

Международный союз электросвязи

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.9700

(07/2019)

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**

Рекомендация МСЭ-Т G.9700

ITU-T

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 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	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.

Рекомендация МСЭ-Т G.9700

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

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 пункте 6.5 о режекции конкретных полос частот с Рекомендацией МСЭ-Т G.9701 (2014 год) 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.

В версию Рекомендации МСЭ-Т G.9700 2019 года включена ее предыдущая версия с поправками и добавлена новая маска предельной PSD для профиля 106 МГц, которая предназначена для использования при передаче по сетям с повышенным эффектом экранирования, например сетям с экранированными или подземными кабелями.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор [*]
1.0	МСЭ-Т G.9700	04.04.2014 года	15-я	11.1002/1000/12010
1.1	МСЭ-Т G.9700 (2014 год) Попр. 1	30.09.2016 года	15-я	11.1002/1000/12842
1.2	МСЭ-Т G.9700 (2014 год) Попр. 2	30.06.2017 года	15-я	11.1002/1000/13170
2.0	МСЭ-Т G.9700	12.07.2019 года	15-я	11.1002/1000/13832

^{*} 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 не получил извещения 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 2019

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	7
7.3 Полное сопротивление оконечной нагрузки	12
7.4 Максимальная суммарная мощность передачи	12
8 Проверка PSD передачи.....	12
Приложение А – Приложение W	14
Приложение X – Адаптация к коаксиальной среде.....	15
X.1 Параметры управления профиля.....	15
X.2 Полное сопротивление оконечной нагрузки	15
X.3 Максимальная суммарная мощность передачи	15
Дополнение I – Международные полосы частот любительской радиослужбы	17
Дополнение II – Полосы частот радиовещательной службы	18
Дополнение III – Определение PSD (TxPSD) передатчика для не являющейся непрерывной передачи.....	19

Рекомендация МСЭ-Т G.9700

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

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.

В случае маски предельной PSD внутриполосных составляющих LPM_106high, если передача не ограничена передачей по сетям с повышенным эффектом экранирования, таким, например, как сети с экранированными кабелями или с кабелями, проложенными в земле, соответствие оборудования настоящей Рекомендации, может не обеспечить соблюдение конкретных национальных или региональных нормативных положений по электромагнитной совместимости после ввода установки в эксплуатацию.

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] Recommendation ITU-T G.993.2 (2019), *Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)*.

[ITU-T G.9701] Recommendation ITU-T G.9701 (2019), *Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Physical layer specification*.

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 (то есть 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 (то есть 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), маска 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 пунктах 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 $T_x\text{PSDM}$ 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 PSDMASK МСЭ-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 $\{x_n, \text{PSD}_n\}$. 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:

$$\text{PSM}(S) = [\{x_1, \text{PSD}_1\}, \{x_2, \text{PSD}_2\}, \dots, \{x_s, \text{PSD}_s\}, \{x_H, \text{PSD}_H\}].$$

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: $T_x\text{PSDM} = \min(\text{PSM}, \text{LPM})$. 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. пункт 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 частоты 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 $T_x\text{PSDM}$.

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:

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

- 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:

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

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:

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

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 $(\text{SC}_{\text{start}} \times f_{\text{SC}} + \frac{1}{2} \times \text{MBW}) < f < (\text{SC}_{\text{stop}} \times f_{\text{SC}} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$.

Для режекторов, ширина которых составляет 1 МГц и более:

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

В Дополнении II приводится подробное 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 децибелах 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.

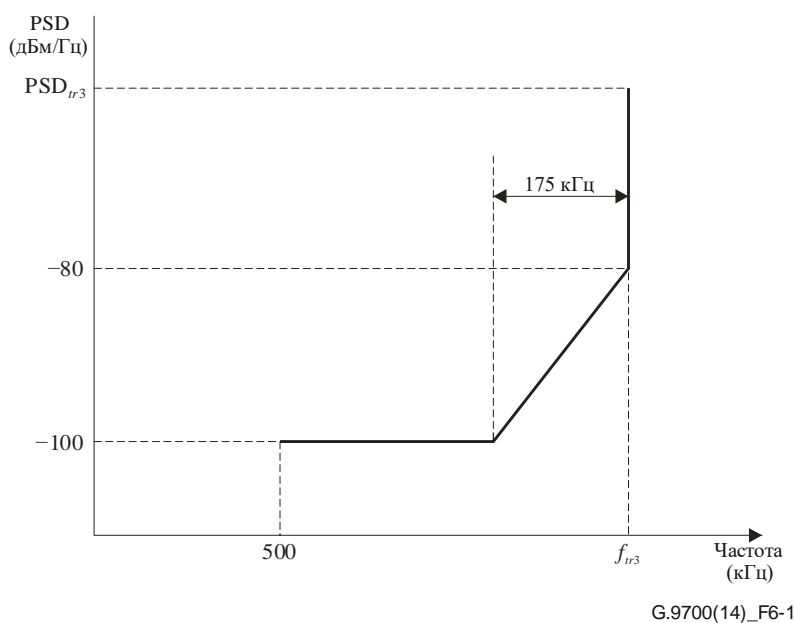


Рисунок 6-1 – Маска затухания на границе низких частот

– 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)	TxPSDM_W LESM (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)
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 отсчета 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 отсчета 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 отсчета при скорости $2 \times N \times f_{SC}$ отсчетов/с
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
Максимальная суммарная мощность передачи	+4 дБм (см. пункты 7.3 и 7.4)	+8 дБм (см. пункты 7.3 и 7.4)	+4 дБм (см. пункты 7.3 и 7.4)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В будущем могут быть определены профили с более высокими значениями максимальной суммарной мощности передачи при условии, что они не выходят за границы своих соответствующих масок предельной PSD, определенных 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 TxPSDM, которое никогда не должно превышать. Маски LPM внутриполосных составляющих указаны в пункте 7.2.1.1. Маски LPM внеполосных составляющих определены в пункте 7.2.1.2. Конкретные LPM связаны с определенными профилями и направлениями передачи, как указано в [ITU-T G.9701].

7.2.1.1 Маска LPM внутриполосных составляющих

Определены три маски LPM внутриполосных составляющих, а именно: LPM 106 МГц (LPM_106), LPM 212 МГц (LPM_212) и LPM 106 МГц на границе высоких частот (LPM_106high), которые изображены на рисунках 7-1, 7-2 и 7-3 соответственно. Параметры этих масок LPM представлены в таблицах 7-2, 7-3 и 7-4 соответственно. Маска LPM_106high используется только блоком FTU-О для передачи в нисходящем направлении.

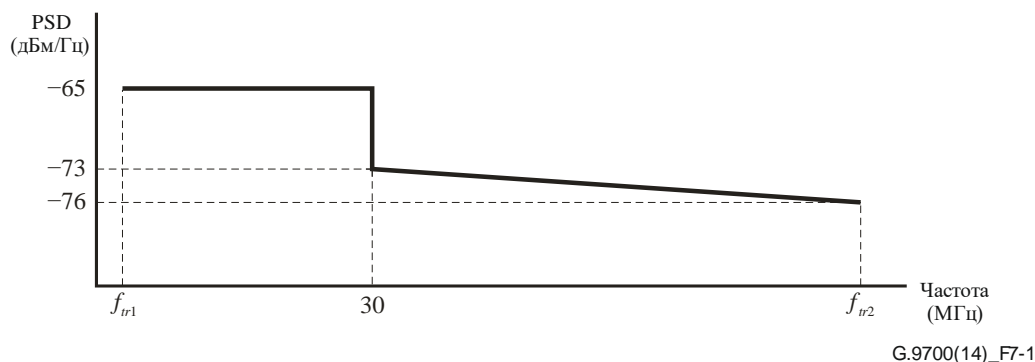


Рисунок 7-1 – Маска предельной PSD внутриполосных составляющих LPM_106

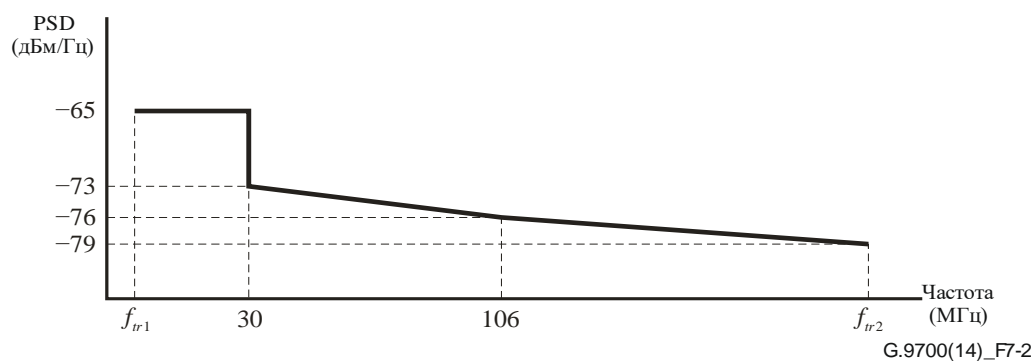


Рисунок 7-2 – Маска предельной PSD внутриполосных составляющих LPM_212

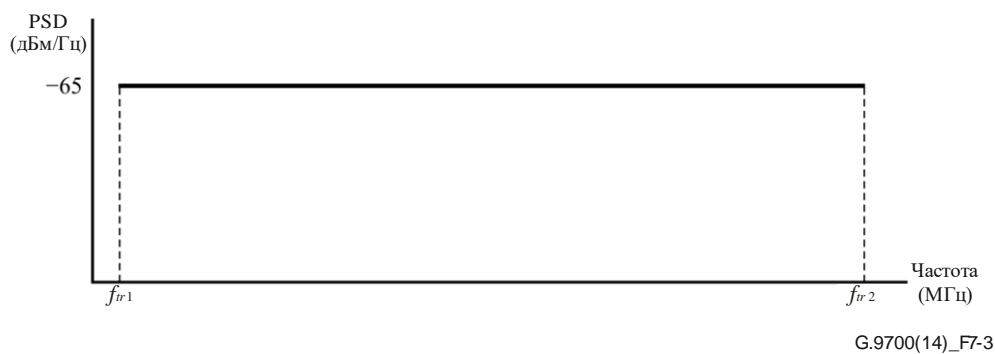


Рисунок 7-3 – Маска предельной PSD внутриполосных составляющих LPM_106high

Таблица 7-2 – Параметры маски LPM_106

Параметр	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Описание
f_{ir1}	2	-65	Маска LPM на частотах ниже f_{ir1} задается в пункте 7.2.1.2
	30	-65	
	30	-73	
f_{ir2}	106	-76	Значения предельной PSD между перечисленными точками получаются методом линейной интерполяции в децибелах на линейной шкале частот. Маска LPM на частотах выше f_{ir2} задается в пункте 7.2.1.2

Таблица 7-3 – Параметры маски LPM_212

Параметр	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Описание
f_{ir1}	2	-65	Маска LPM на частотах ниже f_{ir1} задается в пункте 7.2.1.2
	30	-65	
	30	-73	
	106	-76	
f_{ir2}	212	-79	Значения предельной PSD между перечисленными точками получаются методом линейной интерполяции в децибелах на линейной шкале частот. Маска LPM на частотах выше f_{ir2} задается в пункте 7.2.1.2

Таблица 7-4 – Параметры маски LPM_106high

Параметр	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Описание
f_{ir1}	2	-65	Маска LPM на частотах ниже f_{ir1} задается в пункте 7.2.1.2
f_{ir2}	106	-65	Маска LPM на частотах выше f_{ir2} задается в пункте 7.2.1.2
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Высокая PSD, указанная в этой таблице, может соответствовать национальным и региональным нормам электромагнитной совместимости (ЭМС) только тогда, когда передача осуществляется по сетям с повышенным эффектом экранирования, таким как сети с экранированными или подземными кабелями.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Использование значений высокой PSD, указанных в этой таблице, может привести к повышению потребляемой мощности в передатчике или приемнике или в них обоих по сравнению с использованием значений PSD, указанных в таблице 7-2. Особенно это возможно в случае, если значения высокой PSD используются на высоких частотах, несмотря на постоянную максимальную суммарную мощность передачи.</p>			

ПРИМЕЧАНИЕ. – При использовании формирования дополнительного спектра, как 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 Маска LPM внеполосных составляющих

Маска LPM внеполосных составляющих для границы низких частот должна быть такой, как показано на рисунке 7-4, где PSD_{ir1} – значение маски LPM внутриполосных составляющих на частоте f_{ir1} . Параметры этой маски LPM внеполосных составляющих представлены в таблице 7-5.

Маска LPM внеполосных составляющих для границы высоких частот зависит от LPM внутриполосных составляющих. Если маска LPM внутриполосных составляющих это LPM_106 или LPM_212, то маска LPM внеполосных составляющих для высокой частоты должна быть такой, как показано на рисунке 7-5, где PSD_{ir2} – значение маски LPM внутриполосных составляющих на частоте f_{ir2} . Если маска LPM внутриполосных составляющих это LPM_106high, то маска LPM внеполосных составляющих для высокой частоты должна быть такой, как показано на рисунке 7-6. Параметры этих масок LPM представлены в таблицах 7-6 и 7-7 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 внутриполосными и определяются в пункте 7.2.1.1.

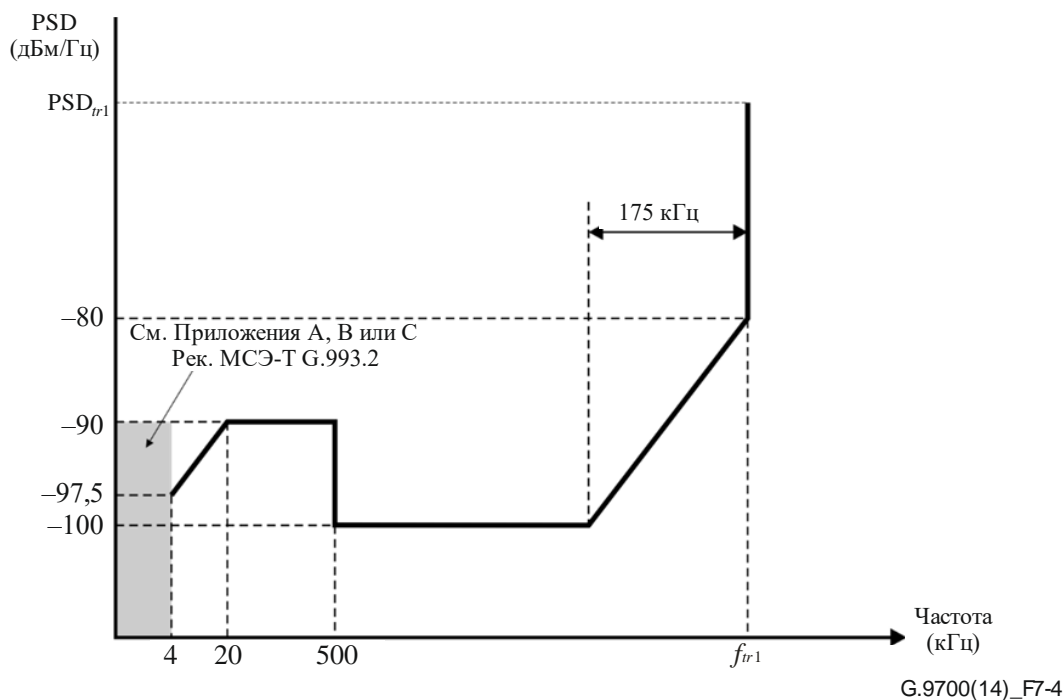


Рисунок 7-4 – Маска LPM внеполосных составляющих на границе низких частот

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

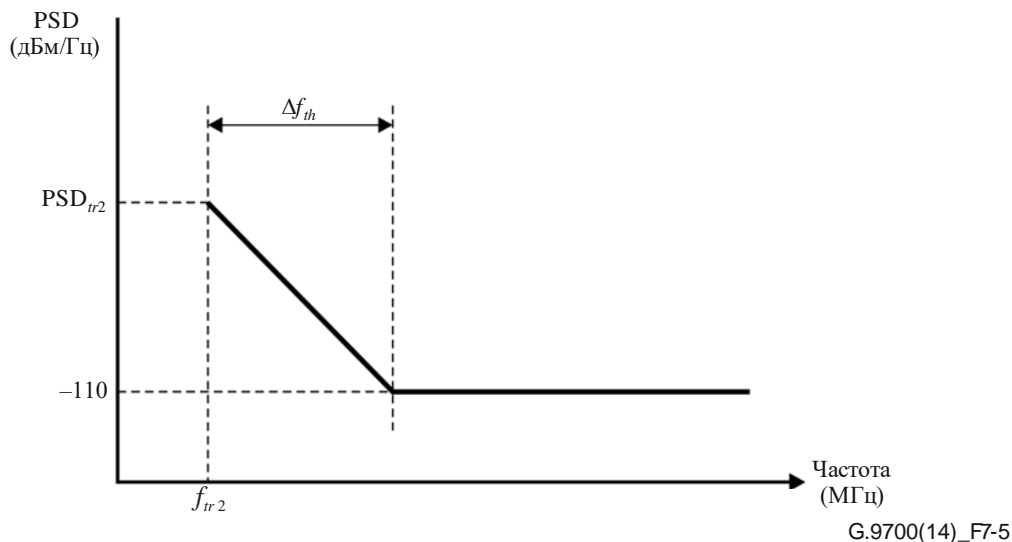


Рисунок 7-5 – Маска LPM внеполосных составляющих на границе высоких частот для использования в сочетании с LPM_106 и LPM_212

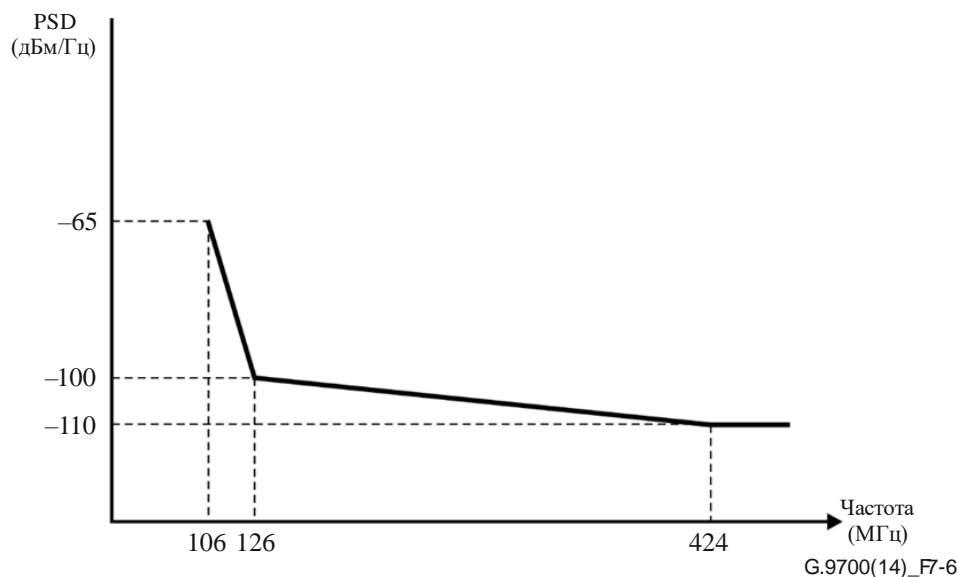


Рисунок 7-6 – Маска LPM внеполосных составляющих на границе высоких частот для использования в сочетании с LPM_106high

Таблица 7-5 – 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 децибелах по линейной шкале частоты.</p> <p>Предельная PSD в полосе 4–20 кГц получается методом линейной интерполяции в децибелах 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 7-6 – Параметры маски LPM внеполосных составляющих на границе высоких частот для использования в сочетании с LPM_106 и LPM_212

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 децибелах 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	

Таблица 7-7 – Параметры маски LPM внеполосных составляющих на границе высоких частот для использования в сочетании с LPM_106high

Частота (МГц)	PSD _{tr2} (дБм/Гц)	Описание
$f_{tr2} = 106$	-65	Предельная PSD в переходной полосе получается методом линейной интерполяции в децибелах по линейной шкале частоты.
126	-100	
424	-110	Поднесущие на частотах выше f_{tr2} не должны использоваться для передачи (ни данных, ни какой-либо вспомогательной информации)

7.2.2 Постоянно маскируемые поднесущие

Во всех профилях 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 $[f - \frac{1}{2} \times MBW, f + \frac{1}{2} \times MBW]$.

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

Приложение А – Приложение W

Приложения А–W намеренно оставлены пустыми.

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

Параметр	Профили для работы по коаксиальным кабелям (Примечание 1)	
	106 МГц (106с)	106 МГц (212с)
N	2048 (Примечание 2)	4096 (Примечание 3)
f_{sc}	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 отсчета 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 отсчета при скорости $2 \times N \times f_{sc}$ отсчетов/с
β	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
Максимальная суммарная мощность передачи	+2 дБм (см. пункты 7.3 и 7.4)	+2 дБм (см. пункты 7.3 и 7.4)

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 конечной нагрузки, определенного в пункте X.2.

Дополнение I

Международные полосы частот любительской радиослужбы

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

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

Начало полосы (кГц)	Конец полосы (кГц)
1 800	2 000
3 500	4 000
5 351,5	5 366,5
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
69 900	70 500
144 000	148 000

Дополнение II

Полосы частот радиовещательной службы

(Данное 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	ЧМ
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 являющейся непрерывной передачи

(Данное 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, применимая 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 (TxPSD). TxPSD 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:

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

$$R_0 = 100 \text{ Ом.}$$

TxPSD выводится из математического ожидания ESD по группе переданных символов:

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

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

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:

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

$\text{TxPSDM}(f)$ – максимальный допустимый уровень для $\text{TxPSD}(bw, f)$ 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 и экономические и стратегические вопросы международной 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 протокола Интернет, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи