки с подземными линиями – это такие установки, в которых устройство PLT монтируется внутри или прикрепляется к трансформатору, установленному на опорной плите жилого дома или к распределительной коробке, установленной на земле и соединяемой напрямую только с подземными кабелями.

- 1 Измерения должны проводиться в нормальном режиме на расстоянии 10 м от силового трансформатора, который содержит устройство(а) PLT. При необходимости, из-за наличия окружающих излучений измерения могут проводиться на расстоянии 3 м. Корректировка расстояния до определенного значения осуществляется с применением коэффициента экстраполяции, равного 20 дБ/декада, для частот равных или выше 30 МГц и 40 дБ/декада для частот ниже 30 МГц.
- 2 Измерения должны проводиться в тех точках периметра вокруг точки расположения заглубленного в землю силового трансформатора, где существуют максимальные излучения. Измерения должны проводиться, как минимум, для 16 радиальных углов вокруг EUT (или заглубленного в землю трансформатора, который содержит устройство(а) PLT). Если есть подозрения, что диаграмма направленности излучения имеет направленные свойства, то следует исследовать дополнительные азимутальные углы.

A2.4 Принципы измерения PLT в здании

- 1 Для испытания устройства PLT в здании необходимо провести испытание *на месте*.
- 2 В случае необходимости, устройство также должно быть испытано в лабораторных условиях, как периферийные устройства компьютера, с выполнением испытаний и создаваемых, и кондуктивных излучений по процедурам измерения, указанным в CISPR 22 – Оборудование информационной технологии – Характеристики радиопомех – Пределы и методы измерения, Ред. 5, 2004-05, п. 8.

а) Условия испытаний и принципы измерения создаваемых излучений для испытаний *на месте*

- 1 EUT включает в себя модемы PLT в здании, используемые для передачи и приема сигналов PLT на линиях с низким напряжением, соответствующие компьютерные интерфейсы, электропроводку в здании, а также воздушные или подземные линии, которые соединены с сетью энергоснабжения.

- 2 Испытание *на месте* должно проводиться с EUT, установленным на наружной стене здания на первом или втором этаже. Испытание должно проводиться на трех типовых установках. Эти три установки должны включать в себя комбинацию зданий с воздушной(ыми) линией(ями) и подземной(ыми) линией(ями). Здания не должны иметь алюминиевой или другой металлической обшивки, или экранированной проводки, например, проводки, монтируемой вдоль трубопровода или электрического кабеля ВХ.
- 3 Измерения должны проводиться по периметру вокруг здания в точках с максимальным излучением.
- 4 Измерения должны проводиться в нормальном режиме на расстоянии 10 м от периметра здания. При необходимости, из-за наличия окружающих излучений измерения могут проводиться на расстоянии 3 м. Корректировка расстояния до определенного значения осуществляется с применением коэффициента экстраполяции, равного 20 дБ/декада, для частот равных или выше 30 МГц и 40 дБ/декада для частот ниже 30 МГц.

b) Принципы дополнительного измерения для испытания *на месте* при использовании воздушных линий

- 1 В дополнение к испытаниям на радиальных линиях вокруг здания, должно быть проведено испытание в трех точках вдоль воздушной линии, соединенной со зданием, т. е. вдоль служебного кабеля. Данные измерения рекомендуется выполнять, начиная с расстояния на 10 м ниже по линии от начала соединения со зданием. Если данное испытание не может быть выполнено из-за недостаточной длины служебного кабеля, в технический отчет должен быть включен раздел с изложением ситуации и конфигурацией испытания.
- 2 Измерения должны проводиться в нормальном режиме на расстоянии по горизонтали, равным 10 м от воздушной линии, соединенной со зданием. При необходимости, из-за наличия окружающих излучений измерения могут проводиться на расстоянии 3 м. Корректировка расстояния до определенного значения осуществляется с применением коэффициента экстраполяции, равного 20 дБ/декада, для частот равных или выше 30 МГц и 40 дБ/декада для частот ниже 30 МГц.
- 3 Корректировка расстояния для измерений воздушной линии должна основываться на расстоянии наклонной дальности, которое является расстоянием прямой видимости от измерительной антенны до воздушной линии. Используя коэффициент экстраполяции, равный 20 дБ/декада, осуществляется корректировка расстояния наклонной дальности до определенного значения для частот равных или выше 30 МГц и 40 дБ/декада для частот ниже 30 МГц.

c) Принципы измерения для испытания в качестве периферийного компьютера

- 1 Скорость передачи данных должна быть установлена на максимальной, используемой EUT. Режимы испытания или программное обеспечение испытания могут использоваться для моделирования данных трафика.
- 2 Измерения кондуктивных излучений должны проводиться в соответствии с CISPR 22 – Оборудование информационных технологий – Характеристики радиопомех – Пределы и методы измерения, Ред. 5, 2004-05, п. 8.
- 3 Для устройств PLT в здании, работающих как непреднамеренные излучатели на частотах ниже 30 МГц или выше 30 МГц, излучения, создаваемые периферийными устройствами компьютера, должны измеряться на испытательных площадках на открытой территории (OATS) в соответствии с процедурами измерений, указанными в CISPR 16-1-4 – Технические требования для аппаратуры и методов измерения радиопомех и защищенности, Ред. 1.1, 2004-05, п. 5.

Приложение 3

Спецификация для измерения полей помех от систем и сетей электросвязи в диапазоне частот от 9 кГц до 3 ГГц в Германии

А3.1 Общее введение

А3.1.1 Область применения

В данном документе описаны процедуры для измерений *на месте* нежелательных мешающих излучений, создаваемых устройствами и сетями электросвязи. Предметом измерений являются нежелательные мешающие излучения в пределах спектра радиочастот (РЧ), которые обусловлены использованием частот для передачи информации по проводам. В случае широкополосных сигналов может потребоваться использование вспомогательной несущей. В случае дополнительных описаний необходима процедура измерения.

Рассматриваемые сети включают в себя как сети WAN, LAN и CATV, так и недавно разработанные технологии доступа к электросвязи при помощи линий электропередачи (PLT) и телефонных сетей (xDSL).

В данном документе не описаны процедуры измерения излучений от электрического оборудования для испытаний на соответствие согласно закону Германии об электромагнитной совместимости (EMVG).

Применения радиосвязи, которые могут быть затронуты нежелательными мешающими РЧ излучениями, включают в себя: приемники сигналов времени и стандартных частот, приемники подвижных служб радиосвязи, радиослужбы звукового и телевизионного радиовещания, фиксированные службы, беспроводные телефоны и радиооборудование для любительских радиослужб, но не ограничиваются этим.

Защита от нежелательных мешающих РЧ излучений, создаваемых сетями электросвязи, подробно освещается в п. 15.12 РР и описана в Статье 4 (2) Директивы Совета 2004/108/EG от 15 декабря 2004 года (Директива по ЭМС).

Данная спецификация не содержит никаких положений по измерению излучений от электрических и электронных устройств в рамках испытаний на соответствия продукции согласно законам EMVG или FTEG республики Германия.

А3.1.2 Диапазон частот

Данный текст применим к диапазону частот от 9 кГц до 3 ГГц.

А3.1.3 Процедуры измерений

Этот документ описывает методы измерений нежелательных мешающих РЧ излучений, сопровождающих полезные сигналы, передаваемые по проводам, и создаваемых устройствами и сетями электросвязи.

А3.1.4 Ограничения

Ограничения для нежелательных мешающих излучений от станций и сетей электросвязи приведены в Дополнении 1 к Приложению 3 данного текста.

А3.2 Определения и сокращения

Для целей данного документа применяются следующие определения:

Эталонная точка антенны: геометрический центр антенны или эталонная точка, указанная в процедуре калибровки антенны.

Весовой коэффициент детектора: разница данных, полученных от квазипикового детектора и от пикового детектора, для определенного сигнала.

Напряженность поля помехи: напряженность поля, созданная в заданной точке электромагнитной помехой, измеренной при определенных условиях (IEC – IECV 161-04-02).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для целей данного документа рассматриваются только те компоненты полезных сигналов, полученных по проводам, которые могут вызвать нежелательные мешающие излучения в виде полей.

Электромагнитная помеха: любое электромагнитное явление, которое может ухудшить рабочие характеристики устройства, оборудования или системы (IEC – IECV 161-01-05).

Излучение: явление, при помощи которого электромагнитная энергия выходит из источника. (IEC – IECV 161-01-08)

Минимальная зона покрытия: для целей данной спецификации минимальная зона покрытия обычно приводится, если в месте измерения можно проверить минимальную напряженность поля, необходимую для соответствующих радиослужб или приложений.

Радио(частотная) помеха: электромагнитная помеха, имеющая составляющие в пределах радиодиапазона частот (IEC – IECV 161-01-13).

Сеть электросвязи: полный комплект технического оборудования (линии передачи, коммутирующее оборудование и любое другое оборудование), необходимое для обеспечения нормальной работы сети электросвязи, к которому при помощи соответствующего терминала подключено оконечное оборудование электросвязи.

Установки электросвязи: любое техническое оборудование или системы, способные отправлять, передавать, коммутировать, принимать, контролировать или управлять опознаваемыми электромагнитными или оптическими сигналами, в виде сообщений.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если речь идет только о сетях электросвязи, описываемых далее, тогда соответствующая информация также применяется к устройствам электросвязи.

Нежелательное мешающее излучение: компоненты полезного сигнала, создаваемые током или напряжением в проводах, которые непреднамеренно излучаются данным проводником и могут мешать службам или применениям радиосвязи из-за наличия индуктивных или емкостных связей (ближнее поле) или распространения электромагнитной волны (дальнее поле).

Нежелательное излучение: сигнал, который может ухудшить прием полезного сигнала (IEC – IECV 161-01-03).

Полезный сигнал: полезный сигнал охватывает спектр частот, требующийся для связи, осуществляемой по проводникам.

A3.3 Принципы подготовки и выполнения измерений

A3.3.1 Общие сведения

Важно собрать всю техническую информацию, необходимую для полного понимания рабочих параметров и схемы сети электросвязи, требующей измерений. Например, оператор сети электросвязи должен предоставить спецификации и параметры кабелей и соединительного оборудования, относящиеся к ЭМС. Во всех случаях полученную информацию следует проверить при помощи предварительного исследования, как указано ниже, для того чтобы исключить измерения нежелательных излучений от сети электросвязи, которые управляются другим оборудованием, отличающимся от рассматриваемого.

A3.3.2 Рабочие характеристики сетей электросвязи

К основным требуемым рабочим характеристикам относятся: спектральное распределение амплитуды и частотные характеристики полезных сигналов проводной связи и рабочий(е) режим(ы), вызывающий(е) максимальный уровень мешающего РЧ излучения вообще, или в частном случае, на интересующих частотах.

Кроме того, может потребоваться узнать, являются ли изменения спектральной амплитуды следствием динамического регулирования мощности, и могут ли меняться характеристики частотного спектра в зависимости от данной скорости передачи данных.

Эти параметры лучше всего определять при высоком отношении $(S + N)/N$ при помощи токопроводящего зажима и измерительного приемника с автоматическим сканированием, контролирующим излучаемый ток на входном или оконечном интерфейсе линии электросвязи. Для использования системы надлежащим образом вероятно потребуется сотрудничество с оператором электросвязи.

На этапе предварительного исследования также необходимо выяснить, являются ли наблюдаемые нежелательные излучения нежелательными мешающими излучениями, как указано в п. A3.2, или другими нежелательными излучениями от электронного оборудования, подключенного к сети, которое не принадлежит к полезным сигналам проводной связи. Наблюдаемые нежелательные мешающие излучения в пределах полосы частот полезного сигнала проводной связи должны соответствовать положениям из NB 30, если не определены как другие нежелательные излучения.

A3.3.3 Выбор точек измерения

Выбор точек измерения будет зависеть от целей измерений. Целями измерений могут быть расследование жалоб на помехи или подтверждение соответствия ограничениям.

A3.3.3.1 Расследование жалоб на радиопомехи

Для исследований помех начальная точка измерения внутри или вне помещений должна находиться в той части линии передачи, которая ближе всего к радиоприемнику и/или антенне устройства, испытывающего помехи.

A3.3.3.2 Проверка устройств и сетей электросвязи на соответствие

При испытаниях на соответствие от топологии устройства или сети электросвязи будет зависеть, где должны будут проводиться начальные измерения. Эта точка (эти точки) должны располагаться там, где, как показывает опыт, ожидаются самые большие мешающие излучения. Для большинства интерактивных систем эти точки будут, например, на всех концах линии передачи, в каждом промежуточном усилителе, который может быть установлен, а также в точках линии передачи, где имеется разрыв непрерывности полного сопротивления или утечка.

В любом случае, т. е. в случае п. A3.3.3.1 и п. A3.3.3.2, потребуется использовать переносной приемник с индикатором уровня сигнала или другую подходящую технологию слежения для определения и записи точного местоположения, в котором уровни мешающих излучений максимальны.

Для определения формы волны, необходимо измерить полезный сигнал с соответствующим отношением $(S + N)/N$. Такой "отпечаток" сигнала может быть сделан при помощи измерения кондуктивного тока в доступной точке линии передачи (см. п. A3.3.2).

A3.3.4 Расстояние измерения

A3.3.4.1 Проверка устройств и сетей электросвязи на соответствие

Для измерений внутри и вне помещений стандартное расстояние измерения d равно 3 м. Это расстояние является интервалом между эталонной точкой измерительной антенны и ближайшей частью сети электросвязи.

А3.3.4.1.1 Определение расстояния измерения для измерений внутри помещений

Если часть сети электросвязи, подвергающаяся исследованию, недоступна, расположена внутри стены, воздухопровода или похожей структуры или за ними, то расстояние измерения d следует взять на перпендикуляре к переднему краю стены или воздухопровода.

Если, для измерений внутри помещений в диапазоне частот до 30 МГц, свободное пространство 3 м между сетью электросвязи и измерительной антенной отсутствует, то расстояние измерения, упомянутое выше, может быть уменьшено до 1 м. В этом случае применяются положения из п. А3.4.2.2 и А3.5.2.3.

А3.3.4.1.2 Определение расстояния измерения для измерений вне помещений

Для измерений, проводимых снаружи зданий или других структур, содержащих оборудование или кабельную проводку сети электросвязи, расстояние измерения d следует взять на перпендикуляре к внешней стене здания или соответствующей структуре.

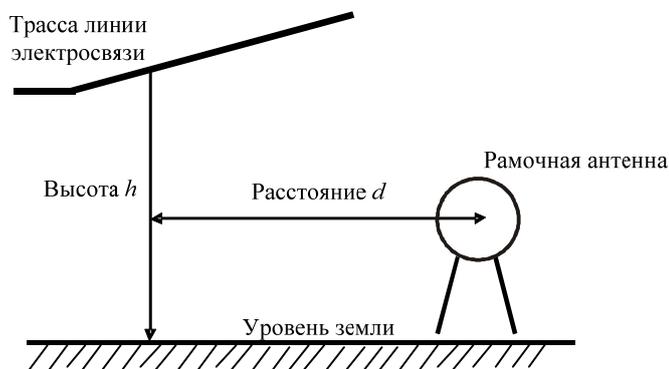
Если часть измеряемой сети электросвязи находится под землей, расстояние измерения d следует взять на перпендикуляре к линии, представляющей вертикальную проекцию сети электросвязи на поверхности земли.

Если часть измеряемой сети электросвязи выше измерительной антенны, расстояние измерения d следует взять на перпендикуляре к линии, представляющей вертикальную проекцию сети электросвязи на поверхности земли.

Этот принцип показан на рисунке 2.

РИСУНОК 2

Изображение расстояния измерения d от вертикальной проекции трассы линии электросвязи на уровень земли



Отчет 2157-02

Если, для измерений вне помещений, из-за местных условий измерительную антенну невозможно расположить на расстоянии 3 м, то для измерений в диапазоне частот до 30 МГц следует применять метод измерений, описанный в Разделе А3.4.2.3.

Если измеряемый тракт кабеля электросвязи находится значительно выше высоты имеющейся антенной мачты, например, более, чем на 10 м выше уровня земли, тогда для измерений в диапазоне частот до 30 МГц следует применять метод измерений, описанный в Разделе п. А3.4.2.3, а уровень мощности излучаемых РЧ помех будет измеряться в соответствии с п. А3.7 данной спецификации, в диапазоне частот выше 30 МГц.

A3.3.4.2 Расследование жалоб на радиопомехи

Для определения источника помех не определено никаких специальных расстояний измерения. Если источник помех определен, тогда соответствующая часть устройства или сети электросвязи измеряется в соответствии с принципами, изложенными в п. A3.3.4.1. Вследствие особых причин допустимы отклонения от этих принципов, если это необходимо.

A3.3.5 Ограничения для допустимых мешающих излучений от устройств и сетей электросвязи

Ограничения вместе с необходимыми поправками приведены в Дополнении 1 к Приложению 3 настоящего документа.

Следует отметить, что ограничения напряженности поля, приведенные в Дополнении 1 к Приложению 3, являются пиковыми пределами. Тем не менее, для того чтобы уменьшить неопределенность, возникающую из-за использования пикового детектора, для измерений используется квазипиковый детектор.

Для того чтобы иметь возможность выполнить прямое сравнение измеренных квазипиковых уровней и пиковых пределов, необходимо использовать весовой коэффициент квазипикового детектора, который следует добавить к результату измерений квазипикового уровня. Данный коэффициент взвешивания будет зависеть от ширины полосы измерения и от сигнальной архитектуры исследуемой сети электросвязи.

За исключением тех случаев, когда коэффициент квазипикового взвешивания уже известен и согласован с оператором сети электросвязи, он должен быть определен на этапе предварительного исследования. Это проще и точнее всего можно сделать, используя для измерения сети электросвязи в точке, где имеется чистый полезный сигнал с отношением не менее 20 дБ $(S + N)/N$. токопроводящий зажим.

В диапазоне частот от 30 МГц до 1000 МГц квазипиковый коэффициент взвешивания можно также определить, поместив антенну в непосредственной близости от источника излучения.

В диапазоне частот от 1000 МГц до 3000 МГц результаты измерений корректировать не нужно, так как в любом случае используется пиковый детектор.

A3.4 Измерение мешающих излучений в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц

A3.4.1 Измерительное оборудование

Требуется следующее измерительное оборудование, как указано в Публикации CISPR 16-1:

- калиброванная измерительная система, состоящая из измерительного приемника радиопомех и соответствующей рамочной антенны для измерений компонентов магнитного поля, со штативом, и
- калиброванная измерительная система, состоящая из измерительного приемника радиопомех и соответствующего токопроводящего зажима для измерений токов высокой частоты в проводниках,

соответственно.

В диапазоне частот от 9 кГц до 150 кГц будет использоваться ширина полосы измерений 200 Гц и квазипиковый детектор.

В диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц будет использоваться ширина полосы измерений 9 кГц и квазипиковый детектор.

Если необходимо, также может использоваться другое специальное оборудование, например, резонирующие рамочные антенны или антенны для электрического поля. Для любых измерений напряженности электрического поля, которые могут потребоваться, должен использоваться активный диполь, как описывается в Приложении 5 к Дополнению 3, или аналогичный диполь.

Для снижения вероятности того, что контур заземления будет влиять на измерения, рекомендуется, чтобы и измерительный приемник и рамочная антенна имели независимый источник питания без заземления, например, работали бы от аккумулятора, особенно в случае измерений внутри зданий.

А3.4.2 Метод измерений

А3.4.2.1 Общие сведения

Как указано в Дополнении 1 к Приложению 3, измеренная напряженность магнитного поля преобразуется в напряженность электрического поля с внутренним сопротивлением 377 Ом.

Преобразование может проводиться автоматически уже в различном измерительном оборудовании.

Следует учитывать, что система электросвязи работает с ее обычными максимальными сигнальными уровнями и в режиме, если таковой имеется, который, как было определено ранее, приводит к максимальным уровням мешающего поля. Если система интерактивная, особенно важно проверить наличие сигналов обратного канала (восходящего направления), если они существуют в том же диапазоне частот, к которому относятся любые жалобы на помехи.

Если измерения должны проводиться на отдельной частоте или только в узком диапазоне частот, например, в случаях помех, тогда антенна должна быть настроена так, чтобы получить максимальное подключение к исследуемой сети электросвязи.

Если измерения должны проводиться на большом количестве частот или в диапазоне с качанием частоты, то следует проводить отдельные измерения с антенной, настроенной на каждое из трех ортогональных направлений, X, Y и Z. Данные следует сохранять для каждого измерения и для каждой частоты, эффективную напряженность поля (E_{eff}) следует вычислять при помощи уравнения (А3-1).

$$\frac{E_{eff}}{V/m} = \sqrt{\frac{E_X^2}{(V/m)^2} + \frac{E_Y^2}{(V/m)^2} + \frac{E_Z^2}{(V/m)^2}} \quad (A3-1)$$

Данная задача проще всего выполняется посредством внесения данных для каждого измерения в электронную таблицу, с последующим автоматическим вычислением E_{eff} .

Для сокращения времени измерений рекомендуется начать с предварительного сканирования рассматриваемого диапазона частот при помощи пикового детектора, а затем провести еще одно измерение найденных значений максимальной напряженности поля помех при помощи квазипикового детектора.

Для рамочной антенны расстояние измерения d является интервалом между ее геометрическим центром и сетью электросвязи, а для активного диполя расстояние измерения d является интервалом между эталонной точкой диполя и сетью электросвязи.

Установите рамочную антенну на штатив на высоте 1 м (по нижней границе рамки), в месте, ранее определенном как имеющее максимальную напряженность поля помех, так чтобы она находилась на предписанном расстоянии от сети электросвязи.

Настройте измерительный приемник и детектор на необходимую частоту, и вращайте рамочную антенну, пока не получите максимальный сигнал сети электросвязи, или в ортогональных направлениях X, Y и Z, после чего рассчитайте эффективную напряженность поля.

Измерение магнитных полей, излученных из сетей электросвязи в диапазоне частот до 30 МГц, может быть затруднено из-за наличия разных полезных РЧ излучений высокого уровня. Ввиду этого, может потребоваться определить некоторые частотные диапазоны с низкой напряженностью поля в интервалах между радиопередачами, например, фоновый шум и любые звуковые сигналы, которые ниже применимых ограничений, определенных в Дополнении 1 к Приложению 3. Это следует сделать без изменения положения антенны и, в идеале, с отключенной сетью электросвязи.

Если сеть нельзя отключить, можно использовать следующие варианты:

- Ориентируйте рамку в направлении минимального соединения с излучением сети и проверьте, чтобы фоновый шум и любые звуковые сигналы были ниже применяемых ограничений из Приложения 1 к Дополнению 3.
- Ориентируйте рамку для максимального соединения, а затем увеличьте расстояние измерения и проверьте, соответствующее снижение измеренной напряженности поля.

Количество тихих частот или необходимых диапазонов частот будет зависеть от того, предполагается ли проводить все измерения совместимости или исследуется только небольшой участок жалоб на помехи. Для исследования общей совместимости предпочтительнее использовать максимальное возможное количество диапазонов тихих частот. Они должны быть как можно равномернее распределены по всему спектру полезных сигналов исследуемой службы электросвязи. График частот для всего измеряемого диапазона частот поможет быстро найти тихие частоты, которые могут подойти для последующего анализа. Сканирование наблюдаемого диапазона частот может выполняться с пиковым детектором с последовательными шагами, равными половине ширины полосы.

Для расследования жалоб на помехи достаточно нескольких тихих частот вокруг частоты, на которую поступают жалобы. Их можно определить и измерить при помощи ручной настройки.

В обоих случаях для измерения нежелательных мешающих излучений будут использоваться тихие частоты или определенный диапазон частот. Оператор измерительного приемника должен субъективно оценить уровни фонового шума на каждой из этих частот. Используя указанную ширину полосы измерения и детектор необходимо записать наивысший уровень напряженности поля помех (дБ(мкВ/м)), наблюдаемый в течение 15 секундного периода. Любые изолированные пики малой длительности следует игнорировать.

На работающей сети электросвязи следует повторить измерения на всех ранее определенных тихих частотах с использованием тех же описанных выше процедур. Следует записать результаты и рассчитать разницу между уровнями, измеренными в нормально работающей и отключенной сети электросвязи.

Если уровень шума окружающей среды все еще превышает предел, то для подтверждения рассчитанной разницы можно использовать токопроводящий зажим. Этот метод испытаний все еще ждет дальнейшего рассмотрения.

A3.4.2.2 Измерение на расстоянии менее 3 м

В случае измерений на расстояниях меньше 3 м, расстояние измерения должно браться как прямая, проведенная перпендикулярно от трассы кабеля электросвязи или его проекции на уровне земли до внешней границы рамочной антенны.

Если строгое соблюдение стандартного расстояния измерения в 3 м невозможно, например, из-за местных условий внутри зданий, тогда измерения можно произвести на меньшем расстоянии, но не менее 1 м.

