

Международный союз электросвязи

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.9901

(04/2014)

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

Сети доступа – Сети внутри помещений

**Узкополосные приемопередатчики
с ортогональным частотным разделением
систем связи по линиям электропередачи –
Спецификация спектральной плотности
мощности**

Рекомендация МСЭ-Т G.9901

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	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.9901

Узкополосные приемопередатчики с ортогональным частотным разделением систем связи по линиям электропередачи – Спецификация спектральной плотности мощности

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.9901 определяются параметры управления, которые задают спектральный состав, требования к маске спектральной плотности мощности (PSD), набор инструментов, обеспечивающих снижение PSD передачи, средства измерения данной PSD применительно к передаче по проводам линий электропередачи, а также допустимую суммарную мощность передачи, выделяемую в указанном импедансе оконечной нагрузки. Эта Рекомендация дополняет спецификации архитектуры системы, физического уровня (PHY) и уровня канала передачи данных (DLL), изложенные в Рекомендациях МСЭ-Т G.9902 (G.hnem), G.9903 (G3-PLC) и G.9904 (PRIME).

В настоящей Рекомендации используется материал Рекомендации МСЭ-Т G.9955, включая Поправку 1; в частности, материал основной части текста и Приложений А, В и Е.

В данное издание включены материалы из варианта настоящей Рекомендации 2012 года и соответствующей Поправки 1 к ней, а также следующие дополнительные изменения:

- удаление дополнительных частотных планов FCC-1.a и FCC-1.b в Приложении В;
- разъяснения, касающиеся использования режекции частоты в Приложении В.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.9901	20.11.2012 г.	15-я	11.1002/1000/11827
1.1	МСЭ-Т G.9901 (2012 г.), Попр. 1	12.07.2013 г.	15-я	11.1002/1000/11895
2.0	МСЭ-Т G.9901	04.04.2014 г.	15-я	11.1002/1000/12089

* Чтобы получить доступ к этой Рекомендации, наберите в адресном поле вашего веб-браузера URL <http://handle.itu.int/>, за которым следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ

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

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

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

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

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

© ITU 2014

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	2
3.1 Термины, определенные в других документах.....	2
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации.....	2
4 Сокращения и акронимы	2
5 Условные обозначения	2
6 Спецификации, связанные с PSD, которые относятся к полосам CENELEC (9–148,5 кГц)	2
Приложение А – Спецификации PSD приемопередатчиков G.hnem.....	3
A.1 Спецификация полосы частот	3
A.2 Маска PSD передачи	5
A.3 Электрическая спецификация	6
Приложение В – Спецификации PSD для приемопередатчиков G3-PLC.....	8
B.1 Спецификации полос CENELEC.....	8
B.2 Спецификации полосы FCC	8
B.3 Спецификации маски PSD (режекция).....	9
Приложение С – Спецификации PSD для приемопередатчиков PRIME.....	12
C.1 Введение	12
C.2 Параметры PNY	12
C.3 Параметры преамбулы	13
C.4 Электрическая спецификация передатчика	13

Рекомендация МСЭ-Т G.9901

Узкополосные приемопередатчики сигналов с ортогональным частотным разделением систем связи по линиям электропередачи – Спецификация спектральной плотности мощности

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются параметры управления, которые задают спектральный состав, требования к маске спектральной плотности мощности (PSD), набор инструментов, обеспечивающих снижение PSD передачи, средства измерения данной PSD применительно к передаче по проводам линий электропередачи, а также допустимую суммарную мощность передачи, выделяемую в указанном импедансе оконечной нагрузки. Эта Рекомендация дополняет спецификации архитектуры системы, физического уровня (PHY) и уровня канала передачи данных (DLL), изложенные в Рекомендациях МСЭ-Т G.9902 (G.hnem), G.9903 (G3-PLC) и G.9904 (PRIME).

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.9902] Recommendation ITU-T G.9902 (2012), *Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for ITU-T G.hnem networks.*
- [ITU-T G.9903] Recommendation ITU-T G.9903 (2014), *Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for G3-PLC networks.*
- [ITU-T G.9904] Recommendation ITU-T G.9904 (2012), *Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for PRIME networks.*
- [IEC 60050-161] IEC 60050-161 (1990), *International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 161: Electromagnetic compatibility.*
- [IEC 61334-5-1] IEC 61334-5-1 (2001), *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 5-1: Lower layer profiles – The spread frequency shift keying (S-FSK) profile.*
- [CISPR 16-1] IEC CISPR 16-1 (1993), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus.*
- [CISPR 16-2] IEC CISPR 16-2 (1996), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 2: Methods of measurement of disturbances and immunity.*
- [EN50065-1] CENELEC EN 50065-1 (2011), *Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances.*
- [ARIB STD-T84] ARIB STD-T84 Ver. 1.0 (2002), *Power Line Communication Equipment (10 kHz–450 kHz).*

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

Не используются.

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определяется следующий термин:

3.2.1 частотный план (bandplan): Определенный диапазон частотного спектра, в котором работает устройство NB-PLC. Частотный план определяется нижней и верхней частотами.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы:

AMN	Artificial Mains Network	Эквивалент сети электропитания
LISN	Line Impedance Stabilization Network	Сеть со стабилизацией импеданса линии
LPM	Limit PSD Mask	Предельная маска PSD
NB-PLC	Narrowband-Power Line Communications	Узкополосная связь по линиям электропередачи
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Мультиплексирование с ортогональным делением по частоте
PHY	Physical layer	Физический уровень
PLC	Power Line Communications	Связь по линиям электропередачи
PMSC	Permanently Masked Subcarriers	Постоянно маскированные поднесущие
PSD	Power Spectral Density	Спектральная плотность мощности
TN	Termination Network	Оконечная сеть

5 Условные обозначения

Не используются.

6 Спецификации, связанные с PSD, которые относятся к полосам CENELEC (9–148,5 кГц)

Применяются разделы 6, 7, 8 и 9 [EN50065-1].

Приложение А

Спецификации PSD приемопередатчиков G.hnem

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

ПРИМЕЧАНИЕ. – В настоящем Приложении содержатся спецификации спектральной плотности мощности (PSD), относящиеся к [ITU-T G.9902].

А.1 Спецификация полосы частот

Для соответствия данной Рекомендации обязательной является поддержка как минимум одного из частотных планов CENELEC или FCC.

А.1.1 Полоса CENELEC

При работе в полосе CENELEC (3–148,5 кГц) узел должен использовать параметры управления, указанные в таблице А.1 (см. п. 8.4.7, [ITU-T G.9902]).

Таблица А.1 – Параметры управления модулятором OFDM для полосы CENELEC

Обозначение	Значение
N	128
F_{SC}	1,5625 кГц
N_{GI-PL}	12 – 1, 2-битовое отображение 24 – 3, 4-битовое отображение
N_{GI-HD}	0
N_{GI-CES}	0
B	8
F_{US}	$64 \times F_{SC}$

Полоса CENELEC разделена на поддиапазоны, образующие частотные планы А, В и CD, которые описываются в нижеследующих подразделах.

А.1.1.1 Частотный план CENELEC-A

Параметры частотного плана CENELEC-A заданы в таблице А.2.

Таблица А.2 – Параметры для частотного плана CENELEC-A

Обозначение	Значение	Примечание
F_{START}	35,9375 кГц	Нижняя частота плана CENELEC-A (поднесущая № 23)
F_{END}	90,625 кГц	Верхняя частота плана CENELEC-A (поднесущая № 58)
PMSC	от 0 до 22, от 59 до 127	Пункт 8.4.2.1, [ITU-T G.9902]

A.1.1.2 Частотный план CENELEC-B

Параметры частотного плана CENELEC-B заданы в таблице А.3.

Таблица А.3 – Параметры для частотного плана CENELEC-B

Обозначение	Значение	Примечание
F_{START}	98,4375 кГц	Нижняя частота плана CENELEC-B (поднесущая № 63)
F_{END}	120,3125 кГц	Верхняя частота плана CENELEC-B (поднесущая № 77)
PMSC	от 0 до 62, от 78 до 127	Пункт 8.4.2.1, [ITU-T G.9902]

A.1.1.3 Частотный план CENELEC-CD

Параметры частотного плана CENELEC-CD заданы в таблице А.4.

Таблица А.4 – Параметры для частотного плана CENELEC-CD

Обозначение	Значение	Примечание
F_{START}	125 кГц	Нижняя частота плана CENELEC-CD (поднесущая № 80)
F_{END}	143,75 кГц	Верхняя частота плана CENELEC-CD (поднесущая № 92)
PMSC	от 0 до 79, от 93 до 127	Пункт 8.4.2.1, [ITU-T G.9902]

A.1.2 Частотные планы FCC

При работе в полосе FCC (9–490 кГц) узел должен использовать параметры управления, указанные в таблице А.5 (см. п. 8.4.7, [ITU-T G.9902]).

Таблица А.5 – Параметры управления OFDM для полосы FCC

Обозначение	Значение
N	256
F_{SC}	3,125 кГц
N_{GI}	24 – 1, 2-битовое отображение 48 – 3, 4-битовое отображение
N_{GI-HD}	0
N_{GI-CES}	0
β	16
F_{US}	$128 \times F_{SC}$

Частотные планы FCC, FCC-1 и FCC-2, определенные для полосы FCC, описываются в нижеследующих подразделах. Дополнительные частотные планы для полосы FCC требуют дальнейшего изучения.

A.1.2.1 Частотный план FCC

Параметры для частотного плана FCC заданы в таблице А.6.

Таблица А.6 – Параметры для частотного плана FCC

Обозначение	Значение	Примечание
F_{START}	34,375 кГц	Нижняя частота плана FCC (поднесущая № 11)
F_{END}	478,125 кГц	Верхняя частота плана FCC (поднесущая № 153)
PMSC	от 0 до 10, от 154 до 255	Пункт 8.4.2.1, [ITU-T G.9902]

A.1.2.2 Частотный план FCC-1

Параметры для частотного плана FCC-1 заданы в таблице А.7.

Таблица А.7 – Параметры для частотного плана FCC-1

Обозначение	Значение	Примечание
F_{START}	34,375 кГц	Нижняя частота плана FCC (поднесущая № 11)
F_{END}	137,5 кГц	Верхняя частота плана FCC (поднесущая № 44)
PMSC	от 0 до 10, от 45 до 255	Пункт 8.4.2.1, [ITU-T G.9902]

A.1.2.3 Частотный план FCC-2

Параметры для частотного плана FCC-2 заданы в таблице А.8.

Таблица А.8 – Параметры для частотного плана FCC-2

Обозначение	Значение	Примечание
F_{START}	150 кГц	Нижняя частота плана FCC (поднесущая № 48)
F_{END}	478,125 кГц	Верхняя частота плана FCC (поднесущая № 153)
PMSC	от 0 до 47, от 154 до 255	Пункт 8.4.2.1, [ITU-T G.9902]

A.1.3 Частотный план ARIB

Частотный план ARIB должен соответствовать требованиям, изложенным в разделе 3.4, [ARIB STD-T84].

При работе в соответствии с частотным планом ARIB узел должен использовать параметры, указанные в пункте А.1.2, со следующим изменением: тоны 134–153 определены как тоны PMSC (определение тонов PMSC см. в пункте 8.4.2.1, [ITU-T G.9902]).

A.2 Маска PSD передачи

A.2.1 Режекция частоты

В [ITU-T G.9902] поддерживается возможность режекции частоты для регуляторных целей и для целей совместимости. Режекция применяется ко всем компонентам кадра PHY (преамбула, PHF, CES и полезная нагрузка), а также ко всем кадрам PHY, передаваемым в домене.

Если режекция частоты осуществляется посредством маскировки поднесущих, то такие маскированные поднесущие выбираются по следующим правилам:

- Полоса частот между двумя последовательными поднесущими (F_{SC}) разделена на четыре равномерно расположенные секции, которые затем группируются в две одинаковые области: R1, окружающая каждую поднесущую, и R2, которая находится в середине между двумя поднесущими, как показано на рисунке А.1.
- Если частота режекции попадает в область R1 поднесущей, такая поднесущая и две соседние поднесущие должны маскироваться (т. е. всего три поднесущие, $(n - 1)$, n и $(n + 1)$, если частота режекции попадает в область R1, которая содержит поднесущую n).
- Если частота режекции попадает в область R2 поднесущей, две ближайшие поднесущие по обеим сторонам должны маскироваться (т. е. всего четыре поднесущие, $(n - 1)$, n , $(n + 1)$ и $(n + 2)$, если частота режекции попадает в область R2 между поднесущими n и $(n + 1)$).

ПРИМЕЧАНИЕ. – В зависимости от относительного положения требуемой частоты режекции количество маскируемых поднесущих может изменяться, однако частота режекции должна быть на удалении $7 \times F_{SC}/4$ кГц от ближайшей немаскируемой поднесущей.

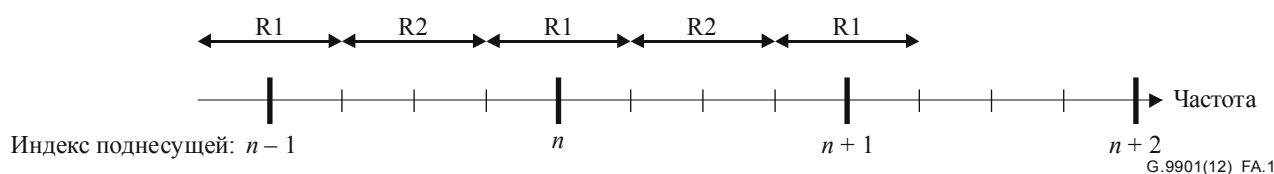


Рисунок А.1 – Режекция частоты

А.3 Электрическая спецификация

А.3.1 Ограничения сигналов передачи

Методы и аппаратура измерения, используемые для квазипиковых, пиковых и усредняющих детекторов, должны соответствовать определениям в [IEC 60050-161].

А.3.1.1 Частотные планы CENELEC

Для всех частотных планов CENELEC, указанных в п. А.1.1 Рекомендации МСЭ-Т G.9902, приемопередатчиками должны соблюдаться ограничения внутриполосных и внеполосных сигналов передачи, определенные в разделе 6, [EN50065-1]. Данные ограничения должны соблюдаться для однофазных и трехфазных устройств при нагрузке на эквивалентную сеть электропитания (AMN), изображенную на рисунке 1 [EN50065-1] и подключенную, как указано в разделе 6, [EN50065-1].

А.3.1.2 Частотные планы FCC

Для всех частотных планов FCC, указанных в п. А.1.2, должны соблюдаться следующие ограничения:

- 1) Напряжение выходного сигнала, измеренное пиковым детектором с полосой пропускания 200 Гц, ни в одной из частей полосы частот не должно превышать 120 дБ(мкВ) при нагрузке на стандартную оконечную сеть (TN).
- 2) Напряжение выходного сигнала, измеренное пиковым детектором для всего частотного плана при нагрузке на стандартную сеть TN, не должно превышать 134 дБ(мкВ) для FCC-1 и 137 дБ(мкВ) для FCC и FCC-2. Более жесткие ограничения сигнала передачи для средневольтных линий (MV) требуют дополнительного изучения.
- 3) Напряжение выходного сигнала, измеренное за пределами полосы пропускания частотного плана, не должно превышать:

- в полосе частот 9 кГц – 150 кГц ограничение для напряжения выходного сигнала, измеренное квазипиковым детектором с разрешением по полосе пропускания 200 Гц, должно уменьшаться линейно с логарифмом частоты от 89 дБ(мкВ) на 9 кГц до 66 дБ(мкВ) на 150 кГц;
- в полосе частот 150 кГц – 535 кГц ограничение для напряжения выходного сигнала, измеренное квазипиковым детектором с разрешением по полосе пропускания 9 кГц, должно уменьшаться линейно с логарифмом частоты от 66 дБ(мкВ) на 150 кГц до 60 дБ(мкВ) на 535 кГц.

Определение ширины полосы пропускания должно соответствовать рисунку 1, [EN50065-1].

А.3.1.3 Полосы частот режекции

Напряжение выходного сигнала, измеренное пиковым детектором с полосой пропускания 200 Гц, ни в одной из частей полосы частот режекции не должно превышать 70 дБ(мкВ) при нагрузке на стандартную оконечную сеть (TN).

А.3.1.4 Стандартная оконечная сеть FCC

Стандартная оконечная сеть (TN) используется исключительно для целей проверки ограничений сигнала передачи. Импеданс TN формируется из активной нагрузки в 50 Ом, подключенной параллельно с катушкой индуктивности 50 мкГн, сети стабилизации импеданса линии (LISN) FCC.

Прочие типы оконечных сетей требуют дополнительного изучения.

Приложение В

Спецификации PSD для приемопередатчиков G3-PLC

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

ПРИМЕЧАНИЕ. – В настоящем Приложении содержатся спецификации спектральной плотности мощности (PSD), относящиеся к [ITU-T G.9903].

В.1 Спецификации полос CENELEC

При работе в полосах CENELEC (3–148,5 кГц) узел должен использовать параметры управления, указанные в таблице В.1.

Таблица В.1 – Параметры управления модулятором OFDM для полос CENELEC

Число точек FFT	$N = 256$
Число перекрывающихся отсчетов	$N_O = 8$
Число отсчетов циклического префикса	$N_{CP} = 30$
Число символов FCH	$N_{FCH} = 13$
Частота дискретизации	$F_s = 0,4$ МГц
Число символов преамбулы	$N_{pre} = 9,5$

В.1.1 Частотный план CENELEC-A

При работе в соответствии с частотным планом CENELEC-A узел должен использовать параметры управления, указанные в таблице В.2.

Таблица В.2 – Параметры для частотного плана CENELEC-A

	Число поднесущих	Первая поднесущая (кГц)	Последняя поднесущая (кГц)
CENELEC A	36	35,9375	90,625

В.1.2 Частотный план CENELEC-B

При работе в соответствии с частотным планом CENELEC-B узел должен использовать параметры управления, указанные в таблице В.3.

Таблица В.3 – Параметры для частотного плана CENELEC-B

	Число поднесущих	Первая поднесущая (кГц)	Последняя поднесущая (кГц)
CENELEC-B	16	98,4375	121,875

В.2 Спецификации полосы FCC

При работе в полосе FCC (9–490 кГц) узел должен использовать параметры управления, указанные в таблице В.4.

Таблица В.4 – Параметры управления модулятором OFDM для полосы FCC

Число точек FFT	$N = 256$
Число перекрывающихся отсчетов	$N_O = 8$
Число отсчетов циклического префикса	$N_{CP} = 30$
Число символов FCH	$N_{FCH} = 12$
Частота дискретизации	$F_s = 1,2$ МГц
Число символов преамбулы	$N_{pre} = 9,5$

В.2.1 Частотный план FCC

При работе в соответствии с частотным планом FCC-1 узел должен использовать параметры управления, указанные в таблице В.5.

Таблица В.5 – Параметры для частотного плана FCC

Частотные планы	Число поднесущих	Первая поднесущая (кГц)	Последняя поднесущая (кГц)
FCC	72	154,6875	487,5

В.3 Спецификации маски PSD (режекция)

Система РНУ МСЭ-Т G.9903 оснащается таким образом, чтобы обеспечивались программируемые режекции на определенных частотах для:

- 1) предоставления гибкости в соблюдении региональных нормативных требований, например, в обеспечении совместной работы с радиослужбами;
- 2) обеспечения совместной работы с другими технологиями связи по линиям электропередачи, действующими в той же полосе, например, системами S-FSK в соответствии с [IEC 61334-5-1];
- 3) обеспечения гибкости в разнесении доменов МСЭ-Т G.9903 с помощью частотного разделения, например, путем присвоения неперекрывающихся полос различным доменам МСЭ-Т G.9903.

В передатчике должна использоваться соответствующая схема для введения глубоких режекций в спектр. В частности, для совместной работы с системами S-FSK осуществляется режекция двух частот f_M и f_S , называемых в [IEC 61334-5-1] частотами токовой посылки и бестоковой посылки.

В зависимости от положения требуемой частоты режекции относительно поднесущих маскируются несколько поднесущих. На маскируемых поднесущих никакие данные не передаются. В соответствии с приведенным ниже рисунком В.1, если частота режекции находится в районе R1, то маскируются $SC(n - 1)$, $SC(n)$ и $SC(n + 1)$, т. е. всего три поднесущие. Если частота режекции находится в области R2, то маскируются две ближайшие поднесущие с каждой стороны ($SC(n - 1)$, $SC(n)$, $SC(n + 1)$ и $SC(n + 2)$), т. е. всего четыре поднесущие.

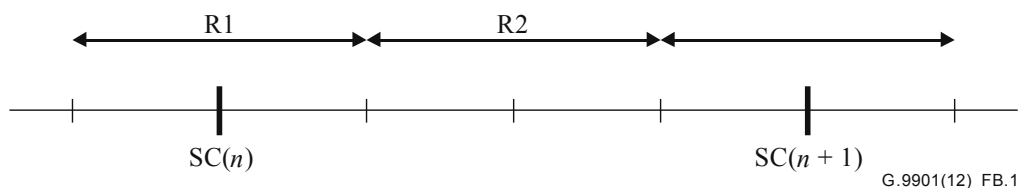


Рисунок В.1 – Режекция частоты

Карта режекций должна быть глобальным параметром, который устанавливается на этапе инициализации устройств. Как описывалось выше, для обеспечения достаточно глубокой режекции для определенной полосы частот необходимо установить на нуль одну (или в некоторых случаях две) дополнительные поднесущие перед и после этой полосы, в зависимости от положения режекции относительно поднесущих. Следующий псевдокод может использоваться для выбора между одной или двумя дополнительными поднесущими.

