

Рекомендация

## **МСЭ-Т G.9964 (12/2023)**

СЕРИЯ G: Системы и среда передачи, цифровые системы и сети

Сети доступа – Сети внутри помещений

---

**Унифицированные высокоскоростные  
приемопередатчики для организации  
проводных домашних сетей –  
Спецификация спектральной плотности  
мощности**



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
<b>Сети внутри помещений</b>	<b>G.9900–G.9999</b>

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

## Рекомендация МСЭ-Т G.9964

### Унифицированные высокоскоростные приемопередатчики для организации проводных домашних сетей – Спецификация спектральной плотности мощности

#### Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.9964 указаны параметры управления, которые определяют требования к спектральному содержанию, маске спектральной плотности мощности (PSD), определяются набор инструментов для снижения PSD при передаче, средства измерения этой PSD при передаче по телефонным проводам, линиям электропитания и коаксиальному кабелю, а также допустимая суммарная мощность передачи на определенном полном сопротивлении оконечной нагрузки. Рекомендация дополняет спецификацию архитектуры системы и физического уровня (PHY), содержащуюся в Рекомендации МСЭ-Т G.9960, спецификацию уровня линии передачи данных (DLL) в Рекомендации МСЭ-Т G.9961, а также изменения и добавления к этим Рекомендациям, определяющим приемопередатчик с многими входами и многими выходами (MIMO) для организации домашних сетей, который описан в Рекомендации МСЭ-Т G.9963.

В настоящий пересмотр включены Рекомендация МСЭ-Т G.9964 (2011 г.) и Поправки 1, 2 и 3 к ней, а также добавлен более узкий разнос поднесущих (12,20703125 кГц) для сценариев, в которых используется очень узкий канал (например, связь по линиям электропередачи для приложений умных электросетей).

#### Хронологическая справка\*

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор
1.0	МСЭ-Т G.9964	16.12.2011 г.	15-я	11.1002/1000/11406
1.1	МСЭ-Т G.9964 (2011) Попр. 1	26.02.2016 г.	15-я	11.1002/1000/12579
1.2	МСЭ-Т G.9964 (2011) Попр. 2	30.09.2016 г.	15-я	11.1002/1000/12843
1.3	МСЭ-Т G.9964 (2011) Попр. 3	07.02.2020 г.	15-я	11.1002/1000/14029
2.0	МСЭ-Т G.9964	01.12.2023 г.	15-я	11.1002/1000/15593

#### Ключевые слова

Коаксиальный кабель, G.hn, приемопередатчик для организации домашних сетей, PLC, спектральная плотность мощности, связь по линиям электропередачи, PSD, витая пара.

\* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL <https://handle.itu.int/>, после которого укажите уникальный идентификатор Рекомендации.

## 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 в целях 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/авторскими правами на программное обеспечение, 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 соответствующим базам данных МСЭ-Т, доступным на веб-сайте МСЭ-Т по адресу <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2024

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
3.1 Термины, определенные в других документах .....	1
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации .....	3
4 Сокращения и акронимы .....	3
5 Маска PSD передачи .....	3
5.1 Маскирование поднесущих .....	4
5.2 Формирование спектральной плотности мощности .....	4
5.3 Подавление участков международных диапазонов любительской радиосвязи .....	5
5.4 Предельный уровень спектральной плотности мощности .....	6
5.5 Подавление участков диапазонов VDSL2 .....	6
6 Спецификация спектрального содержания для различных типов среды передачи .....	6
6.1 Спецификация спектрального содержания для телефонных линий .....	6
6.2 Спецификация спектрального содержания для линий электропитания .....	10
6.3 Спецификация спектрального содержания для коаксиальных кабелей .....	12
6.4 Полное сопротивление оконечной нагрузки .....	17
6.5 Суммарная мощность передачи .....	17
6.6 Входное полное сопротивление приемника .....	18
Приложение А .....	19
Приложение В .....	20
Приложение С .....	21
Приложение D – Международные диапазоны любительской радиосвязи .....	22
Приложение E – Влияние МСЭ-Т G.9960 на службы VDSL2 .....	23
Дополнение I – Дополнительные полосы радиочастот .....	24
Библиография .....	26



# Рекомендация МСЭ-Т G.9964

## Унифицированные высокоскоростные приемопередатчики для организации проводных домашних сетей – Спецификация спектральной плотности мощности

### 1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации указаны параметры управления, которые определяют требования к спектральному содержанию, маске спектральной плотности мощности (PSD), определяются набор инструментов для снижения PSD при передаче, средства измерения этой PSD при передаче по телефонным проводам, линиям электропитания и коаксиальному кабелю, а также допустимая суммарная мощность передачи на определенном полном сопротивлении оконечной нагрузки. Рекомендация дополняет спецификацию архитектуры системы и физического уровня (PHY), содержащуюся в [ITU-T G.9960], спецификацию уровня линии передачи данных (DLL) в [ITU-T G.9961], а также изменения и добавления к этим Рекомендациям, определяющим приемопередатчик с многими входами/многими выходами (MIMO) для организации домашних сетей, который описан в [ITU-T G.9963].

Включена поддержка:

- профиля для базового диапазона 200 МГц коаксиального кабеля;
- спектрального содержания для рабочей полосы частот (OFB) 200 МГц, определенной для телефонных линий;
- увеличенной полосы пропускания по коаксиальным кабелям и телефонным проводам;
- дополнительного разноса поднесущих 12,20703125 кГц для узкополосных каналов.

В случае маски ограничения PSD (LPM) профиля 2 в телефонных проводах, если передача не ограничена передачами сетей с повышенным эффектом экранирования, таких, например, как сети с экранированными кабелями или с кабелями, проложенными в земле, соответствие оборудования настоящей Рекомендации, возможно, не обеспечит соблюдения 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.9960] Recommendation ITU-T G.9960 (2023), *Unified high-speed wireline-based home networking transceivers – System architecture and physical layer specification.*
- [ITU-T G.9961] Recommendation ITU-T G.9961 (2023), *Unified high-speed wireline-based home networking transceivers – Data link layer specification.*
- [ITU-T G.9963] Recommendation ITU-T G.9963 (2023), *Unified high-speed wireline-based home networking transceivers – Multiple input/multiple output specification.*

### 3 Определения

#### 3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах:

**3.1.1 базовый диапазон (baseband)** [ITU-T G.9960]: Частотный диапазон, заданный частотой повышающего преобразования  $F_{UC} = 0$  и частотой верхнего смещения  $F_{US} = F_{SC} \times N/2$  (см. таблицу 7-67 в [ITU-T G.9960]).

**3.1.2 домен (domain)** [ITU-T G.9960]: Часть домашней сети, согласно определению в МСЭ-Т G.9960, содержащая ведущий узел домена и все те узлы, которые зарегистрированы с данным ведущим узлом домена. В контексте данной Рекомендации использование термина "домен" без уточнения означает "домен МСЭ-Т G.9960", тогда как использование термина "иностраный домен" означает "домен, не относящийся к МСЭ-Т G.9960". С терминами "домен" и "иностраный домен" могут использоваться дополнительные определения (например, "электросетевой").

**3.1.3 ведущий узел домена (domain master (DM))** [ITU-T G.9960]: Узел, поддерживающий функции ведущего узла домена, который управляет (осуществляет координацию) всеми другими узлами в том же домене (то есть распределяет ресурсы полосы частот и управляет приоритетами). В любом домене может быть только один активный ведущий узел домена, а все остальные узлы в домене управляются (координируются) этим ведущим узлом. В случае сбоя ведущего узла домена другой узел этого домена, способный выполнять функции ведущего узла, должен взять на себя функции ведущего узла домена.