В этом случае применяется тот же метод измерений, что и для расстояний в 3 м, а результаты измерений должны быть скорректированы при помощи коэффициента преобразования, приведенного в уравнении (A3-2):

$$E_{dist} = E_{meas} + 20 \log \frac{d_{meas}}{d_{stand}}, \quad (A3-2)$$

где

- E_{meas} : результаты измерений (дБ (мкВ/м)),
- E_{dist} : скорректированные результаты измерений (дБ (мкВ/м)),
- d_{meas} : расстояние измерений (м),
- d_{stand} : стандартное расстояние измерений (3 м).

A3.4.2.3 Измерения на расстоянии больше 3 м

Если, из-за местных условий, приходится выбирать расстояние измерений более 3 м, то следует определить две точки, расположенные на оси измерения, перпендикулярной к трассе кабеля электросвязи. В качестве рекомендации, расстояние между двумя этими точками должно быть как можно больше. Уровень напряженности поля помех должен измеряться, как указано в п. A3.4.2.1. В конечном счете решающими факторами являются местные условия и измеримость напряженности поля.

Результаты измерений (дБ (мкВ/м)) должны быть отображены на диаграмме относительно логарифма расстояния. Прямая линия, связывающая результаты измерений, отражает снижение напряженности поля на оси измерений. Если снижение уровня напряженности поля определить нельзя, то следует выбрать дополнительные точки измерения. Уровень напряженности поля на стандартном расстоянии 3 м следует получить на диаграмме, используя соединительную линию.

A3.4.3 Измерение напряженности электрического поля

Напряженность электрического поля измеряется в случаях помех, только когда предполагается, что мешающие излучения наблюдаются преимущественно в электрическом поле. Это может быть в том случае, когда пределы напряженности электрического поля не превышаются, но тем не менее, наблюдаются помехи приемному радиооборудованию, использующему антенну электрического поля.

Процедура измерения та же, что и для напряжения помех в магнитном поле. Необходима антенна, описанная в Дополнении 5 к Приложению 3.

A3.5 Измерения мешающих излучений в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц

A3.5.1 Измерительное оборудование

Необходимо следующее измерительное оборудование (в соответствии с CISPR 16-1):

- калиброванная измерительная система, состоящая из измерительного приемника радиопомех вместе с соответствующим широкополосным диполем или соответствующей логопериодической антенной, подходящими для измерения электрического компонента поля, и мачты антенны.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Результаты измерений, полученные при помощи калиброванной измерительной системы, описанной выше, не нуждаются в дальнейшей коррекции, даже если они, возможно, измерялись в условиях ближнего поля.

В Публикации CISPR 16-1 описаны требования к измерительным приемникам радиопомех и антеннам.

Для диапазона частот от 30 МГц до 1000 МГц следует использовать ширину полосы измерений 120 кГц и квазипиковый детектор.

Для диапазона частот от 1000 МГц до 3000 МГц следует использовать ширину полосы измерений 1 МГц и пиковый детектор.

A3.5.2 Методы измерений

A3.5.2.1 Общие сведения

Следует принять во внимание, что система электросвязи работает с ее обычными максимальными сигнальными уровнями и в том режиме, если определено несколько режимов работы, который был ранее определен, как приводящий к максимальным уровням поля РЧ помехи. Если система интерактивная, особенно важно будет проверить наличие сигналов обратного канала (восходящего направления), если они передаются в том же диапазоне частот, с которым связаны жалобы на помехи.

Для сокращения длительности измерений рекомендуется прежде всего осуществить сканирование исследуемого диапазона частот при помощи квазипикового детектора, а затем при помощи квазипикового детектора провести измерения только на тех частотах, где были отмечены максимальные показания уровней напряженности поля РЧ помех.

Расстояние измерений d является расстоянием между частью исследуемой сети электросвязи и симметрирующим трансформатором, в случае широкополосного диполя, или эталонной точкой антенны, в случае логопериодической антенны.

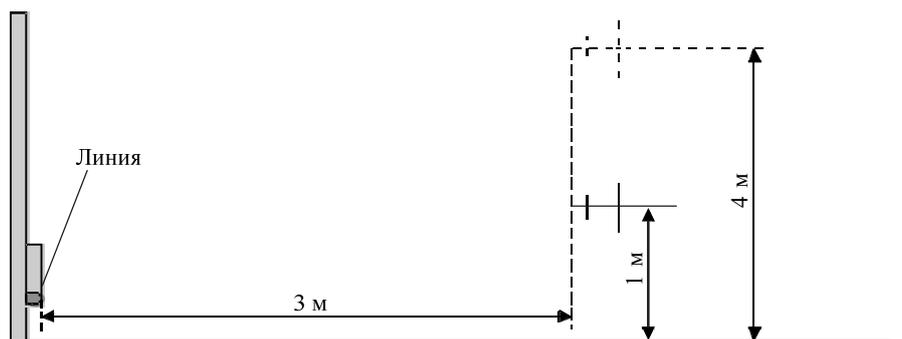
А3.5.2.2 Измерения на расстоянии в 3 м (стандартное расстояние)

Расстояние измерения равно 3 м. В определенной точке измерения будут изменяться направление, высота и поляризация (горизонтальная и вертикальная) измерительной антенны, чтобы измерить максимальную напряженность поля РЧ помех.

Если антенна и сеть электросвязи расположены на одном уровне в горизонтальной плоскости, то высота антенны должна меняться от 1 м до 4 м, с тем чтобы определить максимальную напряженность поля. При изменении высоты антенны, антенна не должна располагаться ближе, чем на расстоянии 0,5 м от отражающих объектов, например, стен, потолков, металлических структур и т. п. Изменение высоты антенны может быть ограничено местными условиями (смотрите рисунок 3).

РИСУНОК 3

Изменение высоты антенны



Отчет 2157-03

Если, например, в случае измерений вне помещений, опора антенны находится не на том же уровне горизонтальной плоскости, что и линия или тракт электросвязи, то высота антенны должна быть изменена, что приведет к тому, что диапазон изменений будет сравнимым с приведенным в последующем параграфе.

А3.5.2.3 Измерение на расстоянии менее 3 м

Измерения для подтверждения соответствия устройств и сетей электросвязи в диапазоне частот выше 30 МГц осуществляются только вне помещений. В этих условиях расстояние измерения можно выбрать так, чтобы она равнялась 3 м (стандартное расстояние) или было больше 3 м.

Если во время расследования жалоб на радиопомехи для определения источников помех необходимы измерения внутри помещений, и из-за местных условий расстояние в 3 м обеспечить невозможно, то измерения можно произвести на меньшем расстоянии, но не менее 1 м. Расстояние измерения является расстоянием между проводником и эталонной точкой антенны. Для измерений антенна должна быть ориентирована так, чтобы обеспечить максимальное подключение к источнику помех без какого-либо сканирования по высоте. В этом случае результат измерения будет скорректирован при помощи коэффициента преобразования, указанного в уравнении (А3-3).

$$E_{dist} = E_{meas} + 20 \log \frac{d_{meas}}{d_{stand}}, \quad (\text{А3-3})$$

где

- E_{meas} : результат измерений (дБ(мкВ/м)),
- E_{dist} : скорректированный результат измерений (дБ(мкВ/м)),
- d_{meas} : расстояние измерения (м),
- d_{stand} : стандартное расстояние измерений (3 м).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Результаты измерений, полученные при помощи калиброванной измерительной системы (см. п. А3.5.1), не нуждаются в дальнейшей коррекции, даже если они, возможно, были измерены в условиях ближнего поля.

А3.5.2.4 Измерения на расстоянии более 3 м

Если местные условия требуют расстояний измерения более 3 м, то мощность мешающих РЧ излучений будет измеряться в соответствии с методом замещения, определенным в п. А3.6.

А3.5.3 Вычисление напряженности электрического поля

Электрический компонент напряженности поля помех должен определяться при помощи наблюдения за показателями измерительного приемника в течение примерно 15 секундного интервала и последующей записи его максимальных показателей. Случайными изолированными пиками следует пренебречь.

Если метод измерений дает результаты измерений, приведенные только в показателях уровней РЧ напряжения, тогда уровень напряженности поля помех можно вычислить из уровня РЧ напряжения, измеренного в порте антенны измерительного приемника при помощи уравнения (А3-4):

$$E_{dist} = V_{rec} + a_c + AF, \quad (\text{А3-4})$$

где

- E_{dist} : уровень напряженности поля вычисленных помех (дБ(мкВ/м)),
- V_{rec} : уровень измеренного РЧ напряжения (дБ(мкВ)) на входном порте антенны, измерительного приемника (при 50 Ом),
- a_c : затухание измерительного кабеля (дБ),
- AF : коэффициент антенны² измерительной антенны (дБ).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для расчета уровней напряженности поля помех в любом случае должен использоваться антенный коэффициент измерительной антенны для распространения в свободном пространстве в соответствии с декларацией производителя или отчетом о калибровке, вне зависимости от реально используемого расстояния измерения.

² Антенный коэффициент в соответствии с декларацией производителя или отчетом о калибровке (для стандартного расстояния, если есть).

A3.6 Измерение мощности мешающих РЧ излучений от 30 МГц до 3000 МГц

A3.6.1 Измерительное оборудование

В Публикации CISPR 16-1 приведены требования к измерительному приемнику радиопомех, полосам частот измерений, детекторам и антеннам, используемым для измерения мощности мешающих РЧ излучений.

A3.6.2 Расстояние измерения

Измерения электрических компонентов электромагнитного поля имеют обязательную неточность из-за отражения в диэлектрических или проводящих соединениях и из-за паразитных элементов в окружении места измерений. Измерения, проводимые в условиях ближнего поля, могут привести к еще большим неточностям. Некоторые из этих неточностей можно исключить при помощи определения мощности мешающих РЧ излучений источника помех в тех же условиях окружающей среды при помощи замещающей антенны.

Мощность мешающих РЧ излучений можно измерить на расстоянии, где обеспечиваются условия дальнего поля относительно источника излучаемых помех. Для излучателей, подобных диполю, условия дальнего поля полностью соблюдаются там, где используется подходящее расстояние измерения, которое вычислено в соответствии с уравнением (A3-5):

$$d \geq 4\lambda \quad (\text{A3-5})$$

или где расстояние измерения d равно или больше 30 м. В большинстве практических случаев уже достаточно соблюдения условия $d \geq \lambda$.

A3.6.3 Местонахождение измерительной антенны

Измерение мощности излученных помех должно осуществляться только в дальнем поле, как описывается в п. A3.6.2. При таком условии точкой измерения для создаваемых сетью электросвязи нежелательных излучений и соответствующей мощности излученных помех последовательно моделируемых замещающей антенной будет местоположение максимальной напряженности поля помех, определенной, как описывается в п. A3.3.3.

A3.6.4 Местонахождение замещающей антенны

Вначале замещающая антенна должна располагаться на расстоянии 1 м от фасада здания, в котором располагается сеть электросвязи.

Местонахождение следует выбирать так, чтобы гарантировать, что воображаемая линия между замещающей антенной и измерительной антенной перпендикулярна направлению кабеля сети электросвязи или фасаду здания, в котором располагается сеть электросвязи.

A3.6.5 Метод измерения

A3.6.5.1 Измерение излучений создаваемых РЧ помех

В точке измерения, выбранной в соответствии с п. A3.6.3, будут меняться направление, высота и поляризация измерительной антенны, с тем чтобы определить максимальные уровни нежелательного излучения, создаваемого сетью электросвязи. Измерительная антенна должна быть оставлена в том положении, в котором будет определен и записан максимальный уровень напряженности поля помех.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Замещающие измерения не нужны, если напряженность поля помех, измеренная в соответствии с п. A3.5 в условиях дальнего поля после ее перевода в уровень напряженности поля на стандартном расстоянии в 3 м при помощи уравнения (A3-2), превышает соответствующий уровень (Дополнении 1 к Приложению 3) больше, чем на 20 дБ.

А3.6.5.2 Замещающее измерение

Во время работы замещающей антенны ее рабочая частота не должна быть занята другими наземными радиослужбами или приложениями.

При проведении испытаний на соответствие устройств и сетей электросвязи следует использовать соответствующие частоты в диапазонах частот ISM или частоты, выделенные для этих целей.

При расследовании сообщений с жалобами на радиопомехи после определения источника помех следует отключить соответствующую часть сети электросвязи, или хотя бы временно вывести из работы службу электросвязи, создающую помехи, а частота полезной радиослужбы или приложения, испытывающего помехи, не должна быть занята. Если это невозможно, то следует заменить рабочую частоту антенны на как можно меньшее значение, с тем чтобы затушить нежелательные излучения от сети электросвязи и/или избежать излучений на частотах уже занятых наземными радиослужбами или приложениями.

Замещающая антенна должна размещаться в определенном для нее месте (см. п. А3.6.4) и запитываться от генератора немодулированных РЧ сигналов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для диапазона частот ниже 150 МГц в качестве замещающей антенны используется широкополосная дипольная антенна. Для более высоких частот используются настроенный полуволновый диполь или логопериодическая антенна. Для упрощения оптимального согласования к точке питания должен быть подключен аттенуатор 10 дБ. Для исключения излучений по антенному кабелю, по всей длине антенного кабеля через каждые 30-50 см должны быть закреплены сгруппированные наборы из 3 ферритовых сердечников.

Замещающая антенна должна запитываться от генератора РЧ сигналов с постоянным уровнем РЧ мощности. Для получения максимального значения в измерительном приемнике теперь следует менять высоту антенны (от 1 до 4 м), ее расстояние от здания и ориентацию ее плоскости поляризации. Далее генератор РЧ сигналов должен быть настроен так, чтобы получить в измерительном приемнике те же данные нежелательного создаваемого излучения от сети электросвязи, что были зарегистрированы ранее (см. п. А3.6.5.1).

А3.6.5.3 Вычисление мощности мешающих РЧ излучений

Уровень эффективно излучаемой мощности РЧ помех вычисляется при помощи уравнения (А3-6).

$$p_U = u_S - a_S - a_c - c_r + G_D + 4 \quad \text{дБ}, \quad (\text{А3-6})$$

где

- p_U : рассчитанный уровень мощности мешающих РЧ излучений (дБ(пВт)),
- u_S : уровень напряжения на выходе генератора РЧ сигнала (дБ(мкВ)) при 50 Ом,
- a_S : вносимые потери аттенуатора в точке питания антенны (дБ),
- a_c : вносимые потери кабеля антенны, соединяющего генератор сигналов и антенну замены (дБ),
- c_r : коэффициент преобразования для преобразования уровня РЧ мощности в точке питания настроенного диполя с половиной волны (замещающая антенна) в мощность, соответствующую эффективной излучаемой мощности РЧ помех:

$$c_r = 10 \log Z_{Fp} \text{ дБ(Ом)} \quad (\text{А3-7})$$

для импеданса точки питания $Z_{Fp} = 50$ Ом, полученный коэффициент преобразования $c_r = 17$ дБ. Вносимые потери симметрирующего трансформатора считаются незначительными,

- G_D : усиление замещающей антенны, относящиеся к настроенному диполю с половиной волны,
- 4 дБ: поправочный коэффициент, принимаемый для отражений от стен, около которых проводятся измерения.

A3.7 Обработка полученных результатов измерения и сравнение с заданными ограничениями

A3.7.1 Корректировка результатов измерений, полученных при помощи квазипикового детектора

Результаты измерений, полученные при помощи квазипикового детектора, всегда должны корректироваться путем добавления квазипикового весового коэффициента.

Если отношение $(S+N)/N$ больше 20 дБ, то дальнейших корректировок полученных результатов измерения не требуется. Если отношение $(S+N)/N$ меньше 20 дБ, а в N доминирует шум, тогда, вероятно, результаты измерений можно еще скорректировать при помощи ΔU , как показано в Приложении 2 к Дополнению 3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для любой обоснованной поправки результатов измерения отношение $(S+N)/N$ должно быть 2 дБ.

Если отношение $(S+N)/N$ меньше 20 дБ, а результаты измерений не были скорректированы, тогда применяется более высокая неточность измерений, приведенная в Дополнении 3 к Приложению 3 в таблице 3.

A3.7.2 Корректировка результатов измерений, полученных при помощи пикового детектора

Если отношение $(S+N)/N$ больше 20 дБ, то дальнейших корректировок полученных результатов измерения не требуется. Если отношение $(S+N)/N$ меньше 20 дБ, а в N доминирует шум, тогда результаты измерений можно скорректировать при помощи метода, описанного в Дополнении 3 к Приложению 3.

A3.7.3 Интерпретация неточности измерений

Для испытаний соответствия положения относительно неточности измерений применяются в пользу сети электросвязи и против службы радиосвязи. Из результатов измерений следует убрать половину неточностей соответствующих измерений, а это значение сравнить с заданным пределом.

При расследовании сообщений с жалобами на радиопомехи неточность измерений в результатах измерений не учитывается.

Неточность измерений будет отражена в отчете об испытаниях

A3.7.4 Сравнение результатов измерений с заданными ограничениями

Результаты измерений, возможно скорректированные в соответствии с положениями из п. A3.7.1 или п. A3.7.2, должны, в конце концов, сравниваться с соответствующими заданными ограничениями, указанными в Дополнении 1 к Приложению 3.

Дополнение 1 к Приложению 3

Примеры ограничений для нежелательных создаваемых излучений от устройств и сетей электросвязи в частотных диапазонах, содержащих частоты безопасности

ТАБЛИЦА 1

Примеры ограничений для нежелательных создаваемых излучений

Диапазон частот (МГц)	Ограничения напряженности поля помех (пиковые значения (дБ(мкВ/м)))	Расстояние измерения (м)	Ширина полосы измерения
0,009–0,15	от 40 до $20 \cdot \log(f/\text{МГц})$	3	200 Гц
0,15–1	от 40 до $20 \cdot \log(f/\text{МГц})$	3	9 кГц
1–30	от 40 до $8,8 \cdot \log(f/\text{МГц})$	3	9 кГц
30–1 000	27 ⁽¹⁾	3	120 кГц
1 000–3 000	40 ⁽²⁾	3	1 МГц

⁽¹⁾ Это соответствует эквивалентной эффективной излучаемой РЧ мощности в 20 дБ(пкВт).

⁽²⁾ Это соответствует эквивалентной эффективной излучаемой РЧ мощности в 33 дБ(пкВт).

Согласованные мероприятия

В диапазоне частот 30–3000 МГц ограничения напряженности поля помех и соответствующей им мощности излучаемых РЧ помех представляют собой одну и ту же вероятность, только в том случае, когда излученная РЧ помеха создается отдельным точечным излучателем на расстоянии 3 м.

Ограничения определены в показателях напряженности электрического поля. Эти пределы также применяются в диапазоне частот ниже 30 МГц, формально с использованием распространения волны в свободном пространстве с сопротивлением 377 Ом преобразованные в напряженность магнитного поля, измеренную в соответствии с п. А3.4.

Для измерений вне помещений на расстоянии 3 м результаты измерения должны быть скорректированы с использованием соответствующего коэффициента C , представленного в таблице 2.

Для измерений внутри помещений результаты всегда должны корректироваться с использованием соответствующего коэффициента C , представленного в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2

Коэффициент коррекции C , учитывающий различия распространения электромагнитной волны в свободном пространстве и в свободном поле

Диапазон частот (МГц)	Коэффициент коррекции для		
	Измерений вне помещений на расстоянии 3 м		Измерений внутри помещений
	C (дБ), вертикальная поляризация	C (дБ), горизонтальная поляризация	C (дБ)
30-40	-3	+2	-3
> 40-50	-3	± 0	-3
> 50-80	-3	-2	-3
> 80-3 000	-3	-3	-3

Эти коэффициенты коррекции C учитывают разницу между напряженностью поля в свободном пространстве и свободном поле³.

Для сравнения результатов измерений с ограничениями, указанными в таблице 1, применяется следующее уравнение:

$$E_{corr} = E_{dist} + C, \quad (A1)$$

где

- E_{dist} : уровень измеренной напряженности поля помех (дБ(мкВ/м)), а
 E_{corr} : исправленный уровень напряженности поля помех (дБ(мкВ/м)),
предназначенный для сравнения с заданными ограничениями.

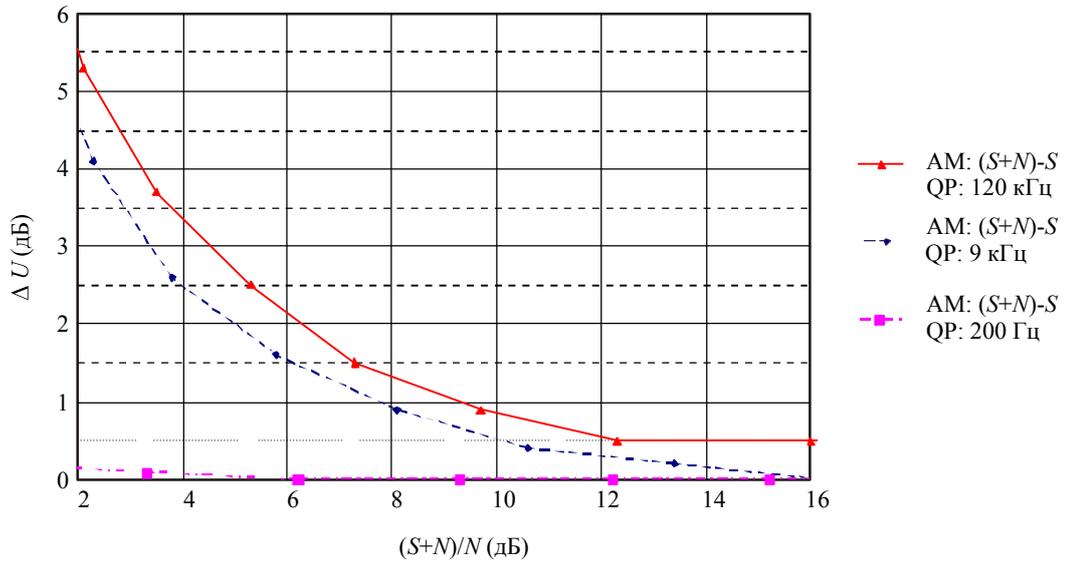
³ Измерения в точке испытаний с идеальной проводящей плоскостью Земли.

Дополнение 2 к Приложению 3

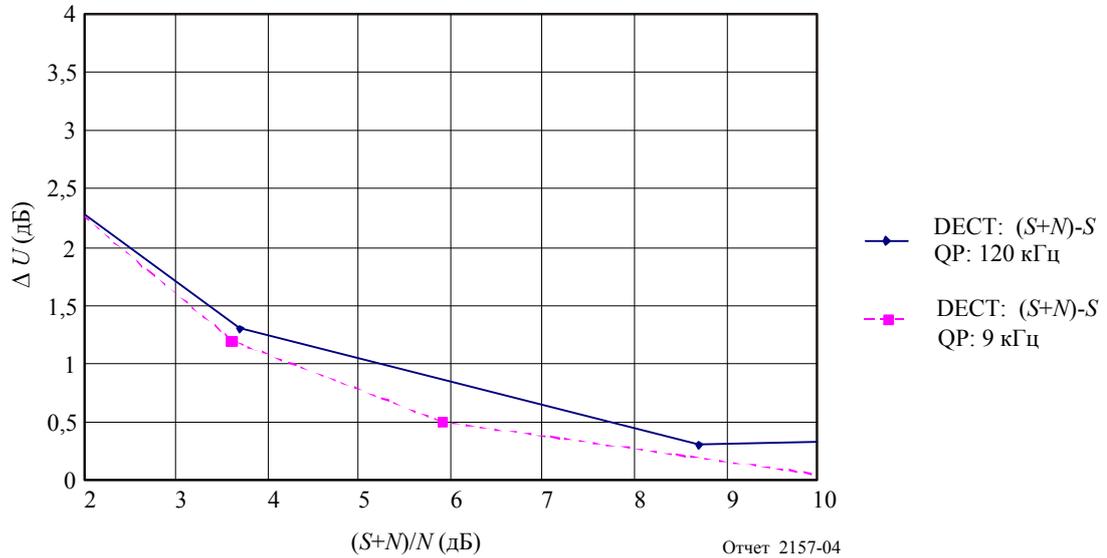
РИСУНОК 4

**Коррекция результата, полученного при помощи квазипиковых детекторов
в случае небольших отношений $(S + N)/N$**

Разность ΔU измеренного значения как функция отношения $(S+N)/N$ для сигналов с АМ



Разность ΔU измеренного значения как функция отношения $(S+N)/N$ для цифровых модулированных широкополосных сигналов, например, таких как DECT



Отчет 2157-04

Где:

$(S + N) - N$: отношение сигнал-плюс-шум к шуму (дБ),

$(S + N) - S$: отношение сигнал-плюс-шум к сигналу (дБ),

U : увеличение уровня сигнала из-за наложения сигнала (дБ).

Корректировка, которую следует применить:

$$U_{meas.} = U_{indication} - \Delta U$$

Дополнение 3 к Приложению 3

Определение неточности измерения

А3.А3.1 Неточность измерений, возникающая при измерении напряженности поля

В таблице 3 показаны вклады отдельных компонентов измерительной системы в общую неточность измерения. Они были получены в соответствии с принципами, описанными в CISPR/A.

ТАБЛИЦА 3

**Вклады отдельных компонентов измерительной системы в неточность измерений напряженности поля в диапазоне частот до 1000 МГц
(Диапазон частот до 3 ГГц находится на стадии рассмотрения)**

Диапазон частот	Измерение			
	Напряженность магнитного поля	Напряженность электрического поля		
		< 30 МГц	30–300 МГц	300–1 000 МГц
Компонент измерительной системы	Вклад (дБ)			
Считывание приемника	0,1	0,1	0,1	0,1
Затухание: антенна – приемник	0,1	0,1	0,2	0,2
Коэффициент антенны	1,0	1,0	2,0	2,0
Приемник				
Напряжение гармонической волны	1,0	1,0	1,0	1,0
Отклик амплитуды импульса	1,5	1,5	1,5	1,5
Коэффициент повторения импульса	1,5	1,5	1,5	1,5
Несоответствие антенны и приемника	–	–	0,7	0,7
Антенна				
Интерполяция частоты коэффициента антенны	–	–	0,5	0,3
Отклонение высоты антенны	–	–	1,0	0,3
Различие в направленности	–	–	0	1,0
Местоположение центра фазы	–	–	0	1,0
Кросс-поляризация/баланс	–	–	0,9	0,9
Станция				
Повторяемость на станции	2,0	2,0	3,0	3,0
Расстояние разделения	0,3	0,3	0,3	0,3
Окружение	3,0	3,0	5,0	5,0
Всего (дБ)	5,1	5,1	7,7	7,8

Полученные результаты измерений содержат общую присущую им неточность измерений, как указано в таблице 3.

А3.А3.2 Неточность измерений в случае небольшого отношения $(S + N)/N$

Если во время измерений имеются только небольшие значения отношения $(S + N)/N$, тогда неточность измерения примерно в 3 дБ, которая привязана к квазипиковому детектору, становится важной, приводя к следующему:

ТАБЛИЦА 4

Вклад квазипикового детектора в небольшие отношения $(S + N)/N$

Диапазон частот	Измерение			
	Напряженность магнитного поля	Напряженность магнитного поля		
		< 30 МГц	30–300 МГц	300–1 000 МГц
Компонент измерительной системы	Вклад (дБ)			
Квазипиковый детектор	3	3	3	3
Всего (дБ)	6,2	6,2	8,4	8,5

Полученные результаты измерений содержат общую присущую им неточность измерений, как указано в таблице 4.

А3.А3.3 Неточность измерений, возникающая при измерении мощности излучаемых РЧ помех

Если во время измерений отношение $(S + N)/N$ больше или равно 20 дБ, то полученные результаты содержат общую присущую им неточность измерений в 8 дБ.

Если во время измерений отношение $(S + N)/N$ больше 6 дБ и меньше 20 дБ, то полученные результаты содержат общую присущую им неточность измерений в 9 дБ.

Дополнение 4 к Приложению 3

Корректировка результатов, полученных при помощи пиковых или среднеквадратичных детекторов в случае небольших отношений $(S + N)/N$

(Согласно принципам, представленным в CISPR/A)

А3.А4.1 Объяснение проблемы

Во время измерений устройств и сетей электросвязи, выполняемых *на местах*, окружающие условия напряженности поля часто не соответствуют рекомендациям из Публикации CISPR 16-1 для испытательных площадок на открытой территории.

Нежелательные мешающие излучения часто наблюдаются в диапазонах частот, уже занятых другими напряженностями окружающих полей, и не могут быть измерены и оценены при помощи измерительного приемника CISPR из-за недостаточных зазоров между частотой самой помехи и напряженностью другого окружающего поля или из-за наложения напряженностей обоих полей. В таких случаях измерительный приемник не может различать нежелательные создаваемые излучения от сети электросвязи и напряженность других окружающих полей.

Ниже описывается модифицированный метод измерения, который позволяет провести различия между нежелательными излучениями, создаваемыми сетями электросвязи, и другими присутствующими напряженностями окружающих полей.

A3.A4.2 Метод измерения

A3.A4.2.1 Обзор

На практике может наблюдаться следующая комбинация нежелательных создаваемых излучений и напряженностей окружающих полей помех:

ТАБЛИЦА 5

**Комбинация создаваемых мешающих излучений
и напряженностей окружающих полей**

Тип мешающие излучения, исходящего от испытываемого устройства/сети	Тип напряженности окружающего поля, обнаруженной в условиях <i>на месте</i>
Узкополосное	Узкополосное
	Широкополосное
Широкополосное	Узкополосное
	Широкополосное

При измерении создаваемых нежелательных мешающих излучений следует решить две проблемы:

- во-первых, мешающие излучения, исходящие от устройства или сети электросвязи, должны отличаться от напряженностей других окружающих полей; и
- во-вторых, необходимо различать узкополосные и широкополосные излучения.

Для этих целей современные измерительные приемники и анализаторы спектра предлагают несколько полос измерения и типов детекторов. Эти функции и средства могут использоваться для анализа частотного спектра полученного суммарного сигнала, для различения частотных спектров, возникших из-за мешающих излучений, и напряженности окружающих полей, узкополосных и широкополосных излучений, а также для измерений или, по крайней мере, оценки мешающих излучений.

A3.A4.2.2 Метод измерения мешающих излучений, учитывающий наличие узкополосных напряженностей окружающих полей

В зависимости от типа мешающих излучений, исходящих от устройств или сетей, измерение основано на:

- анализе спектра суммарного сигнала с шириной полосы уже, чем указано в Публикации CISPR 16-1 для измерительного приемника;
- спецификации подходящей ширины полосы для идентификации узкополосного мешающего излучения, близкого к напряженности окружающих полей;

- применении пикового детектора, если оказывается, что мешающее излучение является амплитудно-модулированным, или применении среднеквадратичного детектора;
- увеличении отношения сигнала к шуму при помощи сокращения полосы измерения в случае узкополосного мешающего излучения, возникающего в пределах напряженности другого широкополосного окружающего поля; и
- рассмотрении наложения мешающего излучения и напряженности окружающего поля, если их разделение невозможно.

А3.А4.2.3 Метод измерения мешающих излучений, учитывающий наличие напряженностей широкополосных окружающих полей

В этом случае измерение основано на:

- анализе спектра суммарного сигнала с шириной полосы измерительного приемника в соответствии с Публикацией CISPR 16-1;
- измерении с узкой шириной полосы в том случае, когда сокращение ширины полосы приемника под влиянием мешающих узкополосных излучений вызывает увеличение значения отношения сигнала к шуму);
- применении среднеквадратичного детектора в случае узкополосных мешающих излучений;
- рассмотрении наложения мешающего излучения и напряженности окружающего поля, если их разделение невозможно.

А3.А4.3 Корректировка результатов измерения в случае наложения

Если оказывается, что излучение помех и другой сигнал, присутствующий в месте измерения, существуют в одном диапазоне частот, то это вызывает наложение этих сигналов в принимающем РЧ тракте измерительного приемника радиопомех, что, соответственно, ведет к увеличению времени считывания результатов измерений. Увеличение можно проанализировать следующим образом:

- уровень напряженности окружающего поля E_a (дБ(мкВ)) должен измеряться при отключенном источнике помех;
- результирующий уровень напряженности окружающего поля E_r (дБ(мкВ)) должен измеряться при включенном источнике помех;
- затем должно быть вычислено отношение амплитуд d измеренных уровней:

$$d = E_r - E_a . \quad (\text{A4-1})$$

Отношение амплитуд d отражает увеличение времени считывания, вызванное наложением сигналов.

Увеличенное время считывания сигналов корректируется при помощи вычитания корректирующего коэффициента I из времени считывания E_r :

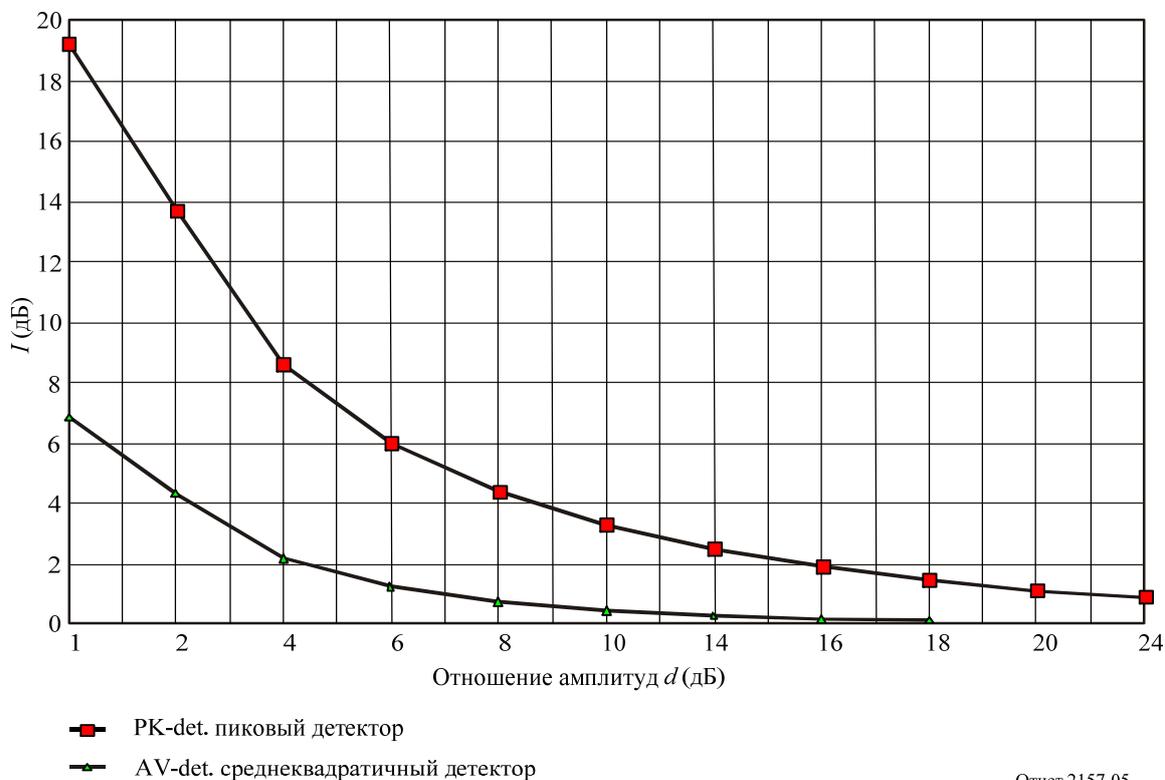
$$E_i = E_r - I . \quad (\text{A4-2})$$

Полученный скорректированный уровень времени считывания E_i , отражающий результат измерения, будет записан в отчете об измерениях.

Корректирующий коэффициент I можно показать графически на диаграмме, приведенной на рисунке 5.

РИСУНОК 5

Определение амплитуды сигнала помех
при помощи коэффициента амплитуды d и корректирующего коэффициента i



Отчет 2157-05

Дополнение 5 к Приложению 3

Измерение компонентов напряженности электрического поля в диапазоне частот до 30 МГц; требования для активного диполя

Активный диполь, подходящий для измерений напряженности электрических полей в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц, должен иметь следующие функции и параметры:

- общая длина диполя $< 0,50$ м,
- баланс диполя ≤ 1 дБ,
- коэффициент антенны ≤ 20 дБ/м,
- выходное сопротивление 50 Ом.

Приложение 4

Корреляция несимметричного вибратора подвижной станции наблюдения с рамочной антенной в Бразилии

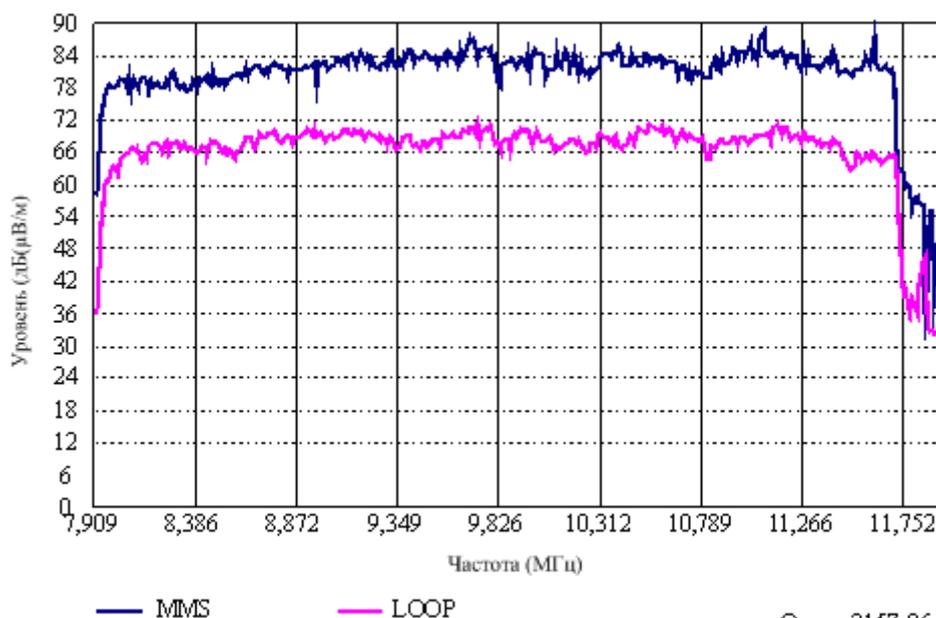
Системы электросвязи по линиям электропередач (PLT) создают непреднамеренные РЧ излучения и могут стать причиной вредных помех радиоприемникам. В данном документе описаны исследования в Бразилии по измерению помех от систем электросвязи по линиям электропередач с высокой скоростью передачи данных (PLT) на основе альтернативного метода, использующего несимметричный вибратор, установленный на подвижной станции наблюдения. Результаты должны прослеживаться методами, а результаты основаны на Рекомендации МСЭ-T К.60 и документах FCC-04-245. Данные Справочные материалы использовались в этой работе.

Испытания проводились в диапазоне 7–12 МГц. В этом диапазоне существует несколько служб электросвязи. Преимуществом метода исследований является использование для проведения измерений автоматических функций подвижной станции наблюдения.

Этот альтернативный метод был сравнен с традиционным методом, в котором для измерений используется рамочная антенна, соединенная с анализатором спектра. Результаты показали наличие систематических ошибок. Предварительные результаты показали, что подавление кроссполаризационных составляющих имеет большое влияние на систему измерений в подвижной станции наблюдения. Однако, если установить корректирующий коэффициент, количество ошибок можно снизить.

На рисунке 6 сравниваются измерения, полученные при помощи обоих методов. Можно видеть, что разница составляет примерно 12 дБ.

РИСУНОК 6



Отчет 2157-06

В настоящее время метод с применением подвижной станции наблюдения, можно применять для качественной оценки, подходящей для постоянных действий по наблюдению за спектром, или приближения первого порядка для количественной оценки. Анализ неточностей и статистика ошибок будут предметом дальнейших исследований.

Приложение 5

Методы измерения для испытаний соответствия в Японии

A5.1 Эквивалент сети электропитания (AMN)

AMN будет иметь характеристики, указанные в CISPR 16-1-2.

A5.2 Сеть стабилизации сопротивления

A5.2.1 ISN1

ISN1 должна иметь следующие характеристики в диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц:

- a) Она должна иметь порты для PLT EUT, источник электропитания и металлическую эталонную плоскость заземления. Источник питания также подключен к вспомогательному оборудованию (AE) для осуществления связи с EUT.
- b) Сопротивление в синфазном режиме, видимое с порта EUT, будет равно 25 ± 3 Ом с фазой $0 \pm 20^\circ$.
- c) Сопротивление в дифференциальном режиме, видимое с порта EUT, будет равно 100 ± 10 Ом с фазой $0 \pm 25^\circ$.
- d) LCL, измеренные в порте EUT, будут равны 16 ± 3 дБ.
- e) Для предотвращения помех от тока сигнала AE результатам измерений, токи дифференциального режима AE будут уменьшены, как минимум, на 20 дБ.
- f) Для предотвращения помех от тока в синфазном режиме AE результатам измерений, он будет ослаблен, как минимум, на 35 дБ.

A5.2.2 ISN2

ISN2 будет иметь характеристики сети стабилизации напряжения (ISN) для порта электросвязи, определенные в CISPR 22.

A5.3 Датчик тока

Датчик тока для измерения тока в синфазном режиме PLT должен соответствовать требованиям, приведенным в CISPR 16-1-2.

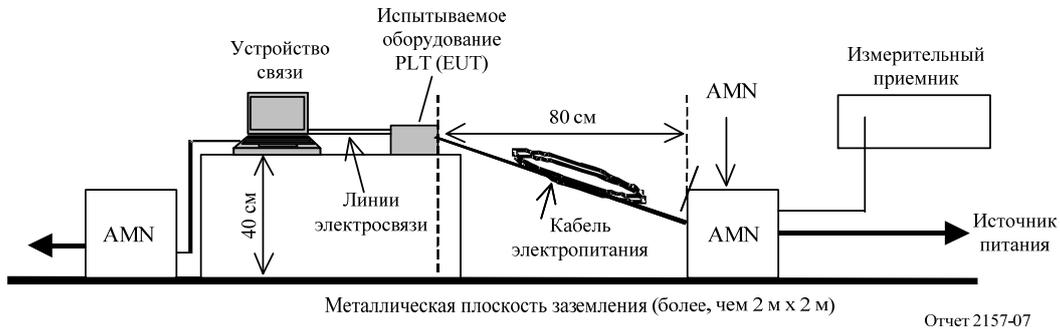
A5.4 Мероприятия по измерению для испытаний соответствия

A5.4.1 Измерения напряжения сети питания терминала в порте сети питания в режиме ожидания PLT

Смотрите рисунок 7.

РИСУНОК 7

Измерение напряжения сети питания терминала в порте сети питания в режиме ожидания PLT



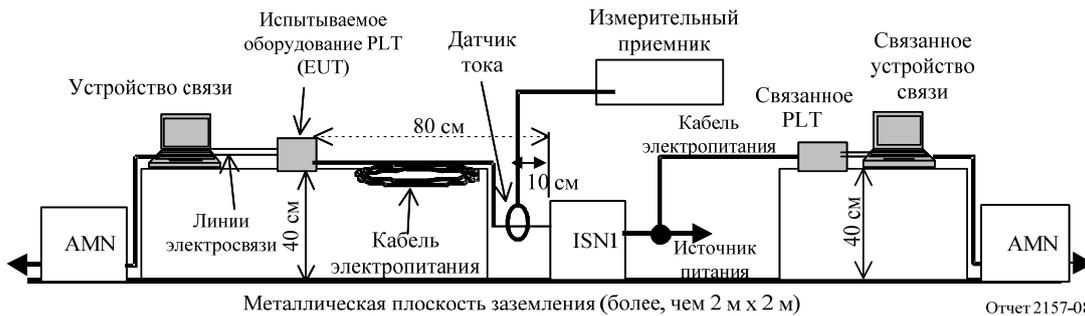
Отчет 2157-07

A5.4.2 Измерения тока в синфазном режиме в порте сети питания в режиме связи PLT

Смотрите рисунок 8.

РИСУНОК 8

Измерения тока в синфазном режиме в порте сети питания в режиме связи PLT



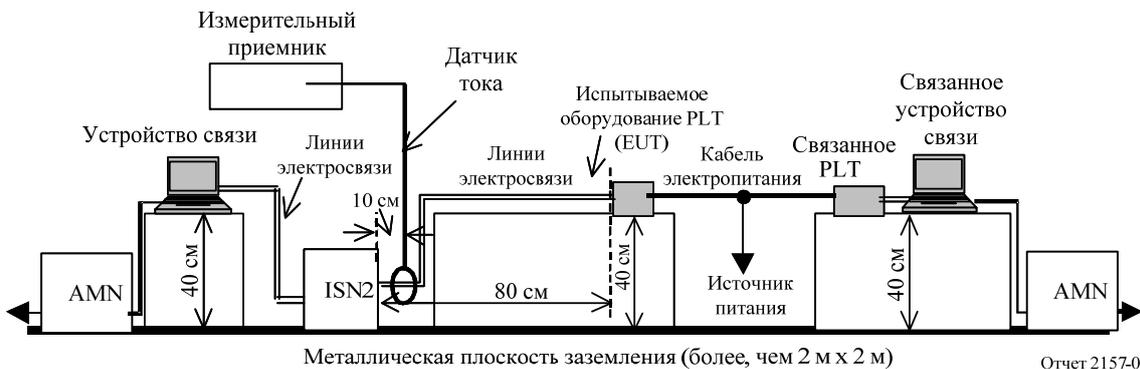
Отчет 2157-08

A5.4.3 Измерения тока в синфазном режиме в порте электросвязи в режиме связи PLT

Смотрите рисунок 9.

РИСУНОК 9

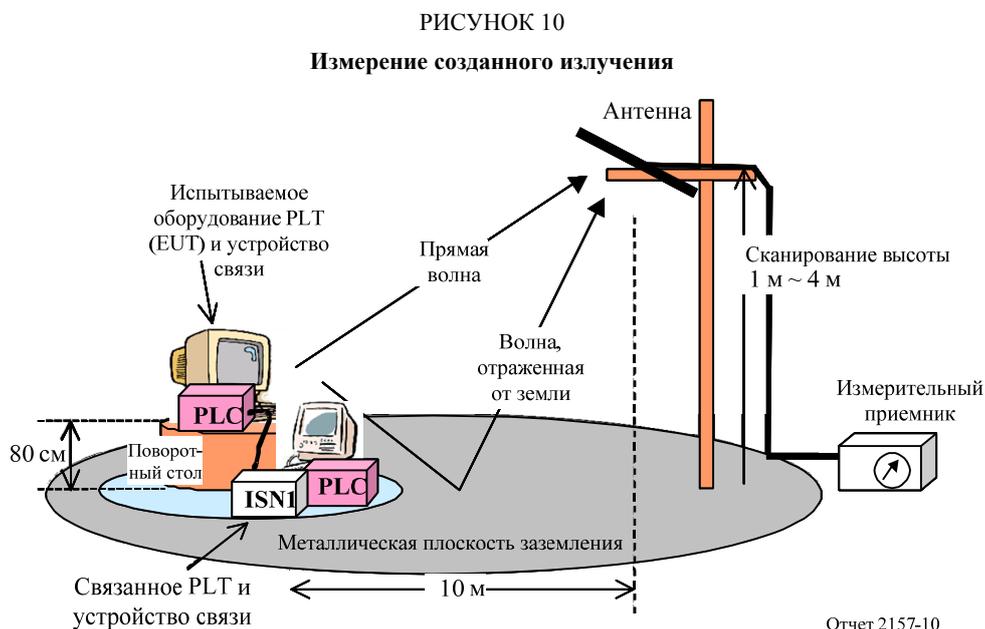
Измерения тока в синфазном режиме в порте электросвязи в режиме связи PLT



Отчет 2157-09

А5.4.4 Измерение созданных излучений в режиме связи PLT

Смотрите рисунок 10.



Приложение 6

Научно-исследовательский центр связи по методике испытаний для определения РЧ излучений от устройств PLT (Канада)

Североамериканская радиовещательная ассоциация (NABA) заключила договор с канадским научно-исследовательским центром связи (CRC) на проведение измерений РЧ излучений от устройств электросвязи по линиям электропередач (PLT), работающим в жилой среде. В Приложении 6 описывается процедура испытания для измерений РЧ излучений с целью определить степень потенциальной помехи от устройств PLT услуг широкополосной связи, предоставляемым в жилой среде. Испытания проводились CRC с ноября 2008 года по январь 2009 года.

Лабораторная оценка устройства представлена в п. А6.1, в котором описаны характеристики кондуктивных излучений, как эталонных для измерения электромагнитных излучений. В п. А6.2 содержится методика натуральных испытаний.

А6.1 Лабораторная оценка

Перед началом натуральных испытаний устройства PLT оцениваются в лабораторных условиях. Главная цель данных испытаний состоит в получении характеристик и сравнении всех устройств PLT по следующим критериям:

- рабочий диапазон частот;
- проводимая мощность в пределах рабочего диапазона частот, как определено изготовителем;
- проводимая мощность до 110 МГц;

- общая форма спектра;
- определение количественной разницы между создаваемыми излучениями в режиме передачи данных и в режиме ожидания;
- определение количественной разницы между измерениями, использующими пиковый детектор и квазипиковый детектор.

Кроме того, лабораторная оценка позволила понять работу этих устройств более конкретно:

- процедуру натурального измерения, и как работает устройство;
- исследование устройств PLT при работе в режиме передачи данных и режиме ожидания;
- количественную оценку уровня выходной мощности устройств PLT.

Лабораторная оценка характеристик состоит из двух частей. Первая часть лабораторной оценки должна определять применимость квазипикового детектора для натуральных испытаний. Квазипиковый детектор обычно используется для измерений создаваемых электромагнитных излучений на рабочей частоте устройств PLT. Однако ранние работы с квазипиковым детектором показали, что данный тип детектора предназначается для измерения узкополосных сигналов и не отвечает требованиям для измерения широкополосных сигналов устройств PLT. Данный вопрос раскрывается в первой части данного раздела, где также определено соотношение между измерениями, использующими пиковый и квазипиковый детектор.

Во второй части лабораторной оценки приводятся характеристики и сравниваются устройства PLT, использующие измерения проводимой мощности.

А6.1.1 Установка для лабораторных испытаний

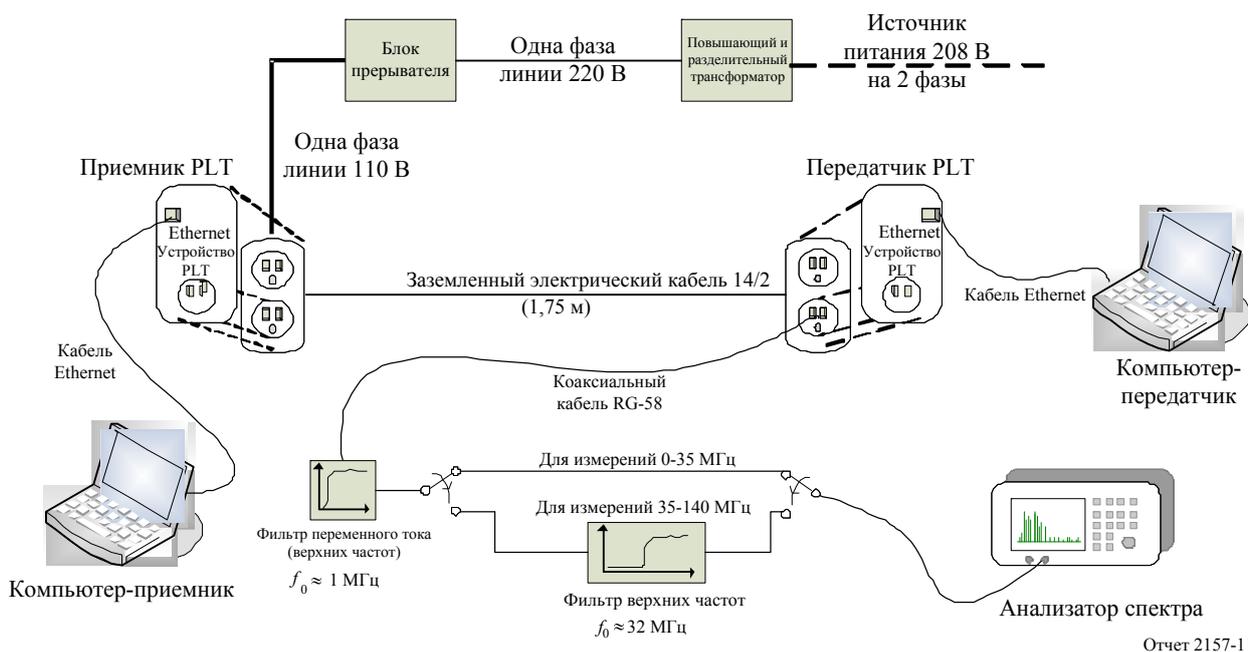
Лабораторная установка для измерения проводимой мощности представлена на рисунке 11. Источник электрического переменного тока – это фаза мощности, потребляемой от сети переменного тока 208Va.c/2, проходящая через повышающий трансформатор и блок прерывателя, для того чтобы разделить и преобразовать переменный ток в однофазное напряжение 110-120 Вольт. Два выхода, используемые для подключения пары устройств PLT, соединены с заземленным электрическим кабелем 14/2 длиной 1,75 м. К каждому устройству PLT подключаются компьютер для передачи на него данных. Один из компьютеров отправляет файл большого объема на принимающий компьютер.

Измерения мощности проводятся с помощью анализатора спектра, в котором разрешение по полосе пропускания установлено равным 9 кГц, и пикового детектора. Для того чтобы измерить сигнал, поступающий от устройств PLT, при помощи фильтра переменного тока необходимо удалить переменную составляющую 110-120 В. Фильтр переменного тока состоит из специального фильтра LC второго порядка с частотой среза 1 МГц.

Для того чтобы измерить нижние уровни сигнала устройств PLT выше 30 МГц с более высокой точностью используется фильтр верхних частот, предназначенный для ослабления основных несущих сигнала PLT, находящихся в рабочем диапазоне частот. Это необходимо для того, чтобы измерить излучения выше 110 МГц без перегрузки анализатора спектра. Как показано на рисунке 11 используются две лабораторные установки: одна без фильтра верхних частот, а другая с фильтром верхних частот. Фильтр верхних частот на уровне –3 дБ имеет частоту среза 32 МГц. Используя фильтр верхних частот, проводятся и записываются измерения только выше 35 МГц. Разрешение по полосе пропускания для данных измерений составляет 120 кГц.

РИСУНОК 11

Испытательный стенд для измерений проводимой мощности устройств PLT



Отчет 2157-11

А6.1.2 Измерения пикового детектора по сравнению с измерениями квазипикового детектора в контексте излучений PLT

Измерения электромагнитной совместимости устройств PLT на рабочей частоте в нормальном режиме проводятся с использованием квазипикового детектора. Квазипиковый детектор состоит из пикового детектора, за которым следует интегратор с потерями, который имеет время затухания более длительное, чем время восхождения. Данный тип детектора предназначается для измерения коэффициента помехи импульсных сигналов на другие устройства. Из-за сложности реализации, квазипиковый детектор, используемый для анализатора спектра, имеет чрезвычайно медленное время отклика. Измерение сигналов в диапазоне 1–108 МГц может занять до двух часов, что при использовании обычного пикового детектора займет всего несколько секунд. Таким образом, для измерений натуральных испытаний выбирается определение пикового значения. Лабораторные испытания проводятся для того, чтобы найти соотношение между пиковым и квазипиковым детектором.

А6.1.2.1 Методика испытания

Измерения проводимой мощности выполняются для сравнения пикового и квазипикового детекторов. Измерения проводятся с небольшой полосой пропускания 100 кГц на центральной частоте 15 МГц. Измерение средней мощности проводится в данной полосе 100 кГц для каждой пары устройств PLT и для каждого из двух детекторов. Разницей в средней мощности считается разница между пиковым и квазипиковым значением. Как показали лабораторные исследования, такая небольшая полоса пропускания 100 кГц является достаточной, для того чтобы результаты повторялись при использовании других значений центральной частоты. Данное испытание проводится для каждого устройства PLT, выбранного для натуральных испытаний, измерения проводятся во время передачи данных устройствами PLT.

А6.1.3 Измерения проводимой мощности

Измерения проводимой мощности проводятся для диапазона частот от 0 до 110 МГц с использованием двух режимов работы: режима передачи данных и режима ожидания. Целью испытаний является определение уровня выходного сигнала, подаваемого в линию электропередач на частоте выше 110 МГц в двух режимах, а также измерение ширины полосы частот и определение формы спектра устройств PLT.

А6.1.3.1 Методика испытания

Испытательная установка для этих измерений представлена на рисунке 11. Для того чтобы получить хорошую точность измерения производятся в диапазоне от 0 до 110 МГц с последовательным шагом по частоте 10 МГц, при помощи анализатора спектра с полосой пропускания 9 кГц, используя пиковое значение. Как правило, эталонный уровень анализатора спектра устанавливается как можно более низким, с тем чтобы не создать при этом перегрузки спектра. Как поясняется в п. А6.1.1, для получения более точных измерений на частотах выше 35 МГц используется фильтр высоких частот. Из-за этого в результатах, полученных на частоте 35 МГц можно наблюдать неоднородность минимального уровня шума.

Для того, чтобы оценить уровень окружающих шумов системы, проводится первое измерение. В этом случае устройства PLT к испытательному стенду не подключаются. Затем в диапазоне от 0 до 110 МГц измеряется уровень выходного сигнала устройства PLT, в то время как устройство передает данные на полной скорости передачи данных (режим передачи данных). Наконец, третье измерение проводится, когда устройство данные не передает (режим ожидания). Уровень выходной мощности сигнала PLT во время испытаний установлен заводом-изготовителем и он, возможно, не регулируется.

А6.2 Испытания поля электромагнитных помех

Измерения напряженности РЧ поля проводятся с использованием одноэтажных и двухэтажных жилых домов. Дома подключаются к электрической распределительной сети через подземные или воздушные линии переменного тока. Фронтальная и задняя часть дома должны быть достаточно большими, для того чтобы провести измерения напряженности поля на расстоянии трех и десяти метров от внешних стен, таким образом, для измерений напряженности РЧ поля выбираются эти два расстояния.

А6.2.1 Методика натурных испытаний

Для проведения измерения напряженности РЧ поля было отобрано несколько домов различной планировки, построенных из различных материалов. Сведения об испытательных площадках записаны с полным описанием каждой испытательной площадки, включая тип дома, материал наружных стен и типы электрических линий, используемых для подключения дома к электросети в районе (подземные или воздушные линии), фотографии и схемы каждого дома. Устройства PLT проходят испытания в паре с той же моделью, которая подключена к выходам переменного тока внутри домов. Пары устройств PLT выбираются в соответствии с лабораторными испытаниями, описанными в п. А6.1.1 выше. Во время натурных испытаний устройства размещаются внутри дома как можно дальше друг от друга, представляя собой реальную домашнюю сеть. Устройства размещаются таким образом, чтобы одно устройство из пары PLT располагалось в комнате фронтальной части дома, а другое в комнате задней части дома. В двухэтажных домах одно устройство PLT размещается на первом этаже дома, а одно на втором. Уровень выходной мощности сигнала PLT во время испытаний установлен заводом-изготовителем и он, возможно, не регулируется.

Каждое устройство PLT подключается к персональному компьютеру. Испытания проводятся в двух режимах работы PLT: в режиме передачи данных для всех домов и в режиме ожидания для нескольких выбранных домов. Измерения в режиме передачи данных проводятся, когда между двумя компьютерами передаются файлы большого объема. Эталонные измерения шума окружающей среды также проводятся на месте каждого измерения.

Напряженность РЧ поля измеряется при помощи калиброванной рамочной антенны в диапазоне частот от 0 до 30 МГц и калиброванного диполя в диапазоне частот от 30 до 108 МГц (технические параметры антенны приведены в п. А6.2.2). Для того чтобы провести измерения напряженности поля (дБ(мкВ/м)) коэффициент антенны этих антенн строго калибруется. Антенны располагаются на 2 м выше уровня земли. Измерения проводятся на расстояниях 3 м и 10 м от фронтальной и задней наружной стены домов.

Для того чтобы подтвердить выводы, сделанные при лабораторной оценке, проводятся измерения в режиме ожидания и в диапазоне частот от 30 до 108 МГц (диполь).

В каждом доме используется четыре местоположения измерений:

- на расстоянии 3 м от фронтальной части дома;
- на расстоянии 10 м от фронтальной части дома;
- на расстоянии 3 м от задней части дома;
- на расстоянии 10 м от задней части дома.

В каждом местоположении проведены следующие измерения:

- уровень окружающего шума в диапазоне от 0 до 30 МГц (рамочная антенна);
- напряженность РЧ поля в диапазоне от 0 до 30 МГц в режиме передачи данных и в режиме ожидания для каждой пары устройств PLT.

Для того чтобы подтвердить выводы, достигнутые при лабораторных испытаниях, для нескольких выбранных домов были проведены следующие измерения:

- напряженность РЧ поля в диапазоне от 0 до 30 МГц в режиме ожидания;
- напряженность РЧ поля в диапазоне от 30 до 108 МГц в режиме ожидания и режиме передачи данных.

Кроме того, для измерения напряженности РЧ поля под воздушными электрическими линиями были проведены дополнительные испытания.

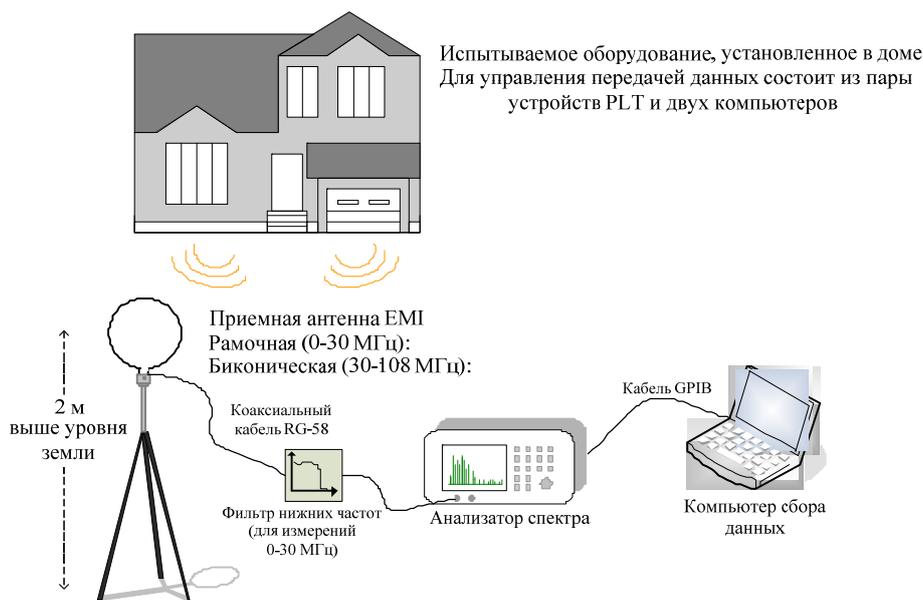
А6.2.2 Установка для натурных испытаний

Для измерения напряженности РЧ поля требуются калиброванные компоненты и измерительное оборудование для диапазона частот 0–108 МГц. Ниже приведен перечень оборудования, которое используется для проведения натурных испытаний:

- Анализатор спектра
- Рамочная антенна (пассивная)
 - Рабочий диапазон: 10 кГц – 30 МГц
- Диполь (пассивная)
 - Рабочий диапазон: 20 МГц – 330 МГц
- Фильтр нижних частот
 - –1 дБ с частотой среза: 31 МГц
 - –40 дБ с частотой среза: 35 МГц
- Пара устройств PLT
- Два компьютера, используемых для передачи данных по сети PLT
- Один компьютер, используемый для хранения данных измерений напряженности поля

На рисунке 12 показана испытательная установка для измерений напряженности РЧ поля. Как было описано ранее, существует четыре местоположения антенны в каждом доме, где измеряется напряженность поля (на расстоянии 3 м и 10 м от фронтальной и задней части). Антенна расположена на высоте 2 метров над уровнем земли. Фильтр нижних частот подключается между антенной и анализатором спектра и используется для исключения сигналов ОВЧ высокой мощности (от FM-станций и телевизионных станций), когда проводятся измерения ниже 30 МГц, с тем чтобы не перегружать анализатор спектра. Для управления анализатором спектра и хранения данных измерений используется портативный компьютер.

РИСУНОК 12

Испытательная установка для измерений напряженности РЧ поля

В каждом доме и для каждого местоположения измерения используется следующая процедура. Первое измерение проводится для записи уровня окружающего шума. Затем подключается пара устройств PLT и начинается передача файлов, для того чтобы провести измерение напряженности РЧ поля. Тот же самый процесс повторяется для двух других пар устройств PLT. Затем антенну перемещают в другое место и проводят другой набор измерений.

Для нескольких выбранных домов проводятся дополнительные испытания в режиме ожидания, с использованием диполя (30–108 МГц) и воздушных электрических линий.

Измерения анализатора спектра производятся с использованием обнаружения пикового значения вместо квазипикового, как описано в п. А6.1.2. Низкочастотный фильтр, кабель и антенны откалиброваны для измерения электромагнитной помехи (дБ(мкВ/м)). Для измерений на анализаторе спектра используются следующие параметры:

Для частот от 0 до 30 МГц (с использованием рамочной антенны):

- Разрешение по полосе пропускания = 9 кГц
- Пиковый детектор
- Трасса максимального удержания (10 с)
- Одна отметка трассы каждые 50 кГц (всего 601 отметка)

Для частот от 30 до 108 МГц (с использованием диполя):

- Разрешение по полосе пропускания = 120 кГц
- Пиковый детектор
- Трасса максимального удержания (10 с)
- Одна отметка трассы каждые 50 кГц (всего 1561 отметок).

А6.2.3 Методика анализа

Для анализа измеренной напряженности РЧ поля все измерения, выполненные в разных домах, были сгруппированы по соответствующим устройствам и расстоянию от домов. Испытательные площадки не включались в этот статистический анализ, если обнаруживалась помеха от устройств PLT, расположенных в соседних домах. Статистический анализ включает в себя максимальные значения напряженности РЧ поля, измеренные для каждого устройства. Кроме того, измерения от всех домов использовались для расчета доверительного интервала, который должен представлять

предполагаемое максимальное значение напряженности РЧ поля от устройств PLT, излучающих от типовых домов. 95% доверительный интервал напряженности РЧ поля рассчитывается по стандартным отклонением выбранных домов с учетом нормального распределения. Расчеты в данном статистическом анализе проводятся с линейными значениями. Как отмечалось выше, вклад помехи от других источников, не являющихся устройствами PLT, является значительным и не может быть удален из статистического анализа.

А6.3 Натурные испытания СМІ и DMІ

Измерения тока в синфазном (СМІ) и дифференциальном режиме (DMІ) проводятся в жилых районах. Задачей измерения СМІ и DMІ является определение того, существует ли связь между этими двумя измерениями и EMI, вызванной устройствами PLT.

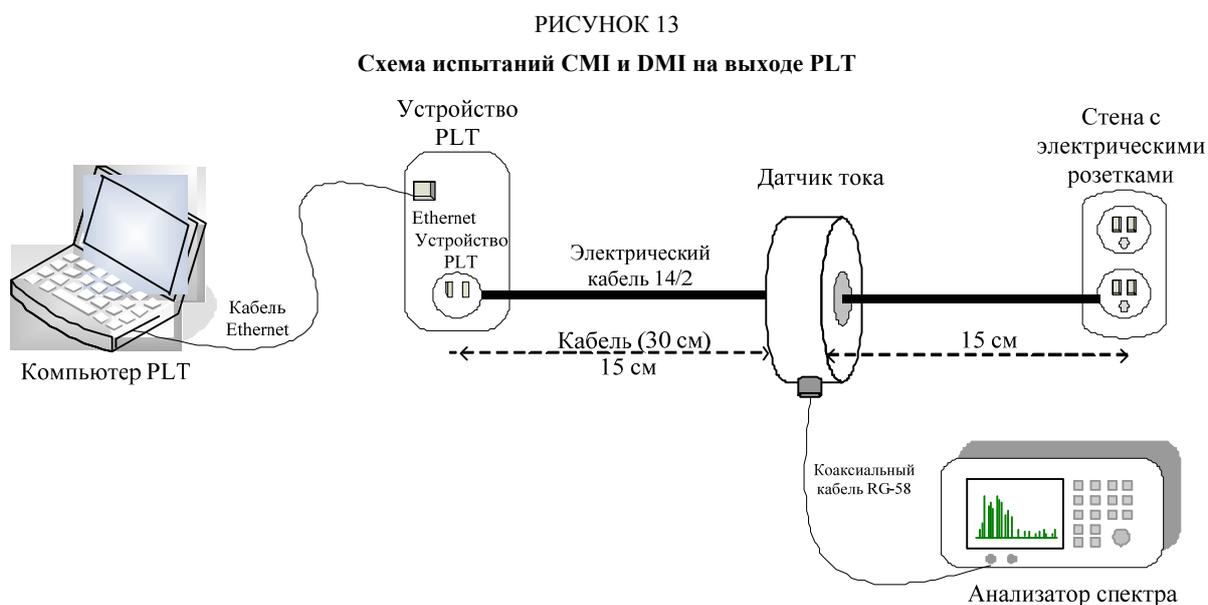
А6.3.1 Настройка натуральных испытаний СМІ и DMІ

Измерения проводятся на четырех электрических выходах в каждом доме. Два из этих выхода являются теми же, которые используются для соединения устройств PLT во время натуральных испытаний EMI. СМІ и DMІ измеряются на этих двух выходах при помощи вставки короткого кабельного удлинителя между устройством PLT и выходом. Испытываются два дополнительных выхода, по одному на каждом этаже дома. Сквозной кабельный удлинитель используется для измерения СМІ и DMІ на этих выходах. Следовательно, для этих измерений существует две различные настройки испытаний, как описано ниже.

Измерения СМІ и DMІ требуют следующего оборудования:

- Анализатор спектра
- Датчик тока
 - Рабочий диапазон: от 20 кГц до 100 МГц
- 2 × 14/2 заземленных электрических кабеля (кабели длиной 30 см и 3 м)
- Парные устройства PLT
- Два компьютера, используемые для передачи данных по сети PLT.

На рисунках 13 и 14 показана конфигурация настроек испытаний и использованного оборудования. На рисунке 13 показана испытательную установку для испытаний на розетке, к которой подключено устройство PLT, а на рисунке 14 приведена установка, которая используется для испытаний на других розетках в домах (без подключенного устройства PLT).

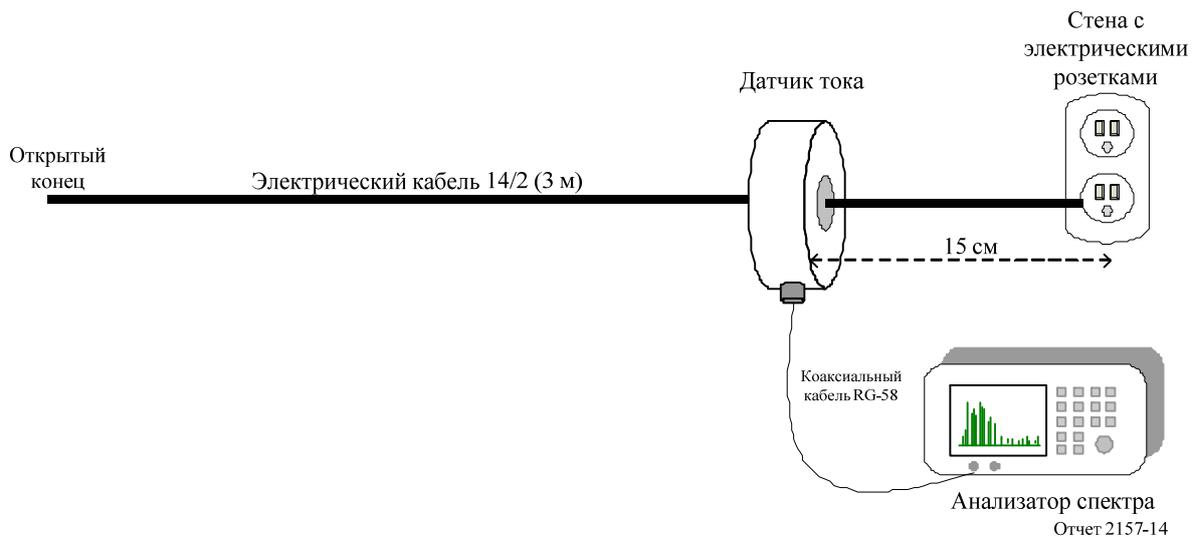


Как показано на рисунке 13, электрический кабельный удлинитель длиной 30 см помещен между устройством PLT и его соответствующей розеткой. Датчик тока помещен посередине кабельного удлинителя, чтобы измерить ток при помощи анализатора спектра. Измерения проводятся, пока пара устройств PLT, присутствующая в электрической сети, находится в режиме передачи данных.

Во время СМІ датчик тока охватывает все провода в электрическом кабеле (под напряжением, с нулевой фазой и заземление). Для измерений DMI удаляется оболочка электрического кабеля, и в датчик тока помещается только провод под напряжением, а провода с нулевой фазой и заземления зациклены снаружи датчика.

РИСУНОК 14

Схема испытаний СМІ и DMI на другом выходе



На рисунке 14 приведена схема испытаний, когда испытания проводятся на розетках, к которым не подключены устройства PLT. Как видно на рисунке, для размещения датчика тока используется сквозной кабельный удлинитель длиной 3 м. Пара устройств PLT все еще подключена к их исходным розеткам в доме, и передача данных начата.

Измерения проводятся для конфигураций в диапазоне частот от 0 до 30 МГц. Для анализатора спектра используются следующие настройки:

- ширина полосы распознавания = 10 кГц,
- среднеквадратичный детектор,
- трасса максимального удержания (10 с),
- одна отметка трассы каждые 50 кГц (всего 601 отметка).