если $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$ находится в районе R1,

$$\text{Sc}(n - 1) = \text{Sc}(n) = \text{Sc}(n + 1) = 0;$$

если $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$ находится в районе R2,

$$\text{Sc}(n - 1) = \text{Sc}(n) = \text{Sc}(n + 1) = \text{Sc}(n + 2) = 0.$$

SamplingFreq и FFTSize равны 400 кГц и 256 соответственно.

Sc – массив, определяющий используемые поднесущие для передачи данных (если Sc(i) равен нулю, данные на этой поднесущей не передаются).

Режекция частоты уменьшает количество активных тонов, используемых для передачи информации. Поскольку режекция выполняется для всех передаваемых сигналов, включая FCH, количество символов в FC зависит от количества активных тонов.

Ниже приведен фрагмент кода, который может определить количество символов OFDM, используемых для передачи 33-битового FC:

```
fcSize = 33; // Размер FC
```

```
rxFCSymNum = ceil(((fcSize + 6) * 2 * 6) / freqNum);
```

где freqNum – количество доступных поднесущих после режекции частот, ceil – функция максимального значения.

Для минимального воздействия на S-FSK модем OFDM не должен передавать никаких сигналов между частотами S-FSK, т. е. в полосе от 63 до 74 кГц. Подавленные в результате режекции поднесущие в этом режиме приведены в таблице В.6.

Таблица В.6 – Подавленные в результате режекции поднесущие в режиме совместимости

Номер поднесущей	Частота поднесущей
39	60,9375
40	62,5000
41	64,0625
42	65,6250
43	67,1875
44	68,7500
45	70,3125
46	71,8750
47	73,4375
48	75,0000
49	76,5625

Поэтому 11 поднесущих не могут передавать данные. Учитывая то, что всего имеется 36 поднесущих, для передачи данных остается 25 поднесущих, что приводит к FC с 19 символами OFDM, поскольку $\text{ceil}((33 + 6) \times 2 \times 6 / 25) = 19$.

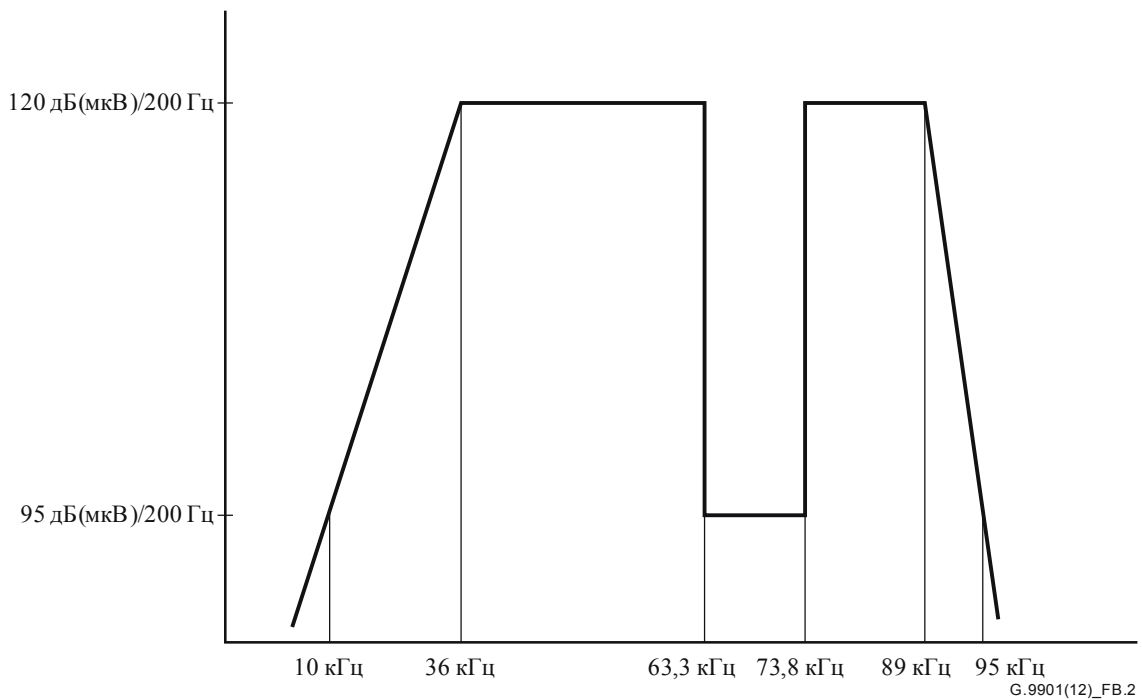


Рисунок В.2 – Спектр с двумя режекциями, произведенными для совместной работы с модемом S-FSK PLC

