

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.9700

修正2
(06/2017)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
接入网络 – 金属接入网络

快速接入用户终端 (G.fast) – 功率频谱密度规范
修正2

ITU-T G.9700 建议书 (2014年) – 修正2

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、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 |
| 无线电话与有线电话的协调 | G.450-G.499 |
| 传输媒质的特性 | 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 |
| 传输媒质的特性 | G.6000-G.6999 |
| 经传送网的数据 — 一般概况 | G.7000-G.7999 |
| 包传输概况 | G.8000-G.8999 |
| 接入网 | G.9000-G.9999 |
| 金属接入网络 | G.9700–G.9799 |
| 本地和接入网络的光线路系统 | 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.9700 建议书

快速接入用户终端（G.fast）– 功率频谱密度规范

修正2

摘要

ITU-T G.9700建议书为快速接入用户终端（G.fast）制定了功率频谱密度（PSD）规范的掩膜要求，为支持降低PSD掩膜提供了一系列工具，为判定频谱内容提供了剖面图控制参数，其中包括特定终端阻抗可接收的最大集总发射功率，并为发送PSD认证提供了一种方法。本建议书是对ITU-T G.9701建议书物理层（PHY）规范的补充。

第1修正案支持新的106 MHz剖面，其最大集总发射功率为+8 dBm。

第2修正案将第6.5节关于具体频段的陷波与ITU-T G.9701建议书（2014年）及其最新修正案统一、完成关于212 MHz剖面图（profile）的规范、增加了附件X – 做出调整，适应同轴媒介 – 以支持由ITU-T G.9701第3修正规定的附件X – 没有用于无串音环境多线路协调情况下的操作，并更新了附录I中的国际业余无线电频率表。

历史沿革

| 版本 | 建议书名称 | 批准日期 | 研究组 | 唯一标识* |
|-----|----------------------------|------------|-----|---|
| 1.0 | ITU-T G.9700 | 2014-04-04 | 15 | 11.1002/1000/12010 |
| 1.1 | ITU-T G.9700 (2014) Amd. 1 | 2016-09-30 | 15 | 11.1002/1000/12842 |
| 1.2 | ITU-T G.9700 (2014) Amd. 2 | 2017-06-30 | 15 | 11.1002/1000/13170 |

* 为访问建议书，请在万维网浏览器的地址栏中输入URL：<http://handle.itu.int/>，并后跟建议书的唯一ID。例如：<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信和信息通信技术（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”等其它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它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，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利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，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2017

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 |
| 4 | 缩写词和首字母缩略语 | 2 |
| 5 | 惯例 | 2 |
| 6 | 发射PSD掩膜 | 2 |
| 6.1 | 概述 | 2 |
| 6.2 | 限制PSD掩膜 (LPM) | 3 |
| 6.3 | 子载波掩膜 | 3 |
| 6.4 | 功率频谱密度整形 | 4 |
| 6.5 | 具体频段的陷波 | 4 |
| 6.6 | 低频端的阻带掩膜 | 6 |
| 7 | 频谱内容的规范 | 7 |
| 7.1 | 剖面图控制参数 | 7 |
| 7.2 | PSD掩膜规范 | 8 |
| 7.3 | 终接阻抗 | 10 |
| 7.4 | 最大集总发射功率 | 11 |
| 8 | 发射PSD验证 | 11 |
| | 附件A至附件W | 12 |
| | 附件X 做出调整, 适应同轴媒介 | 13 |
| | X.1 剖面图控制参数 | 13 |
| | X.2 终接阻抗 | 13 |
| | X.3 最大集总发射功率 | 13 |
| | 附录 I 国际业余无线电频段 | 15 |
| | 附录 II 广播无线电频段 | 16 |
| | 附录 III 对用于非连续发射的PSD发射机 (TXPSD) 的定义 | 17 |

ITU-T G.9700 建议书

快速接入用户终端（G.fast）– 功率频谱密度规范

修正2

编辑说明：本建议书为案文完整的出版物。修正案所做修改在ITU-T G.9700（2014年）建议书及其第1修正案（2016年）的基础上用修订符标出。

1 范围

本建议书是对[ITU-T G.9701]建议书物理层（PHY）规范的补充。

规范的内容包括：

- 功率频谱密度（PSD）限制掩膜的要求，
- 支持降低发射PSD掩膜的一组工具；
- 判定频谱内容的剖面图控制参数，其中包括特定终接阻抗可接收的总发射功率，和
- 发送PSD认证的方法。

这可确保该技术能够满足：

- 区域性要求，
- 运营商的部署要求，例如与其它数字用户线（DSL）技术的兼容性，
- 适用的电磁兼容性（EMC）规则或标准，以及
- 本地的EMC要求。

2 参考文献

下列ITU-T建议书和其他参考文献的条款，在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其他参考文献的最新版本。当前有效的ITU-T建议书清单会定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

[ITU-T G.993.2] ITU-T G.993.2建议书（2011年），甚高速数字用户线收发机2（VDSL2）（VDSL2）。

[ITU-T G.9701] ITU-T G.9701建议书（2014年），快速接入用户终端（G.fast）– 功率频谱密度规范。

3 定义

本建议书定义了如下术语：

- 3.1 上限 (x)：不小于 x 的最小整数。
- 3.2 下限 (x)：不大于 x 的最大整数。
- 3.3 f_{sc} ：代表子载波间隔频率的参数。

3.4 子载波：离散多音（DMT）调制器的一个基本要素。将调制器信道宽度分割成一组并行的子信道。每一子信道的中心频率为一个子载波，比特可调制到这一子载波上并经由某一信道传输。

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：

| | |
|---------------|-------------------|
| DAB | 数字音频广播 |
| DMT | 离散多音 |
| DP | 分发点 |
| DSL | 数字用户线 |
| EMC | 电磁兼容性 |
| FAST (G.fast) | 快速接入用户终端 |
| FM | 频率调制 |
| FTU | FAST收发信机单元 |
| FTU-O | 光纤网络单元处的FTU |
| FTU-R | 远端站点的FTU（即环路的用户端） |
| LESM | 低频端的阻带掩膜 |
| LPM | 限制PSD掩膜 |
| MBW | 测量带宽 |
| MIB | 管理信息库 |
| NM | 陷波掩膜 |
| PSD | 功率频谱密度 |
| PSM | PSD整形掩膜 |
| QoS | 服务质量 |
| SM | 子载波掩膜 |
| TDD | 时分复用 |
| TxPSDM | 发射PSD掩膜 |

5 惯例

无。

6 发射PSD掩膜

6.1 概述

发射PSD掩膜（TxPSDM）由以下掩膜构成：

- 限制PSD掩膜（LPM）；
- 子载波掩膜（SM）；
- PSD整形掩膜（PSM）；

- 陷波掩膜 (NM)；和
- 低频端的阻带掩膜 (LESM)。

光纤网络单元 (FTU-O) 和 FTU 远程站点 (即环路用户端) FAST 收发信机 (FTU) 处使用的 TxPSDM 可能会有所有不同。

对一个 FTU 而言, 任何频率发射信号的 PSD, 须不得超过 TxPSDM。

LPM (参见第 7.2.1 节) 规定了 TxPSDM 的绝对最大值。子载波掩膜 (SM)、PSD 整形掩膜 (PSM)、陷波掩膜 (NM) 和低频端的阻带掩膜 (LESM) 使用下述四种机制来降低 TxPSDM 并对其进行整形:

- 子载波掩膜,
- 特定频段的陷波,
- PSD 整形, 和
- 低频端的阻带掩膜。

FTU-O 和 FTU-R 均强制要求遵守这四种机制。

TxPSDM 须遵守适用的国家和区域规则要求。

注 1 – 在确定将正确的 PSD 用于具体司法管辖区时, 运营商应利用提供的工具确保遵守国家和区域的电磁兼容性 (EMC) 规定, 并特别考虑到保护可能不紧邻承载 ITU-T G.9701 信号下线的生命安全服务接收机。实例包括 108-117.975 MHz 频段的各种 VHF 航空无线电导航信道以及 HF 和 VHF 频段的航空应急通信信道 (如 121.5 MHz) 和水上应急通信信道。

注 2 – 除本建议书中定义的为 TxPSDM 规定了绝对值的掩膜 (包括带内和带外) 之外, [ITU-T G.9701] 还定义了两种机制: 即中断操作机制, 该机制在无数据传输时允许 FTU 动态关闭特定连接的发射, 和一种低功率模式下的机制 (L2)。这两种机制允许该系统进一步降低发射功率, 将其降至足以实现给定比特率和服务质量 (QoS) 目标的数值。

注 3 – 根据表 8-1 确定的频率, TXPSDM 在不同平均带宽中加以定义, 但处于低频段边缘和 MIB 定义的标记区域的分频段例外, 正如第 6.5 和 6.6 款所述, 这里的 TXPSDM W (1 MHz 宽带) 和 TXPSDM N (10 kHz 窄带) 掩膜适用。

6.2 限制 PSD 掩膜 (LPM)

限制 PSD 掩膜 (LPM) 规定了永远不能超过的, TxPSDM 绝对最大 PSD 限值。用于构建 TxPSDM 的所有其它掩膜定义和机制, 均应低于 LPM 规定的掩膜值。

6.3 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 (SM) 是通过分发点管理信息数据库 (DP-MIB)、利用 ITU-T G.997.1 建议书的 CARMASK 参数配置的。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 被定义为一系列存在掩膜的频段。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)。

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。子载波掩膜的目标不在保护无线电业务；此项工作由陷波来解决（参见第6.5节）。

6.4 功率频谱密度整形

功率频谱密度（PSD）整形允许在部分频谱内降低PSD发射，主要用于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。利用G.997.1的PSDMASK参数在DP-MIB中配置整形掩膜。

PSM定义的频率范围在最低子载波 x_1 （其中 x_1 =上限（ f_{tr1}/f_{sc} ））与最高子载波 x_H （其中 x_H =下限（ f_{tr2}/f_{sc} ））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。

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 $(S+1)$ 断点，以下述格式表述：

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

一个FTU至少支持32个PSM断点的配置。

如果一个或多个PSM断点设置在LPM之上，则须将发射PSD掩膜设置为： $TxPSDM = \min(PSM, LPM)$ 。PSM断点的所有 PSD_n 值均须在-90 dBm/Hz以上。

6.5 具体频段的陷波

FTU须能够通过配置实现一个或多个具体频段的陷波，以便为无线电业务提供保护；例如，业余无线电频段或广播无线电频段。需进行陷波的国际业余无线电频段称作IAR频段，其余需进行陷波的频段称作RFI频段（见[ITU-T G.9701]第7.3.1.2段）。

对于RFI频段，各陷波掩膜（NM）的陷波定义均须使用子载波指数 SC_{start} 和 SC_{stop} 。

启动音指数的有效范围 SC_{start} 涵盖了所有小于等于受保护频段最低频率与 $f_{sc}/2$ 之差的有效音指数。停止音指数的有效范围 SC_{stop} 涵盖了所有大于等于受保护频段最高频率与 $f_{sc}/2$ 之和的有效音指数。

FTU须同时支持32个RFI频段的陷波。

此外，FTU须支持13个IAR频段的陷波。附录I详细列出这些IAR频段的频率。FTU应能够通过配置，依据所需保护，对各独立的业余无线电频段实施陷波操作。

在陷波内，须关闭所有子载波且陷波掩膜（NM）至少等于LPM -20 dB。

注1 – 为满足TxPSDM陷波深度的要求，亦需关闭掩膜子载波两侧的子载波。

针对陷波定义了两种PSD掩膜：

- 窄带发射PSD掩膜（TXPSDM_N）

定义此掩膜旨在使用相关频率中心附近MBW=10 kHz的带宽对PSD进行验证。

TXPSDM_N被定义为NM的最大值，其最低限值为-100 dBm/Hz：

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

– 宽带发射PSD掩膜 (TXPSDM_W)

定义此掩膜旨在验证以数学方法计算出的宽带平均PSD (PSD_W)，其计算方式是以相关频率为中心，以1 MHz为窗口，取窄带测量平均值 (PSD_N)：

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

其中：

PSD_N (f) 为以dBm/Hz表示的频率f的窄带测量值

PSD_W (f) 为以dBm/Hz表示的频率f的算数平均宽带PSD值

TXPSDM_W被定义为配置陷波掩膜 (NM) 的最大值，其最低限值请参见表6-1中的频率：

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

表6-1 – TXPSDM_W较低限值的要求

| 频率 MHz | TXPSDM_W 较低限值 [dBm/Hz] |
|-----------|---------------------------|
| 2.0 – 4.0 | -100 |
| 4.0 - 5.0 | -110 |
| > 5.0 | -112 |

针对小于1 MHz的陷波：

- 仅要求发射 PSD满足窄带发射PSD掩膜 (TxPSDM_N) 的要求，以及相关频率的这一要求 $(SC_{start} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{stop} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$ 。

针对大于等于1 MHz的陷波：

- 要求发射 PSD满足窄带发射PSD掩膜 (TxPSDM_N) 的要求，以及相关频率的这一要求 $(SC_{start} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (SC_{stop} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW)$ ，且
- 要求宽带平均发射PSD (PSD_W (f)) 满足相关频率的宽带发射PSD掩膜 (TxPSDM_W) 的要求 $(SC_{start} \times f_{SC} + \frac{1}{2} \times MBW + 0.5 \text{MHz}) < f < (SC_{stop} \times f_{SC} - \frac{1}{2} \times MBW - 0.5 \text{MHz})$ 。需要对比的掩膜值应为1 MHz窗口内该掩膜的最大值 $[f - 0.5 \text{ MHz}, f + 0.5 \text{ MHz}]$ 。

附录II详细阐述了广播无线电业务 (频率调制 (FM) 和数字音频广播 (DAB)) 的各个频率。

FM、DAB和其它无线电业务要求根据无线电业务的不同特性，提供不同的陷波配置。

注2 – 根据频谱使用的不同，NM可被用于独立广播台站的陷波。

6.6 低频端的阻带掩膜

针对低频端的阻带掩膜（LESM），本文定义了两种PSD掩膜：

– 窄带发射PSD掩膜（TXPSDM_N）

定义此掩膜旨在使用相关频率中心附近 $MBW=10\text{ kHz}$ 的带宽对PSD进行验证。

TXPSDM_N的定义请参见图6-1，图中 PSD_{tr3} 是频率 f_{tr3} 的带内LPM值。过渡频段的掩膜值是使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。

要求发射PSD满足窄带发射PSD掩膜（TxPSDM_N）的要求，以及相关频率的这一要求 $(0.5\text{ MHz} + \frac{1}{2} \times MBW) < f < (f_{tr3} - \frac{1}{2} \times MBW)$ ，其中 $f_{tr1} \leq f_{tr3} \leq 30\text{ MHz}$ 。超过过渡频率 f_{tr3} 的PSD值被视为带内值，其定义请参见第7.2.1.1节。

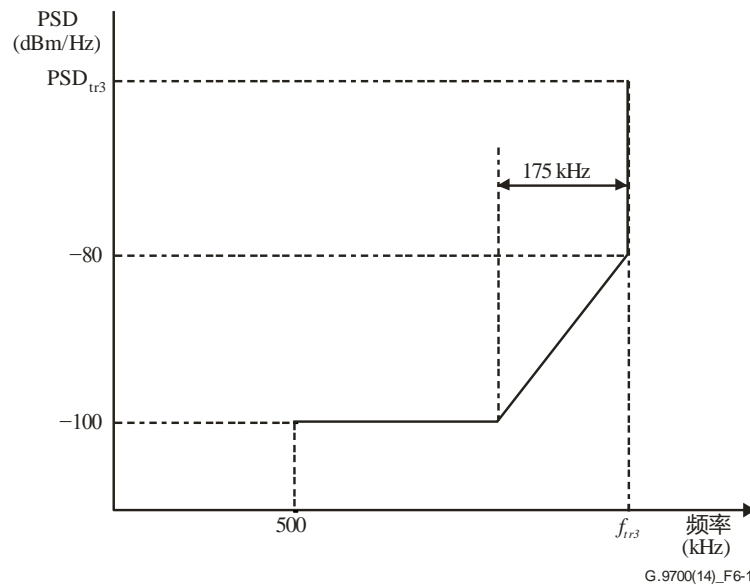


图 6-1 – 低频端的阻带掩膜

– 宽带发射PSD掩膜（TXPSDM_W）

定义此掩膜旨在验证以数学方法计算出的宽带平均PSD（ $PSD_W(f)$ ），参见第6.5节中的定义。

TXPSDM_W(f) 的定义参见表6.2中的相关频率。

要求宽带平均发射PSD（ $PSD_W(f)$ ）满足相关频率的宽带发射PSD掩膜（TxPSDM_W）的要求 $(2.0\text{ MHz} + \frac{1}{2} \times MBW + 0.5\text{ MHz}) < f < (f_{tr3} - 175\text{ kHz} - \frac{1}{2} \times MBW - 0.5\text{ MHz})$ 。需要对比的掩膜值应为1 MHz窗口内该掩膜的最大值[$f - 0.5\text{ MHz}$, $f + 0.5\text{ MHz}$]。

表 6-2 – LESM TXPSDM_W的要求

| 频率 (MHz) | LESM TXPSDM_W (dBm/Hz) |
|-------------|------------------------------|
| 2.0 至 4.0 | - 100 |
| 4.0 至 5.0 | - 110 |
| > 5.0 | - 112 |

7 频谱内容的规范

7.1 剖面图控制参数

每一简表为下面的参数规定了标称值：

- 子载波的数量 (N) ；
- 子载波的间隔 (f_{sc}) ；
- 循环扩展参数 L_{CP} 和 β ； 以及
- 最大集总发射功率（适用于上下行流）。

表7-1展示了各剖面图的有效控制参数。这些参数在[ITU-T G.9701]中做出了定义。

表 7-1 – 剖面控制参数

| 参数 | 剖面图（注1） | | |
|----------|--|--|--|
| | 106 MHz (106a) | 106 MHz (106b) | 212 MHz (212a) |
| N | 2048（注2） | 2048（注2） | 4096（注3） |
| f_{sc} | 51.75 kHz | 51.75 kHz | 51.75 kHz |
| L_{CP} | $N/64 \times m$ 其中 $m = 4、8、10、12、14、16、20、24、30$ 和33抽样@ $2 \times N \times f_{sc}$ 抽样/s | $N/64 \times m$ 其中 $m = 4、8、10、12、14、16、20、24、30$ 和33抽样@ $2 \times N \times f_{sc}$ 抽样/s | $N/64 \times m$ 其中 $m = 4、8、10、12、14、16、20、24、30$ 和33抽样@ $2 \times N \times f_{sc}$ 抽样/s |
| β | 64和128抽样@ $2 \times N \times f_{sc}$ 抽样/s | 64和128抽样@ $2 \times N \times f_{sc}$ 抽样/s | 128和256抽样@ $2 \times N \times f_{sc}$ 抽样/s |
| 最大总发射功率 | +4 dBm（参见第7.3和7.4节） | +8 dBm（参见第7.3和7.4节） | +4 dBm（参见第7.3和7.4节） |

注1 – 未来的剖面图值可能会使用更高的总发射功率，但前提是其在本建议书规定的限制PSD掩膜范围之内。

注2 – 有效子载波指数的范围对应的频率在2至106 MHz之间。

注3 – 有效子载波指数范围对应2至212 MHz之间的频率。

7.2 PSD掩膜规范

7.2.1 限制PSD掩膜 (LPM)

限制PSD掩膜 (LPM) 规定了TxPSDM永远不能超越的绝对最大值。106 MHz剖面图和212 MHz剖面图的带内LPM请参见第7.2.1.1节。第7.2.1.2节定义了带外LPM。

7.2.1.1 带内LPM

106 MHz剖面图和212 MHz剖面图的带内LPM请分别参见图7-1和7-2。这些LPM的参数，请分别参见表7-2和7-3。

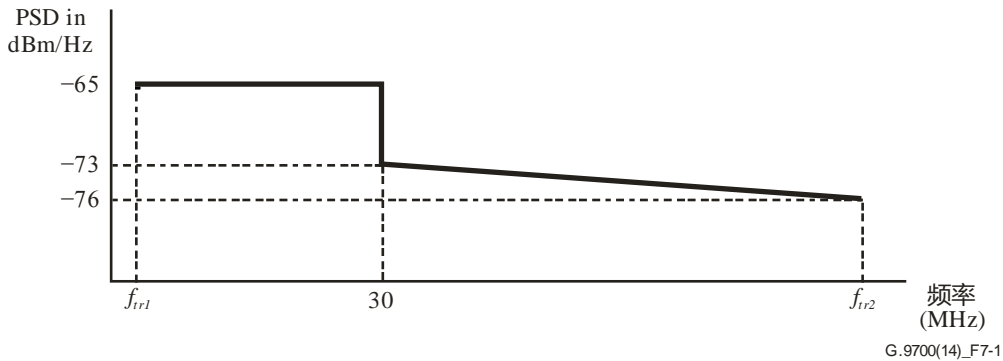


图 7-1 – 106 MHz剖面图的带内限制PSD掩膜

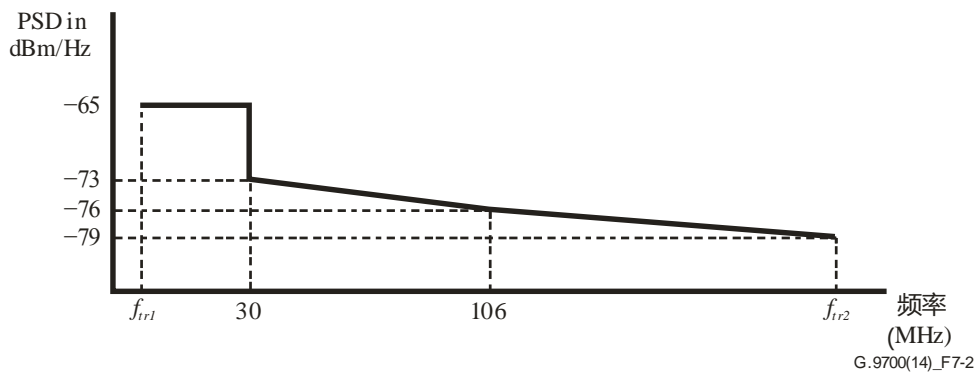


图 7-2 – 212 MHz剖面图的带内限制PSD掩膜

表 7-2 – 106 MHz剖面图的带内LPM参数

| 参数 | 频率 (MHz) | PSD (dBm/Hz) | 说明 |
|-----------|----------|--------------|---|
| f_{ir1} | 2 | -65 | 第7.2.1.2节定义了低于 f_{ir1} 的LPM。 |
| | 30 | -65 | |
| f_{ir2} | 30 | -73 | 所列各点间的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。第7.2.1.2节定义了高于 f_{ir2} 的LPM。 |
| | 106 | -76 | |

表 7-3 – 212 MHz剖面图的带内LPM参数

| 参数 | 频率 (MHz) | PSD (dBm/Hz) | 说明 |
|-----------|----------|--------------|---|
| f_{tr1} | 2 | -65 | 第7.2.1.2节定义了低于 f_{tr1} 的LPM。 |
| | 30 | -65 | |
| | 30 | -73 | 所列各点间的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。第7.2.1.2节定义了高于 f_{tr2} 的LPM。 |
| | 106 | -76 | |
| f_{tr2} | 212 | -79 | |

注 – 当使用第6节所述的附加频谱整形时（例如，提供频谱兼容性或遵守宽带功率限制），可通过关闭子载波或降低发射功率的方式降低TxPSDM各部分的功率。如有需求，还可增加频率陷波。

7.2.1.2 带外LPM

带外LPM的低频端请参见图7-3，高频端请参见图7-4，其中 PSD_{tr1} 是频率 f_{tr1} 的带内LPM值， PSD_{tr2} 是频率 f_{tr2} 的带内LPM值。这些LPM的参数请分别参见表7-4和7-5。

带外LPM适用于低端过渡频率 f_{tr1} 以下的频率和高端过渡频率 f_{tr2} 以上的频率。过渡频率 f_{tr1} 和 f_{tr2} 之间的PSD值被视为带内值，并在第7.2.1.1节中做出了定义。

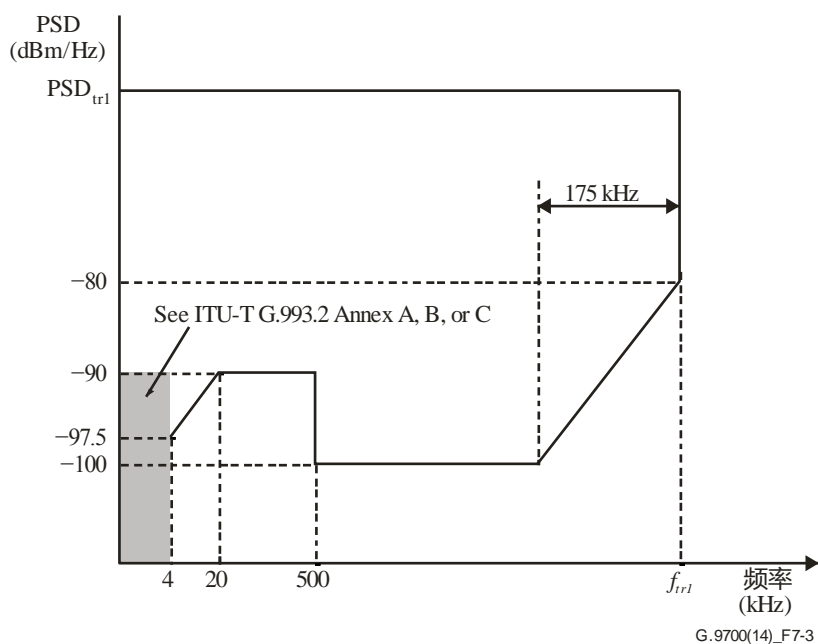


图 7-3 – 低频端的带外LPM

针对北美、欧洲和日本地区的4 kHz以下频率的要求，分别在[ITU-T G.993.2]的附件A、B、和C中进行了规范。

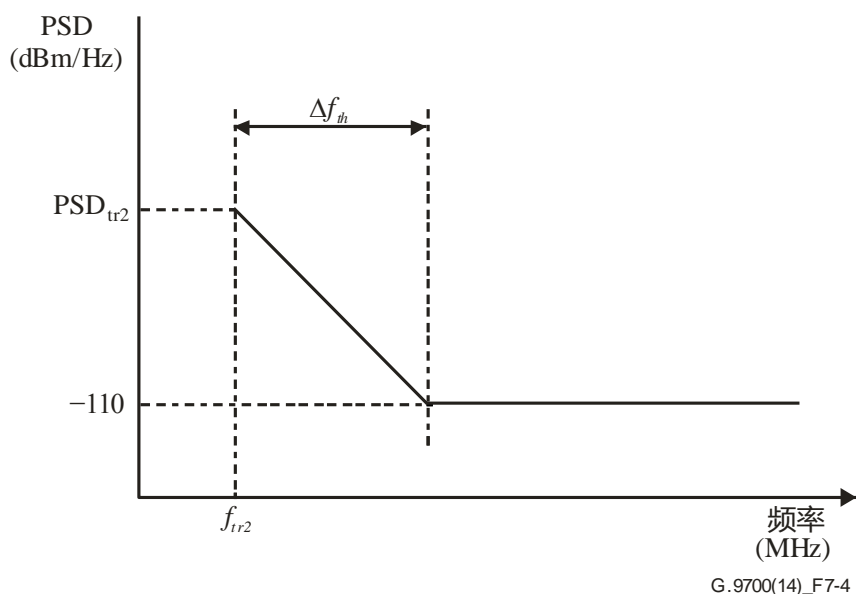


图 7-4 – 高频端的带外LPM

表 7-4 – 低频端带外LPM的参数

| f_{tr1} (MHz) | PSD_{tr1} (dBm/Hz) | 说明 |
|--------------------|-------------------------|---|
| 2 | -65 | 过渡频率 f_{tr1} 的PSD限值从 PSD_{tr1} 降至-80 dBm/Hz。 过渡频段的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。 4至20 kHz之间的PSD限值，须使用对数(f)刻度上以dB为单位的线性内插法求得。 低于 f_{tr1} 子载波不得用于传输（无论是数据还是辅助信息）。 |

表 7-5 – 高频端带外LPM的参数

| f_{tr2} (MHz) | PSD_{tr2} (dBm/Hz) | 过渡频段, Δf_{th} (MHz) | 说明 |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|--|
| 106 | -76 | 20 | 过渡频段 (Δf_{th}) 的PSD限值，须使用线性频率刻度上以dB为单位的线性内插法求得。 高于 f_{tr2} 的子载波不得用于传输（无论是数据还是辅助信息）。 |
| 212 | -79 | 40 | |

7.2.2 使用永久性掩膜的子载波

针对106 MHz剖面图和212 MHz剖面图，指数在0-40（包括40）之间的子载波须使用永久性掩膜。这些子载波不得用于传输（无论是数据还是辅助信息）。

7.3 终接阻抗

FTU-O和FTU-R须使用 $R_V = 100 \Omega$ 纯阻的终接阻抗。特别是发信PSD和总发射功率的定义和验证，必须使用 $R_V=100\Omega$ 的终接。

7.4 最大集总发射功率

本建议书定义的最大集总发射功率值是基于连续发射的假设。使用时分多址（TDD）的系统，如[ITU-T G.9701]中阐述的系统，其在特定方向上的发射并不连续，但间断仅出现在指定的时间段。应用的测量程序须考虑到这一点。

使用第7.3节定义的终接阻抗进行测量时，FTU-O（下行流方向）和FTU-R（上行流方向）的最大总发射功率都不得超过表7-1所述的剖面图电平值。

更多限制请参见定义不同区域要求的附件（供进一步研究）。

8 发射PSD验证

本建议书定义的发射PSD掩膜值是基于连续发射的假设。使用时分多址（TDD）的系统，如[ITU-T G.9701]中阐述的系统，其在特定方向上的发射并不连续，但间断仅出现在指定的时间段。应用的测量程序须考虑到这一点。

评估PSD的测量带宽（MBW）须按表8-1中所述执行。测量带宽须以相关频率为中心。

要进行比较的掩膜值须为 $[f - \frac{1}{2} \times \text{MBW}, f + \frac{1}{2} \times \text{MBW}]$ 窗口内的最大掩膜值。

注 – 如果某一频率范围内同时定义了窄带发射PSD掩膜（TXPSDM_N）和宽带发射PSD掩膜（TXPSDM_W），则本节定义的MBW与窄带PSD测量（PSD_N）相关。

PSD掩膜的规范与参照终接阻抗相对应，见第7.3节的定义。

表 8-1 – 发射PSD验证的测量带宽设置

| 频段 | 测量带宽 (MBW) |
|--|------------|
| $4 \text{ kHz} < f < 20 \text{ kHz}$ | 1 kHz |
| $20 \text{ kHz} < f < f_{ir1}$ | 10 kHz |
| $(f_{ir1} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ 至 $(30 \text{ MHz} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ | 1 MHz |
| $(30 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ 至 $(f_{ir2} - \frac{1}{2} \times \text{MBW})$ | 1 MHz |
| $> f_{ir2}$ 至 300 MHz | 100 kHz |
| 任何陷波频段 | 10 kHz |

附件A至附件W

附件A至附件W已故意留为空白

附件X

做出调整，适应同轴媒介

(本附件构成本建议书不可分割的组成部分)

X.1 剖面图控制参数

每一简表为下面的参数规定了标称值：

- 子载波的数量 (N) ；
- 子载波的间隔 (f_{SC}) ；
- 循环扩展参数 L_{CP} 和 β ； 以及
- 最大总发射功率（适用于上下行流）。

表X-1展示了各剖面图的有效控制参数。这些参数在[ITU-T G.9701]附件X中做出了定义。

表X-1 – 经同轴电缆操作的剖面控制参数

| 参数 | 经同轴电缆操作的剖面图（注1） | |
|----------|--|--|
| | 106 MHz (106c) | 212 MHz (212c) |
| N | 2048（注2） | 4096（注3） |
| f_{SC} | 51.75 kHz | 51.75 kHz |
| L_{CP} | $N/64 \times m$ 其中 $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ 和 33 抽样@ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s | $N/64 \times m$ 其中 $m = 4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30$ 和 33 抽样@ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s |
| β | 64和128抽样@ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s | 128和256抽样@ $2 \times N \times f_{SC}$ 抽样/s |
| 最大总发射功率 | +2 dBm（参见第7.3和7.4节） | +2 dBm（参见第7.3和7.4节） |

注1 – 未来的剖面图值可能会使用更高的总发射功率，但前提是其在本建议书规定的限制PSD掩膜范围之内。
注2 – 有效子载波指数的范围对应的频率在2至106 MHz之间。
注3 – 有效子载波指数范围对应2至212 MHz之间的频率。

X.2 终接阻抗

对于经同轴电缆操作的收发信机，须为FTU-O和FTU-R在U接口上使用纯电阻的 $R_V = 75$ Ohm的终接阻抗。特别是， $R_V = 75$ Ohm须用作发射PSD的终接以及集总发射功率的确定和证实。

X.3 最大集总发射功率

本建议书定义的最大集总发射功率值是基于连续发射的假设。使用时分多址（TDD）的系统，如[ITU-T G.9701]中阐述的系统，其在特定方向上的发射并不连续，但间断仅出现在指定的时间段。应用的测量程序须考虑到这一点。

使用第 X.2 节定义的终接阻抗进行测量时，FTU-O（下行流方向）和 FTU-R（上行流方向）的最大集总发射功率都不得超过表 X-1 所述的剖面图电平值。

附录 I

国际业余无线电频段

(此附录不构成本建议书不可分割的组成部分)

表 I.1 – 1.8 - 212 MHz 频率范围内的
国际业余无线电频段

| 频段起始点 (kHz) | 频段终点 (kHz) |
|----------------|---------------|
| 1 800 | 2 000 |
| 3 500 | 4 000 |
| 5 351.5 | 5 366.5 |
| 7 000 | 7 300 |
| 10 100 | 10 150 |
| 14 000 | 14 350 |
| 18 068 | 18 168 |
| 21 000 | 21 450 |
| 24 890 | 24 990 |
| 28 000 | 29 700 |
| 50 000 | 54 000 |
| 69 900 | 70 500 |
| 144 000 | 148 000 |

附录 II

广播无线电频段

(此附录不构成本建议书不可分割的组成部分)

本附录包括可能紧邻设施的与接收机相关的频段，省略了对模拟电视等过时技术的划分。总体而言，相关服务均为无线电广播。

表 II.1 – 高达212 MHz频率范围的
无线电广播频段

| 频段起始点 (kHz) | 频段终点 (kHz) | 业务 |
|----------------|---------------|------------------------------|
| 87 500 | 108 000 | FM |
| 174 000 | 216 000 | 数字地面电视 (2区) |
| 174 000 | 230 000 | 数字地面电视/ 数字音频广播 (1区和3区) |

附录 III

对用于非连续发射的PSD发射机 (TXPSD) 的定义

(本附录不构成本建议书不可分割的一部分。)

本附录正式定义了符号流构成的信号发射机功率频谱密度 (TXPSD)，其中包括由静寂时段时分双工DMT等系统产生的信号。

本附录定义的TXPSD适用于发射符号流、删余符号流或连续符号流。发射的均为在发射期间向发射方向发射的符号，但不包括发射期的静寂符号位置，也未确定测量技术。

本附录以中间变量“发射机符号PSD” (TXSPSD) 定义TXPSD。对TXSPSD的定义涉及向一具体方向发射符号的能量频谱密度 (ESD) 预期。

信号电压波形 $V_s(t)$ 的ESD可转化为 100Ω 的参考阻抗。

$$ESD(V_s, f) = \frac{1}{R_0} \left| \int_{-\infty}^{\infty} V_s(t) \cdot e^{-i2\pi f t} dt \right|^2 \text{ (以 Joule/Hz 为单位)}$$

$$R_0 = 100 \Omega$$

TXSPSD源自一组发射符号的ESD预期。

$$TXSPSD(f) = f_{DMT} \cdot E[ESD(V(t), f); V \in S] \text{ (以 W/Hz 为单位)}$$

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

S_0, S_1, \dots, S_N 是发射符号的有效序列

$E[x]$ 是 x 的统计预期。

这种基于符号周期的规范化确保在限度内，符号的无限序列的TXSPSD汇聚于源自自相关函数傅里叶变换的经典PSD。

以下具体带宽 bw 定义了可验证的TXPSD:

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

$TXPSDM(f)$ 是长符号序列的 $TXPSD(bw, f)$ 的最大可允许电平。

合规性核查方法超出了本建议书的范围。

ITU-T 系列建议书

| | |
|------------|---|
| A系列 | ITU-T工作的组织 |
| D系列 | 一般资费原则 |
| 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 | 传输系统和媒质、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、节能；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TMN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 |
| 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 |