**3.1.4 домашняя сеть (home network)** [ITU-T G.9960]: Два узла или более, способные обмениваться между собой информацией либо непосредственно, либо через релейный узел на физическом уровне или посредством междоменного моста над физическим уровнем. Домашняя сеть состоит из одного или нескольких доменов. В контексте данной Рекомендации использование термина "домашняя сеть" означает "домашняя сеть МСЭ-Т G.9960". Использование термина "иностранная домашняя сеть" означает "домашняя сеть, не относящаяся к МСЭ-Т G.9960". Использование термина "сеть" без определения обозначает любое сочетание терминов "домашняя сеть МСЭ-Т G.9960", "домашняя сеть, не относящаяся к МСЭ-Т G.9960" и "сеть абонентского доступа". Использование термина "иностранная сеть" обозначает любое сочетание терминов "домашняя сеть, не относящаяся к МСЭ-Т G.9960" и "сеть абонентского доступа".

**3.1.5 среда передачи (medium)** [ITU-T G.9960]: Проводное оборудование одного класса линии, обеспечивающее физическое соединение между узлами. Узлы, соединенные с одной средой передачи, могут осуществлять обмен данными на физическом уровне и могут создавать взаимные помехи, если они не используют ортогональные сигналы (например, различные частотные диапазоны, различные временные интервалы).

**3.1.6 узел (node)** [ITU-T G.9960]: Любое сетевое устройство, которое содержит приемопередатчик МСЭ-Т G.9960. В контексте данной Рекомендации использование термина "узел" без определения означает "узел МСЭ-Т G.9960", тогда как использование термина "иностраный узел" означает "узел, не относящийся к МСЭ-Т G.9960". С терминами "узел" и "иностраный узел" могут использоваться дополнительные определения (например, "релейный").

**3.1.7 профиль рабочей полосы частот (OFB) (operational frequency band (OFB) profile)** [ITU-T G.9960]: Классификация OFB в зависимости от используемого в них формата кадра РНУ. В OFB профиля 1 для передачи кадров используется обычный формат кадра РНУ; в OFB профиля 2 для передачи кадров используется формат кадра РНУ с заголовком высокой пропускной способности (HCH).

**3.1.8 рабочая полоса частот (operational frequency band (OFB))** [ITU-T G.9960]: Диапазон частот, который узлу разрешено использовать для связи с другим узлом домена.

**3.1.9 радиочастота (РЧ) (radio frequency (RF))** [ITU-T G.9960]: Полоса частот, определяемая частотой повышающего преобразования  $F_{UC} > 0$  и центральной частотой  $F_C = F_{UC} + F_{US} \gg F_{SC} \times N/2$  (см. таблицы 7-67 и 7-68 в [ITU-T G.9960]).

**3.1.10 поднесущая (поднесущая OFDM) (subcarrier (OFDM subcarrier))** [ITU-T G.9960]: Центральная частота каждого подканала мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), на которой можно осуществлять битовую модуляцию для передачи данных через подканал.

**3.1.11 подканал (подканал OFDM) (subchannel (OFDM subchannel))** [ITU-T G.9960]: Фундаментальный элемент такой технологии модуляции, как мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM). OFDM-модулятор разделяет полосу частот канала на группу параллельных подканалов.

**3.1.12 класс линии (wire class)** [ITU-T G.9960]: Один из классов линии, имеющий одинаковые общие характеристики: коаксиальный кабель, домашние провода электропитания, провода телефонной линии и кабель категории 5.

## 3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины.

Отсутствуют.

## 4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

CB	Coax Baseband		Базовый диапазон коаксиального кабеля
CRF	Coax Radio Frequency		Радиочастота коаксиального кабеля
DM	Domain Master		Ведущий узел домена
EMC	Electromagnetic Compatibility	ЭМС	Электромагнитная совместимость
LPM	Limit PSD Mask		Маска ограничения PSD
OFB	Operational Frequency Band		Рабочая полоса частот
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing		Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением
PB	Powerline Baseband		Базовый диапазон линии электропитания
PHY	Physical layer		Физический уровень
PSD	Power Spectral Density		Спектральная плотность мощности
PSDC	PSD Ceiling		Предельный уровень спектральной плотности мощности
PSM	PSD Shaping Mask		Маска формирования PSD
QoS	Quality of Service		Качество обслуживания
RF	Radio Frequency	РЧ	Радиочастота
RMS	Root Mean Square		Среднеквадратичное значение
RPM	Regional PSDM Mask		Региональная маска PSDM
SM	Subcarrier Mask		Маска поднесущей

## 5 Маска PSD передачи

Маска PSD передачи (TxPSD) определяется маской поднесущих (SM), маской формирования PSD (PSM), подавлением участков международных диапазонов любительской радиосвязи, определяемым в данном пункте, маской ограничения PSD (LPM), определенной для каждой отдельной среды передачи, а также региональной маской PSD (RPM), если ее определение содержится в региональном приложении (см. [ITU-T G.9960]). Одна и та же маска TxPSD должна применяться ко всем узлам домена.

Для приемопередатчика МСЭ-Т G.9960 PSD сигнала передачи на любой частоте никогда не должна выходить за пределы маски PSD передачи. Для приемопередатчика МСЭ-Т G.9963 сумма значений PSD двух сигналов передачи, передаваемых от двух портов Tx на любой частоте, ни при каких условиях не должна превышать TxPSD. PSD сигнала передачи может дополнительно ограничиваться предельным уровнем PSD (PSDC), применяемым к узлам, участвующим в определенном соединении (пункт 5.4).

Маска LPM (см. пункты 6.1.2, 6.2.2 и 6.3.2) определяет абсолютный предел PSD передачи. Однако если для конкретного региона определена маска RPM, в качестве абсолютного предела используется наименьший из уровней масок LPM и RPM на любой заданной частоте. SM, PSDC и PSM обеспечивают дальнейшее ограничение и формирование PSD передачи, используя три механизма: маскирование поднесущих (подавление участков спектра), предельное ограничение PSD (ограничение уровня PSD) и формирование PSD.

Приемопередатчики МСЭ-Т G.9960 и МСЭ-Т G.9963 должны поддерживать маскирование поднесущих, подавление участков международных диапазонов любительской радиосвязи и PSDC. Поддержка формирования PSD необязательна.

Маска PSD передачи должна соответствовать национальным и региональным нормативным требованиям.

Маска LPM определяется на основании предположения, что измерения проводятся с помощью оборудования, соответствующего спецификациям [b-IEC CISPR 16-1], с использованием среднеквадратичного (RMS) детектора с функцией "удержания максимума" при ширине полосы по разрешению 9 кГц для частот ниже 30 МГц и 120 кГц для частот выше 30 МГц. Для соблюдения требований стандарта [b-IEC CISPR 22] и проведения достоверных измерений приемопередатчики МСЭ-Т G.9960 должны находиться в активном состоянии по меньшей мере 10% времени и поддерживать уровень мощности передачи в течение минимум 250 мс.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Помимо описываемых в данном пункте механизмов, определяющих абсолютные уровни ограничения PSD передачи (как в основной полосе, так и внеполосной), настоящая Рекомендация определяет механизм PSDC, который обеспечивает динамическое понижение мощности передачи для каждого отдельного соединения до минимального уровня, достаточного для обеспечения заданного качества обслуживания (QoS).

## 5.1 Маскирование поднесущих

Маскирование поднесущих должно использоваться для подавления передачи на одной или нескольких поднесущих. Условия маскирования поднесущих определяются маской SM. Мощность передачи поднесущих, указанных в маске 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 нескольких маскируемых частотных диапазонов. Каждый диапазон задается начальным индексом поднесущей ( $x_L$ ) и конечным индексом поднесущей ( $x_H$ ) в виде  $\{x_L, x_H\}$ . Маску SM, включающую  $S$  диапазонов, можно представить в следующем формате:

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

Все поднесущие в пределах заданного диапазона, то есть с индексами больше или равными  $x_L$  и меньше или равными  $x_H$ , должны отключаться (передаваться с нулевой мощностью).

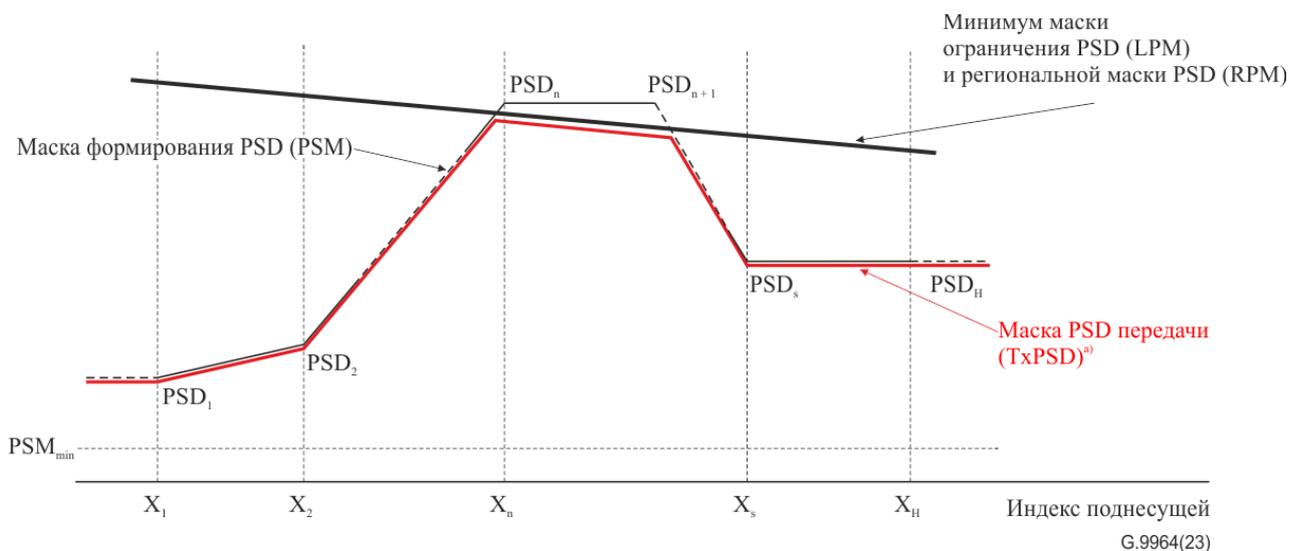
Международные диапазоны любительской радиосвязи (см. Приложение D) не являются частью маски SM. Узел должен обладать возможностью отключения одного или нескольких диапазонов любительской радиосвязи.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Маска SM предназначена для охвата маскируемых поднесущих, определяемых региональным приложением для соблюдения местных нормативных требований, и маскируемых поднесущих, определяемых пользователем или поставщиком услуг в целях упрощения локального развертывания.

## 5.2 Формирование спектральной плотности мощности

Формирование PSD позволяет выполнять понижение PSD передачи в некоторых частях спектра, главным образом для обеспечения спектральной совместимости и совместной работы с инородными технологиями домашних сетей. Условия формирования PSD задаются PSM.

Маска PSM задается в диапазоне частот между нижней поднесущей  $x_1$  и верхней поднесущей  $x_H$  и состоит из одного или нескольких частотных сегментов. Границы сегментов определяются заданными точками излома. В пределах каждого сегмента PSD может быть постоянной либо формировать линейную наклонную характеристику между заданными точками PSD (в дБм/Гц) с частотой, выраженной в линейном масштабе (рисунок 5-1).



<sup>а)</sup> На этом рисунке не показана маска поднесущих (SM).

**Рисунок 5-1 – Построение маски PSD передачи**

Каждая точка излома PSM определяется индексом поднесущей  $x_n$  и величиной  $PSD_n$  на этой поднесущей, выраженной в дБм/Гц  $\{x_n, PSD_n\}$ . Величина  $PSD_1$  также должна применяться к поднесущим ниже  $x_1$ , а величина  $PSD_H$  – к поднесущим выше  $x_H$ . Маску PSM, включающую  $S$  сегментов, можно представить точками излома  $(S + 1)$  в следующем формате:

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

Любой узел, поддерживающий формирование PSD, должен поддерживать до 32 точек излома PSM.

Максимальная крутизна наклонных участков маски PSM подлежит дальнейшему рассмотрению.

Если одна или несколько точек излома PSM заданы выше LPM или региональной маски PSD (RPM), маска PSD передачи должна быть равна:  $TxPSD = \min(PSM, LPM, RPM)$ . Все величины  $PSD_n$  точек излома PSM должны быть больше величины  $PSM_{\min}$ . Величина  $PSM_{\min}$  не должна быть более чем на 30 дБ ниже пиковой величины маски формирования PSD.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Точки излома PSM не имеют отношения к точкам излома SM; маска SM и правила подавления участков международных диапазонов любительской радиосвязи всегда имеют приоритет над маской PSM, если они заданы для тех же индексов.

### 5.3 Подавление участков международных диапазонов любительской радиосвязи

Если какой-либо диапазон любительской радиосвязи маскируется, то поднесущие с частотами  $(F_{AL} - F_{SC}) \leq f \leq (F_{HL} + F_{SC})$ , где  $F_{AL}$  и  $F_{HL}$  – нижняя и верхняя частоты любительского радиодиапазона согласно определению в Приложении D, должны быть отключены (передаваться с нулевой мощностью). Кроме того, у любого узла, работающего по телефонной линии или линии электропитания, PSD передаваемого сигнала во всех международных диапазонах любительской радиосвязи, маскируемых в заданном домене, не должна превышать  $-85$  дБм/Гц.

Крутизна характеристики PSD для формирования полосы подавления определяется по усмотрению производителя.

## 5.4 Предельный уровень спектральной плотности мощности

PSDC определяет уровень PSD, который используется для наложения ограничения (то есть предельной функции) на передаваемый сигнал. PSDC не зависит от частоты и обозначается одной величиной в дБм/Гц. Допустимым диапазоном величин PSDC являются значения от  $-50$  дБм/Гц до  $-100$  дБм/Гц с шагами по 2 дБ.

PSDC должен поддерживаться всеми приемопередатчиками МСЭ-Т G.9960.

## 5.5 Подавление участков диапазонов VDSL2

Любой узел, работающий через телефонную линию, коаксиальный кабель или линию электропитания, должен поддерживать снижение PSD передаваемого сигнала в одном или нескольких частотных диапазонах VDSL2 до уровней, достаточных для надежной передачи сигналов VDSL2 согласно определению в Приложении E.

## 6 Спецификация спектрального содержания для различных типов среды передачи

### 6.1 Спецификация спектрального содержания для телефонных линий

#### 6.1.1 Параметры управления

В таблице 6-1 приведены допустимые параметры управления OFDM для различных OFB, определенных для телефонных линий. Параметры определены в [ITU-T G.9960].

Таблица 6-1 – Параметры управления OFDM для телефонных линий

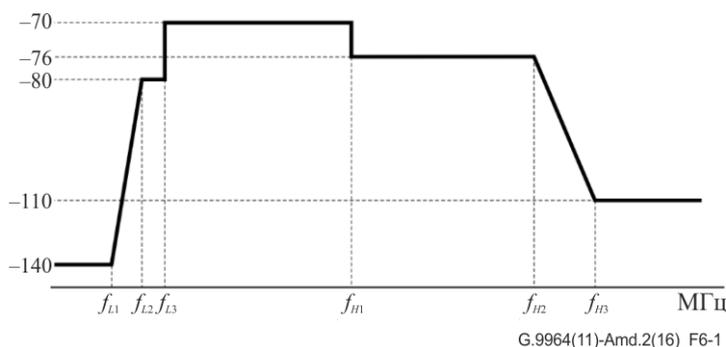
Тип домена	Телефонная линия (Примечание 5)			
	Профиль 1			Профиль 2 (Примечание 6)
Название частотного плана	50 МГц-ТВ (Примечание 2)	100 МГц-ТВ (Примечание 3)	200 МГц-ТВ (Примечание 4)	
Минимальная рабочая частота	0 МГц	0 МГц	0 МГц	$OF_{MIN}$
Максимальная рабочая частота	50 МГц	100 МГц	200 МГц	$OF_{MAX}$
$N$	1 024	2 048	4 096	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/F_{SC}$
$F_{SC}$	48,828125 кГц	48,828125 кГц	48,828125 кГц	48,828125 кГц
$S$ (частота выборки)	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$
$N_{GI}$	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборок при $S$ Мвыборок/с
$N_{GI-ND}$	$N/4 = 256$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 512$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 1024$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/4$ выборок при $S$ Мвыборок/с
$N_{GI-DF}$	$N/4 = 256$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 512$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 1024$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/4$ выборок при $S$ Мвыборок/с
$\beta$	$N/32 = 32$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 = 64$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 = 128$ выборок при $S$ Мвыборок/с	$N/32$ выборок при $S$ Мвыборок/с
$F_{US}$	25 МГц	50 МГц	100 МГц	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/2$
$F_{UC}$	0 МГц	0 МГц	0 МГц	$OF_{MIN}$
Правило индексации поднесущих (Примечание 1)	Правило № 1	Правило № 1	Правило № 1	Правило № 1
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Более подробные сведения о правилах индексации поднесущих приведены в пункте 7.1.4.1 [ITU-T G.9960]. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Диапазон частот поднесущих от 0 до 50 МГц. ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Диапазон частот поднесущих от 0 до 100 МГц.				

**Таблица 6-1 – Параметры управления OFDM для телефонных линий**

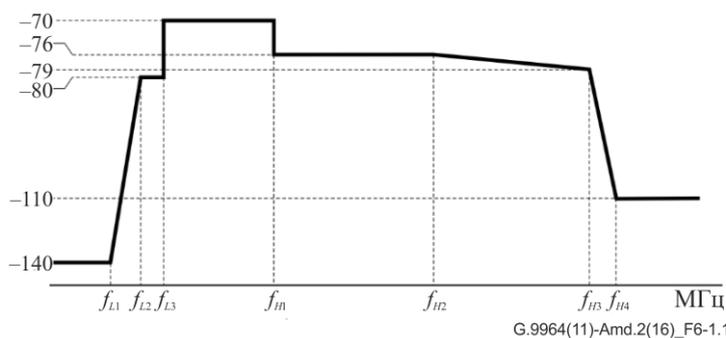
Тип домена	Телефонная линия (Примечание 5)			Профиль 2 (Примечание 6)
Название частотного плана	Профиль 1			
	50 МГц-ТВ (Примечание 2)	100 МГц-ТВ (Примечание 3)	200 МГц-ТВ (Примечание 4)	
ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Диапазон частот поднесущих от 0 до 200 МГц. ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Профиль базового диапазона телефонной линии также применим к любому другому кабелю на основе витой медной пары (например, категории 5). ПРИМЕЧАНИЕ 6. – $f_{\text{MAX}}$ и $f_{\text{MIN}}$ соответствуют максимальной и минимальной частоте, которую можно использовать в течение передачи в OFB профиля 2. Величина $f_{\text{MAX}} - f_{\text{MIN}}$ должна быть кратной 50 МГц.				

### 6.1.2 Спецификация маски PSD для телефонных линий

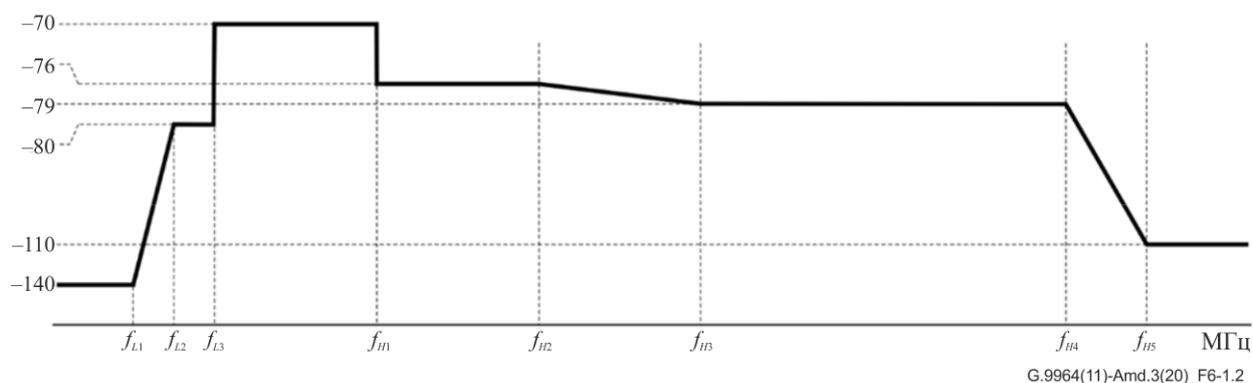
LPM для работы по телефонным линиям (OFB 50 МГц-ТВ, 100 МГц-ТВ и 200 МГц-ТВ) должна быть такой, как показано на рисунке 6-1 для OFB 50 МГц-ТВ и 100 МГц-ТВ, на рисунке 6-1.1 для OFB 200 МГц-ТВ и на рисунке 6-1.2 для OFB профиля 2 с частотами  $f_L$ - $f_H$ , приведенными в таблицах 6-2 и 6-3.



**Рисунок 6-1 – LPM для передачи сигналов по телефонным линиям (участки подавления диапазонов любительской радиосвязи не показаны)**



**Рисунок 6-1.1 – LPM для передачи сигналов по телефонным линиям (участки подавления диапазонов любительской радиосвязи не показаны)**



**Рисунок 6-1.2 – LPM для передачи сигналов по телефонным линиям  
(участки подавления диапазонов любительской радиосвязи не показаны)**

Параметры частотного спектра для OFB 50 МГц-ТВ, 100 МГц-ТВ, 200 МГц-ТВ и OFB профиля 2 приведены в таблицах 6-2, 6-3, 6-3.1 и 6-3.2 соответственно. Промежуточные точки между точками, определенными на рисунках 6-1, 6-1.1 и 6-1.2, следует получать с помощью линейной интерполяции (в дБ по линейной шкале частоты).

**Таблица 6-2 – Параметры LPM для OFB 50 МГц-ТВ**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1,7	-140	Обеспечивает защиту устройств ADSL без сплиттеров
$f_{L2}$	3,5	-80	Совпадает с диапазоном любительской радиосвязи
$f_{L3}$	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	30	-76	
$f_{H2}$	50		
$f_{H3}$	60	-110	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше $f_{H2} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

**Таблица 6-3 – Параметры LPM для OFB 100 МГц-ТВ**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1,7	-140	Обеспечивает защиту устройств ADSL без сплиттеров
$f_{L2}$	3,5	-80	Совпадает с диапазоном любительской радиосвязи
$f_{L3}$	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	30	-76	

**Таблица 6-3 – Параметры LPM для OFB 100 МГц-ТВ**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{H2}$	100		
$f_{H3}$	120	-110	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше $f_{H2} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

**Таблица 6-3.1 – Параметры LPM для OFB 200 МГц-ТВ**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1,7	-140	Обеспечивает защиту устройств ADSL без сплиттеров
$f_{L2}$	3,5	-80	Совпадает с диапазоном любительской радиосвязи
$f_{L3}$	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	30	-76	
$f_{H2}$	100		
$f_{H3}$	200	-79	
$f_{H4}$	240	-110	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше $f_{H2} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

**Таблица 6-3.2 – Параметры LPM для OFB профиля 2**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1,7	-140	Обеспечивает защиту устройств ADSL без сплиттеров
$f_{L2}$	3,5	-80	Совпадает с диапазоном любительской радиосвязи
$f_{L3}$	4,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4,0 + \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	30	-76	
$f_{H2}$	100		
$f_{H3}$	200	-79	
$f_{H4}$	400	-79	
$f_{H5}$	480	-110	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше $f_{H2} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При использовании дополнительного формирования спектра, как описано в пункте 5.2 (например, для обеспечения спектральной совместимости, соблюдения ограничений мощности в широкой полосе и др.), различные участки этой маски PSD могут понижаться за счет отключения поднесущих или снижения

мощности их передачи. При необходимости могут использоваться дополнительные участки подавления частотного спектра.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Сети VDSL2 обычно развертываются, используя служебный сплиттер (в [b-ITU-T G.993.2] не поощряется использование технологии VDSL2 без сплиттеров). Это позволяет использовать спектр МСЭ-Т G.9960 вплоть до  $f_{L3}$ . При использовании сетей VDSL2 без сплиттеров нижняя частота спектра МСЭ-Т G.9960 должна быть смещена вверх и установлена над верхней поднесущей нисходящего потока VDSL2.

В пункте 7.2.1 [ITU-T G.9960] содержится более подробная спецификация физического уровня для передачи сигналов по телефонным линиям.

### 6.1.3 Постоянно маскируемые поднесущие

Поднесущие 0–72 (включительно) должны постоянно маскироваться при передаче сигналов по телефонным линиям. Они не должны использоваться для передачи (ни данных, ни какой-либо вспомогательной информации).

## 6.2 Спецификация спектрального содержания для линий электропитания

### 6.2.1 Параметры управления

В таблице 6-4 приведены допустимые параметры управления OFDM для различных OFB, определенных для линий электропитания. Параметры определены в [ITU-T G.9960].

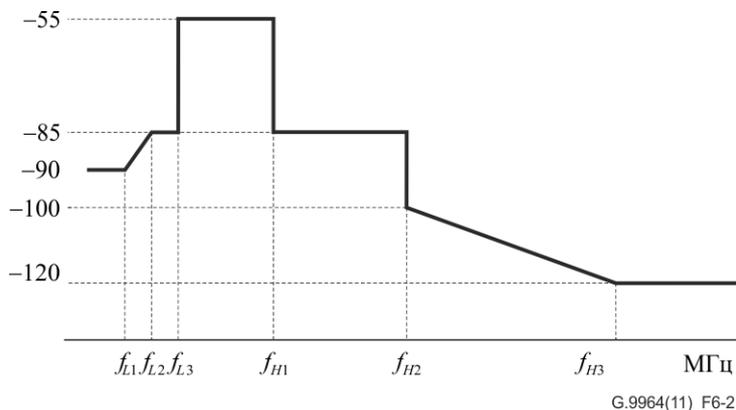
Таблица 6-4 – Параметры управления OFDM для линий электропитания

Тип домена	Базовый диапазон линии электропитания		
Название OFB	Профиль 1		
	25 МГц-РВ (Примечание 3)	50 МГц-РВ (Примечание 3)	100 МГц-РВ (Примечание 3)
$N$	1 024	2 048	4 096
$k_{SS}$	0,5 или 1 (Примечание 4)	0,5 или 1 (Примечание 4)	0,5 или 1 (Примечание 4)
$F_{SC}$	$k_{SS} * 24,4140625$ кГц	$k_{SS} * 24,4140625$ кГц	$k_{SS} * 24,4140625$ кГц
$N_{GI}$	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборок при 25 Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборок при 50 Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборок при 100 Мвыборок/с
$N_{GI-HD}$	$N/4 = 256$ выборок при 25 Мвыборок/с	$N/4 = 512$ выборок при 50 Мвыборок/с	$N/4 = 1024$ выборки при 100 Мвыборок/с
$N_{GI-DF}$	$N/4 = 256$ выборок при 25 Мвыборок/с	$N/4 = 512$ выборок при 50 Мвыборок/с	$N/4 = 1024$ выборки при 100 Мвыборок/с
$\beta$	$N/8 = 128$ выборок при 25 Мвыборок/с	$N/8 = 256$ выборок при 50 Мвыборок/с	$N/8 = 512$ выборок при 100 Мвыборок/с
$F_{US}$	$k_{SS} * 12,5$ МГц	$k_{SS} * 25$ МГц	$k_{SS} * 50$ МГц
$F_{UC}$	0 МГц	0 МГц	0 МГц
Правило индексации поднесущих (Примечание 1)	Правило № 1	Правило № 1	Правило № 1
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Более подробные сведения о правилах индексации поднесущих приведены в пункте 7.1.4.1 [ITU-T G.9960].</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – OFB 25 МГц, 50 МГц и 100 МГц могут использоваться узлами, работающими в одном домене базового диапазона линии электропитания.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Диапазон частот поднесущих от 0 до <math>2 \times F_{US}</math> МГц.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Коэффициент разноса поднесущих <math>k_{SS} = 0,5</math> определен для сценариев, в которых используется очень узкий канал (например, связь по линиям электропередачи для приложений умных электросетей).</p>			

## 6.2.2 Спецификация маски PSD для линий электропитания

Для частотных планов 25 МГц-РВ, 50 МГц-РВ и 100 МГц-РВ маски LPM базового диапазона для передачи сигналов по линиям электропитания должны быть такими, как показано на рисунке 6-2, с частотами  $f_L - f_H$ , приведенными в таблице 6-5.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Уровни PSD могут быть дополнительно ограничены нормативными требованиями электромагнитной совместимости (ЭМС).



**Рисунок 6-2 – LPM для передачи сигналов по линиям электропитания для OFB 25 МГц-РВ, 50 МГц-РВ и 100 МГц-РВ (участки подавления диапазонов любительской радиосвязи не показаны)**

Параметры частотного спектра для планов 25 МГц-РВ, 50 МГц-РВ и 100 МГц-РВ приведены в таблице 6-5. Промежуточные точки между точками, определенными на рисунке 6-2, рассчитываются путем линейной интерполяции (в дБ по линейной шкале частоты).

**Таблица 6-5 – Параметры LPM для OFB 25 МГц-РВ, 50 МГц-РВ и 100 МГц-РВ**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1,1	-90	Дополнительное подавление на частотах менее 1,1 МГц для снижения перекрестных помех с ADSL
$f_{L2}$	1,8	-85	Совпадает с диапазоном любительской радиосвязи
$f_{L3}$	2,0		
$f_{L3} + \Delta F$	$2,0 + \Delta F$	-55	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-55	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	30	-85	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H2} - \Delta F$	$100 - \Delta F$		
$f_{H2}$	100	-100	
$f_{H3}$	250	-120	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше $f_{H2} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При использовании дополнительного формирования спектра, как описано в пункте 5.2 (например, для обеспечения спектральной совместимости с VDSL2, соблюдения ограничений мощности в широкой полосе и др.), различные участки этой маски PSD могут понижаться за счет отключения поднесущих или снижения мощности их передачи. При необходимости могут использоваться дополнительные участки подавления частотного спектра.

Поднесущие с частотами  $(80 \text{ МГц} - F_{SC}) \leq f \leq (100 \text{ МГц} + F_{SC})$  должны маскироваться (передаваться с нулевой мощностью) посредством маски SM, если только использование этого диапазона не разрешено региональными нормативами.

В пункте 7.2.2 [ITU-T G.9960] содержится более подробная спецификация физического уровня для передачи сигналов по линиям электропитания.

### 6.2.3 Постоянно маскируемые поднесущие

Поднесущие 0–74 (включительно) сигналов базового диапазона должны постоянно маскироваться при передаче по линиям электропитания. Они не должны использоваться для передачи (ни данных, ни какой-либо вспомогательной информации).

## 6.3 Спецификация спектрального содержания для коаксиальных кабелей

### 6.3.1 Параметры управления

В таблице 6-6 приведены допустимые параметры управления OFDM для различных OFB, определенных для коаксиальных кабелей. Параметры определены в [ITU-T G.9960].

**Таблица 6-6 – Параметры управления OFDM для коаксиальных кабелей**

Тип домена	Базовый диапазон коаксиального кабеля (Примечание 2)			Коаксиальный кабель	РЧ коаксиального кабеля (Примечание 2)	
	OFB профиля 1				OFB профиля 2 (Примечание 10)	OFB профиля 1
Название частотного плана	50 МГц-СВ (Примечание 4)	100 МГц-СВ (Примечание 5)	200 МГц-СВ (Примечание 9)			50 МГц-CRF (Примечание 6)
Минимальная рабочая частота	0 МГц	0 МГц	0 МГц	$OF_{\text{MIN}}$	0 МГц	0 МГц
Максимальная рабочая частота	50 МГц	100 МГц	200 МГц	$OF_{\text{MAX}}$	50 МГц	100 МГц
$F_{SC}$	195,3125 кГц	195,3125 кГц	195,3125 кГц	48,828125 кГц	195,3125 кГц	195,3125 кГц
$S$ (частота выборки)	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$				
$N_{GI}$	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 \times k$ для $k = 1, \dots, 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с
$N_{GI-ND}$	$N/4 = 64$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 128$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 256$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 64$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 128$ выборки при $S$ Мвыборок/с
$N_{GI-DF}$	$N/4 = 64$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 128$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 256$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 64$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/4 = 128$ выборки при $S$ Мвыборок/с
$\beta$	$N/32 = 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 = 16$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 = 32$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 = 8$ выборки при $S$ Мвыборок/с	$N/32 = 16$ выборки при $S$ Мвыборок/с
$F_{US}$	25 МГц	50 МГц	100 МГц	$(OF_{\text{MAX}} - OF_{\text{MIN}})/2$	25 МГц	50 МГц
$F_{UC}$	0 МГц	0 МГц	0 МГц	$OF_{\text{MIN}}$	$X$ (Примечание 3)	$Y$ (Примечание 3)
Правило индексации поднесущих (Примечание 1)	Правило № 1	Правило № 1	Правило № 1	Правило № 1	Правило № 1, если $X = Y$ , либо правило № 2, если $X + 25 \text{ МГц} = Y + 50 \text{ МГц}$ (Примечание 8)	Правило № 1, если $X = Y$ , либо правило № 2, если $X + 25 \text{ МГц} = Y + 50 \text{ МГц}$ (Примечание 8)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Более подробные сведения о правилах индексации поднесущих приведены в пункте 7.1.4.1 [ITU-T G.9960].

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – OFB 50 МГц, 100 МГц и 200 МГц могут использоваться узлами, работающими в одном домене базового диапазона коаксиального кабеля. Тот же принцип применяется к OFB 50 МГц и 100 МГц, определенным для домена РЧ коаксиального кабеля.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Величины  $F_{UC}$  необходимо выбирать из допустимого множества, определенного в таблице 7-67 [ITU-T G.9960], соблюдая правила регионального распределения спектра (см. региональные приложения).

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Диапазон частот поднесущих от 0 до 50 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Диапазон частот поднесущих от 0 до 100 МГц.

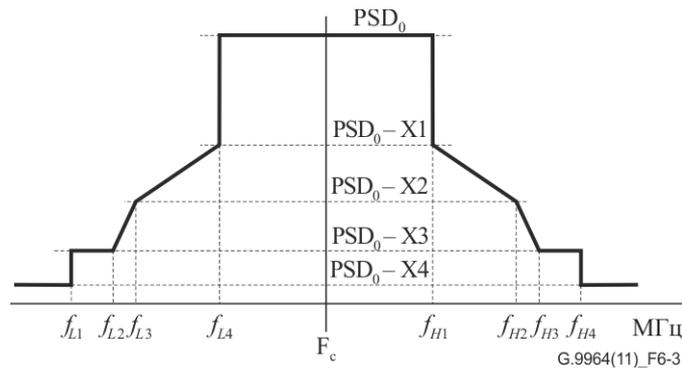
ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Диапазон частот поднесущих от  $X$  до  $(X + 50)$  МГц.

**Таблица 6-6 – Параметры управления OFDM для коаксиальных кабелей**

Тип домена	Базовый диапазон коаксиального кабеля (Примечание 2)			Коаксиальный кабель	РЧ коаксиального кабеля (Примечание 2)	
Название частотного плана	OFB профиля 1			OFB профиля 2 (Примечание 10)	OFB профиля 1	
	50 МГц-СВ (Примечание 4)	100 МГц-СВ (Примечание 5)	200 МГц-СВ (Примечание 9)		50 МГц-CRF (Примечание 6)	100 МГц-CRF (Примечание 7)
ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Диапазон частот поднесущих от $Y$ до $(Y + 100)$ МГц. ПРИМЕЧАНИЕ 8. – Точные определения правил индексации содержатся в региональных приложениях. ПРИМЕЧАНИЕ 9. – Диапазон частот поднесущих от 0 до 200 МГц. ПРИМЕЧАНИЕ 10. – Величина $OF_{MAX} - OF_{MIN}$ должна быть кратной 50 МГц.						

**6.3.2 Спецификация маски PSD для коаксиальных кабелей**

LPM для передачи РЧ-сигналов по коаксиальному кабелю показана на рисунке 6-3, а ее частоты указаны в таблице 6-7 (OFB 50 МГц-CRF) и таблице 6-8 (OFB 100 МГц-CRF), где ширина полосы  $BW = f_{H1} - f_{L3}$ .



**Рисунок 6-3 – LPM одного канала для передачи РЧ-сигналов по коаксиальному кабелю**

Предлагаемые параметры частотного спектра для коаксиальных кабелей приведены в таблицах 6-7 и 6-8. Предполагается, что промежуточные точки между точками, определенными на рисунке 6-3, рассчитываются путем линейной интерполяции (в дБ по линейной шкале частоты).

**Таблица 6-7 – Параметры LPM РЧ-сигналов коаксиального кабеля для OFB 50 МГц-CRF**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц) (Примечание 1)	Примечание/описание
$F_c - f_{L1}$	75	$PSD_0 - 50$	
$F_c - f_{L2}$	50	$PSD_0 - 45$	
$F_c - f_{L3}$	35	$PSD_0 - 40$	
$F_c - f_{L4}$	25	$PSD_0 - 20$	
	$f_{L4} + \Delta F$	$PSD_0$	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$F_c$	$M \times 25$ МГц	$PSD_0$	
	$f_{H1} - \Delta F$	$PSD_0$	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1} - F_c$	25	$PSD_0 - 20$	
$f_{H2} - F_c$	35	$PSD_0 - 40$	
$f_{H3} - F_c$	50	$PSD_0 - 45$	

**Таблица 6-7 – Параметры LPM РЧ-сигналов коаксиального кабеля для OFB 50 МГц-CRF**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц) (Примечание 1)	Примечание/описание
$f_{H4} - F_C$	75	PSD <sub>0</sub> – 50	
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – PSD <sub>0</sub> = –68 дБм/Гц. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Поднесущие ниже $f_{L4} + \Delta F$ и выше $f_{H1} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

**Таблица 6-8 – Параметры LPM РЧ-сигналов коаксиального кабеля для OFB 100 МГц-CRF**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц) (Примечание 1)	Примечание/описание
$F_C - f_{L1}$	150	PSD <sub>0</sub> – 50	
$F_C - f_{L2}$	100	PSD <sub>0</sub> – 45	
$F_C - f_{L3}$	70	PSD <sub>0</sub> – 40	
$F_C - f_{L4}$	50	PSD <sub>0</sub> – 20	
	$f_{L4} + \Delta F$	PSD <sub>0</sub>	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина.
$F_C$	$M \times 25$ МГц	PSD <sub>0</sub>	
	$f_{H1} - \Delta F$	PSD <sub>0</sub>	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина.
$f_{H1} - F_C$	50	PSD <sub>0</sub> – 20	
$f_{H2} - F_C$	70	PSD <sub>0</sub> – 40	
$f_{H3} - F_C$	100	PSD <sub>0</sub> – 45	
$f_{H4} - F_C$	150	PSD <sub>0</sub> – 50	
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – PSD <sub>0</sub> = –68 дБм/Гц. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Поднесущие ниже $f_{L4} + \Delta F$ и выше $f_{H1} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

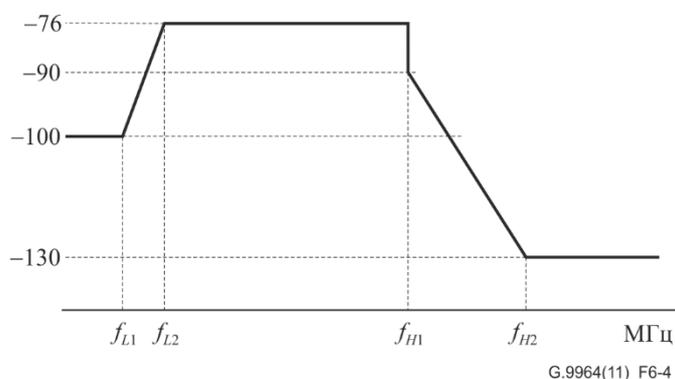
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При использовании дополнительного формирования спектра, как описано в пункте 5.2, маска PSD передачи может понижаться на требуемых участках этого спектра за счет отключения поднесущих или снижения мощности их передачи.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В случае когда по одному коаксиальному кабелю установлено более одного канала, соответствующие интервалы между центральными частотами каналов должны быть равны суммарным величинам внеполосной PSD, указанным в таблицах 6-7 и 6-8.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Внеполосные побочные сигналы на выходе узла, осуществляющего передачу сигналов по коаксиальному кабелю в радиочастотном режиме, должны соответствовать LPM, определенной в таблицах 6-7 и 6-8. Предельная величина суммарной мощности внеполосных побочных сигналов подлежит дальнейшему рассмотрению. Требования для побочных сигналов в основной полосе подлежат дальнейшему рассмотрению.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Характеристики защитных частотных диапазонов подлежат дальнейшему рассмотрению.

LPM для передачи сигналов в коаксиальных OFB профиля 1 (OFB 50 МГц-СВ, 100 МГц-СВ и 200 МГц-СВ) показана на рисунке 6-4, а ее частоты и уровни PSD указаны в таблице 6-9 (OFB 50 МГц-СВ), таблице 6-10 (OFB 100 МГц-СВ) и таблице 6-10.1 (OFB 200 МГц-СВ), где ширина полосы  $BW = f_{H1} - f_{L2}$ .



**Рисунок 6-4 – LPM базового диапазона коаксиального кабеля (OFB профиля 1)**

Промежуточные точки между точками, определенными на рисунке 6-4, рассчитываются путем линейной интерполяции (в дБ по линейной шкале частоты).

**Таблица 6-9 – Параметры LPM сигналов коаксиального кабеля для OFB 50 МГц-СВ**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1	-100	
$f_{L2}$	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$50 - \Delta F$	-76	$\Delta F$ – это произвольная малая положительная величина
$f_{H1}$	50	-90	
$f_{H2}$	70	-130	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше $f_{H1} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

**Таблица 6-10 – Параметры LPM сигналов коаксиального кабеля для OFB 100 МГц-СВ**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1	-100	
$f_{L2}$	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$100 - \Delta F$	-76	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	100	-90	
$f_{H2}$	140	-130	
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше $f_{H1} - \Delta F$ не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).			

**Таблица 6-10.1 – Параметры LPM сигналов коаксиального кабеля  
для OFB 200 МГц-СВ**

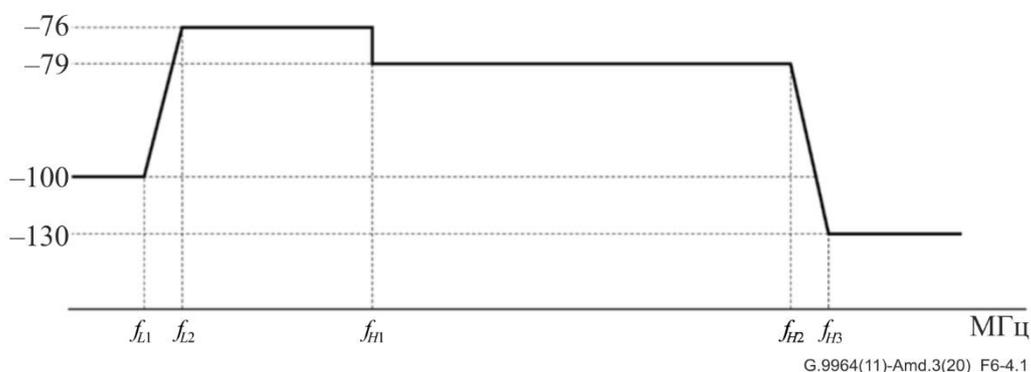
Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1	-100	
$f_{L2}$	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$200 - \Delta F$	-76	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	200	-90	
$f_{H2}$	280	-130	

ПРИМЕЧАНИЕ. – Поднесущие выше  $f_{H1} - \Delta F$  не должны использоваться для передачи (ни данных, ни вспомогательной информации).

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – При использовании дополнительного формирования спектра, как описано в пункте 5.2, маска PSD передачи может понижаться на требуемых участках этого спектра за счет отключения поднесущих или снижения мощности их передачи.

В пункте 7.2.3 [ITU-T G.9960] содержится более подробная спецификация физического уровня для передачи сигналов по коаксиальному кабелю.

LPM для работы в коаксиальных OFB профиля 2 показана на рисунке 6-4.1, а ее частоты и уровни PSD показаны в таблице 6-10.2, где ширина полосы  $BW = f_{H1} - f_{L2}$ .



**Рисунок 6-4.1 – LPM коаксиального кабеля (OFB профиля 2)**

Промежуточные точки между точками, определенными на рисунке 6-4.1, рассчитываются путем линейной интерполяции (в дБ по линейной шкале частоты).

**Таблица 6-10.2 – Параметры маски ограничения PSD сигналов коаксиального кабеля  
для OFB профиля 2**

Параметры	Частота (МГц)	PSD (дБм/Гц)	Примечание/описание
$f_{L1}$	1	-100	
$f_{L2}$	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$200 - \Delta F$	-76	$\Delta F$ – это произвольно малая положительная величина
$f_{H1}$	200	-79	
$f_{H2}$	2 000	-79	
$f_{H3}$	2 200	-130	

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – При использовании дополнительного формирования спектра, как описано в пункте 5.2, маска PSD передачи может понижаться на соответствующих участках этого спектра за счет отключения поднесущих или снижения мощности их передачи.

В пункте 7.2.3 [ITU-T G.9960] содержится более подробная спецификация физического уровня для передачи сигналов по коаксиальному кабелю.

### 6.3.3 Постоянно маскируемые поднесущие

Поднесущие 0–10 (включительно) сигналов базового диапазона должны постоянно маскироваться при передаче по коаксиальным кабелям. Они не должны использоваться для передачи (ни данных, ни какой-либо вспомогательной информации).

### 6.3.4 Совместная передача сигналов по коаксиальному кабелю

Узлы, передающие сигналы по коаксиальному кабелю, используют установленные методы и процедуры обнаружения и перестройки частоты во избежание взаимных помех с инородными домашними сетями и другими службами (например, службами связи и радиовещания), передающими сигналы по тем же коаксиальным кабелям. Подробное описание этих методов и процедур будет приведено в будущей версии данной Рекомендации.

## 6.4 Полное сопротивление оконечной нагрузки

Номинальные величины полного сопротивления оконечной нагрузки для различных типов среды передачи указаны в таблице 6-11. Оконечная нагрузка со стандартным полным сопротивлением должна использоваться для измерения PSD и суммарной мощности передачи.

Таблица 6-11 – Стандартное полное сопротивление оконечной нагрузки

Среда передачи	Полное сопротивление оконечной нагрузки (Ом)
Базовый диапазон линии электропитания	100
Телефонная линия	100
Базовый диапазон коаксиального кабеля	75
РЧ коаксиального кабеля	75

## 6.5 Суммарная мощность передачи

Суммарная мощность передачи приемопередатчика с подключенной оконечной нагрузкой со стандартным полным сопротивлением (см. пункт 6.4) не должна превышать значений, указанных в таблице 6-12.

Таблица 6-12 – Предельные величины суммарной мощности передачи

Среда передачи	OFB	Предел мощности передачи (дБм)	Диапазон частот измерений (МГц)
Базовый диапазон линии электропитания	50 МГц-РВ	+20	0,005–100
	100 МГц-РВ	+20	0,005–150
Телефонная линия	50 МГц-ТВ	+3	0,005–100
	100 МГц-ТВ	+4,5	0,005–150
	200 МГц-ТВ	+6	0,005–250
	Профиль 2	$3 + 1,5 \times \log_2(F/50)$	$OF_{MAX} - OF_{MIN}$
Базовый диапазон коаксиального кабеля	50 МГц-СВ	-1	0,005–100
	100 МГц-СВ	+2	0,005–150

**Таблица 6-12 – Предельные величины суммарной мощности передачи**

Среда передачи	OFB	Предел мощности передачи (дБм)	Диапазон частот измерений (МГц)
	200 МГц-СВ	+5	0,005–300
	Профиль 2	$-1 + 3 \times \text{Log}_2(F/50)$	$OF_{\text{MAX}} - OF_{\text{MIN}}$
РЧ коаксиального кабеля	50 МГц-RF	+5	$(F_{UC} - 100) - (F_{UC} + 100)$
	100 МГц-RF	+8	$(F_{UC} - 150) - (F_{UC} + 150)$
ПРИМЕЧАНИЕ. – $F = (OF_{\text{MAX}} - OF_{\text{MIN}})$ (см. таблицы 6-1, 6-4 и 6-6).			

### 6.6 Входное полное сопротивление приемника

При работе по линии электропитания не в режиме передачи реализующее устройство должно обеспечивать минимальное полное сопротивление 40 Ом в диапазоне от 1,8 до 50 МГц, измеренное между линией (фазовым проводом) и нулевым проводом. В диапазонах от 100 кГц до 1,8 МГц и от 50 до 100 МГц должно быть обеспечено минимальное полное сопротивление 20 Ом.

## **Приложение А**

(Данное Приложение намеренно оставлено пустым.)

## **Приложение В**

(Данное Приложение намеренно оставлено пустым.)

## **Приложение С**

(Данное Приложение намеренно оставлено пустым.)

## Приложение D

### Международные диапазоны любительской радиосвязи

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

**Таблица D.1 – Международные диапазоны любительской радиосвязи  
в полосе частот 0–100 МГц**

Начало диапазона (кГц)	Конец диапазона (кГц)	SC <sub>начало</sub> (Примечание 1)	SC <sub>конец</sub> (Примечание 1)	SC <sub>начало</sub> (Примечание 2)	SC <sub>конец</sub> (Примечание 2)
1 800	2 000	73	82	36	41
3 500	4 000	143	164	71	82
7 000	7 300	286	300	143	150
10 100	10 150	413	416	206	208
14 000	14 350	573	588	286	294
18 068	18 168	740	745	370	373
21 000	21 450	860	879	430	440
24 890	24 990	1 019	1 024	509	512
28 000	29 700	1 146	1 217	573	609
50 000	54 000	2 047	2 212	1 023	1 106
69 900	70 500	2 863	2 888	1 431	1 444
144 000	148 000	Н/П	Н/П	2 949	3 032
219 000	225 000	Н/П	Н/П	4 485	4 619
420 000	450 000	Н/П	Н/П	8 601	9 217

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Индекс поднесущей в единицах шага частот 24,4140625 кГц (все OFB линий электропитания).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Индекс поднесущей в единицах шага частот 48,828125 кГц (все OFB телефонных линий), где SC<sub>начало</sub> и SC<sub>конец</sub> относятся соответственно к начальному и конечному индексам маскируемых поднесущих, если соответствующие диапазоны маскируются.

## **Приложение Е**

### **Влияние МСЭ-Т G.9960 на службы VDSL2**

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Данное Приложение определяет способы снижения влияния [ITU-T G.9960] на службы VDSL2. Эти способы различаются в зависимости от типа среды передачи и того, использует ли служба одни и те же провода с VDSL2 или ее провода проложены рядом. Фактические частотные диапазоны VDSL2, в которых проявляется влияние МСЭ-Т G.9960, и соответствующие параметры снижения PSD также зависят от региона; они могут быть сконфигурированы посредством дистанционной или локальной системы управления, с использованием параметров конфигурации, указанных в данном Приложении. Подробности подлежат дальнейшему рассмотрению.

## Дополнение I

### Дополнительные полосы радиочастот

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В настоящем Дополнении приведены дополнительные полосы радиочастот, в которых согласно национальным нормативам может требоваться снижение PSD.

**Таблица I.1 – Полосы международного вещания**

Начало диапазона (кГц)	Конец диапазона (кГц)
2 300	2 498
3 200	3 400
3 900	4 000
4 750	5 060
5 900	6 200
7 200	7 450
9 400	9 900
11 600	12 100
13 570	13 870
15 100	15 800
17 480	17 900
18 900	19 020
21 450	21 850
25 670	26 100

**Таблица I.2 – Полосы воздушной подвижной службы**

Начало диапазона (кГц)	Конец диапазона (кГц)
2 850	3 150
3 400	3 500
3 800	3 950
4 650	4 850
5 450	5 730
6 525	6 765
8 815	9 040
10 005	10 100
11 175	11 400
13 200	13 360
15 010	15 100
17 900	18 030
21 924	22 000
23 200	23 350

**Таблица I.3 – Полосы радиоастрономической службы**

<b>Начало диапазона (кГц)</b>	<b>Конец диапазона (кГц)</b>
13 360	13 410
25 550	25 670

## Библиография

- [b-ITU-T G.993.2] Recommendation ITU-T G.993.2 (2006), *Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)*.
- [b-IEC CISPR 16-1] IEC CISPR 16-1:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*.
- [b-IEC CISPR 22] IEC CISPR 22:2008, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*.



## 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
<b>Серия G</b>	<b>Системы и среда передачи, цифровые системы и сети</b>
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