На всех станциях должна использоваться маскировка тональными сигналами на поднесущих, определенных на каждой подстанции для соответствия спектральной маске передачи. Спектральная плотность передаваемой мощности на частоте режекции должна быть на 25 дБ ниже ограничений, установленных для остальных поднесущих – см., например, рисунок В.2.

Измерения выполняются при использовании анализатора спектра с разрешением по полосе пропускания 200 Гц и квазипикового детектора. Передатчик должен быть конфигурирован на повторение передачи просматриваемых пакетов данных максимальной длины.

В.3.1 Передача побочного сигнала

Производитель несет ответственность за обеспечение того, чтобы передача побочных сигналов соответствовала регуляторным положениям, действующим в стране, в которой используется эта станция.

В.3.2 Равномерность спектральной характеристики передатчика

Ни у одной из отдельных несущих средняя мощность не должна выходить за пределы ± 2 дБ относительно средней мощности всех несущих, измеренной на импедансе 50 Ом.

Приложение С

Спецификации PSD для приемопередатчиков PRIME

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

ПРИМЕЧАНИЕ. – В настоящем Приложении содержатся спецификации спектральной плотности мощности (PSD), относящиеся к [ITU-T G.9904].

С.1 Введение

В настоящем Приложении содержатся спецификации спектральной плотности мощности (PSD), относящиеся к [ITU-T G.9904]. [ITU-T G.9904] представляет собой схему передачи данных по линиям электропередачи с использованием OFDM в полосе CENELEC-A, определенную в основной части данной Рекомендации. Объект физического уровня использует частоты в полосе 3–95 кГц, и он ограничивается поставщиками электроэнергии и обладателями лицензий. Однако общеизвестным фактом является то, что использование частот ниже 40 кГц связано с рядом проблемных моментов в типовых низковольтных линиях электропередачи. Например:

- Модуль импеданса нагрузки со стороны передатчиков иногда ниже 1 Ом, особенно для базовых узлов, размещаемых на трансформаторах.
- Цветной фоновый шум, который постоянно присутствует в линиях электропередачи и обуславливается суммированием многочисленных источников шума относительно малой мощности, экспоненциально увеличивает свою амплитуду в области низких частот.
- Помещения с измерительными приборами являются дополнительной проблемой, поскольку, как известно, поведение потребителя сильно влияет на свойства канала на низких частотах, т. е. работа всевозможных бытовых электроприборов приводит к значительным и непредсказуемым изменениям во времени характеристик функции передачи и помеховой обстановки.

Поэтому для сигнала OFDM используется полоса пропускания частоты 47,363 кГц, расположенная в верхней части полосы CENELEC A.

Для самого сигнала OFDM используется 97 равномерно распределенных поднесущих (96 для передачи данных и одна пилотная) с коротким циклическим префиксом.

С.2 Параметры PHY

В таблице С.1 перечислены параметры управления и хронирования OFDM.

Таблица С.1 – Частота и параметры хронирования PRIME PHY

Тактовая частота группового сигнала (Гц)	250 000	
Разнос поднесущих (Гц)	488,28125	
Количество поднесущих для передачи данных	84 (заголовок)	96 (полезная нагрузка)
Количество пилотных поднесущих	13 (заголовок)	1 (полезная нагрузка)
Интервал FFT (отсчеты)	512	
Интервал FFT (мкс)	2 048	
Циклический префикс (отсчеты)	48	
Циклический префикс (мкс)	192	
Интервал между символами (отсчеты)	560	
Интервал между символами (мкс)	2 240	
Период преамбулы (мкс)	2 048	

С.3 Параметры преамбулы

Параметры преамбулы являются следующими: $T = 2048$ мкс, $f_0 = 41\,992$ Гц (начальная частота), $f_f = 88\,867$ Гц (конечная частота), и $\text{мк} = (f_f - f_0) / T$.

С.4 Электрическая спецификация передатчика

С.4.1 Общие сведения

Ниже приведены минимальные технические требования к передатчику для обеспечения функциональной совместимости и надлежащих эксплуатационных характеристик.

С.4.2 PSD передачи

Характеристики передатчика измеряются согласно следующим условиям и с использованием следующих условий и настроек.

Для однофазных устройств измерения проводятся на фазном или нулевом проводе, как показано на рисунке 4 [EN50065-1].

Для трехфазных устройств, передающих сигнал одновременно по всем трем фазам, измерения проводятся на всех трех фазах, как показано на рисунке 6 [EN50065-1]. На нулевом проводе никаких измерений проводить не требуется.

Эквивалент сети электропитания на рисунках 4 и 6 [EN50065-1] показан на рисунке С-1. Основу этой схемы составляет рисунок 5 [EN50065-1]. Конденсатор 33 мкФ и резистор 1 Ом введены для того, чтобы сеть имела импеданс в 2 Ом в рассматриваемой частотной области.

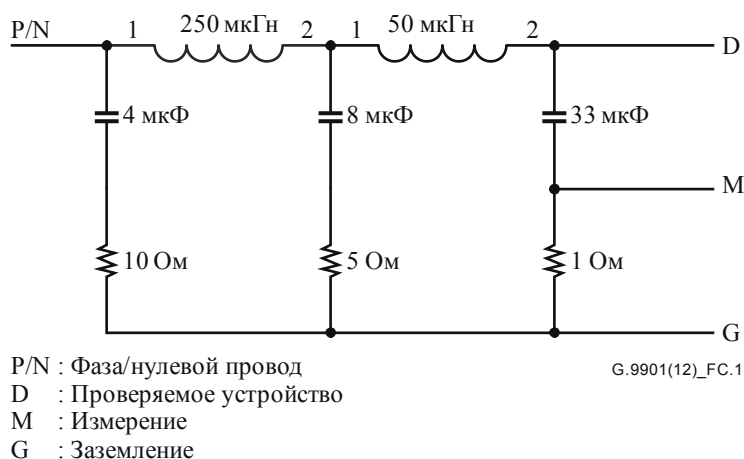


Рисунок С.1 – Эквивалент сети электропитания

Все выходные напряжения передатчика указываются как напряжение, измеренное на линейном зажиме относительно нулевого вывода. Соответственно значения, полученные измерительным устройством, увеличиваются на 6 дБ (делитель напряжения с коэффициентом 1/2).

Все устройства проверяются на соответствие требованиям PSD во всем диапазоне температур, который зависит от типа узла:

- базовые узлы в диапазоне от -40 до $+70$ °С;
- узлы услуг в диапазоне от -25 до $+55$ °С.

Все тесты проводятся при нормальной загрузке трафиком.

Для всех случаев значение PSD должно соответствовать действующим нормативным требованиям страны, в которой будет использоваться система.

Усилитель мощности должен допускать введение конечного уровня сигнала в узле передачи (параметр S1) величиной до 120 дБмкВ_{ср.-кв.др.} ($1 V_{ср.-кв.др.}$) при подключении к эквивалентной сети электропитания на рисунке С.1, как показано на рисунке 4 [EN50065-1] для однофазных устройств и на рисунке 6 [EN50065-1] для трехфазных устройств при подаче сигнала на одну фазу за раз. При одновременной подаче сигнала на все три фазы конечный уровень сигнала должен быть 114 дБмкВ_{ср.-кв.др.} ($0,5 V_{ср.-кв.др.}$). Как указывалось выше, показания измерительного прибора необходимо увеличить на 6 дБ для компенсации вносимых потерь эквивалента сети.

С.4.3 Ограничения кондуктивных помех

Могут применяться региональные нормативные требования. Например, в Европе передатчиками должны соблюдаться максимальные уровни излучений и побочных излучений, определенные в основной части настоящей Рекомендации для кондуктивных излучений в сетях переменного тока в полосах 3–9 кГц и 95 кГц – 30 МГц. Кроме того, в соответствии с европейскими нормативными требованиями передатчиками и приемниками должны соблюдаться предельные значения импеданса, определенные в основной части настоящей Рекомендации, в полосе 3–148,5 кГц.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	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	Оконечное оборудование, субъективные и объективные методы оценки
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи