

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.9700

Поправка 2
(06/2017)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Сети доступа – Сети доступа на металлических
кабелях

Быстрый доступ к абонентским
терминалам (G.fast) – Спецификация
спектральной плотности мощности

Поправка 2

Рекомендация МСЭ-Т G.9700 (2014 г.) – Поправка 2

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ TRANSMISSION	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999
Сети доступа на металлических кабелях	G.9700–G.9799
Системы оптических линий для местных сетей и сетей доступа	G.9800–G.9899
Сети внутри помещений	G.9900–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Быстрый доступ к абонентским терминалам (G.fast) – Спецификация спектральной плотности мощности

Поправка 2

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.9700 определяются требования к маске спектральной плотности мощности (PSD) для быстрого доступа к абонентским терминалам (G.fast), набор инструментов, обеспечивающих уменьшение уровня маски PSD передачи, параметры управления профиля, определяющие спектральный состав, в том числе допустимую максимальную суммарную мощность передачи на определенном полном сопротивлении оконечной нагрузки, а также методика проверки PSD передачи. Настоящая Рекомендация дополняет спецификацию физического уровня (PHY), содержащуюся в Рекомендации МСЭ-Т G.9701.

Поправка 1 обеспечивает поддержку нового профиля 106 МГц с максимальной суммарной мощностью передачи +8 дБм.

Поправка 2 согласует текст в п. 6.5 о режекции конкретных полос частот с Рекомендацией МСЭ-Т G.9701 (2014 г.) и последними поправками к ней, завершает спецификацию профилей 212 МГц, добавляет Приложение X "Адаптация к коаксиальной среде", обеспечивая поддержку Приложения X "Работа без координации по нескольким линиям, предназначенной для среды без перекрестных помех", которое было определено в Поправке 3 к Рекомендации МСЭ-Т G.9701, и обновляет таблицу "Международные полосы частот любительской радиослужбы" в Дополнении I.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.9700	04.04.2014 г.	15-я	11.1002/1000/12010
1.1	МСЭ-Т G.9700 (2014 г.) Попр. 1	30.09.2016 г.	15-я	11.1002/1000/12842
1.2	МСЭ-Т G.9700 (2014 г.) Попр. 2	30.06.2017 г.	15-я	11.1002/1000/13170

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL: <http://handle.itu.int/>, после которого укажите уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ

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

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2018

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения.....	1
2 Справочные документы	1
3 Определения.....	1
4 Сокращения и акронимы.....	2
5 Соглашения по терминологии.....	2
6 Маска PSD передачи	2
6.1 Обзор.....	2
6.2 Маска предельной PSD (LPM).....	3
6.3 Маскирование поднесущей.....	3
6.4 Формирование спектральной плотности мощности.....	4
6.5 Режекция конкретных полос частот.....	4
6.6 Маскирование затуханием на границе низких частот.....	6
7 Спецификация спектрального состава	7
7.1 Параметры управления профиля.....	7
7.2 Спецификации маски PSD	8
7.3 Полное сопротивление оконечной нагрузки.....	10
7.4 Максимальная суммарная мощность передачи	11
8 Проверка PSD передачи.....	11
Приложение А к Приложению W	12
Приложение X – Адаптация к коаксиальной среде	13
X.1 Параметры управления профиля.....	13
X.2 Полное сопротивление оконечной нагрузки.....	13
X.3 Максимальная суммарная мощность передачи	13
Дополнение I – Международные полосы частот любительской радиослужбы	14
Дополнение II – Полосы частот радиовещательной службы.....	15
Дополнение III – Определение PSD (TXPSD) передатчика для не являющихся непрерывными передач.....	16

Рекомендация МСЭ-Т G.9700

Быстрый доступ к абонентским терминалам (G.fast) – Спецификация спектральной плотности мощности

Поправка 2

Редакционное примечание. – Это полный текст публикации. Изменения, внесенные настоящей поправкой, показаны в режиме отображения исправлений в тексте Рекомендации МСЭ-Т G.9700 (2014 г.) и Поправки 1 (2016 г.) к ней.

1 Сфера применения

Настоящая Рекомендация дополняет спецификацию физического уровня (PHY), содержащуюся в [ITU-T G.9701].

В Рекомендации определены:

- требования к маске предельной спектральной плотности мощности (PSD);
- набор инструментов, обеспечивающих уменьшение уровня маски PSD передачи;
- параметры управления профиля, определяющие спектральный состав, в том числе допустимую максимальную суммарную мощность передачи на определенном полном сопротивлении оконечной нагрузки; и
- методика проверки PSD передачи.

Этим обеспечивается возможность того, чтобы технология удовлетворяла:

- региональным требованиям;
- требованиям операторов к развертыванию, например, совместимости с другими технологиями цифровой абонентской линии (ЦАЛ);
- применимым нормативным актам или стандартам в области электромагнитной совместимости (ЭМС); и
- вопросам локальной ЭМС.

2 Справочные документы

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие справочные документы содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие справочные документы могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других справочных документов, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

[ITU-T G.993.2] Рекомендация МСЭ-Т G.993.2 (2011 г.), *Приемопередатчики сверхскоростной цифровой абонентской линии (VDSL2)*.

[ITU-T G.9701] Рекомендация МСЭ-Т G.9701 (2014 г.), *Быстрый доступ к терминалам абонентов (G.fast) – Спецификация физического уровня*.

3 Определения

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины:

3.1 ceiling(x): Наименьшее целое число, которое не меньше, чем x .

3.2 floor(x): Наибольшее целое число, которое не больше, чем x .

3.3 f_{sc} : параметр, представляющий разнос между поднесущими частотами.

3.4 поднесущая (subcarrier): основополагающий элемент модулятора дискретного многотонального сигнала (DMT). Модулятор делит ширину полосы канала на множество параллельных подканалов. Центральная частота каждого подканала является поднесущей, которая может модулироваться битами для их передачи по каналу.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы:

DAB	Digital Audio Broadcasting		Цифровое звуковое вещание
DMT	Discrete Multitone		Дискретный многотональный сигнал
DP	Distribution Point		Пункт распределения
DSL	Digital Subscriber Line	ЦАЛ	Цифровая абонентская линия
EMC	Electromagnetic Compatibility	ЭМС	Электромагнитная совместимость
FAST (G.fast)	Fast Access to Subscriber Terminals		Быстрый доступ к абонентским терминалам
FM	Frequency Modulation	ЧМ	Частотная модуляция
FTU	FAST Transceiver Unit		Блок приемопередатчика FAST
FTU-O	FTU at the Optical network unit		FTU в блоке оптической сети
FTU-R	FTU at the Remote site (i.e., subscriber end of the loop)		FTU в удаленном пункте (т. е. абонентском конце линии)
LESM	Low-frequency Edge Stop-band Mask		Маска затухания на границе низких частот
LPM	Limit PSD Mask		Маска предельной PSD
MBW	Measurement Bandwidth		Ширина полосы измерения
MIB	Management Information Base		База управляющей информации
NM	Notching Mask		Маска режекции
PSD	Power Spectral Density		Спектральная плотность мощности
PSM	PSD Shaping Mask		Маска формирования PSD
QoS	Quality of Service		Качество обслуживания
SM	Subcarrier Mask		Маска поднесущей
TDD	Time Division Duplexing		Дуплексирование с временным разделением
TxPSDM	Transmit PSD Mask		Маска PSD передачи

5 Соглашения по терминологии

Отсутствуют.

6 Маска PSD передачи

6.1 Обзор

Маска PSD передачи (TxPSDM) строится путем объединения следующих масок:

- маски предельной PSD (LPM);
- маски поднесущей (SM);
- маски формирования PSD (PSM);
- маски режекции (NM); и
- маски затухания на границе низких частот (LESM).

Маски TxPSDM, применяемые к блоку приемопередатчика FAST (FTU) в блоке оптической сети (FTU-O) или к FTU в удаленном пункте (т. е. абонентском конце линии) (FTU-R), могут быть различными.

Для FTU: PSD сигнала передачи на любой частоте никогда не должна превышать TxPSDM.

Маска LPM (см. пункт 7.2.1) определяет абсолютный максимальный предел TxPSDM. Маска поднесущей (SM), макс формирования PSD (PSM), маска режекции (NM) и маска затухания на границе низких частот (LESM) обеспечивают уменьшение и формирование TxPSDM с помощью четырех механизмов:

- маскирования поднесущей;
- режекции конкретных полос частот;
- формирования PSD; и
- маскирования затуханием на границе низких частот.

Поддержка этих четырех механизмов является обязательной как для FTU-O, так и для FTU-R.

Маска TxPSDM должна удовлетворять применимым национальным и региональным регуляторным требованиям.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При определении корректной PSD для применения в конкретной юрисдикции операторам следует использовать предоставляемые инструменты для соблюдения национальных и региональных норм электромагнитной совместимости (ЭМС), особое внимание уделяя защите приемников служб обеспечения безопасности жизни, которые могут не находиться в непосредственной близости с абонентскими вводами, по которым передаются сигналы, соответствующие Рекомендации МСЭ-Т G.9701. К примерам этого относятся различные каналы ОБЧ воздушной радионавигационной службы в полосе 108–117,975 МГц и каналы воздушной связи в чрезвычайных ситуациях (например, 121,5 МГц), а также каналы морской связи в чрезвычайной ситуации в полосах ВЧ и ОБЧ.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В дополнение к маскам, определенным в настоящей Рекомендации, в которых приводятся абсолютные предельные значения для маски TxPSDM (как в основной полосе, так и вне ее), в [ITU-T G.9701] определяются два механизма: механизм прерывистой работы, который позволяет FTU динамически выключать мощность передачи в каждом конкретном соединении при отсутствии передаваемых данных, а также механизм режима малой мощности (L2). Оба эти механизма позволяют системе дополнительно уменьшать мощность передачи до значения, которое достаточно для достижения заданных показателей скорости передачи и качества обслуживания (QoS).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – TxPSDM определяется для разных усредненных значений ширины полосы в соответствии с частотой, указанной в таблице 8-1, за исключением подполос на границе низких частот и в области определенных в MIB режекторов, где применяются маски TxPSDM_W (широкая полоса 1 МГц) и TxPSDM_N (узкая полоса 10 кГц), описанные в пп. 6.5 и 6.6.

6.2 Маска предельной PSD (LPM)

Маска предельной PSD (LPM) определяет абсолютный максимальный предел PSD маски TxPSDM, который никогда не должен превышать. Все остальные определения и механизмы масок, используемых для построения TxPSDM, могут привести только к уменьшению маски по сравнению с пределами, установленными LPM.

6.3 Маскирование поднесущей

Маскирование поднесущей должно использоваться для подавления передачи на одной или нескольких поднесущих. Маска поднесущей (SM) конфигурируется в базе управляющей информации пункта распределения (DP-MIB) путем использования параметра CARMASK МСЭ-Т G.997.1. Мощность передачи поднесущих, определенная в SM, должна равняться нулю (по линейной шкале). Маска SM имеет приоритет над всеми другими инструкциями, относящимися к мощности передачи поднесущих.

Маска SM определяется в виде ряда маскированных полос частот. Каждая полоса задается начальным индексом поднесущей (x_L) и конечным индексом поднесущей (x_H) в виде $\{x_L, x_H\}$. Маску SM, включающую S полос, можно представить в следующем формате:

$$SM(S) = [\{x_{L1}, x_{H1}\}, \{x_{L2}, x_{H2}\}, \dots \{x_{LS}, x_{HS}\}]$$

Все поднесущие в пределах заданной полосы, то есть с индексами больше или равными x_L и меньше или равными x_H , должны быть отключены (передаваться с нулевой мощностью).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Маска SM предназначена для охвата маскируемых поднесущих, определяемых в приложении, в котором задаются региональные требования, направленные на соблюдение местных нормативных актов, и охвата маскируемых поднесущих, определяемых пользователем или поставщиком услуг в целях упрощения локального развертывания. Маскирование поднесущих не предназначено для защиты радиослужб; эта задача решается с помощью режекции (см. пункт 6.5).

6.4 Формирование спектральной плотности мощности

Формирование спектральной плотности мощности (PSD) позволяет уменьшать TxPSDM в некоторых частях спектра, главным образом для обеспечения спектральной совместимости и совместной работы с другими технологиями доступа и домашних сетей. Маска формирования PSD (PSM) конфигурируется в базе MIB пункта распределения путем использования параметра CARMASK MCЭ-Т G.997.1.

Маска PSM задается в диапазоне частот между самой низкой поднесущей x_1 (при $x_1 = \text{ceiling}(f_{tr1}/f_{sc})$) и самой высокой поднесущей x_H (при $x_H = \text{floor}(f_{tr2}/f_{sc})$), и состоит из одного или нескольких частотных сегментов. Границы сегментов определяются заданными точками излома. В пределах каждого сегмента PSM может быть постоянной либо формировать линейную наклонную характеристику между заданными точками излома (в дБм/Гц) с частотой, выраженной в линейном масштабе.

Каждая точка излома PSM определяется индексом поднесущей x_n и значением PSD_n в данной поднесущей, выраженным в дБм/Гц $\{x_n, PSD_n\}$. Значение PSD_1 также должно применяться к поднесущим ниже x_1 , а значение PSD_H также должно применяться к поднесущим выше x_H . Маску PSM, включающую S сегментов, можно представить $(S+1)$ точкой излома в следующем формате:

$$PSM(S) = [\{x_1, PSD_1\}, \{x_2, PSD_2\} \dots \{x_S, PSD_S\}, \{x_H, PSD_H\}].$$

FTU должен поддерживать конфигурацию, содержащую минимум 32 точки излома PSM.

Если одна или несколько точек излома PSM заданы выше LPM, маска PSD передачи должна быть равна: $TxPSDM = \min(PSM, LPM)$. Все значения PSD_n точек излома PSM должны быть больше уровня -90 дБм/Гц.

6.5 Режекция конкретных полос частот

В FTU должна быть предусмотрена возможность настройки на режекцию одной или нескольких конкретных полос частот в целях защиты радиослужб, например, полос частот любительской радиослужбы и полос частот радиовещательной службы. [Международные полосы частот любительской радиослужбы, подлежащие режекции, называются полосами IAR, а остальные полосы, подлежащие режекции, называются полосами RFI \(см. п. 7.3.1.2 \[ITU-T G.9701\]\).](#)

Каждый режектор в маске режекции (NM) должен задаваться в виде индексов поднесущих SC_{start} и SC_{stop} .

Допустимым диапазоном начального индекса тонального сигнала режектора, SC_{start} , являются все допустимые индексы тонального сигнала, которые ниже или равны минимальной частоте защищенной полосы радиосвязи минус $f_{sc}/2$. Допустимым диапазоном конечного индекса тонального сигнала режектора, SC_{stop} , являются все допустимые индексы тонального сигнала, которые выше или равны максимальной частоте защищенной полосы радиосвязи плюс $f_{sc}/2$.

[FTU должен поддерживать режекцию 32 полос RFI одновременно.](#)

[Кроме того, FTU должен поддерживать режекцию 13 полос IAR. Подробное описание частот этих полос IAR представлено в Дополнении I. В FTU должна быть предусмотрена возможность настройки для режекции отдельных полос частот любительской радиослужбы, исходя из необходимой защиты.](#)

В пределах режектора все поднесущие должны быть отключены, и маска режекции (NM) должна быть равна LPM -20 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Может также потребоваться, чтобы поднесущие на любой стороне маскируемых поднесущих были отключены в целях удовлетворения требования к глубине режекции TxPSDM.

~~FTU должен поддерживать не менее 16 любых режекторов одновременно.~~

Для режектора задаются две маски PSD:

- Маска PSD узкополосной передачи (TXPSDM_N).

Данная маска задается для проверки PSD с использованием MBW = 10 кГц с центром в рассматриваемой частоте.

Маска TXPSDM_N задается как максимальное из NM и нижнего предела, равного -100 дБм/Гц:

$$TxPSDM_N = \max[NM, -100 \text{ дБм/Гц}].$$

- Маска PSD широкополосной передачи (TXPSDM_W).

Данная маска задается для проверки математически рассчитанной средней PSD широкополосной передачи (PSD_W). Она получается путем усреднения узкополосных измерений (PSD_N) (измеренных в полосе MBW = 10 кГц) в окне шириной 1 МГц с центром в рассматриваемой частоте:

$$PSD_W(f) = 10 \times \log_{10} \left(\left(\frac{1}{100} \right) \times \sum_{i=(-49)}^{50} 10^{\left(\frac{PSD_N(f+i \times 10 \text{ кГц})}{10} \right)} \right),$$

где

PSD_N(f): узкополосное измерение на частоте f, выраженное в дБм/Гц;

PSD_W(f): математически рассчитанная средняя PSD широкополосной передачи на частоте f, выраженная в дБм/Гц.

TXPSDM_W задается как максимальное из двух значений: маски режекции (NM) и нижнего предела, определенного в таблице 6-1 для рассматриваемой частоты:

$$TxPSDM_W(f) = \max[NM(f), \text{нижний предел}(f)].$$

Таблица 6-1 – Требования к нижнему пределу TXPSDM_W

Частота, МГц	Нижний предел TXPSDM_W [дБм/Гц]
2,0–4,0	-100
4,0–5,0	-110
>5,0	-112

Для режекторов, ширина которых менее 1 МГц:

- PSD передачи должна удовлетворять только маске PSD узкополосной передачи, TXPSDM_N, и это требование должно соблюдаться на частотах $(SC_{\text{start}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{\text{stop}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$.

Для режекторов, ширина которых составляет 1 МГц и более:

- PSD передачи должна удовлетворять маске PSD узкополосной передачи, TXPSDM_N, на частотах $(SC_{\text{start}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{\text{stop}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$; и
- средняя PSD широкополосной передачи (PSD_W(f)) должна удовлетворять маске PSD широкополосной передачи, TXPSDM_W, на частотах $(SC_{\text{start}} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW + 0,5 \text{ МГц}) < f < (SC_{\text{stop}} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW - 0,5 \text{ МГц})$. Значением маски, с которым должно проводиться сравнение, является максимальное значение, которое принимает маска в окне 1 МГц $[f - 0,5 \text{ МГц}, f + 0,5 \text{ МГц}]$.

~~В Дополнении I представлено подробное описание частот для международных полос частот любительской радиослужбы. В FTU должна быть предусмотрена возможность настройки для режекции отдельных полос частот любительской радиослужбы, исходя из необходимой защиты.~~

В Дополнении II приводится подробной описание частот радиовещательной службы (частотная модуляция (ЧМ) и цифровое звуковое вещание (DAB)).

Для служб ЧМ, DAB и других радиослужб потребуются различные настройки режекции в зависимости от характеристик конкретной радиослужбы.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Маска NM может применяться для режекции отдельных вещательных станций в зависимости от использования спектра.

6.6 Маскирование затуханием на границе низких частот

Для маски затухания на границе низких частот (LESM) задаются две маски PSD:

- Маска PSD узкополосной передачи (TXPSDM_N).

Данная маска задается для проверки PSD с помощью полосы MBW = 10 кГц с центром в рассматриваемой частоте.

Маска TXPSDM_N определяется, как показано на рисунке 6-1, где PSD_{tr3} – значение маски LPM внутриполосных составляющих на частоте f_{tr3} . Значения этой маски в переходной полосе получаются с помощью линейной интерполяции в дБ на линейной шкале частот.

PSD передачи должна удовлетворять маске PSD узкополосной передачи, TxPSDM_N, на частотах $(0,5 \text{ МГц} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (f_{tr3} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$, где $f_{tr1} \leq f_{tr3} \leq 30 \text{ МГц}$. Значения PSD на частотах выше переходной частоты f_{tr3} считаются внутриполосными и определяются в пункте 7.2.1.1.

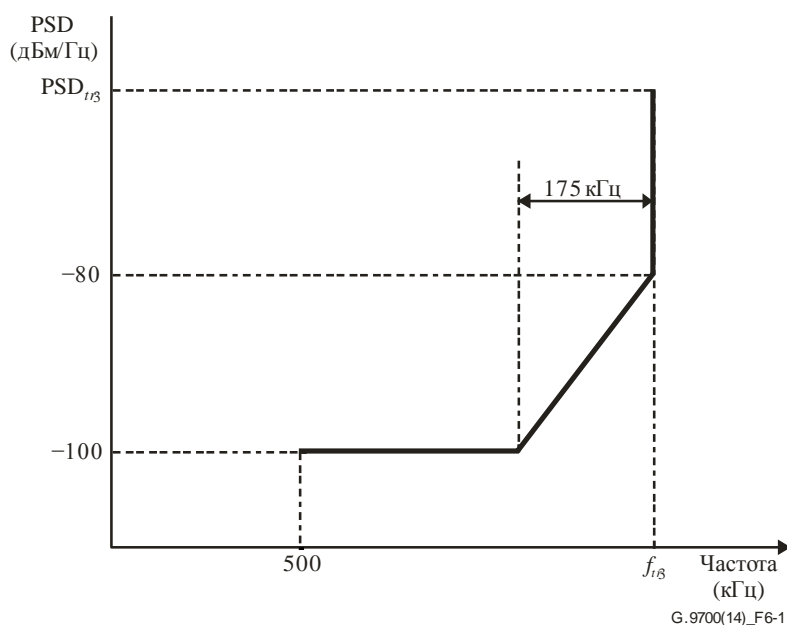


Рисунок 6-1 – Маска затухания на границе низких частот

- Маска PSD широкополосной передачи (TXPSDM_W).

Данная маска задается для проверки математически рассчитанной средней PSD широкополосной передачи в окне шириной 1 МГц ($PSD_W(f)$), как это определено в пункте 6.5.

Для рассматриваемой частоты значение $TXPSDM_W(f)$ задается в таблице 6-2.

Средняя PSD широкополосной передачи ($PSD_W(f)$) должна удовлетворять маске PSD широкополосной передачи, TxPSDM_W, на частотах $(2,0 \text{ МГц} + \frac{1}{2} \times \text{MBW} + 0,5 \text{ МГц}) < f < (f_{tr3} - 175 \text{ кГц} - \frac{1}{2} \times \text{MBW} - 0,5 \text{ МГц})$. Значением маски, с которым должно проводиться сравнение, является максимальное значение, которое принимает маска в окне 1 МГц [$f - 0,5 \text{ МГц}, f + 0,5 \text{ МГц}$].

Таблица 6-2 – Требования к маске TXPSDM_W LESM

Частота (МГц)	LESM TXPSDM_W (дБм/Гц)
2,0–4,0	–100
4,0–5,0	–110
> 5,0	–112

7 Спецификация спектрального состава

7.1 Параметры управления профиля

В каждом профиле определяются нормативные значения для следующих параметров:

- количество поднесущих (N);
- разнос между поднесущими (f_{sc});
- параметры циклического расширения L_{CP} и β ; и
- максимальная суммарная мощность передачи (применяется в нисходящем и восходящем направлениях).

В таблице 7-1 приведены применимые параметры управления для каждого профиля. Эти параметры определены в [ITU-T G.9701].

Таблица 7-1 – Параметры управления профиля

Параметр	Профиль (Примечание 1)		
	106 МГц (106a)	106 МГц (106b)	212 МГц (212a)
N	2048 (Примечание 2)	2048 (Примечание 2)	4096 (Примечание 3) Для дальнейшего изучения
f_{sc}	51,75 кГц	51,75 кГц	51,75 кГц
L_{CP}	$N/64 \times m$ для $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ и 33 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{sc}$ отсчетов/с	$N/64 \times m$ для $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ и 33 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{sc}$ отсчетов/с	$N/64 \times m$ для $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ и 33 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{sc}$ отсчетов/с Для дальнейшего изучения
β	64 и 128 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{sc}$ отсчетов/с	64 и 128 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{sc}$ отсчетов/с	128 и 256 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{sc}$ отсчетов/с Для дальнейшего изучения
Максимальная суммарная мощность передачи	+4 дБм (см. пп. 7.3 и 7.4)	+8 дБм (см. пп. 7.3 и 7.4)	+4 дБм (см. пп. 7.3 и 7.4) Для дальнейшего изучения

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В будущем могут быть определены профили с более высокими значениями максимальной суммарной мощности передачи при условии, что они не выходят за границы маски предельной PSD, определенной в настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Диапазон применимых индексов поднесущих соответствует частотам от 2 до 106 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Диапазон применимых индексов поднесущих соответствует частотам от 2 до 212 МГц.

7.2 Спецификации маски PSD

7.2.1 Маска предельной PSD (LPM)

Маска предельной PSD (LPM) представляет собой абсолютное максимальное значение T_xPSDM , которое никогда не должно превышать. Маски LPM внутриполосных составляющих для профиля 106 МГц и профиля 212 МГц представлены в пункте 7.2.1.1. Маски LPM внеполосных составляющих заданы в пункте 7.2.1.2.

7.2.1.1 Маска LPM внутриполосных составляющих

Маски LPM внутриполосных составляющих для профиля 106 МГц и профиля 212 МГц изображены на рисунках 7-1 и 7-2, соответственно. Параметры этих масок LPM представлены в таблицах 7-2 и 7-3, соответственно.

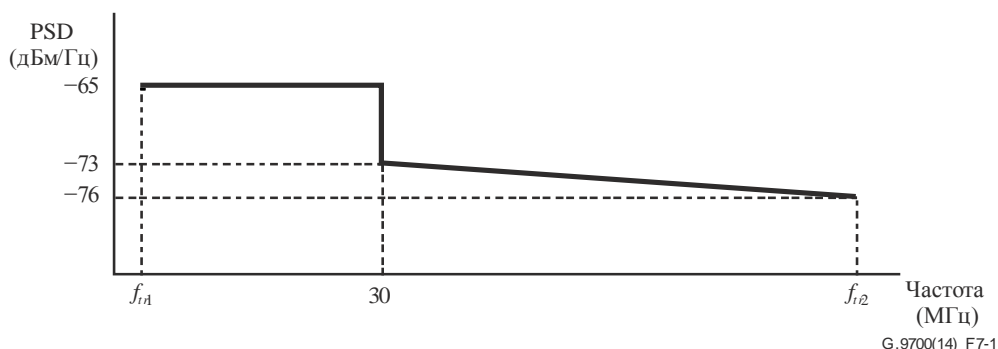


Рисунок 7-1 – Маска предельной PSD внутриполосных составляющих для профиля 106 МГц

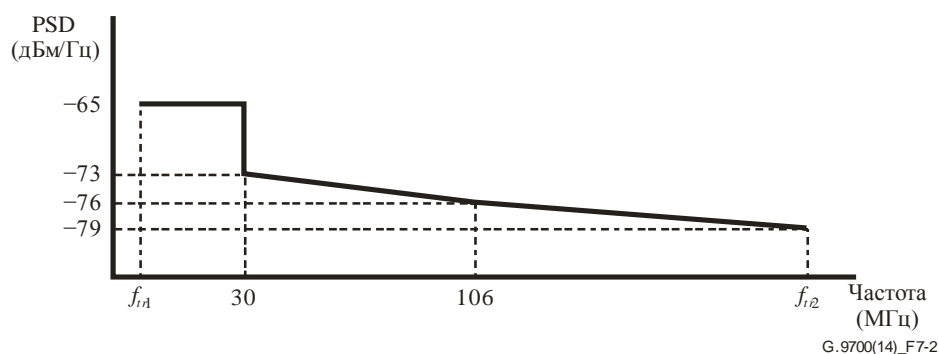


Рисунок 7-2 – Маска предельной PSD внутриполосных составляющих для профиля 212 МГц

Таблица 7-2 – Параметры маски LPM внутриполосных составляющих для профиля 106 МГц

Параметр	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Описание
f_{r1}	2	-65	Маска LPM на частотах ниже f_{r1} задается в пункте 7.2.1.2.
	30	-65	
	30	-73	Значения предельной PSD между перечисленными точками получаются методом линейной интерполяции в дБ на линейной шкале частот. Маска LPM на частотах выше f_{r2} задается в пункте 7.2.1.2.
f_{r2}	106	-76	

Таблица 7-3 – Параметры маски LPM внеполосных составляющих для профиля 212 МГц

Параметр	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Описание
f_{tr1}	2	-65	Маска LPM на частотах ниже f_{tr1} задается в пункте 7.2.1.2.
	30	-65	
	30	-73	Значения предельной PSD между перечисленными точками получаются методом линейной интерполяции в дБ на линейной шкале частот. Маска LPM на частотах выше f_{tr2} задается в пункте 7.2.1.2.
	106	-76	
f_{tr2}	212	-79	

ПРИМЕЧАНИЕ. – При использовании формирования дополнительного спектра, как это описано в пункте 6, (например, для обеспечения спектральной совместимости или для соблюдения ограничения по мощности широкополосной передачи), различные части маски TxPSDM могут быть уменьшены путем отключения поднесущих или уменьшения их мощности передачи. При необходимости могут также применяться дополнительные режекторы частот.

7.2.1.2 LPM внеполосных составляющих

LPM внеполосных составляющих должна быть такой, как показано на рисунке 7-3 для границы низких частот и на рисунке 7-4 для границы высоких частот, где PSD_{tr1} – значение маски LPM внеполосных составляющих на частоте f_{tr1} и PSD_{tr2} – значение маски LPM внеполосных составляющих на частоте f_{tr2} . Параметры этих масок LPM представлены в таблицах 7-4 и 7-5, соответственно.

Маска LPM внеполосных составляющих применяется к частотам, расположенным ниже нижней границы переходной частоты f_{tr1} , и к частотам, расположенным выше верхней границы переходной частоты f_{tr2} . Значения PSD между переходными частотами f_{tr1} и f_{tr2} считаются внеполосными и определяются в пункте 7.2.1.1.

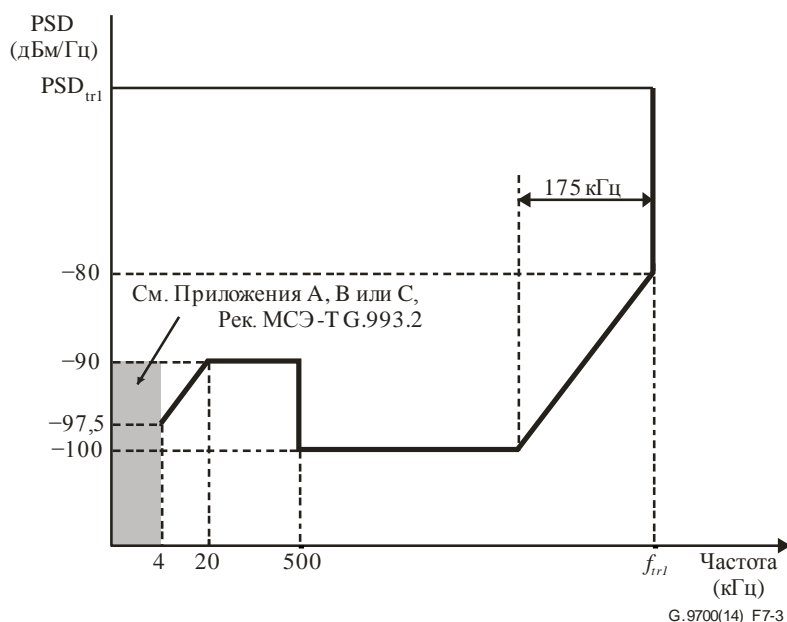


Рисунок 7-3 – Маска LPM внеполосных составляющих на границе низких частот

В Приложениях А, В и С [ITU-T G.993.2] указаны требования к частотам ниже 4 кГц для регионов Северной Америки, Европы и Японии, соответственно.

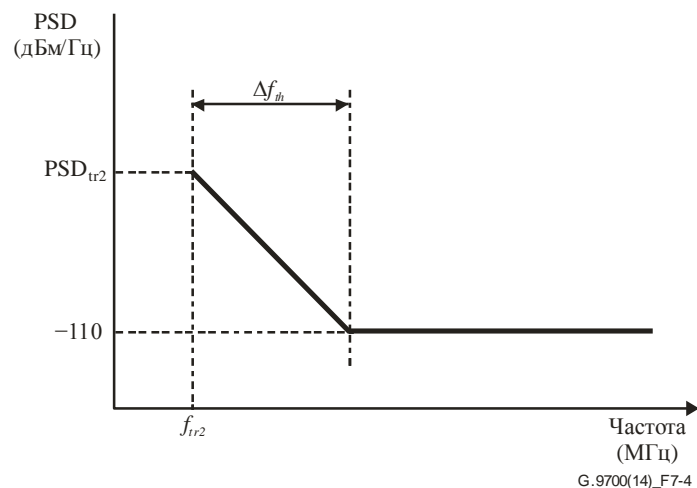


Рисунок 7-4 – Маска LPM внеполосных составляющих на границе высоких частот

Таблица 7-4 – Параметры маски LPM внеполосных составляющих на границе низких частот

f_{tr1} (МГц)	PSD_{tr1} (дБм/Гц)	Описание
2	-65	<p>Предельная PSD на переходной частоте f_{tr1} опускается со значения PSD_{tr1} до -80 дБм/Гц.</p> <p>Предельная PSD в переходной полосе получается методом линейной интерполяции в дБ по линейной шкале частоты.</p> <p>Предельная PSD в полосе 4–20 кГц получается методом линейной интерполяции в дБ по логарифмической шкале частоты.</p> <p>Поднесущие на частотах ниже f_{tr1} не должны использоваться для передачи (ни данных, ни какой-либо вспомогательной информации).</p>

Таблица 7-5 – Параметры маски LPM внеполосных составляющих на границе высоких частот

f_{tr2} (МГц)	PSD_{tr2} (дБм/Гц)	Переходная полоса, Δf_{th} (МГц)	Описание
106	-76	20	<p>Предельная PSD в переходной полосе (Δf_{th}) получается методом линейной интерполяции в дБ по линейной шкале частоты.</p> <p>Поднесущие на частотах выше f_{tr2} не должны использоваться для передачи (ни данных, ни какой-либо вспомогательной информации).</p>
212	-79	40	

7.2.2 Постоянно маскируемые поднесущие

В профиле 106 МГц и профиле 212 МГц поднесущие с индексами 0–39 (включительно) должны постоянно маскироваться. Они не должны использоваться для передачи (ни данных, ни какой-либо вспомогательной информации).

7.3 Полное сопротивление оконечной нагрузки

Для обоих блоков – FTU-O и FTU-R – в U интерфейсе должно использоваться полное сопротивление оконечной нагрузки $R_v = 100$ Ом, являющееся чисто резистивным сопротивлением. В частности, $R_v = 100$ Ом должно использоваться в качестве оконечной нагрузки при определении и проверке PSD передачи, а также суммарной мощности передачи.

7.4 Максимальная суммарная мощность передачи

В настоящей Рекомендации значения максимальной суммарной мощности передачи определяются исходя из допущения, что передача является непрерывной. В системах, использующих дуплексирование с временным разделением (TDD), например, тех, которые описаны в [ITU-T G.9701], передача в каком-либо конкретном направлении не является непрерывной, а происходит только в определенные периоды времени. Это обстоятельство должно учитываться в применяемой процедуре измерения.

Для любого заданного профиля максимальная суммарная мощность передачи блока FTU-O (в нисходящем направлении) и блока FTU-R (в восходящем направлении) не должна превышать указанных в таблице 7-1 уровней при измерении с помощью полного сопротивления оконечной нагрузки, определенного в пункте 7.3.

Дополнительные ограничения являются предметом приложений, в которых определяются различные региональные требования (для дальнейшего изучения).

8 Проверка PSD передачи

В настоящей Рекомендации значения маски PSD передачи определяются исходя из допущения, что передача является непрерывной. В системах, использующих дуплексирование с временным разделением, (TDD), например, тех, которые описаны в [ITU-T G.9701], передача в каком-либо конкретном направлении не является непрерывной, а происходит только в определенные периоды времени. Это обстоятельство должно учитываться в применяемой процедуре измерения.

Ширина полосы измерения (MBW) для оценки PSD должна соответствовать значениям, определенным в таблице 8-1. Центральная частота полосы измерения должна совпадать с рассматриваемой частотой.

Значением маски, с которым должно проводиться сравнение, является максимальное значение, которое принимает маска в окне $[f - \frac{1}{2} \times \text{MBW}, f + \frac{1}{2} \times \text{MBW}]$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если в каком-либо определенном диапазоне частот заданы маска PSD узкополосной передачи (TXPSDM_N) и маска PSD широкополосной передачи (TXPSDM_W), то значения MBW, определенные в данном пункте, соответствуют узкополосным измерениям PSD (PSD_N).

Маски PSD указаны относительно эталонного полного сопротивления оконечной нагрузки, определенного в пункте 7.3.

Таблица 8-1 – Настройка ширины полосы измерения для проверки PSD передачи

Диапазон частот	Ширина полосы измерения (MBW)
$4 \text{ кГц} < f < 20 \text{ кГц}$	1 кГц
$20 \text{ кГц} < f < f_{ir1}$	10 кГц
$(f_{ir1} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) - (30 \text{ МГц} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 МГц
$(30 \text{ МГц} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) - (f_{ir2} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$	1 МГц
$> f_{ir2}$ до 300 МГц	100 кГц
Любая полоса частот режекции	10 кГц

Приложение А к Приложению W

Приложение А к Приложению W намеренно оставлено пустым.

Приложение X Адаптация к коаксиальной среде

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

X.1 Параметры управления профиля

В каждом профиле определяются нормативные значения для следующих параметров:

- количество поднесущих (N);
- разнос между поднесущими (f_{SC});
- параметры циклического расширения L_{CP} и β ; и
- максимальная суммарная мощность передачи (применяется в нисходящем и восходящем направлениях).

В таблице X-1 приведены применимые параметры управления для каждого профиля коаксиальной среды. Эти параметры определены в Приложении X к [ITU-T G.9701].

Таблица X-1 – Параметры управления профиля для работы по коаксиальным кабелям

<u>Параметр</u>	<u>Профили для работы по коаксиальным кабелям (Примечание 1)</u>	
	<u>106 МГц (106с)</u>	<u>212 МГц (212с)</u>
<u>N</u>	<u>2048 (Примечание 2)</u>	<u>4096 (Примечание 3)</u>
<u>f_{SC}</u>	<u>51,75 кГц</u>	<u>51,75 кГц</u>
<u>L_{CP}</u>	<u>$N/64 \times m$ для $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ и 33 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{SC}$ отсчетов/с</u>	<u>$N/64 \times m$ для $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ и 33 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{SC}$ отсчетов/с</u>
<u>β</u>	<u>64 и 128 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{SC}$ отсчетов/с</u>	<u>128 и 256 отсчетов при скорости $2 \times N \times f_{SC}$ отсчетов/с</u>
<u>Максимальная суммарная мощность передачи</u>	<u>+2 дБм (см. пп. 7.3 и 7.4)</u>	<u>+2 дБм (см. пп. 7.3 и 7.4)</u>

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В будущем могут быть определены профили с более высокими значениями максимальной суммарной мощности передачи при условии, что они не выходят за границы маски предельной PSD, определенной в настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Диапазон применимых индексов поднесущих соответствует частотам от 2 до 106 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Диапазон применимых индексов поднесущих соответствует частотам от 2 до 212 МГц.

X.2 Полное сопротивление оконечной нагрузки

Для приемопередатчика, работающего по коаксиальным кабелям, для обоих блоков – FTU-O и FTU-R – в U интерфейсе должно использоваться полное сопротивление оконечной нагрузки $R_V = 75$ Ом, являющееся чисто резистивным сопротивлением. В частности, $R_V = 75$ Ом должно использоваться в качестве оконечной нагрузки при определении и проверке PSD передачи, а также суммарной мощности передачи.

X.3 Максимальная суммарная мощность передачи

В настоящей Рекомендации значения максимальной суммарной мощности передачи определяются исходя из допущения, что передача является непрерывной. В системах, использующих дуплексирование с временным разделением (TDD), например тех, которые описаны в [ITU-T G.9701], передача в каком-либо конкретном направлении не является непрерывной, а происходит только в определенные периоды времени. Это обстоятельство должно учитываться в применяемой процедуре измерения.

Для любого заданного профиля максимальная суммарная мощность передачи блока FTU-O (в нисходящем направлении) и блока FTU-R (в восходящем направлении) не должна превышать указанных в таблице X-1 уровней при измерении с использованием полного сопротивления оконечной нагрузки, определенного в пункте X.2.

Дополнение I

Международные полосы частот любительской радиослужбы

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Таблица I.1 – Международные полосы частот любительской радиослужбы в диапазоне частот ~~0~~1,8–212 МГц

Начало полосы (кГц)	Конец полосы (кГц)
1 800	2 000
3 500	4 000
<u>5 351,5</u>	<u>5 366,5</u>
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700
50 000	54 000
70 000 <u>69 900</u>	70 500
144 000	148 000

Дополнение II

Полосы частот радиовещательной службы

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В данное Дополнение включены полосы, относящиеся к приемникам, которые вероятно будут находиться в непосредственной близости от установки, пренебрегая распределениями для устаревших технологий, таких как аналоговое ТВ. В общем случае соответствующими службами являются радиовещательные службы.

**Таблица II.1 – Полосы частот радиовещательной службы
в диапазоне частот до 212 МГц**

Начало полосы (кГц)	Конец полосы (кГц)	Служба
87 500	108 000	ФМ
174 000	216 000	Цифровое наземное телевидение (Район 2)
174 000	230 000	Цифровое наземное телевидение/Цифровое звуковое радиовещание (Районы 1 и 3)

Дополнение III

Определение PSD (TXPSD) передатчика для не являющихся непрерывными передач

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В настоящем Дополнении приведено формальное описание спектральной плотности мощности (TXPSD) передатчика для сигналов, составляющих поток символов, включая периоды молчания, аналогичных формируемым системами DMT, дуплексированными с временным разделением.

В настоящем Дополнении определяется TXPSD, применяемая к потоку передаваемых символов, перфорированному потоку или непрерывному потоку символов. Передаваемыми символами являются все символы, передаваемые в период передачи в направлении передачи. Позиции символов молчания в период передачи исключаются. Это не определяет метод измерения.

В настоящем Дополнении TXPSD определяется через промежуточную переменную "PSD символа передатчика" (TXSPSD). TXSPSD определяется в зависимости от математического ожидания спектральной плотности энергии (ESD) символов, передаваемых в конкретном направлении.

ESD формы напряжения сигнала $V_s(t)$ выводится с использованием опорного полного сопротивления, которое составляет 100 Ом.

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0} \left| \int_{-\infty}^{\infty} V_s(t) \cdot e^{-i2\pi ft} dt \right|^2 \text{ (Дж/Гц)}$$

$$R_0 = 100 \text{ Ом.}$$

TXSPSD выводится из математического ожидания ESD по группе переданных символов.

$$TXSPSD(f) = f_{DMT} \cdot E[ESD(V(t), f); V \in S] \text{ (Вт/Гц)}$$

$$S = \{S_0, S_1 \dots S_N\},$$

$S_0, S_1 \dots S_N$ – действительная последовательность переданных символов,

$E[x]$ – математическое ожидание x .

Такая нормализация по периоду передачи символов обеспечивает, что бесконечная последовательность символов имеет TXSPSD, которая в пределе стремится к классической PSD, выведенной с помощью преобразования Фурье автокорреляционной функции.

Проверяемая TXPSD определяется в конкретной ширине полосы bw следующим образом:

$$TXPSD(bw, f) = 30 + 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{bw} \int_{f-\frac{bw}{2}}^{f+\frac{bw}{2}} TXSPSD(f_b) df_b \right) \text{ (дБм/Гц)},$$

$TXPSDM(f)$ – максимальный допустимый уровень для $TXPSD(bw, f)$ длинной последовательности символов.

Методы проверки на соответствие не входят в сферу применения настоящей Рекомендации.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета, а также экономические и политические вопросы, связанные с международными услугами в области электросвязи/ИКТ
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация, а также соответствующие измерения и испытания
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи