

建议书

ITU-T G.9964 (12/2023)

G系列：传输系统和媒介、数字系统和网络

接入网 – 驻地网络

关于统一高速线路的家庭网络 收发信机 – 功率频谱密度规范



ITU-T G系列建议书
传输系统和媒介、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.499
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒介的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能 – 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒介的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 – 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999
金属接入网络	G.9700-G.9799
本地网络和接入网络的光缆系统	G.9800-G.9899
驻地网络	G.9900-G.9999

欲了解更多详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T G.9964 建议书

关于统一高速线路的家庭网络收发信机 – 功率频谱密度规范

摘要

ITU-T G.9964建议书规定了用于判定频谱内容、功率频谱密度（PSD）掩膜要求的控制参数，为降低发射PSD提供了一系列工具，提出了电话线、电力线和同轴电缆传输所产生PSD的测量方法，以及特定终接阻抗可以接收的总发射功率。本建议书充实了ITU-T G.9960建议书的系统构架和物理层（PHY）规范，ITU-T G.9961建议书的数据链路层（DLL）规范以及对这些建议书的修改和补充，对ITU-T G.9963建议书中的多入多出（MIMO）家庭网络收发信机做出了规定。

本修订涉及ITU-T G.9964（2011年）及其修正1、2和3，同时针对信道非常窄的情况（例如，智能电网应用中的电力线通信）增加了更窄的子载波间隔（12.20703125 kHz）。

历史沿革*

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一识别码
1.0	ITU-T G.9964	2011-12-16	15	11.1002/1000/11406
1.1	ITU-T G.9964 (2011) 修正1	2016-02-26	15	11.1002/1000/12579
1.2	ITU-T G.9964 (2011) 修正2	2016-09-30	15	11.1002/1000/12843
1.3	ITU-T G.9964 (2011) 修正3	2020-02-07	15	11.1002/1000/14029
2.0	ITU-T G.9964	2023-12-01	15	11.1002/1000/15593

关键词

同轴电缆、G.hn、家庭网络收发信机、PLC、功率谱密度、电力线通信、PSD、双绞线。

* 欲查阅建议书，请在网络浏览器地址域键入URL<https://handle.itu.int/>，随后输入建议书的唯一识别码。

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息和通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联未收到实施本建议书可能需要的受专利/软件版权保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此大力提倡他们通过下列ITU-T网站查询适当的ITU-T数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2024

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目录

页码

1	范围	1
2	参考文献	1
3	定义	1
3.1	在其它地方定义的术语	1
3.2	本建议书中定义的术语	2
4	缩写词和首字母缩略语	3
5	发射PSD掩膜	3
5.1	子载波掩膜	4
5.2	功率频谱密度整形	4
5.3	国际业余无线电频段陷波	5
5.4	功率频谱密度上限	5
5.5	VDSL2频段的陷波	5
6	取决于媒介的频谱内容规范	5
6.1	电话线的频谱内容规范	5
6.2	电力线的频谱内容规范	10
6.3	同轴电缆频谱内容的规范	12
6.4	终接阻抗	17
6.5	总发射功率	17
6.6	接收机输入阻抗	18
附件A	19
附件B	20
附件C	21
附件D – 国际业余无线电频段		22
附件E – ITU-T G.9960对VDSL2业务的影响		23
附录I – 附加无线电频段		24
参考文献		26

关于统一高速线路的家庭网络收发信机 – 功率频谱密度规范

1 范围

ITU-T G.9964建议书规定了用于判定频谱内容、功率频谱密度（PSD）限值要求的控制参数，为降低发射PSD提供了一系列工具，提出了电话线、电力线和同轴电缆传输所产生PSD的测量方法，以及特定终接阻抗可以接收的总发射功率。本建议书充实了ITU-T G.9960的系统构架和物理层（PHY）规范，ITU-T G.9961的数据链路层（DLL）规范以及对这些建议书的修改和补充，对ITU-T G.9963中的多入多出（MIMO）家用网络收发信机做出了规定。

这包括支持：

- 200 MHz基带同轴电缆的特性；
- 电话线200 MHz操作频段（OFB）的频谱内容；
- 通过同轴电缆和电话线介质扩展带宽；
- 窄带信道的额外子载波间隔为12.20703125 kHz。

对于电话线上的无频段限制的配置2限值PSD掩膜（LPM），在传输不限于屏蔽增强的网络的情况下（如屏蔽电缆或电缆埋在地下的网络），设备符合ITU-T本建议书规范可能无法确保在设施投入使用时符合具体的国家或区域电磁兼容性法规。

2 参考文献

下列ITU-T建议书及含有本建议书引用条款的其它参考文献构成本建议书的条款。所注明版本在出版时有效。所有建议书及其它参考文献均可能进行修订；因此鼓励建议书的使用方了解使用最新版本的下列建议书和其它参考文献的可能性。ITU-T建议书的现行有效版本清单定期出版。本建议书在引用某一独立文件时，并未给予该文件建议书的地位。

[ITU-T G.9960] ITU-T G.9960（2023年）建议书，关于统一高速线路的家庭网络收发信机 – 系统结构和物理层规范。

[ITU-T G.9961] ITU-T G.9961（2023年）建议书，关于统一高速线路的家庭网络收发信机 – 数据链接层规范。

[ITU-T G.9963] ITU-T G.9963（2023年）建议书，关于统一高速线路的家庭网络收发信机 – 多入多出规范。

3 定义

3.1 在其它地方定义的术语

本建议书采用他处定义的下列术语：

3.1.1 基带[ITU-T G.9960]：由上转频率 $F_{UC} = 0$ 和上移频率 $F_{US} = F_{SC} \times N/2$ 确定的频段（见[ITU-T G.9960]的表7-67）。

3.1.2 域[ITU-T G.9960]: ITU-T G.9960家庭网络的组成部分, 包含域控制器和同一域控制器下注册的所有节点。在本建议书中, “域”之前没有修饰定语是指“ITU-T G.9960域”, 如果使用了术语“外部域”则是指“非ITU-T G.9960域”。其它修饰定语(例如, “电力线”)可添加在“域”或“外部域”之前。

3.1.3 域控制器 (DM) [ITU-T G.9960]: 支持域控制器功能的节点, 负责管理(协调)同域内的所有其它节点(即指配带宽资源和管理优先级)。一个域内只能有一台工作状态的域控制器, 且域内所有节点均由一台域控制器管理(协调)。如果一台域控制器出现故障, 则同域内可作为域控制器的另一节点, 应承担起域控制器的功能。

3.1.4 家庭网络[ITU-T G.9960]: 可直接或通过物理层中继节点, 亦或通过物理层之上的域间桥实现相互通信的两个或多个节点。家庭网络包括一个或多个域。在本建议书中, “家庭网络”术语是指“ITU-T G.9960家庭网络”。“外部家庭网络”是指“非ITU-T G.9960家庭网络”。“网络”术语前不加修饰定语, 意味着其可以是“ITU-T G.9960家庭网络”、“非ITU-T G.9960家庭网络”和“接入网”的任意组合。使用“外部网络”这一术语是指“非ITU-T G.9960家庭网络”与“接入网”的组合。

3.1.5 媒介[ITU-T G.9960]: 可实现节点间物理连接的, 同一线种的有线设施。与相同媒介连接的节点可通过物理层通信, 除非使用正交信号, 否则会相互干扰(例如, 不同频段、不同时间周期)。

3.1.6 节点[ITU-T G.9960]: 包含ITU-T G.9960收发信机的任何网络设备。在本建议书中, 不加修饰定语的使用“节点”这一术语是指“ITU-T G.9960节点”使用“外部节点”时则是指“非ITU-T G.9960节点”。此外, 还可以“节点”或“外部节点”之前添加其它修饰定语(例如“中继”)。

3.1.7 操作频段 (OFB) 配置[ITU-T G.9960]: 根据OFB使用的PHY框架格式, 对OFB分类。配置1的帧传输使用标准的PHY帧格式; 配置2 OFB使用高容量报头(HCH)PHY帧格式传输帧。

3.1.8 操作频段 (OFB) [ITU-T G.9960]: 允许一个节点与域中的另一节点通信的频率范围。

3.1.9 射频 (RF) [ITU-T G.9960]: 通过上转频率 $F_{UC} > 0$ 和中心频率 $F_C = F_{UC} + F_{US} \gg F_{SC} \times N/2$ 定义的频段(参见[ITU-T G.9960]的表7-67和7-68)。

3.1.10 子载波 (OFDM子载波) [ITU-T G.9960]: 各正交频分多址(OFDM)子信道的中心频率, 可在其上实施比特调制, 然后通过子信道传输。

3.1.11 子信道 (OFDM子信道) [ITU-T G.9960]: 正交频分多址(OFDM)调制技术的基本要素。OFDM调制器将信道带宽细分为一套并行的子信道。

3.1.12 线种[ITU-T G.9960]: 各类线路中的一种, 拥有相同的一般特性: 同轴电缆、家庭电力线、电话线和5类电缆。

3.2 本建议书中定义的术语

本建议书定义了以下术语:

无。

4 缩写词和首字母缩略语

本建议书使用下述缩写词和首字母缩略语：

CB	同轴基带
CRF	同轴射频
DM	域控制器
EMC	电磁兼容性
LPM	极限PSD掩膜
OFB	操作频段
OFDM	正交频分复用
PB	电力线基带
PHY	物理层
PSD	功率频谱密度
PSDC	PSD上限
PSM	PSD整形掩膜
QoS	服务质量
RF	射频
RMS	均方根
RPM	区域性PSDM掩膜
SM	子载波掩膜

5 发射PSD掩膜

发射PSD掩膜（TxPSD）的判定是通过如下因素：子载波掩膜（SM）、PSD整形掩膜（PSM）、本款中定义的国际业余无线电频段陷波、针对各特定媒介定义的极限PSD掩膜（LPM）以及区域附件中指定的区域PSD掩膜（RPM）（见[ITU-T G.9960]）。相同的TxPSD应适用于该域内的所有节点。

ITU-T G.9960收发信机在任何频率的发射信号PSD均不得超过发射PSD掩膜。就ITU-T G.9963收发信机而言，两个Tx端口在任何频率发射的两个发射信号的PSD之和，都决不能超过TxPSD。还可通过应用于特定连接节点的PSD上限，进一步限制发射信号PSD（第5.4款）。

LPM（见第6.1.2、6.2.2和6.3.2款）规定了发射PSD的绝对限值。但是，如果为特定区域指定了RPM，则绝对限值应当为任何频率上LPM与RPM间的最小电平。SM、PSDC和PSM使用下述三种机制进一步降低了发射PSD并对其实施了整形：子载波掩膜（陷波）、PSD上限（PSD电平的限值）和PSD整形。

ITU-T G.9960和ITU-T G.9963收发信机应支持子载波掩膜、国际业余无线电频段陷波和PSDC。支持PSD整形为可选功能。

发射PSD掩膜应遵守国家和区域规则要求。

LPM的定义是基于假设测量是使用符合[b-IEC CISPR 16-1]规范的设备实施，使用具有“最大值控制”功能的均方根（RMS）检测器，且30 MHz以下频率使用9 kHz的解析带宽，30 MHz以上频率使用120的解析带宽。为遵守[b-IEC CISPR 22]的规定并实施可靠的测量，ITU-T G.9960收发信机应至少应有10%的时间处于工作状态，并至少在250 ms的时间内保持发射功率电平。

注 – 除本款所述有关发射PSD（带内和带外）的机制之外，本建议书还定义了PSDC机制，允许动态降低各特定连接的发射功率，将其降至能够实现给定服务质量（QoS）目标的最小值。

5.1 子载波掩膜

子载波掩膜应用于消除一个或多个子载波的发射。子载波掩膜操作是通过SM数值确定的。SM内规定的子载波发射功率应设置为零（线性坐标）。SM应优先于所有其它与子载波发射功率相关的指令。

SM被定义为一组存在掩膜的频段。各频段规定有起始子载波指数（ x_L ）和终止子载波指数（ x_H ），作为 $\{x_L, x_H\}$ 。包括S频段的SM可用下述形式表示：

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

该频段内所有，指数大于等于 x_L 或小于等于 x_H ，的子载波均应被关闭（零功率发射）。

国际业余无线电频段（见附件D）并不属于SM。该节点应能够关闭一个或多个业余无线电频段。

注 – SM有意纳入区域附件定义的掩膜子载波，从而能够遵守本地规则和由用户或服务提供商定义的掩膜子载波，以促进本地部署方法的制定。

5.2 功率频谱密度整形

PSD整形允许在部分频谱内降低PSD发射，从而实现频谱兼容和与外部家庭网络技术共存这两项主要目标。PSD整形由PSM来规定。

PSM定义的频率范围在最低子载波 x_L 与最高子载波 x_H 之间，且包含一个或多个频率分段。这些分段的边界通过设定的断点来定义。在各段之内，PSD可以是恒定的或是在给定的PSD点之间构成线性斜率（以dBm/Hz为单位），其频率用线性斜率表示，见图5-1。

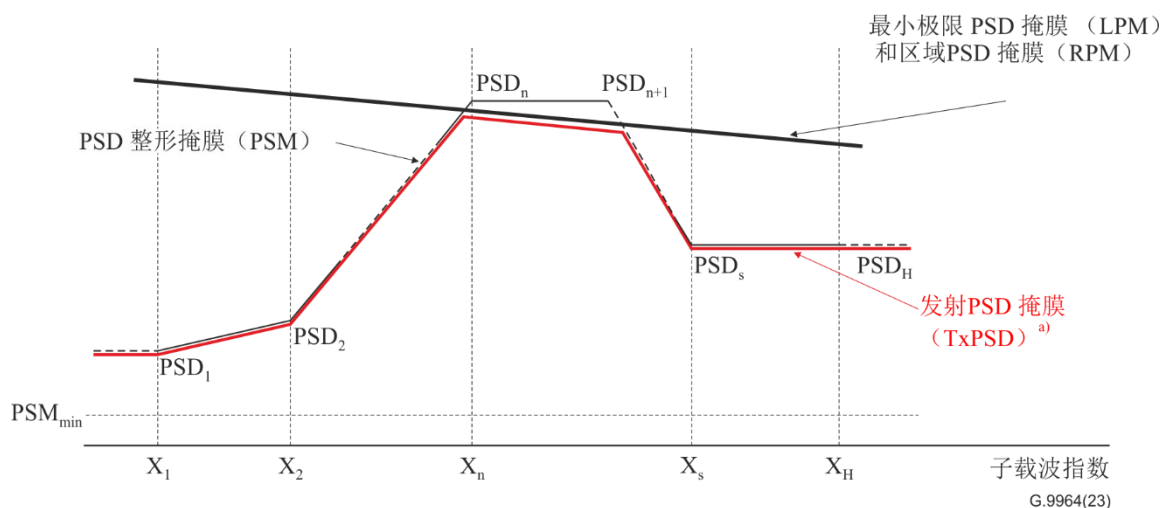


图5-1 – 建立发射PSD掩膜

各PSM断点由子载波指数 x_n 和该子载波处用dBm/Hz, $\{x_n, PSD_n\}$ 表达的 PSD_n 值来表述。 PSD_1 亦须应用于 x_1 下的子载波, 且 PSD_H 还须应用于 x_H 之上的子载波。包括 S 个分段的PSM可用 $(S+1)$ 个断点, 以下述格式表述:

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

支持PSD整形的节点须最多支持32个PSM断点。

PSM斜率的最大倾斜度还需进一步研究。

如果一个或多个PSM断点设置在LPM或区域PSD掩膜(RPM)之上, 则须将发射PSD掩膜设置为: $TxPSD = \min(PSM, LPM, RPM)$ 。PSM断点的所有 PSD_n 值均应设置在 PSM_{min} 以上。 PSM_{min} 数值须不低于PSD整形掩膜峰值30 dB。

注-PSM断点与SM断点无任何关系; 如果使用相同的指数定义, SM和陷波国际业余无线电频段永远优先于PSM。

5.3 国际业余无线电频段陷波

如果业余无线电频段使用了掩膜, 则频率在 $(F_{AL} - F_{SC}) \leq f \leq (F_{HL} + F_{SC})$ 之间的子载波必须关闭(零功率发射), 根据附件D的定义其中 F_{AL} 和 F_{HL} 分别为业余无线电频段的低频和高频。此外, 对于任何通过电话线或电力线操作的节点, 在特定域内设有掩膜的各国际业余无线电频段发射信号的PSD, 须为-85 dBm/Hz或更低。

形成陷波的PSD斜率可由厂商自行选择。

5.4 功率频谱密度上限

PSDC规定了用于施加发射信号限值(即, 上限功能)的PSD电平。PSDC独立于频率并用dBm/Hz为单位的单一数值表示。PSDC值的有效范围在-50 dBm/Hz至-100 dBm/Hz之间, 步长为2 dB。

PSDC须得到所有ITU-T G.9960收发信机的支持。

5.5 VDSL2频段的陷波

任何通过电话线、同轴电缆或电力线操作的节点, 均须能够在一个或多个VDSL2频段将发射信号的PSD降低至适当的水平, 从而能够保障VDSL2信号的可靠传输, 见附件E的定义。

6 取决于媒介的频谱内容规范

6.1 电话线的频谱内容规范

6.1.1 控制参数

表6-1展示了各类电话线OFB的有效OFDM控制参数。定义的参数见[ITU-T G.9960]。

表6-1 – 电话线的OFDM控制参数

域的类型	电话线（注5）			
OBF名称	配置1			配置2 （注6）
	50 MHz-TB （注2）	100 MHz-TB （注3）	200 MHz-TB （注4）	
最小工作频率	0 MHz	0 MHz	0 MHz	OF_{MIN}
最大工作频率	50 MHz	100 MHz	200 MHz	OF_{MAX}
N	1024	2048	4096	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/F_{SC}$
F_{SC}	48.828125 kHz	48.828125kHz	48.828125 kHz	48.828125 kHz
S （采样频率）	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$
N_{GI}	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s
N_{GI-HD}	$N/4 = 256$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/4 = 512$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/4 = 1024$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/4$ 抽样 @ $S M_{sam}$ 抽样/s
N_{GI-DF}	$N/4 = 256$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/4 = 512$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/4 = 1024$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/4$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s
β	$N/32 = 32$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/32 = 64$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/32 = 128$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s	$N/32$ 抽样 @ $S M$ 抽样/s
F_{US}	25 MHz	50 MHz	100 MHz	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/2$
F_{UC}	0 MHz	0 MHz	0 MHz	OF_{MIN}
子载波指数规则（注1）	规则#1	规则#1	规则#1	规则#1

注1 – 关于子载波指数规则的更多详细信息请见[ITU-T G.9960]第7.1.4.1款。
 注2 – 子载波频率范围在0至50 MHz。
 注3 – 子载波频率范围在0至100 MHz。
 注4 – 子载波频率范围在0至200 MHz。
 注5 – 电话线基带概要文件也适用于任何其他基于双绞线的铜缆（如Cat5）。
 注6 – OF_{MAX} 和 OF_{MIN} 对应可能在配置2 OFB发射过程中使用的最大和最小频率。 $OF_{MAX} - OF_{MIN}$ 须为50 MHz的倍数。

6.1.2 电话线的PSD掩膜规范

电话线操作的LPM（OFB 50 MHz-TB，100 MHz-TB和200 MHz-TB）如图6-1（OFB 50 MHz-TB和100 MHz-TB）、图6-1.1（OFB 200 MHz-TB）和图6-1.2（配置2 OFB）所示， f_L – f_H 频率的数值如表6-2和表6-3所示。

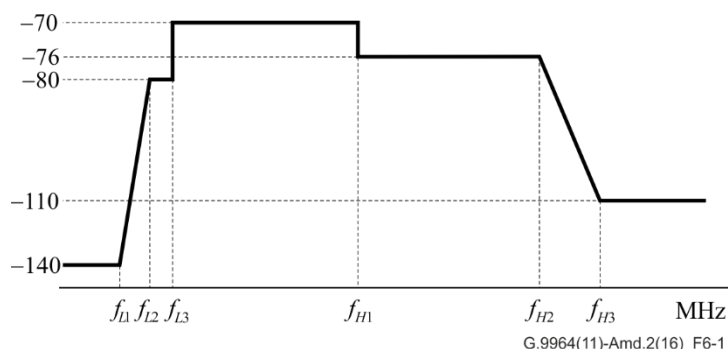


图6-1 – 电话线传输的LPM
(业余无线电频段的陷波未显示)

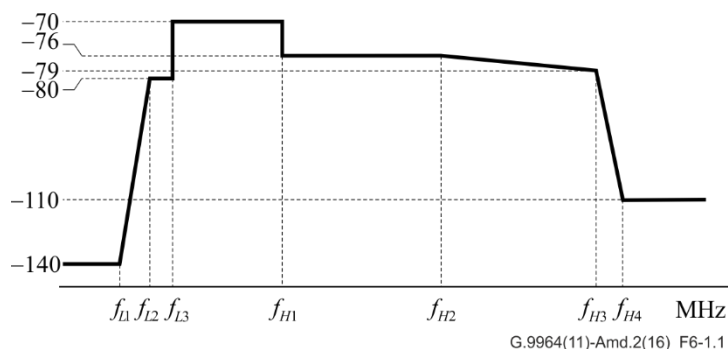


图6-1.1 – 电话线传输的LPM
(业余无线电频段的陷波未显示)

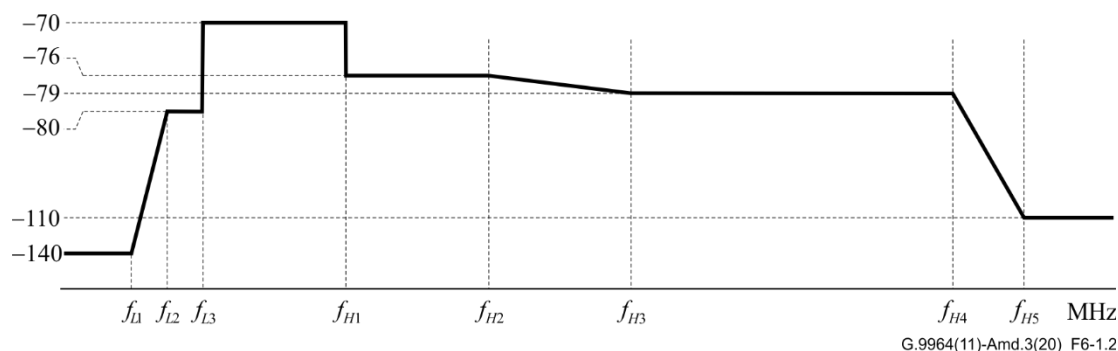


图6-1.2 – 电话线传输的LPM
(业余无线电频段的陷波未显示)

50 MHz-TB、100 MHz-TB、200 MHz-TB和配置2 OFB的频谱参数值分别在表6-2、表6-3、表6-3.1和6-3.2中列出。表6-1、表6-1.1和6-1.2中定义的中点应通过线性插值获取（以dB为单位的线性频率坐标）。

表6-2 – 50 MHz-TB OFB的LPM参数

参数	频率, MHz	PSD, dBm/Hz	注/说明
f_{L1}	1.7	-140	为无分路器ADSL提供保护
f_{L2}	3.5	-80	与业余无线电频段重合
f_{L3}	4.0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4.0 + \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	30	-76	
f_{H2}	50		
f_{H3}	60	-110	
注 $-f_{H2} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。			

表6-3 – 100 MHz-TB OFB的LPM参数

参数	频率, MHz	PSD, dBm/Hz	注/说明
f_{L1}	1.7	-140	为无分路器ADSL提供保护
f_{L2}	3.5	-80	与业余无线电频段重合
f_{L3}	4.0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4.0 + \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	30	-76	
f_{H2}	100		
f_{H3}	120	-110	
注 $-f_{H2} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。			

表6-3.1 – 200 MHz-TB OFB的LPM参数

参数	频率, MHz	PSD, dBm/Hz	注/说明
f_{L1}	1.7	-140	为无分路器ADSL提供保护
f_{L2}	3.5	-80	与业余无线电频段重合
f_{L3}	4.0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4.0 + \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	30	-76	
f_{H2}	100		
f_{H3}	200	-79	
f_{H4}	240	-110	

注 – $f_{H2} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。

表6-3.2 – 配置2 OFB 200 MHz-TB的LPM参数

参数	频率, MHz	PSD, dBm/Hz	注/说明
f_{L1}	1.7	-140	为无分路器ADSL提供保护
f_{L2}	3.5	-80	与业余无线电频段重合
f_{L3}	4.0		
$f_{L3} + \Delta F$	$4.0 + \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-70	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	30	-76	
f_{H2}	100		
f_{H3}	200	-79	
f_{H4}	400	-79	
f_{H5}	480	-110	

注 – $f_{H2} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。

注1 – 当按第5.2款所述使用附加频谱整形时（例如，提供频谱兼容性，遵守宽带功率限值或其它），此PSD掩膜的各相关部分可通过关闭子载波或降低其发射功率而减少。如有要求，还可应用更多的频率陷波。

注2 – VDSL2的部署通常使用业务分路器（[b-ITU-T G.993.2]不鼓励使用无分路器的VDSL2装置）。这使ITU-T G.9960频谱的使用可以降至 f_{L3} 。如果使用无分路器VDSL2，ITU-T G.9960频谱的低频须上移，并在VDSL2子载波下行流的上端设置。

参见[ITU-T G.9960]第7.2.1款中有关电话线操作物理层规范的更多信息。

6.1.3 使用永久掩膜的子载波

子载波0-72（含）须对电话线传输设置永久性掩膜。它们不应用于传输（既不用于数据也不用于辅助信息）。

6.2 电力线的频谱内容规范

6.2.1 控制参数

表6-4展示了各类电力线OFB的有效OFDM控制参数。定义的参数见[ITU-T G.9960]。

表6-4 – 电力线的OFDM控制参数

域的类型	电力线基带		
OFB 名称	配置1		
	25 MHz – PB (注3)	50 MHz – PB (注3)	100 MHz – PB (注3)
N	1024	2048	4096
k_{SS}	0.5或1 (注4)	0.5或1 (注4)	0.5或1 (注4)
F_{SC}	$k_{SS} * 24.4140625$ kHz	$k_{SS} * 24.4140625$ kHz	$k_{SS} * 24.4140625$ kHz
N_{GI}	$N/32 \times k$, $k = 1, \dots, 8$ 抽样@ 25 M 抽样/s	$N/32 \times k$, $k = 1, \dots, 8$ 抽样@ 50 M 抽样/s	$N/32 \times k$, $k = 1, \dots, 8$ 抽样@ 100 M 抽样/s
N_{GI-HD}	$N/4 = 256$ 抽样@ 25 M 抽样/s	$N/4 = 512$ 抽样@ 50 M 抽样/s	$N/4 = 1024$ 抽样@ 100 M 抽样/s
N_{GI-DF}	$N/4 = 256$ 抽样@ 25 M 抽样/s	$N/4 = 512$ 抽样@ 50 M 抽样/s	$N/4 = 1024$ 抽样@ 100 M 抽样/s
β	$N/8 = 128$ 抽样@ 25 M 抽样/s	$N/8 = 256$ 抽样@ 50 M 抽样/s	$N/8 = 512$ 抽样@ 100 M 抽样/s
F_{US}	$k_{SS} * 12.5$ MHz	$k_{SS} * 25$ MHz	$k_{SS} * 50$ MHz
F_{UC}	0 MHz	0 MHz	0 MHz
子载波指数规则 (注1)	规则1	规则1	规则1

注1 – 关于子载波指数规则的更多详细信息请见[ITU-T G.9960]第7.1.4.1款。
 注2 – 在同一电力线基带域内工作的节点可使用25 MHz、50 MHz和100 MHz OFB。
 注3 – 子载波频率范围在0至 $2 \times F_{US}$ MHz之间。
 注4 – 子载波间隔系数 $k_{ss} = 0.5$ 是针对信道非常狭窄的情况而定义的（例如，智能电网应用中的电力线通信）。

6.2.2 电力线的PSD掩膜规范

电力线操作的基带LPM对25 MHz-PB、50 MHz-PB和100 MHz-PB的要求如图6-2所示， $F_L - f_H$ 频率的数值如表6-5所示。

注1 – PSD电平可通过电磁兼容（EMC）规则要求进一步加以限制。

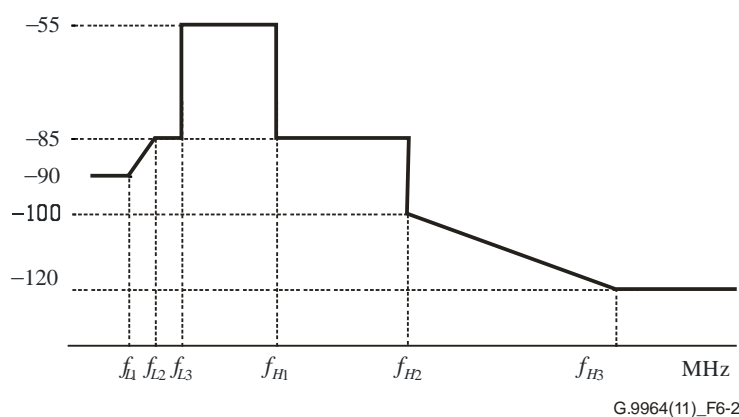


图6-2 – 25 MHz-PB、50 MHz-PB和100 MHz-PB OFB电力线基带传输的LPM（业余无线电频段陷波未列出）

25 MHz-PB、50 MHz-PB和100 MHz-PB的频谱参数值在表6-5中列出。表6-2中定义的中间点应通过线性插值获取（以dB为单位的线性频率坐标）。

表6-5 – 25 MHz-PB、50 MHz-PB和100 MHz-PB OFB的LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	注/说明
f_{L1}	1.1	-90	1.1 MHz以下的进一步下降旨在减少对ADSL的串音
f_{L2}	1.8	-85	与业余无线电频段重合
f_{L3}	2.0		
$f_{L3} + \Delta F$	$2.0 + \Delta F$	-55	ΔF 为任意的小值正数
$f_{H1} - \Delta F$	$30 - \Delta F$	-55	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	30	-85	ΔF 为任意的小值正数
$f_{H2} - \Delta F$	$100 - \Delta F$		
f_{H2}	100	-100	
f_{H3}	250	-120	

注 – $f_{H2} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。

注2 – 如果使用了第5.2款所述补充频谱整形（例如，提供与VDSL2的频谱兼容性，或遵守宽带功率限值），此PSD掩膜的各个部分可通过关闭子载波或降低其发射功率而减少。如有要求，还可应用更多的频率陷波。

频率在 $(80 \text{ MHz} - F_{SC}) \leq f \leq (100 \text{ MHz} + F_{SC})$ 之间的子载波应当通过SM设置掩膜（零功率发射），除非区域规则允许使用此频段。

参见[ITU-T G.9960]第7.2.2款中有关电力线操作物理层规范的更多信息。

6.2.3 使用永久掩膜的子载波

子载波0-74（含）须对电力线传输设置永久性掩膜。它们不应用于传输（既不用于数据也不用于辅助信息）。

6.3 同轴电缆频谱内容的规范

6.3.1 控制参数

表6-6展示了各类同轴电缆OFB的有效OFDM控制参数。定义的参数见[ITU-T G.9960]。

表6-6 – 同轴电缆的OFDM控制参数

域的类型	同轴基带（注2）			同轴	同轴RF（注3）	
OFB名称	配置1 OFB			配置2 OFB （注10）	配置1 OFB	
	50 MHz-CB （注4）	100 MHz-CB （注5）	200 MHz-CB （注9）		50 MHz-CRF （注6）	100 MHz-CRF （注7）
最小工作频率	0 MHz	0 MHz	0 MHz	OF _{MIN}	0 MHz	0 MHz
最大工作频率	50 MHz	100 MHz	200 MHz	OF _{MAX}	50 MHz	100 MHz
F_{SC}	195.3125 kHz	195.3125 kHz	195.3125 kHz	48.828125 kHz	195.3125 kHz	195.3125 kHz
S（采样频率）	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$	$N \times F_{SC}$
N_{GI}	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 \times k$ for $k = 1, \dots, 8$ 抽样 @ S M 抽样/s
N_{GI-HD}	$N/4 = 64$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 128$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 256$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 64$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 128$ 抽样 @ S M 抽样/s
N_{GI-DF}	$N/4 = 64$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 128$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 256$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 64$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/4 = 128$ 抽样 @ S M 抽样/s
β	$N/32 = 8$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 = 16$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 = 32$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 = 8$ 抽样 @ S M 抽样/s	$N/32 = 16$ 抽样 @ S M 抽样/s
F_{US}	25 MHz	50 MHz	100 MHz	$(OF_{MAX} - OF_{MIN})/2$	25 MHz	50 MHz
F_{UC}	0 MHz	0 MHz	0 MHz	OF _{MIN}	X（注3）	Y（注3）
子载波指数规则（注1）	规则1	规则1	规则#1	规则#1	如果X = Y, 则使用规则1, 如果X + 25 MHz = Y + 50 MHz, 则使用规则2（注8）	如果X = Y, 则使用规则1, 如果X + 25 MHz = Y + 50 MHz, 则使用规则2（注8）

注1 – 关于子载波指数规则的更多详细信息请见[ITU-T G.9960]第7.1.4.1款。

注2 – 在同一同轴基带域内工作的节点可使用50 MHz, 100 MHz和200MHzOFB。同样的原则适用于为同轴RF域定义的50 MHz和100 MHz OFB。

注3 – FUC数值应从[ITU-T G.9960]表7-67定义的有效集合中选择, 并有可能要遵守区域频谱管理规则（见区域附件）。

表6-6 – 同轴电缆的OFDM控制参数

域的类型	同轴基带（注2）			同轴	同轴RF（注3）	
OFB名称	配置1 OFB			配置2 OFB （注10）	配置1 OFB	
	50 MHz-CB （注4）	100 MHz-CB （注5）	200 MHz-CB （注9）		50 MHz-CRF （注6）	100 MHz-CRF （注7）
注4 – 子载波频率范围在0至50 MHz之间。 注5 – 子载波频率范围在0至100 MHz之间。 注6 – 子载波频率范围在X MHz至（X + 50）MHz之间。 注7 – 子载波频率范围在Y MHz至（Y + 100）MHz之间。 注8 – 具体的指数规则在各区域附件中做了规定。 注9 – 子载波频率范围在0至200 MHz之间。 注10 – $OF_{MAX} - OF_{MIN}$ 须为50 MHz的倍数。						

6.3.2 同轴电缆的PSD掩膜规范

同轴电缆RF操作的LPM如图6-3所示，其的频率见表6-7（50MHz-CRF OFB）和表6-8（100MHz-CRF OFB），表中带宽 $BW = f_{H1} - f_{L3}$ 。

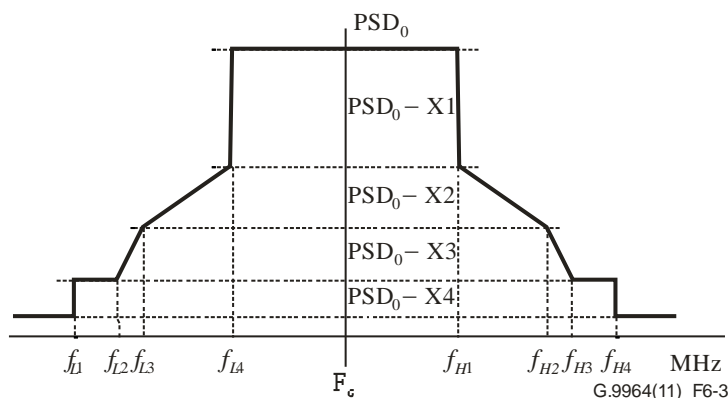


图6-3 – 单信道同轴电缆RF传输的LPM

建议同轴电缆使用的频谱参数值见表6-7和6-8。假设图6-3定义的中间点通过线性插值获取（以dB为单位的线性频率坐标）。

表6-7 – 50 MHz-CRF OFB同轴RF的LPM参数

参数	频率（MHz）	PSD(dBm/Hz) （注1）	注/说明
$F_C - f_{L1}$	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	ΔF 为任意的小值正数
F_C	$M \times 25\text{MHz}$	PSD_0	
	$f_{H1} - \Delta F$	PSD_0	ΔF 为任意的小值正数

表6-7 – 50 MHz-CRF OFB同轴RF的LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD(dBm/Hz) (注1)	注/说明
$f_{H1} - F_C$	25	PSD ₀ - 20	
$f_{H2} - F_C$	35	PSD ₀ - 40	
$f_{H3} - F_C$	50	PSD ₀ - 45	
$f_{H4} - F_C$	75	PSD ₀ - 50	
注1 – PSD ₀ = -68 dBm/Hz			
注2 – $f_{L4} + \Delta F$ 以下和 $f_{H1} - \Delta F$ 以上子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。			

表6-8 – 100 MHz-CRF OFB内同轴RF的LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz) (注1)	注/说明
$F_C - f_{L1}$	150	PSD ₀ - 50	
$F_C - f_{L2}$	100	PSD ₀ - 45	
$F_C - f_{L3}$	70	PSD ₀ - 40	
$F_C - f_{L4}$	50	PSD ₀ - 20	
	$f_{L4} + \Delta F$	PSD ₀	ΔF 为任意的小值正数
F_C	$M \times 25\text{MHz}$	PSD ₀	
	$f_{H1} - \Delta F$	PSD ₀	ΔF 为任意的小值正数
$f_{H1} - F_C$	50	PSD ₀ - 20	
$f_{H2} - F_C$	70	PSD ₀ - 40	
$f_{H3} - F_C$	100	PSD ₀ - 45	
$f_{H4} - F_C$	150	PSD ₀ - 50	
注1 – PSD ₀ = -68 dBm/Hz			
注2 – $f_{L4} + \Delta F$ 以下和 $f_{H1} - \Delta F$ 以上子载波，不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。			

注1 – 当按第5.2款所述使用附加频谱整形时，该发射PSD掩膜的各相关部分可通过关闭子载波或降低其发射功率而减少。

注2 – 如果相同同轴电缆建立了一个以上的信道，则应在信道中心频率之间设置适当的间隔，以便顾及表6-7和6-8中介绍的带外PSD。

注3 – 假设RF模式下使用同轴电缆的节点输出端所产生的带外杂散信号，可满足表6-7和6-8中定义的LPM。带外杂散信号总功率的限值还需进一步研究。带内杂散信号的要求还需进一步研究。

注4 – 保护频段的规范还需进一步研究。

配置1同轴OFB电缆操作的LPM（50 MHz-CB，100 MHz-CB和200 MHz-CB OFB），请见图6-4，其频率和PSD电平见表6-9（50 MHz-CB OFB）、表6-10（100 MHz-CB OFB）和表6-10.1（200 MHz-CB OFB），表内的带宽 $BW = f_{H1} - f_{L2}$ 。

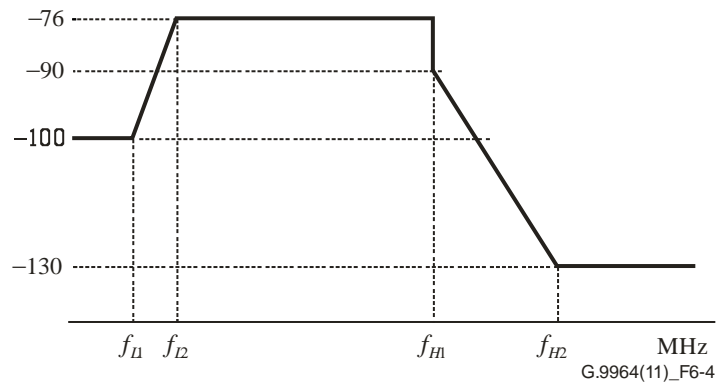


图6-4 – 基带同轴电缆的LPM（配置1 OFB）

表6-4中定义的中间点是通过线性插值获取的（以dB为单位的一个线性频率坐标）。

表6-9 – 50 MHz-CB OFB内同轴电缆传输的LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	注/说明
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$50 - \Delta F$	-76	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	50	-90	
f_{H2}	70	-130	

注 $-f_{H1} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。

表6-10 – 100 MHz-CB OFB内同轴电缆传输的LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	注/说明
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$100 - \Delta F$	-76	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	100	-90	
f_{H2}	140	-130	

注 $-f_{H1} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。

表6-10.1 – 200 MHz-CB OFB内同轴电缆传输的LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	注/说明
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$200 - \Delta F$	-76	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	200	-90	
f_{H2}	280	-130	

注 $-f_{H1} - \Delta F$ 以上的子载波不得用于传输（既无数据也无任何辅助信息）。

注 5 – 当按第5.2款所述使用附加频谱整形时，该发射PSD掩膜的各相关部分可通过关闭子载波或降低其发射功率而减少。

参见[ITU-T G.9960]第7.2.3款中有关同轴电缆操作物理层规范的更多信息。

配置2同轴电缆OFB操作的LPM请见图6-4，其频率和PSD电平见表6-10.2，表内的带宽 $BW = f_{H1} - f_{L2}$ 。

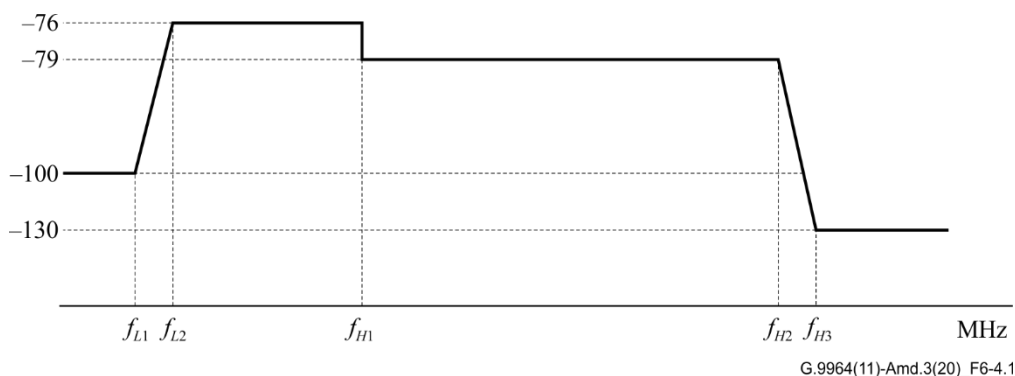


图6-4.1 – 基带同轴电缆的LPM（配置2 OFB）

表6-4.1中定义的中间点是通过线性插值获取的（以dB为单位的一个线性频率坐标）。

表6-10.2 – 配置2 OFB同轴电缆的LPM参数

参数	频率 (MHz)	PSD (dBm/Hz)	注/说明
f_{L1}	1	-100	
f_{L2}	5	-76	
$f_{H1} - \Delta F$	$200 - \Delta F$	-76	ΔF 为任意的小值正数
f_{H1}	200	-79	
f_{H2}	2000	-79	
f_{H3}	2200	-130	

注6 – 当按第5.2款所述使用附加频谱整形时，该发射PSD掩膜的各相关部分可通过关闭子载波或降低其发射功率而减少。

参见[ITU-T G.9960]第7.2.3款中有关同轴电缆操作物理层规范的更多信息。

6.3.3 使用永久掩膜的子载波

对于基带传输，子载波0-10（含）须对同轴电缆设置永久性掩膜。它们不应用于传输（既不用于数据也不用于辅助信息）。

6.3.4 同轴电缆上的共存

同轴电缆上的节点须使用特定的检测和频率捷变能力与程序，以避免干扰在相同同轴设备上操作的外部家庭网络和其它业务（例如，通信和广播业务）。本建议书的后继版本将详细介绍这些能力和程序。

6.4 终接阻抗

表6-11规定了各类媒介终接（负载）阻抗的标称值。标准终接阻抗须用于PSD和总发射功率的测量。

表6-11 – 标准终接阻抗

媒介	终接阻抗 (Ω)
基带电力线	100
电话线	100
基带同轴电缆	75
RF同轴电缆	75

6.5 总发射功率

使用标准终接阻抗终接的收发信机总发射功率（见第6.4款）须不得超过表6-12中的数值。

表6-12 – 总发射功率限值

媒介	OFB	TX功率限值 (dBm)	测量的频率范围 (MHz)
基带电力线	50 MHz-PB	+20	0.005-100
	100 MHz-PB	+20	0.005-150
电话线	50 MHz-TB	+3	0.005-100
	100 MHz-TB	+4.5	0.005-150
	200 MHz-TB	+6	0.005-250
	配置2	$3 + 1.5 \times \log_2(F/50)$	$OF_{MAX} - OF_{MIN}$
基带同轴电缆	50 MHz-CB	-1	0.005-100
	100 MHz-CB	+2	0.005-150
	200 MHz-TB	+5	0.005-300
	配置2	$-1 + 3 \times \log_2(F/50)$	$OF_{MAX} - OF_{MIN}$
RF同轴电缆	50 MHz-RF	+5	$(F_{UC} - 100) - (F_{UC} + 100)$
	100 MHz-RF	+8	$(F_{UC} - 150) - (F_{UC} + 150)$

注 – $F = (OF_{MAX} - OF_{MIN})$ （见表6-1、6-4和6-6）。

6.6 接收机输入阻抗

当使用电力线媒介操作但并未发射时，实施设备在1.8 MHz至50 MHz频段的线路（相位）与零终端间测量出的最小阻抗为40 Ω 。在100 kHz至1.8 MHz和50 MHz至100 MHz之间其最小阻抗为20 Ω 。

附件A

(此附件有意保留空白)

附件B

(此附件有意保留空白)

附件C

(此附件有意保留空白)

附件D

国际业余无线电频段

(此附件是本建议书不可分割的组成部分)

表D.1 – 0-100 MHz频率范围内的国际业余无线电频段

频段起始 (kHz)	频段终止 (kHz)	SC _{START} (注1)	SC _{END} (注1)	SC _{START} (注2)	SC _{END} (注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
14 4000	148 000	N/A	N/A	2 949	3 032
21 9000	22 5000	N/A	N/A	4 485	4 619
42 0000	450 000	N/A	N/A	8 601	9 217

注1 – 24.4140625 kHz间隔的子载波指数 (所有电力线OFB)
 注2 – 48.828125 kHz间隔的子载波指数 (所有电话线OFB) 如相应频段使用掩膜, SC_{START} 和 SC_{END} 分别是指使用掩膜子载波的起始和终止指数。

附件E

ITU-T G.9960对VDSL2业务的影响

（此附件是本建议书不可分割的组成部分）

本附件定义了降低[ITU-T G.9960]对VDSL2业务影响的方法。此方法会因媒介类型不同而异，且在业务与VDSL2共用相同线路或在附近路由时也会有所不同。受ITU-T G.9960传输影响的实际VDSL2频段以及相应的PSD下降亦因区域不同而异，可使用本附件定义的配置参数通过远程或本地域管理系统进行配置。详细内容仍需进一步研究。

附录I

附加无线电频段

(本附录不构成本建议书的组成部分)

本附录列出了国家规定要求降低PSD的附加无线电频段。

表I.1 – 国际广播频段

频段起点 (kHz)	频段终点 (kHz)
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

表I.2 – 航空移动频段

频段起点 (kHz)	频段终点 (kHz)
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

表I.2 – 航空移动频段

频段起点 (kHz)	频段终点 (kHz)
15 010	15 100
17 900	18 030
21 924	22 000
23 200	23 350

表I.3 – 射电天文频段

频段起点 (kHz)	频段终点 (kHz)
13 360	13 410
25 550	25 670

参考文献

- [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*.

ITU-T系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	资费和结算原则以及国际电信/ICT经济 and 政策问题
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒介、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	环境与ICT、气候变化、电子废物、能源；线缆和外部设备的其他组件的建设、安装和保护
M系列	电信管理，包括电信网络管理和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令，以及相关的测量和测试
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题