



人 和 国 国 家 标 准

GB/T 113.101—2021/C SPR 1 -1-1:2019

代替 GB/T 113.101—201

线电骚扰和抗扰度测量设备和 测量方法规范 第 1-1 部分： 线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备

Specification for radio disturbance and immunity
measuring apparatus and methods—
Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus—
Measuring apparatus

(C SPR 1 -1-1:2019, DT)

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 测量接收机的基本特性	5
4.1 概述	5
4.2 输入阻抗	6
4.3 正弦波电压允差	6
4.4 总通带选择性	6
4.5 带宽	8
4.6 频率调谐允差	9
4.7 中频抑制比	9
4.8 镜像频率抑制比	9
4.9 其他乱真响应	9
4.10 互调效应的限制	10
4.11 测量接收机噪声和机内乱真信号的限制	11
4.12 测量接收机射频发射的限制	11
4.13 连接到断续骚扰分析仪的设备	11
5 准峰值测量接收机(频率范围 9 kHz~1 000 MHz)	11
5.1 概述	11
5.2 脉冲响应	11
6 峰值测量接收机(频率范围 9 kHz~18 GHz)	15
6.1 概述	15
6.2 充放电时间常数比	15
6.3 过载系数	16
6.4 脉冲响应	16
7 平均值测量接收机(频率范围 9 kHz~18 GHz)	16
7.1 概述	16
7.2 过载系数	16
7.3 脉冲响应	17
8 均方根值-平均值测量接收机(频率范围 9 kHz~18 GHz)	19
8.1 概述	19

8.2 过载系数	19
8.3 脉冲响应	20
9 带幅度概率分布(APD)测量功能的测量接收机(频率范围 1 GHz~18 GHz)	22
10 断续骚扰分析仪	23
10.1 概述	23
10.2 基本特性	23
10.3 喀嘶声分析仪性能确认的试验方法	29
附录 A (规范性) 准峰值测量接收机和均方根值-平均值测量接收机对重复脉冲响应的确定 (见 3.6、5.2.2、8.2 和 8.3)	31
附录 B (规范性) 脉冲发生器频谱的确定(见 5.2、6.4、7.3 和 8.3)	35
附录 C (规范性) 纳秒脉冲发生器输出的准确测量(见 5.2、6.4、7.3 和 8.3)	36
附录 D (规范性) 准峰值测量接收机特性对脉冲响应的影响(见 5.2.2)	38
附录 E (规范性) 平均值测量接收机和峰值测量接收机的响应(见 4.5)	39
附录 F (规范性) 根据 CISPR 14-1:2016 中 5.4.3 喀嘶声定义的例外情况的性能检查	47
附录 G (资料性) APD 测量功能规范的基本原理	53
附录 H (资料性) 准峰值测量接收机的特性	56
附录 I (资料性) EMI 接收机和扫频分析仪的结构示例	57
附录 J (规范性) 测量接收机使用外置预放大器的要求	59
附录 K (规范性) 测量接收机的校准要求	69
附录 L (规范性) 射频脉冲幅度的验证	72
参考文献	73

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

GB/T(Z) 6113《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范》为电磁兼容基础标准。

本文件是 GB/T(Z) 6113 的第 1-1 部分。GB/T(Z) 6113 已经发布了以下部分：

第 1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备

- 第 1-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备；
- 第 1-2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 传导骚扰测量的耦合装置；
- 第 1-3 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 骚扰功率；
- 第 1-4 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辐射骚扰测量用天线和试验场地；
- 第 1-5 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 5 MHz～18 GHz 天线校准场地和参考试验场地；
- 第 1-6 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 EMC 天线校准。

第 2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法

- 第 2-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量；
- 第 2-2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 骚扰功率测量；
- 第 2-3 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量；
- 第 2-4 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 抗扰度测量；
- 第 2-5 部分：大型设备骚扰发射现场测量。

第 3 部分：无线电骚扰和抗扰度测量技术报告

- 第 3 部分：无线电骚扰和抗扰度测量技术报告。

第 4 部分：不确定度、统计学和限值建模

- 第 4-1 部分：不确定度、统计学和限值建模 标准化 EMC 试验的不确定度；
- 第 4-2 部分：不确定度、统计学和限值建模 测量设备和设施的不确定度；
- 第 4-3 部分：不确定度、统计学和限值建模 批量产品的 EMC 符合性确定的统计考虑；
- 第 4-4 部分：不确定度、统计学和限值建模 抱怨的统计和限值的计算模型；
- 第 4-5 部分：不确定度、统计学和限值建模 替换试验方法的使用条件。

本文件代替 GB/T 6113.101—2016《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备》，与 GB/T 6113.101—2016 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 删除了术语“对称电压”，增加了“校准”等 5 个术语（见第 3 章，2016 年版的第 3 章）；
- 增加了高斯滤波器的实现和使用（见 3.6 和附录 L）；
- 删除了测量接收机屏蔽效能的要求（见 2016 年版的 4.8.1）；
- 修改了校准和验证平均值检波器脉冲响应的试验信号的定义（见 7.3，2016 年版的 6.5）
- 修改了校准和验证均方根值-平均值检波器脉冲响应的试验信号的定义（见 8.3，2016 年版的 7.5）；
- 增加了外部前置放大器与测量接收器配合使用时的要求（见附录 J）；
- 增加了测量接收机的校准参数（见附录 K）；
- 增加了射频脉冲幅度的验证（见附录 L）。

本文件使用翻译法等同采用 CISPR 16-1-1:2019《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-1 部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备》。

与本文件中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB 4343.1—2018 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第 1 部分:发射(CISPR 14-1:2011,IDT)
- GB 4824—2019 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法(CISPR 11:2016,IDT)
- GB/T 6113.201—2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和方法规范 第 2-1 部分:骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量(CISPR16-2-1:2014,IDT)

本文件做了下列编辑性修改:

- CIPR 16-1-1:2019 中术语 3.13 引用了 CISPR 16-1-4,本文件在参考文献中增加了该文件;
- 对 CIPR 16-1-1:2019 中存在的错误进行了更正,具体如下:
 - E.5 中“C 和 D 频段:12.0 dB(脉冲重复频率 1 000 Hz)”修改为“C 和 D 频段:12.0 dB(脉冲重复频率 100 Hz)”;
 - 图 E.6 中上图中“ $f_p \gg B_{imp}$ ”修改为“ $f_p \ll B_{imp}$ ”;
 - 图 E.7 中“ $f_{p2} \gg B_{imp}$ ”修改为“ $f_{p2} \ll B_{imp}$ ”;
 - 表 F.1 中试验编号 10 中“(见本表 E2 和注 1, $2 \times 285 \text{ ms} > 20 \text{ ms}$)”修改为“(见本表 E2 和注 1, $285 \text{ ms} > 20 \text{ ms}$)”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国无线电干扰标准化技术委员会(SAC/TC 79)提出并归口。

本文件起草单位:中国电子技术标准化研究院、中电科思仪科技股份有限公司、北京科环世纪电磁兼容技术有限责任公司、厦门海诺达科学仪器有限公司、中国计量科学研究院、广州赛宝计量检测中心服务有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、东南大学、合肥产品质量监督检验研究院、北京无线电计量测试研究所、广州众测电子科技有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、中汽研汽车检验中心(天津)有限公司、广州市诚臻电子科技有限公司、浙江诺益科技有限公司、国家无线电监测中心检测中心、大连产品质量检验检测研究院有限公司、西安工业大学、福建省计量科学研究院、南京纳特通信电子有限公司、中家院(北京)检测认证有限公司、芮锋射频技术(上海)有限公司、中国信息通信研究院、深圳市北测检测技术有限公司、北京理工大学、中国电力科学研究院有限公司、江苏省计量科学研究院、广东中认华南检测技术有限公司、北京大泽科技有限公司、深圳东昇射频技术有限公司、深圳赫优科技有限公司、北京罗博施通信技术有限公司。

本文件主要起草人:崔强、谢鸣、陈彦、付君、许建华、朱文立、周忠元、杨新春、叶畅、马蔚宇、杨春荣、刘恩晓、王林东、黄雪梅、刘欣、李楠、郑益民、郭雨、徐澹、汤兴刚、肖娜丽、李荣明、王曦、石磊、周镒、李光华、翟丽、李妮、李保婷、卢炎汉、梁吉明、李立嘉、褚瑞、张进库、万长勇、李劲。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为:

- 2008 年首次发布为 GB/T 6113.101—2008,2016 年第一次修订;
- 本次为第二次修订。

引 言

为规范电磁兼容测量、考虑测量不确定度和给出与测量相关的背景信息,以及为电磁兼容产品类标准的制修订奠定技术基础,GB/T(Z) 6113 规定了无线电骚扰和抗扰度测量设备、测量方法、测量不确定度技术要求以及计算限值的模型,其由四部分组成,第1部分为无线电骚扰和抗扰度测量设备规范;第2部分为无线电骚扰和抗扰度测量方法规范;第3部分为无线电骚扰和抗扰度测量技术报告;第4部分为不确定度、统计学和限值建模。

第1部分又分为6个部分:

- 第1-1部分:测量设备。目的在于规定测量无线电骚扰的测量设备和断续骚扰测量的专用设备的性能和特性要求。
- 第1-2部分:传导骚扰测量的耦合装置。目的在于规定射频骚扰电压和骚扰电流测量用辅助设备的特性和性能要求。
- 第1-3部分:辅助设备 骚扰功率。目的在于规定无线电骚扰功率测量用吸收钳的特性和校准方法要求。
- 第1-4部分:辐射骚扰测量用天线和试验场地。目的在于规定辐射骚扰测量天线和试验场地的特性和性能要求。
- 第1-5部分:5 MHz~18 GHz 天线校准场地和参考试验场地。目的在于规定天线校准场地和参考试验场地的要求。
- 第1-6部分:EMC 天线校准。目的在于规定辐射骚扰测量天线的天线系数的校准程序和相关要求。

无线电骚扰和抗扰度测量设备和 测量方法规范 第 1-1 部分： 无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备

1 范围

本文件规定了测量无线电骚扰的测量设备的性能和特性要求,适用于 9 kHz~18 GHz 的频率范围。本文件还对断续骚扰测量的专用设备提出了要求。

注:依据 IEC 导则 107,CISPR 16-1-1 为 IEC 所属产品委员会使用的基础电磁兼容(EMC)标准。正如 IEC 导则 107 所述,产品委员会有责任决定 EMC 标准的适用性。CISPR 及其分技术委员会(对应于国内的 SAC/TC79 技术委员会及其分技术委员会)与这些产品委员会在评估其特定产品的特定试验的价值展开合作。上述产品委员会对应于国内相关的产品技术委员会。

本文件的要求适用于电磁干扰(EMI)接收机和频谱分析仪。本文件所使用的术语“测量接收机”是指 EMI 接收机和频谱分析仪这两种类型的接收机(同时见 3.7)。测量接收机的校准要求根据附录 K。

有关频谱分析仪的详细使用指南参见 CISPR 16-2-1:2014+A1:2017、GB/T 6113.202—2018 或 GB/T 6113.203—2020 中的附录 B。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容(IEC 60050(161):1990+A1:1997+A2:1998,IDT)

GB/T 6113.202—2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和方法规范 第 2-2 部分:骚扰和抗扰度测量方法 骚扰功率测量(CISPR 16-2-2:2010,IDT)

GB/T 6113.203—2020 无线电骚扰和抗扰度测量设备和方法规范 第 2-3 部分:骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量(CISPR 16-2-3:2016,IDT)

GB/Z 6113.3—2019 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 3 部分:无线电骚扰和抗扰度测量技术报告(CISPR/TR 16-3:2010+A1:2012+A2:2015,IDT)

CISPR 11:2015+A1:2016+A2:2019 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 射频骚扰特性 限值和测量方法(Industrial, scientific and medical equipment—Radio-frequency disturbance characteristics—Limits and methods of measurement)

CISPR 14-1:2016 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第 1 部分:发射(Electromagnetic compatibility—Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus—Part 1: Emission)

CISPR 16-2-1:2014+A1:2017 无线电骚扰和抗扰度测量设备和方法规范 第 2-1 部分:骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量(Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods—Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity—Conducted disturbance measurements)

3 术语和定义

GB/T 4365—2003 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

带宽 bandwidth

B_x

低于响应曲线中点某一规定电平处测量接收机总选择性曲线的宽度。

注： x 表示所规定电平的分贝 (dB) 数。

3.2

CISPR 指示范围 CISPR indication range

由制造商规定的且满足本文件要求的测量接收机最大指示与最小指示之间的指示范围。

3.3

充电时间常数 electrical charge time constant

T_c

从恒定正弦波电压加到检波级的输入端瞬间起,到检波器的输出电压达到其终值的 63% 为止,其间所用的时间就是充电时间常数。

注:充电时间常数按下述方法确定:将一个具有幅度恒定、频率等于中频的正弦波信号加到检波器的输入端,此信号电平应工作在相关各级放大电路的线性区域。将一个无惯性的指示器(如示波器)接到直流放大器电路中不影响检波器性能的测量点上,记下该仪器指示 K_D ,然后只在有限的时间施加上述同一电平的正弦波信号(包络为矩形的波形),使偏转上升到 $0.63K_D$,此信号的持续时间就是检波器的充电时间。

3.4

放电时间常数 electrical discharge time constant

T_D

从移去加在检波级输入端的恒定正弦波电压的瞬间起,到检波器的输出电压降至其初始值的 37% 为止,其间所用的时间就是放电时间常数。

注:放电时间常数的测量方法与充电时间常数的测量方法相似,但不是在有限时间内施加信号,而是将施加的信号中断一定时间,使偏转指示降至 $0.37K_D$ 所需要的时间,就是检波器的放电时间 [K_D 是将一个无惯性的指示器(如示波器)接到直流放大器电路中不影响检波器性能的仪器指示]。

3.5

冲激脉冲面积 impulse area

A_{imp}

某一脉冲电压对时间积分的面积:

$$A_{\text{imp}} = \int_{-\infty}^{+\infty} V(t) dt \quad \dots\dots\dots (1)$$

注 1:冲激脉冲面积有时也称为脉冲强度,单位通常为: μVs 或 $\text{dB}(\mu\text{Vs})$ 。

注 2:脉冲频谱密度 D (单位: $\mu\text{V}/\text{MHz}$ 或 $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{MHz})$) 与冲激脉冲面积直接相关。对于脉冲持续时间为 T 的矩形冲激脉冲串,当频率 $f \ll 1/T$ 时,存在下述关系:

$$D(\mu\text{V}/\text{MHz}) = \sqrt{2} \times 10^6 A_{\text{imp}}(\mu\text{Vs})$$

3.6

冲激脉冲带宽 impulse bandwidth

B_{imp}

$$B_{\text{imp}} = \frac{A(t)_{\text{max}}}{2G_0 \times A_{\text{imp}}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$A(t)_{\text{max}}$ ——在测量接收机输入端施加一个冲激脉冲面积为 A_{imp} 的冲激脉冲时测量接收机中频(IF)输出端包络的峰值;

G_0 ——该电路中心频率的增益;

A_{imp} ——冲激脉冲面积。

注 1: 对于双临界耦合调谐变压器:

$$B_{\text{imp}} = 1.05 \times B_6 = 1.31 \times B_3 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

B_6 ——6 dB 处的带宽;

B_3 ——3 dB 处的带宽。

对于高斯滤波器,此关系为^[12]:

$$B_{\text{imp}} = 1.065 \times B_6 = 1.506 \times B_3 \dots\dots\dots (4)$$

注 2: 详见附录 A 中 A.2。

3.7

测量接收机 measuring receiver

满足本文件相关要求的有/无预选器的测量设备。例如,调谐电压表、EMI 接收机、频谱分析仪或基于快速傅立叶变换(FFT)的测量设备。

注: 更详尽的信息见附录 I。

3.8

临界阻尼指示器的机械时间常数 mechanical time constant of a critically damped indicating instrument

T_M

$$T_M = T_L / 2\pi \dots\dots\dots (5)$$

式中:

T_L ——去除全部阻尼之后的自由振荡周期。

注 1: 对于临界阻尼指示器,其系统的运动方程式可写成:

$$T_M^2 (d^2\alpha/dt^2) + 2T_M (d\alpha/dt) + \alpha = ki \dots\dots\dots (6)$$

式中:

α ——偏转指示;

i ——流经指示器的电流;

k ——指示器的时间常数。

由式(6)可以推论,该时间常数也可以规定为(幅度恒定)矩形脉冲的持续时间,此矩形脉冲所产生的偏转指示等于幅度与矩形脉冲相同的连续电流所产生的稳定偏转指示的 35%。

注 2: 临界阻尼机械时间常数的测量方法和调节方法可从下述方法之一得到:

- 把自由振荡周期调节到 $2\pi T_M$, 然后加上阻尼,使 αT 等于 $0.35\alpha_{\text{max}}$ 。
- 如果振荡周期不能测量,就将阻尼调到刚好低于临界值,使仪器的过摆不大于 5%,转动惯量的变化,使 αT 等于 $0.35\alpha_{\text{max}}$ 。

3.9

过载系数 overload factor

电路(或电路组)的实际线性函数的范围所对应的电平与指示仪器满刻度偏转时对应的电平之比。

注: 电路(或电路组)的实际线性函数的范围是指电路(或电路组)的稳态响应偏离理想线性不超过 1 dB 时的最高电平。

3.10

加权(对冲激脉冲骚扰的加权) **weighting (impulsive disturbance)**

将峰值检波的脉冲电压电平转换成与脉冲重复率(PRF)相关的一种指示(多数情况下减小),以对应于干扰对无线电接收的影响。

注 1: 对于模拟接收机,其测量结果反映的是人心理上对干扰厌恶不适程度的一种主观评价(听觉或视觉,通常不是指对所表达内容某种程度的误解)。

注 2: 对于数字接收机,其所呈现的干扰的影响为一个客观量,可将该测量量规定为临界的比特误码率(BER)或比特误码概率(BEP)(即使具备完美的纠错能力也会出现误码)或选用一个具有复现性的、能反映客观评价的物理量。

3.10.1

加权骚扰测量 **weighted disturbance measurement**

使用加权检波器进行的骚扰测量。

3.10.2

加权特性 **weighting characteristic**

对特定无线电通信系统具有恒定影响的作为 PRF 函数的峰值电压电平,即骚扰通过无线电通信系统自身得到加权。

3.10.3

加权检波器 **weighting detector**

具有约定加权函数的检波器。

3.10.4

加权因子 **weighting factor**

相对于参考 PRF 或相对于峰值的加权函数的值。

注: 加权因子用分贝(dB)表示。

3.10.5

加权函数 **weighting function**

加权曲线 **weighting curve**

当具有加权检波器的测量接收机指示(输出)电平恒定时,其输入峰值电压电平与 PRF 之间的关系,即测量接收机对重复脉冲的响应曲线。

3.11

测量时间 **measurement time**

T_m

使单个频点的测量结果有效的连续时间(某些领域也称为驻留时间):

- 对于峰值检波器,检测到信号包络最大值的有效时间;
- 对于准峰值检波器,测得加权包络最大值的有效时间;
- 对于平均值检波器,确定信号包络平均值的有效时间;
- 对于均方根值-平均值检波器,确定加权信号包络最大值的有效时间。

3.12

校准 **calibration**

在规定条件下的一组操作,其第一步是确定由测量标准提供的量值与相应示值之间的关系,第二步则是用此信息确定由示值获得测量结果的关系,这里测量标准提供的量值与相应示值都具有测量不确定度。

注 1: 校准可以用文字说明、校准函数、校准图、校准曲线或校准表格的形式表示。某些情况下,可以包含示值的具有测量不确定度的修正值或修正因子。

注 2: 校准不宜与测量系统的调整(常被错误称为“自校准”)相混淆,也不宜与校准的验证相混淆。

注 3: 通常,只把上述定义中的第一步认为是校准。

[来源:ISO/IEC 导则 99:2007,2.39]^[5]

3.13

验证 verification

提供客观证据证明测量仪器满足规定的要求。

示例: 检查测量仪器或辅助设备[例如共模吸收装置(CMAD,见 CISPR 16-1-4)]的功能是否满足规定的规范,例如数据表中给出的规范。

[来源:ISO/IEC 导则 99:2007,2.44,有修改,增加了示例]^[5]

3.14

测量系统的调整 adjustment of a measuring system

为使测量系统提供相应于给定被测量值的指定示值,在测量系统上进行的一组操作。

注 1: 测量系统调整的类型包括:测量系统调零,偏置量调整,量程调整(有时称为增益调整)。

注 2: 测量系统的调整不宜与测量系统的校准相混淆,校准是调整的一个先决条件。

注 3: 测量系统调整后,通常必须再校准。

[来源:ISO/IEC 导则 99:2007,3.11]^[5]

3.15

修正 correction

对估计的系统影响的补偿。

注 1: “系统影响”的解释见 ISO/IEC 导则 98-3:2008 中的定义 3.2.3^[4]。

注 2: 补偿可取不同形式,诸如加一个修正值或乘一个修正因子,或从修正值表或修正曲线上得到。

[来源:ISO/IEC 导则 99:2007,2.53]^[5]

3.16

计量溯源性 metrological traceability

通过文件规定的不间断的校准链,测量结果与参照对象联系起来的特性,校准链中的每项校准均会引入测量不确定度。

[来源:ISO/IEC 导则 99:2007,2.41]^[5]

4 测量接收机的基本特性

4.1 概述

满足第 4 章、第 5 章~第 8 章和第 10 章相关检波器或断续骚扰分析仪(DDA)要求的频谱分析仪和基于 FFT 的测量设备均可用于符合性测量。对于发射测量,在测量时间内,基于 FFT 的测量设备应能连续地对信号进行采样和评估。

本文件采用“黑盒”方法确定测量设备是否符合本文件的要求。仅满足本文件规定的性能要求时才能确定测量设备的符合性。除非本文件有特殊规定,否则确定测量设备是否符合本文件的规定不应基于电路结构或设计(例如模拟或数字)。

4.2 输入阻抗

测量接收机的输入电路应采用非平衡式。对于 CISPR 指示范围内测量接收机的控制设置,其输入阻抗的额定值为 50 Ω ,且其电压驻波比(VSWR)不应超过表 1 中给出的规定值。

表 1 测量接收机输入阻抗的 VSWR 要求

频率范围	衰减 dB	VSWR
9 kHz~1 GHz	0	2.0
9 kHz~1 GHz	≥ 10	1.2
1 GHz~18 GHz	0	3.0
1 GHz~18 GHz	≥ 10	2.0

4.3 正弦波电压允差

当施加 50 Ω 阻性源阻抗的正弦波信号时,正弦波电压的测量允差应优于 ± 2 dB(1 GHz 以上优于 ± 2.5 dB)。

4.4 总通带选择性

测量接收机的总选择性曲线应介于图 1、图 2、图 3 和图 4 所示的限值之间。
选择性应由测量接收机产生相同指示时输入的正弦波电压幅度随频率变化的曲线进行描述。
对于在 130 kHz~150 kHz 过渡频率范围要求较高选择性的设备的测量,可能需要在测量接收机前端安装高通滤波器(例如,在 EN50065-1^[10]中定义的低压电网上的信号传送设备),以使得 CISPR 测量接收机和高通滤波器合成后的选择性满足表 2 的要求。加装高通滤波器的测量接收机应满足本文件的要求。

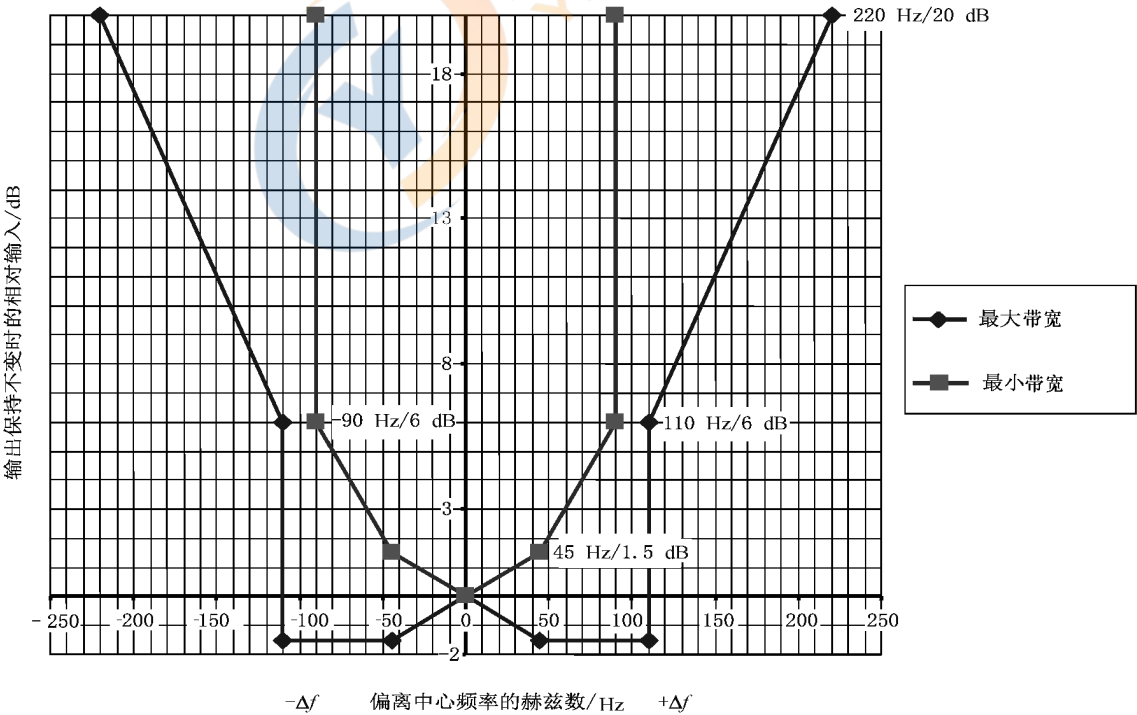


图 1 总选择性(通带)的限值(A 频段)

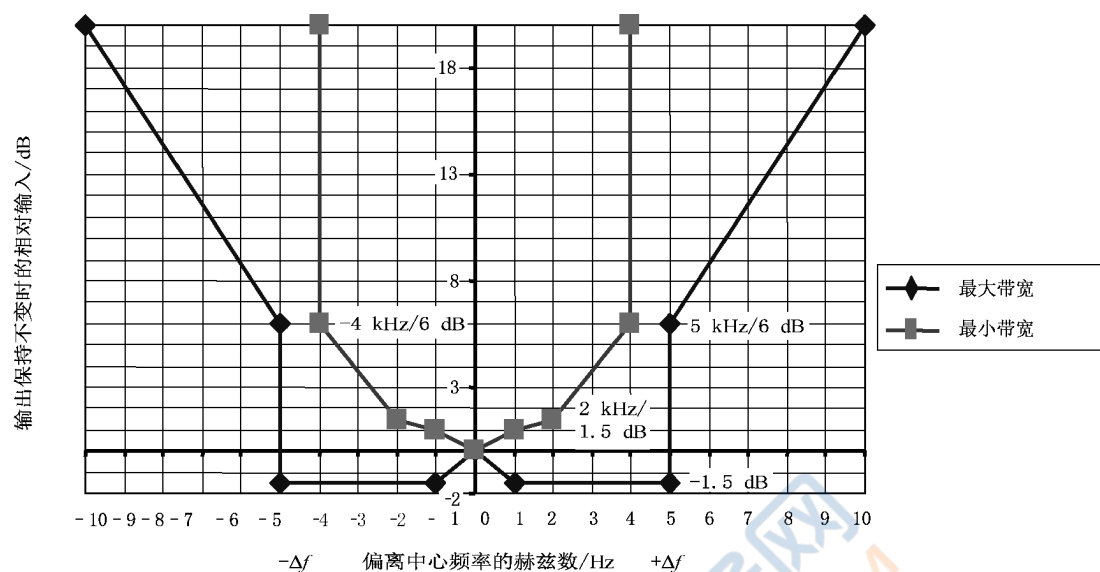


图 2 总选择性(通带)的限值(B 频段)

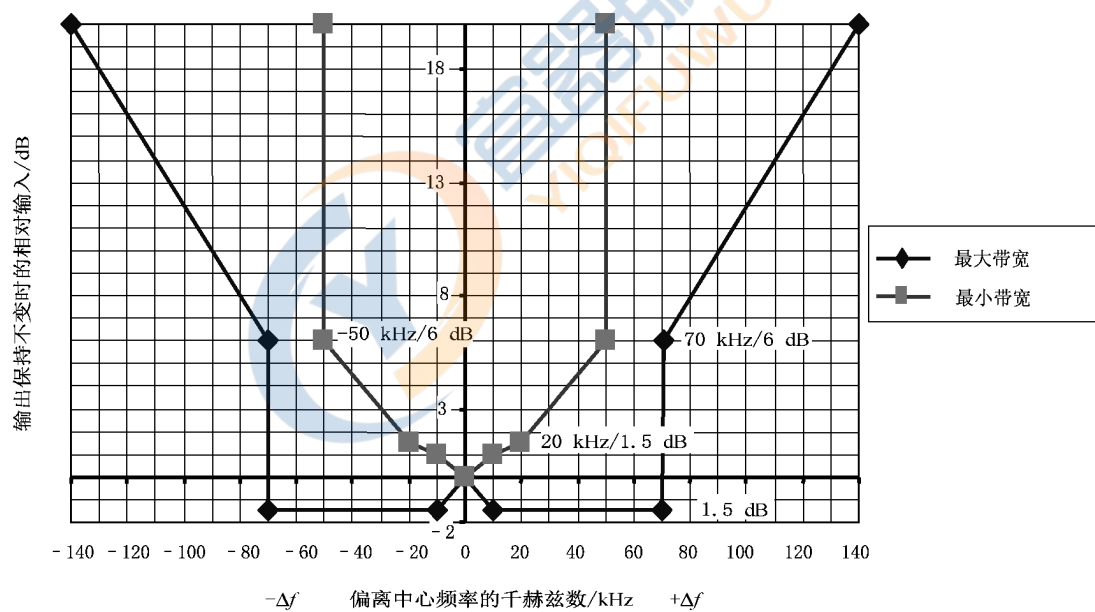
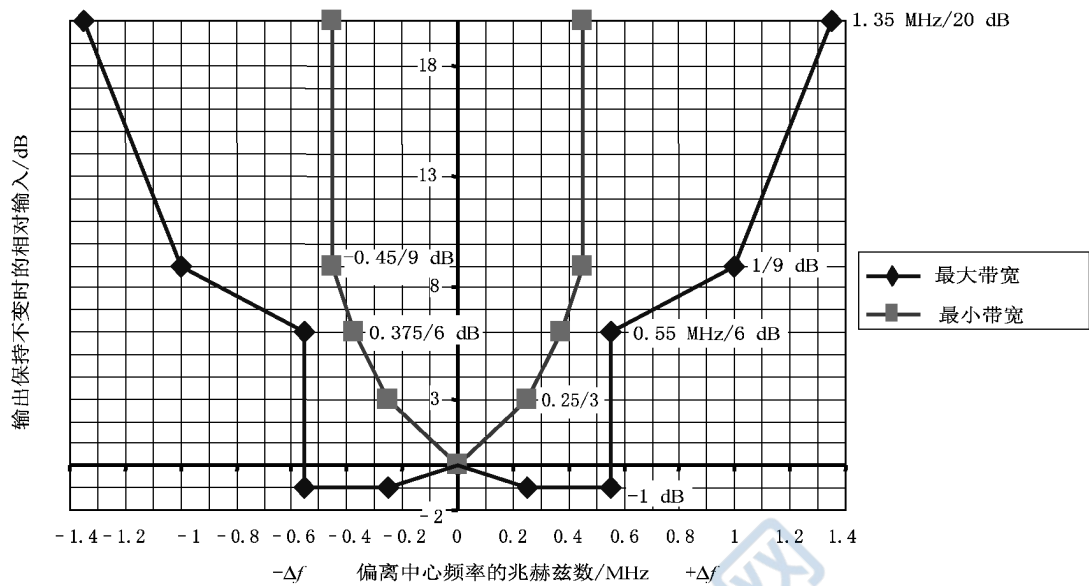


图 3 总选择性(通带)的限值(C 频段和 D 频段)



注 1：由于相关滤波器的衰减取决于滤波器的类型，所以图中没有给出冲激脉冲带宽的限值。给出了 6 dB 和 9 dB 的带宽的定位界限。

注 2：总选择性的限值是从当引入选择性要求时由正在使用的设备得到的。

图 4 总选择性(通带)的限值(E 频段)

表 2 CISPR 测量接收机和高通滤波器的合成选择性

频率 kHz	相对衰减 dB
150	≤ 1
146	≤ 6
145	≥ 6
140	≥ 34
130	≥ 81

4.5 带宽

当使用峰值检波器和平均值检波器的测量接收机测量所有类型的宽带骚扰，在给出骚扰电平时，应标明测量带宽的实际值，且所用带宽应符合表 3 的要求。对于使用均方根值-平均值检波器的测量接收机，带宽应等于表 3 中给出的参考带宽。

表 3 测量接收机的带宽要求

频率范围	带宽 B_6	参考带宽
9 kHz~150 kHz(A 频段)	100 Hz~300 Hz ^{a,c}	200 Hz(B_6)
0.15 MHz~30 MHz(B 频段)	8 kHz~10 kHz ^{a,c}	9 kHz(B_6)
30 MHz~1 000 MHz(C 频段和 D 频段)	100 kHz~500 kHz ^{a,c}	120 kHz(B_6)
1 GHz~18 GHz(E 频段)	300 kHz~2 MHz ^{a,c}	1 MHz ^b (B_{imp})
^a 因为峰值测量接收机对非重叠脉冲的响应正比于其带宽,所以测量结果可以用实际带宽表示;也可以用1 MHz 带宽为单位表示,它由测量值除以冲激脉冲带宽(MHz)(见 3.6)计算得到。对于其他类型的宽带骚扰,这一算法会引入误差。一旦产生争议,数据以使用参考带宽的测量结果为准。 ^b 所选的带宽应定义为测量接收机的冲激脉冲带宽,其允差为±10%。 ^c 在 E.1 中讨论了有关带宽的问题。如果所使用测量带宽不是参考带宽,那么在报告骚扰电平的同时,还应注明实际使用的测量带宽。		

4.6 频率调谐允差

测量接收机的频率调谐允差要求为±2%。

4.7 中频抑制比

当测量接收机的示值保持不变时,输入的中频正弦波电压与调谐频率的正弦波电压之比不应小于 40 dB。在采用多个中频的情况下,每个中频都应满足此要求。

注:对于 E 频段,该要求正在考虑中。

4.8 镜像频率抑制比

当测量接收机的示值保持不变时,输入镜像频率的正弦波电压与调谐频率的正弦波电压之比不应小于 40 dB。在采用多个中频的情况下,每个中频对应的镜像频率都应满足此要求。

4.9 其他乱真响应

当测量接收机的示值保持不变时,除了 4.7 和 4.8 规定的频率外,其他频率的正弦波输入电压与调谐频率的正弦波电压之比不应小于 40 dB。式(7)给出了有可能出现其他乱真信号响应的频率:

$$\left(\frac{1}{m}\right)(nf_L \pm f_i) \text{ 和 } \left(\frac{1}{k}\right)(f_0) \dots\dots\dots (7)$$

式中:

m 、 n 和 k ——整数;

f_L ——本机振荡器频率;

f_i ——中频;

f_0 ——调谐频率。

注:在采用多个中频的情况下,频率 f_L 和 f_i 分别是每个本机振荡器频率和所采用的中频。此外,在测量接收机不施加任何输入信号的情况下也会出现乱真响应。例如,在本机振荡器的谐波频率之间的差值为某一个中频频率时,就会出现乱真响应。因此本条要求并不适用于后者。这些乱真响应所产生的影响将在 4.11 中叙述。乱真信号的源包括:本机振荡器频率(或其谐波)、内部时钟、计算机主板以及它们与测量接收机输入信号的混频产物等。

4.10 互调效应的限制

应尽量减少互调效应对测量接收机响应的影响。使用下述方法确定测量设备的适用性。这种方法仅使用准峰值检波器。

- a) 试验按图 5 所示布置。对于表 4 所给频率,脉冲发生器所产生的脉冲频谱在不大于表 4 中频率 3)时需基本上是均匀的,而在表 4 中频率 4)需至少降低 10 dB。在试验频率点,带阻滤波器需至少衰减 40 dB,相对于滤波器最大衰减的 6 dB 带宽 B_6 。应介于表 4 所列频率 1)和频率 2)之间。
- b) 将正弦波信号发生器直接与测量接收机相连接,调整正弦波发生器得到一方便的读数。用脉冲信号发生器替代正弦波发生器,并调整到相同的电平读数。该脉冲重复频率在 A 频段为 100 Hz,在其他频段为 1 000 Hz。这些脉冲重复频率仅用于准峰值检波器。
- c) 按上述方法用脉冲信号发生器替代正弦波信号发生器时,对于测量接收机,接入该滤波器所导致的衰减不应小于 36 dB;而对于无预选器的频谱分析仪,则不应小于 20 dB。
- d) E 频段的预选滤波器:当测量某些基频较强的受试设备(EUT)的低电平乱真信号时,在测量接收机的输入端插入滤波器以提供针对基波的足够大的衰减来保护测量接收机的输入电路不会出现过载和损坏,并且防止产生谐波和互调信号。

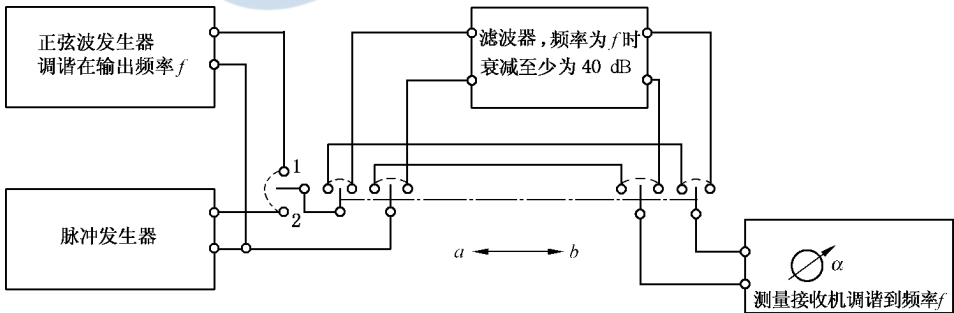
注 1: 对于 EUT 的基波衰减,使用 30 dB 衰减的滤波器通常就足够。

注 2: 对于多个基波需要使用多个滤波器。

注 3: 对于 E 频段,互调效应的要求正在考虑中。

表 4 准峰值测量接收机互调试验的带宽特性

频率范围	频率 1) kHz	频率 2) kHz	频率 3) MHz	频率 4) MHz
9 kHz~150 kHz(A 频段)	0.4	4	0.15	0.3
0.15 MHz~30 MHz(B 频段)	20	200	30	60
30 MHz~300 MHz(C 频段)	500	2 000	300	600
300 MHz~1 000 MHz(D 频段)	500	6 000	1 000	2 000



注: 根据 4.10 的讨论,测量接收机的响应为:

$$\alpha_{1a} = \alpha_{2a}$$
$$\alpha_{1b} = \alpha_{1a} - 40 \text{ dB}$$
$$\alpha_{2b} = \alpha_{2a} - 36 \text{ dB}$$

图 5 互调效应的试验布置图

4.11 测量接收机噪声和机内乱真信号的限制

4.11.1 随机噪声

测量接收机的背景噪声所引入的误差不应超过 1 dB。

注:通过以下方法可以找到电平误差为 1 dB 的电平:在测量接收机输入端施加一个信号 S ,使测量接收机读数远远大于噪声电平 N (例如 40 dB)。减小信号电平 S ,获得测量接收机读数 S_1 ,如果 $(S_1 + N)$ 不满足线性特性,电平偏差为 1 dB,即为要寻找的电平。

4.11.2 连续波

对于输入到测量接收机的任意信号,由 4.9 的注中所述的乱真响应的存在所引入的测量误差不应超过 1 dB。当按 4.11.1 的规定进行试验时,如果测量接收机符合 4.11.1 的要求,则应认为该测量接收机满足此要求。

4.12 测量接收机射频发射的限制

4.12.1 传导发射

测量接收机所有外部连接端子(不仅仅是电源端子)的无线电骚扰电压都应满足 CISPR 11 中有关 B 级设备的限值要求。然而这一要求并不适用于屏蔽的测量设备的屏蔽连接器的内导体;当测量接收机的输入端端接特性阻抗时,本地振荡器在其上的注入功率不应超过 34 dB(pW),对应于 50 Ω 阻抗上的 51 dB(μ V)电压。

4.12.2 辐射发射

测量接收机发射的无线电骚扰场强应满足 CISPR 11 中有关 B 级设备的限值要求,频率范围为 9 kHz~1 000 MHz。此限值也同样适用于 CISPR 11:2015 中表 1 所列的频段(工科医所用的频率)。基于等效辐射功率(ERP)测量,频率范围 1 GHz~18 GHz 的限值是 45 dB(pW)。

在进行辐射发射和传导发射之前,用户应确保试验设备(例如,计算机控制设备等)引入的背景噪声不会影响测量结果。

4.13 连接到断续骚扰分析仪的设备

当测量断续骚扰时,骚扰测量接收机在所有频段均应设置一个中频输出端。该输出端的加载不应影响测量结果的读数。

5 准峰值测量接收机(频率范围 9 kHz~1 000 MHz)

5.1 概述

测量接收机的规范由其工作频率范围决定。测量接收机分别覆盖 9 kHz~150 kHz(A 频段)、150 kHz~30 MHz(B 频段)、30 MHz~300 MHz(C 频段)和 300 MHz~1 000 MHz(D 频段)4 个频段。附录 H 给出了准峰值测量设备的基本特性。

5.2 脉冲响应

5.2.1 幅度关系(绝对校准)

根据表 5 中的列[标记为 a)列、b)列和 c)列],测量接收机在所有频率上对试验脉冲的响应应与相

应调谐频率上对未调制的电动势的均方根值为 2 mV [66 dB(μ V)]的正弦波信号的响应相等,此脉冲在 50 Ω 的源阻抗上具有 a) μ Vs(微伏秒)电动势的冲激脉冲面积、在至少到 b) MHz 的频率上有均匀频谱和 c) Hz 的重复频率。

当使用外置预放大器时,有关使用要求按照附录 J。

脉冲发生器和正弦波信号发生器的源阻抗均为 50 Ω 。正弦波电压电平的允差为 $\pm$ 1.5 dB。

注：附录 B 和附录 C 描述了脉冲发生器输出特性的确定方法,用于确认是否满足本条的要求。

表 5 准峰值测量接收机试验脉冲的特性

频率范围	a) μ Vs	b) MHz	c) Hz
9 kHz~150 kHz	13,5	0,15	25
150 kHz~30 MHz	0,316	30	100
30 MHz~300 MHz	0,044	300	100
300 MHz~1 000 MHz	0,044	1 000	100

5.2.2 随重复频率的变化(相对校准)

测量接收机对重复脉冲的响应应做到:当测量接收机的示值保持不变[例如,20 dB(μ V)]时,脉冲幅度与重复频率之间的关系如图 6、图 7、图 8 和图 9 所示。

作为一种替代要求,测量接收机对重复脉冲频率的响应应做到:当重复频率为 25 Hz(A 频段)和 100 Hz(B 频段、C 频段和 D 频段),脉冲发生器的电压保持不变[例如,50 dB(μ V)]时,测量接收机示值与重复频率之间的关系在纵坐标符号相反的条件下,如图 6、图 7、图 8 和图 9 所示。

在所有测量情况下,都要求有足够的信噪比。推荐在脉冲发生器的输出端使用 10 dB 衰减器。

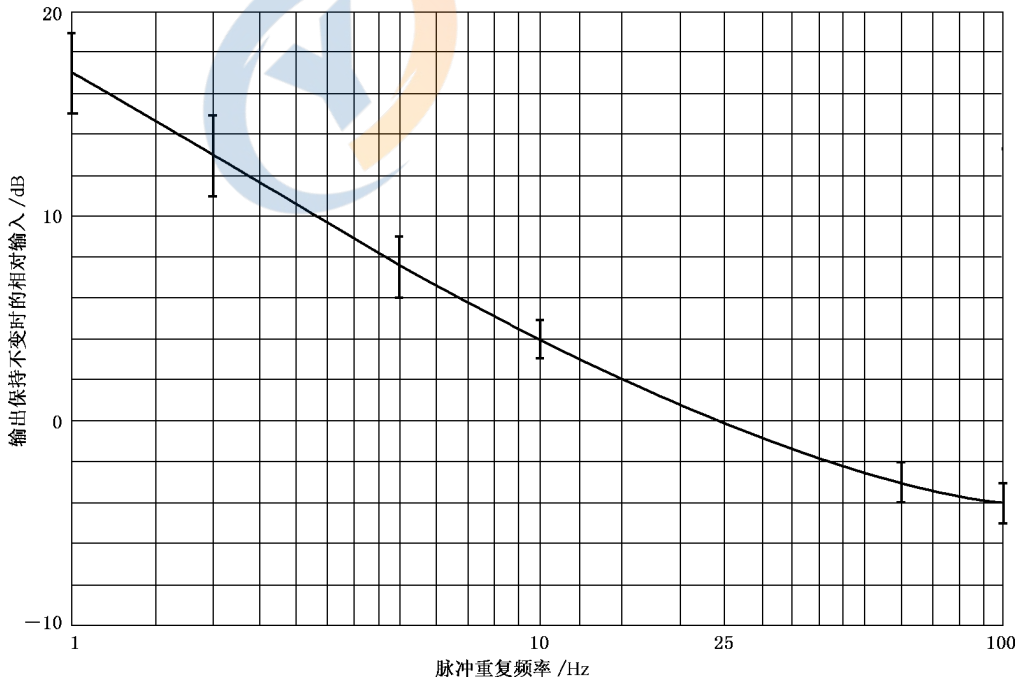


图 6 脉冲响应曲线(A 频段)

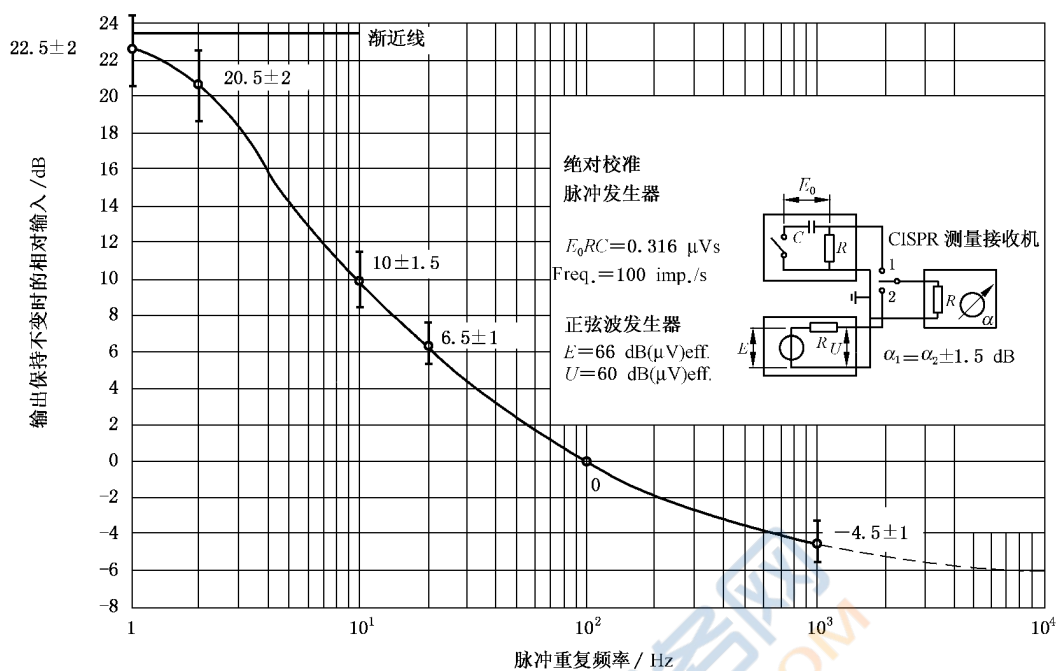


图 7 脉冲响应曲线(B频段)

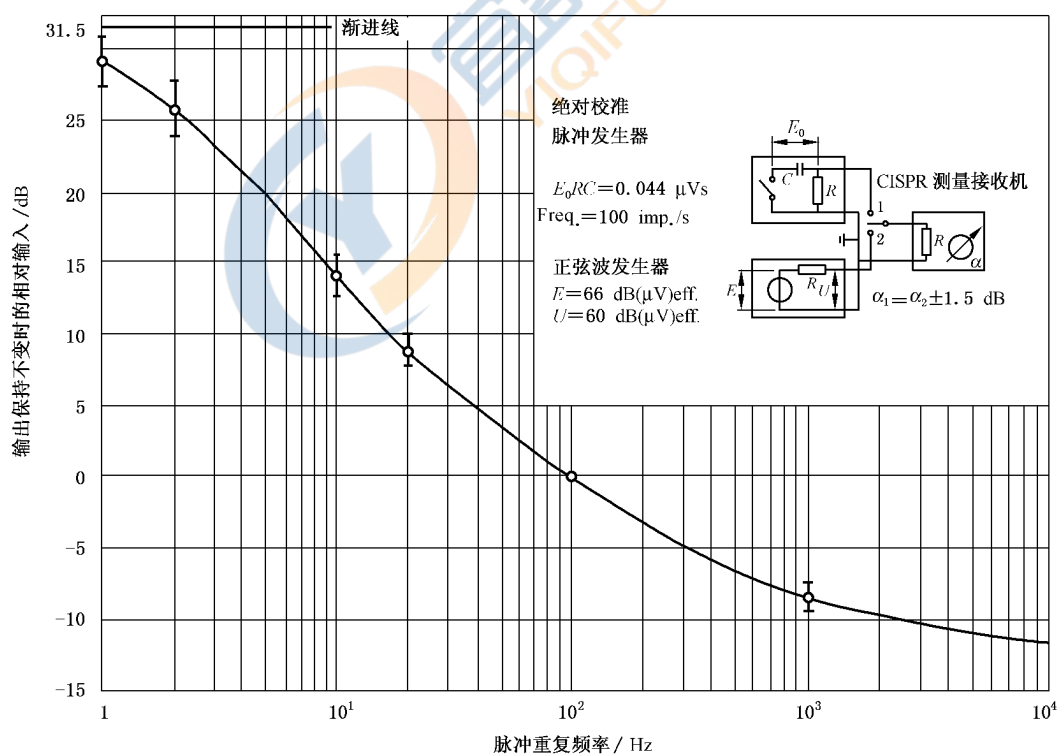
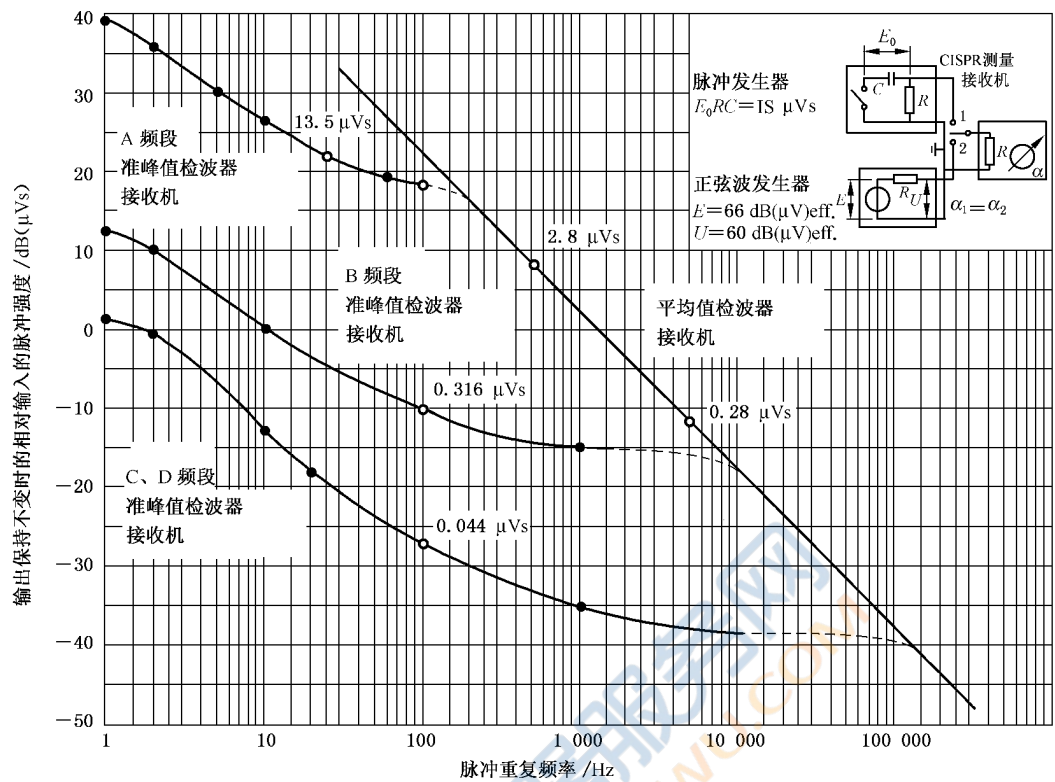


图 8 脉冲响应曲线(C频段和D频段)



注：IS 为 A_{imp} 的缩写。

图 9 准峰值和平均值检波器测量接收机的理论脉冲响应曲线

对于某一特定的测量接收机,其响应曲线应介于表 6 和相应图中所规定的限值内。对于没有预选器的频谱分析仪,表 6 中脉冲重复频率小于 20 Hz 时的要求不适用。这种测量设备有条件地用于符合性试验。如果使用频谱分析仪进行测量,则应核实和记录 EUT 不会发射脉冲重复频率小于或等于 20 Hz 的宽带信号。试验时应根据 CISPR 16-2-1:2014 附录 B、GB/T 6113.202—2018 附录 B 或 GB/T 6113.203—2020 附录 E 中规定的程序来确定频谱分析仪的适用性。

当频率高于 300 MHz 时,由于测量接收机的输入过载,脉冲响应受到限制。表 6 中标有星号(*)的数值是可选的,不做硬性要求。

表 6 准峰值测量接收机的脉冲响应

重复频率 Hz	规定的不同频段,脉冲的相对等效电平 dB			
	A 频段 9 kHz~150 kHz	B 频段 0.15 MHz~30 MHz	C 频段 30 MHz~300 MHz	D 频段 300 MHz~1 000 MHz
1 000	注 3	-4.5±1.0	-8.0±1.0	-8.0±1.0
100	-4.0±1.0	0(参考)	0(参考)	0(参考)
60	-3.0±1.0	—	—	—
25	0(参考)	—	—	—

表 6 (续)

重复频率 Hz	规定的不同频段,脉冲的相对等效电平 dB			
	A 频段 9 kHz~150 kHz	B 频段 0.15 MHz~30 MHz	C 频段 30 MHz~300 MHz	D 频段 300 MHz~1 000 MHz
20	—	$+6.5 \pm 1.0$	$+9.0 \pm 1.0$	$+9.0 \pm 1.0$
10	$+4.0 \pm 1.0$	$+10.0 \pm 1.5$	$+14.0 \pm 1.5$	$+14.0 \pm 1.5$
5	$+7.5 \pm 1.5$	—	—	—
2	$+13.0 \pm 2.0$	$+20.5 \pm 2.0$	$+26.0 \pm 2.0$	$+26.0 \pm 2.0^*$
1	$+17.0 \pm 2.0$	$+22.5 \pm 2.0$	$+28.5 \pm 2.0$	$+28.5 \pm 2.0^*$
孤立脉冲	$+19.0 \pm 2.0$	$+23.5 \pm 2.0$	$+31.5 \pm 2.0$	$+31.5 \pm 2.0^*$

* 数值是可选的,不做硬性要求。

注 1: 附录 D 考虑了测量接收机特性对脉冲响应的影响。

注 2: 图 9 示出了以绝对刻度标出的准峰值和平均值检波器测量接收机的理论脉冲响应曲线。图 9 的纵坐标表示对应于均方根值为 66 dB(μ V)的开路正弦波电压的开路脉冲面积[dB(μ Vs)]。如果测量接收机的输入与校准发生器匹配,则测量接收机的示值为 60 dB(μ V)。当测量带宽小于脉冲重复频率时,如果测量接收机调谐在某一离散谱线上,那么图 9 的曲线仍然有效。

注 3: 在 9 kHz~150 kHz 频率范围内,当重复频率高于 100 Hz 时,由于中频放大器出现脉冲重叠现象,所以不能对该频段的响应做出明确规定。

注 4: 附录 A 给出了重复脉冲响应曲线的确定方法。

6 峰值测量接收机(频率范围 9 kHz~18 GHz)

6.1 概述

本章规定了采用峰值检波器的测量接收机的要求,这种测量接收机适用于冲激脉冲或脉冲调制骚扰测量。

6.2 充放电时间常数比

为了获得重复频率为 1 Hz,误差不超过其峰值真值 10% 的仪器读数,放电时间常数与充电时间常数之比应不小于以下值:

- 在 9 kHz~150 kHz 频率范围内,其比值为 1.89×10^4 ;
- 在 150 kHz~30 MHz 频率范围内,其比值为 1.25×10^6 ;
- 在 30 MHz~1 000 MHz 频率范围内,其比值为 1.67×10^7 ;
- 1 GHz~18 GHz 的频率范围内,其比值为 1.34×10^8 。

如果测量接收机具有峰值保持能力,那么保持时间应设置在 30 ms~3 s 范围。

注: 对于使用峰值保持技术(在保持时间后强制放电)或数字峰值检波技术的测量接收机,充放电时间常数比的要求不适用。对于幅度随时间变化的信号可使用显示上的最大保持功能。

如果使用频谱分析仪进行峰值测量,视频带宽(B_{video})的设置应不小于分辨率带宽(B_{res})。对于峰

值测量,可从频谱分析仪的显示读出测量结果,其检波器工作在线性或者对数模式。

6.3 过载系数

对于峰值测量接收机,其过载系数不需要像其他类型的测量接收机那么大。对于通常设计为直接读数的检波器,过载系数只应比单位 1 稍大即可。对于所选用的时间常数(见 6.2),该过载系数应是足够的。

6.4 脉冲响应

在 1 000 MHz 以下的频率范围,测量接收机对试验脉冲的响应应与对调谐频率上未调制正弦信号的响应相等,其中脉冲发生器和正弦波发生器的源阻抗均为 50 Ω,试验脉冲的强度为 $1.4/B_{\text{imp}}$ mVs (B_{imp} 的单位是 Hz),正弦波信号的电动势均方根值为 2 mV [66 dB(μ V)]。脉冲均匀频谱特性应满足表 5 要求。正弦波电压允差为 ± 1.5 dB,所有的脉冲重复频率应保证测量接收机中频滤波器的输出端不出现脉冲重叠现象。

表 7 相同带宽的峰值和准峰值测量接收机脉冲响应的相对值(9 kHz~1 GHz)

频率范围	A_{imp} mVs	B_{imp} Hz	(对不同脉冲重复频率) 峰值与准峰值表头示值之比 dB	
			25 Hz	100 Hz
A 频段	6.67×10^{-3}	0.21×10^3	6.1	—
B 频段	0.148×10^{-3}	9.45×10^3	—	6.6
C 频段和 D 频段	0.011×10^{-3}	126.0×10^3	—	12.0
注 1: 脉冲响应只是基于使用表 3 中的参考带宽给出。				
注 2: 本表中的值来自检波器加权函数的标称规范。因此,校准实验室不需要进行验证。				

注 1: 附录 B 和附录 C 描述了脉冲发生器输出特性的确定方法,用于确认是否满足 6.4 的要求。

注 2: 表 7 给出了具有优选带宽的峰值测量接收机与准峰值测量接收机示值之间的关系,其中 A 频段重复频率为 25 Hz,其他频段为 100 Hz。

在 1 GHz 以上的频率范围,所需要的冲激脉冲面积用试验频率上的脉冲调制载波来定义,原因是要想脉冲发生器获得高至 18 GHz 的均匀频谱是不切实际的,更详细的内容见 E.6。

7 平均值测量接收机(频率范围 9 kHz~18 GHz)

7.1 概述

平均值测量接收机一般不用于冲激脉冲骚扰测量。这种类型测量接收机的检波器设计是指示检波器前级信号包络的平均值。使用平均值检波器测量窄带信号,可以克服与调制或宽带噪声相关的一些问题。CISPR 符合性测量所需的平均值检波器应符合本章要求。也存在其他类型的平均值检波器。

7.2 过载系数

对于具有平均值检波器的测量接收机,检波器前级电路对于脉冲重复频率为 n Hz 的过载系数应为 B_{imp}/n , B_{imp} 单位为 Hz。

测量接收机不应出现过载情况的最小脉冲重复频率: A 频段为 25 Hz; B 频段为 500 Hz; C 频段和 D 频段为 5 000 Hz。

注: 一般而言, 对于这种类型的测量接收机, 当脉冲重复频率甚低时, 为避免测量接收机的非线性运行而提供足够的过载系数是不现实的(目前对单个脉冲的响应未作规定)。

7.3 脉冲响应

7.3.1 幅度关系

为了验证具有线性平均值检波器的测量接收机的幅度关系, 使用了调谐到接收频率的脉冲调制载波。为此, 射频(RF)正弦波输入信号使用重复矩形脉冲进行调制。

测量接收机在所有调谐频率上对脉冲调制载波的响应应与相应的调谐频率上对未调制的电动势均方根值为 2 mV[66 dB(μ V)]的正弦波信号的响应相等, 此试验脉冲的源阻抗为 50 Ω , 对于 A 频段的测量接收机, 脉冲重复频率为 25 Hz, 电动势的谱密度为 158.0 dB(μ V/MHz)。对于 B 频段的测量接收机, 500 Hz 脉冲重复频率对应的谱密度值为 132.0 dB(μ V/MHz), 对于 C/D 频段的测量接收机, 5 kHz 脉冲重复频率对应的谱密度值为 112.0 dB(μ V/MHz), 对于 E 频段的测量接收机, 50 kHz 脉冲重复频率对应的谱密度值为 92.0 dB(μ V/MHz)。

使用表 8 给出的脉冲规范, 可产生具有所需谱密度的脉冲调制载波。以上规定的正弦波电压电平的允差为 ± 1.5 dB。

表 8 中的值来自理想脉冲调制器。并非所有的商用信号发生器的连续波幅度和射频脉冲幅度之间都具有特定的关系。为此, 在测量之前应验证射频脉冲的幅度。测量方法按照 L.1。

1 GHz 以上(E 频段), 规定了线性和对数两种模式的平均值(加权)检波器。对于对数平均值检波器, 测量接收机对试验脉冲的响应应与对调谐频率上未调制正弦波信号的响应相等, 其中脉冲发生器源阻抗为 50 Ω , 试验脉冲的重复率为 333 kHz(周期 3 μ s 的倒数), 冲激脉冲面积为 6.7 nVs(电动势), 正弦波信号的电动势均方根值为 2 mV[66 dB(μ V)]。正弦波信号电压电平的允差为 ± 4 dB(由于带宽存在 10% 误差可能会引起大约 ± 2.5 dB 的变化)。更详细的内容见 E.6。

在一定条件下可以使用频谱分析仪获得平均值检波的效果: 当视频带宽 $B_{\text{video}} \ll B_{\text{res}}$ 时, 频谱分析仪可以对一定重复频率的被测信号进行适当的平均。减小视频带宽进行测量时, 要保证扫描时间足够的长以便使视频滤波器能够得到正确的响应。

注: 对于平均值(加权)测量的线性模式, 其测量结果要与被测信号的平均值电平相一致。如果使用对数模式, 其测量结果要与被测信号的对数值的平均值一致。因此, 对于幅度交替为 20 dB(μ V)和 60 dB(μ V)的方波信号, 对数模式得到的测量电平为 40 dB(μ V), 而线性模式得到的测量电平为 54.1 dB(μ V), 则反映的是被测信号的真实平均值。

表 8 脉冲调制载波(电动势)规范

参数	A 频段	B 频段	C/D 频段	E 频段
谱密度 D (电动势)	158.0 dB(μ V/MHz)	132.0 dB(μ V/MHz)	112.0 dB(μ V/MHz)	92.0 dB(μ V/MHz)
载波电平 L_{carrier} (电动势)	112.0 dB(μ V)	106.0 dB(μ V)	106.0 dB(μ V)	106.0 dB(μ V)
脉冲周期 T_p	40 ms ($f_p = 25$ Hz)	2 ms ($f_p = 500$ Hz)	200 μ s ($f_p = 5\,000$ Hz)	20 μ s ($f_p = 50$ kHz)
脉冲宽度 τ_p	200 μ s	20 μ s	2 μ s	200 ns

7.3.2 随重复频率的变化

使用线性平均值检波器的测量接收机对重复脉冲的响应应做到：当测量接收机表头指示保持不变时，幅度和重复频率之间的关系应符合如下规律：

$$\text{幅度} \propto (\text{重复频率})^{-1}$$

由过载方面考虑所确定的从最低可用重复频率到数值等于 $B_3/2$ 的频率范围内，重复脉冲响应的允差为 ± 2.0 dB。

注 1：准峰值和平均值检波器接收机的绝对坐标的理论脉冲响应曲线如图 9 所示。对数平均值检波器测量接收机（1 GHz 以上）对重复脉冲的响应受脉冲之间的噪声电平影响。以下近似关系适用：

$$L_{\text{lgAv}} = \left(\frac{T_p L_p + T_N L_N}{T_p + T_N} \right) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

L_{lgAv} ——对数平均值检波器的指示电平；

T_p ——脉冲持续时间；

L_p ——脉冲电平，单位为分贝微伏[dB(μ V)]；

T_N ——噪声持续时间；

L_N ——噪声电平，单位为分贝微伏[dB(μ V)]。

示例：如果脉冲电平 L_p 为 85 dB(μ V)，噪声电平 L_N 为 8 dB(μ V)， $T_p = 1/B_{\text{imp}} = 1 \mu\text{s}$ ，脉冲重复率 $n = 100\,000$ Hz，那么 $T_N \approx 9 \mu\text{s}$ 。由式(8)得到 $L_{\text{lgAv}} = 15.7$ dB(μ V)。实际上，由于 T_p 偏高，所以 L_{lgAv} 偏高，这是因为中频输出的脉冲信号在 $1 \mu\text{s}$ 后不会迅速地下降到噪声电平。

注 2：允差正在考虑中。

7.3.3 对间歇的、不稳定的和漂移的窄带骚扰的响应

对间歇的、不稳定的和漂移的窄带骚扰的响应应做到：测量结果应与图 11 所描述的某一时间常数的仪表的峰值读数相当，即 A 频段和 B 频段的时间常数为 160 ms，C 频段和 D 频段的时间常数为 100 ms。时间常数的定义见 A.3.2。这种响应可通过在测量接收机的包络检波器后端使用仪表模拟网络来实现。例如，如图 10 所示，通过使用 A/D 转换器和微处理器来连续监测仪表的输出，就可以获得上述的峰值读数。

对于 E 频段，线性平均值检波器的时间常数是 100 ms。

注：对数平均值检波器的时间常数要求，正在考虑中。

由上述要求可以推断，用具有表 9 给定的持续时间和周期参数的重复矩形脉冲对射频正弦波信号进行调制，平均值测量接收机应呈现表 9 所列的最大读数。要求的允差为 ± 1.0 dB。

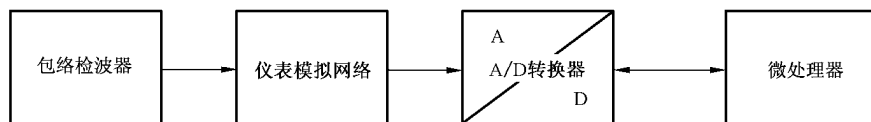
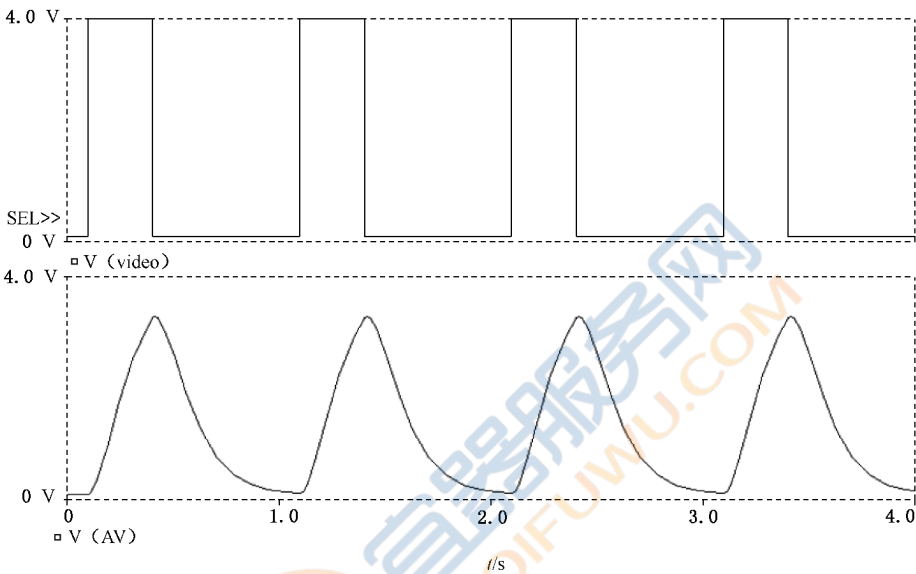


图 10 平均值检波器框图

表 9 平均值测量接收机对具有相同幅度的脉冲调制正弦波输入的响应与连续正弦波的响应的最大读数比

调制用的重复矩形脉冲	A/B 频段接收机 $T_M=0.16\text{ s}$	C/D 频段接收机 $T_M=0.1\text{ s}$
持续时间= T_M 周期= 1.6 s	0.353(=-9.0 dB)	0.353(=-9.0 dB)
注：在 E 频段，只适用于线性平均值检波器。		



注 1：图示的响应是由持续时间 0.3 s，重复频率 1 Hz 的间歇窄带信号产生的，所用的时间常数是 100 ms。如果时间常数设为 160 ms，那么在模拟仪表网络输出端的峰值显示会低一些。

注 2：对于窄带间歇骚扰的响应可以用对数平均值检波器来描述，比如使用视频带宽一定的（例如：10 Hz），具有最大保持功能的频谱显示方式。

图 11 模拟仪表网络对于间歇窄带信号的响应

8 均方根值-平均值测量接收机(频率范围 9 kHz~18 GHz)

8.1 概述

均方根值-平均值测量接收机采用的加权检波器是将均方根值检波器(对拐点频率 f_c 以上的脉冲重复频率)和平均值检波器(对拐点频率 f_c 以下的脉冲重复频率)组合在一起,由此可以实现:拐点频率以上为 10 dB/十倍频程和拐点频率以下为 20 dB/十倍频程的脉冲响应特性曲线。

8.2 过载系数

按照如下规定:对于拐点频率 f_c 以上,脉冲重复频率为 n Hz 时,检波器前级电路的过载系数应为 $1.27(B_3/n)^{1/2}$, B_3 的单位是 Hz。对于拐点频率 f_c 以下,脉冲重复频率为 n Hz 时,检波器前级电路的过载系数应大于 $1.27(B_3/f_c)^{1/2} \times (f_c/n)$ 。

注 1：“拐点频率”是指这样一个脉冲重复频率值:在该脉冲重复频率以上时,均方根值-平均值检波器的特性为均方

根值检波器,在该脉冲重复频率以下时,均方根值-平均值检波器的特性为线性平均值检波器。
在不过载的情况下,最低脉冲重复率应满足表 10 中的规定值。

表 10 不过载时的最低脉冲重复率

频率范围	拐点频率 f_c kHz	最低脉冲 重复率 Hz	峰值与均方根值-平均值 表头指示之比 dB
9 kHz~150 kHz(A 频段)	0.01	5	19
0.15 MHz~30 MHz(B 频段)	0.01	5	35.5
30 MHz~1 000 MHz(C 频段和 D 频段)	0.1	100	30.6
1 GHz~18 GHz(E 频段)	1	316	40

注 2: 一般而言,对于这种类型的测量接收机,当 C 频段、D 频段和 E 频段的短脉冲在脉冲重复率甚低时,为避免测量接收机的非线性运行要求提供足够的过载系数是不现实的(在这些频段,对单次短脉冲的响应仅从理论上做了规定)。

注 3: 附录 A 给出了均方根值检波器过载系数的计算方法,附录 B 规定了脉冲发生器频谱的确定方法,附录 C 规定了纳秒脉冲发生器输出电平의准确测量方法。

注 4: 对于 E 频段,可能要使用占有一定带宽的(例如,2 MHz)脉冲调制的正弦波信号进行试验。E.6 给出了适用的试验信号的规范。

8.3 脉冲响应

8.3.1 检波器的详细构造

检波器函数可用均方根值检波器来表示。均方根值检波器能够连续地确定在拐点频率 f_c 倒数的时间内的均方根值,之后再经过一个二阶低通滤波器,该二阶低通滤波器的规定时间常数在 A 频段~D 频段(1 GHz 以下)对应于准峰值检波器临界阻尼指示的规定值;在 E 频段时间常数为 100 ms。当均方根值随时间变化时,测量结果为低通滤波器的最大输出。

注: 附录 B、附录 C 和附录 D 规定了确定脉冲发生器输出特性的方法,用于检验本条的要求。

8.3.2 幅度关系

为了验证测量接收机的幅度关系,使用了调谐到接收频率的脉冲调制载波。为此,射频正弦波输入信号使用重复矩形脉冲进行调制。

注: 本试验方法用于验证均方根值-平均值检波器的加权函数。假设使用 5.2.2 中对同一测量接收机中的准峰值检波器的试验,验证均方根值-平均值检波器对重复宽带脉冲的线性。

测量接收机在所有调谐频率上对脉冲调制载波的响应应与相应的调谐频率上对未调制的电动势均方根值为 2 mV[66 dB(μ V)]的正弦波信号的响应相等,此试验脉冲的源阻抗为 50 Ω ,对于 A 频段的测量接收机,电动势的谱密度为 150.2 dB(μ V/MHz)。对于 B 频段、C/D 频段和 E 频段的测量接收机,对应的电动势值分别为 117.7 dB(μ V/MHz),106.4 dB(μ V/MHz)和 97.5 dB(μ V/MHz)。

使用表 11 给出的脉冲规范,可产生具有所需谱密度的脉冲调制载波。以上规定的正弦波电压电平的允差为 ± 1.5 dB。

示例: (E 频段)对于高斯滤波器,1 MHz 的冲激脉冲带宽 B_{imp} 对应 707 kHz 的功率带宽 Δf [8]。因此,使用 U (电动势) = D (电动势) - $10\lg(B_{imp}/\Delta f)$ - $10\lg(B_{imp}/f_p)$,电动势谱密度为 97.5 dB(μ V/MHz)、重复频率 f_p 为 1 000 Hz 的脉冲调制载波导致均方根值-平均值接收机响应的电动势为 66 dB(μ V)。

表 11 中的值来自理想脉冲调制器。并非所有的商用信号源的连续波幅度和射频脉冲幅度之间都具有特定的关系。为此,在测量之前应验证射频脉冲的幅度。测量方法按照 L.1。

当使用外置预放大器时,有关适用要求按照附录 J。

表 11 用于均方根值-平均值检波器验证的脉冲调制载波(电动势)规范

参数	A 频段	B 频段	C/D 频段	E 频段
谱密度 D (电动势)	150.2 dB($\mu\text{V}/\text{MHz}$)	117.7 dB($\mu\text{V}/\text{MHz}$)	106.4 dB($\mu\text{V}/\text{MHz}$)	97.5 dB($\mu\text{V}/\text{MHz}$)
载波电平 L_{carrier} (电动势)	104.2 dB(μV)	91.7 dB(μV)	100.4 dB(μV)	111.5 dB(μV)
脉冲周期 T_p	40 ms($f_p=25\text{ Hz}$)	1 ms($f_p=1\,000\text{ Hz}$)	1 ms($f_p=1\,000\text{ Hz}$)	1 ms($f_p=1\,000\text{ Hz}$)
脉冲宽度 τ_p	200 μs	20 μs	2 μs	200 ns

8.3.3 随重复频率变化

使用均方根值-平均值检波器的测量接收机对重复脉冲的响应应做到:当测量接收机表头指示保持不变时,在拐点频率 f_c 以上,幅度和重复频率之间的关系应符合如下规律:

$$\text{幅度} \propto (\text{重复频率})^{-1/2}$$

在拐点频率 f_c 以下,幅度和重复频率之间的关系应符合如下规律:

$$\text{幅度} \propto (\text{重复频率})^{-1}$$

特定的测量接收机的响应曲线不应超出表 12 给出的限值范围。

表 12 均方根值-平均值测量接收机的脉冲响应

重复频率 Hz	脉冲的相对等效电平 dB				
	A 频段	B 频段	C 频段	D 频段	E 频段
100 k	—	—	$-20 \pm 2.0 *$	$-20 \pm 2.0 *$	-20 ± 2.0
10 k	—	—	-10 ± 1.0	-10 ± 1.0	-10 ± 1.0
1 000	—	0(基准)	0(基准)	0(基准)	0(基准)
316	—	$+5 \pm 0.5$	$+5 \pm 0.5$	$+5 \pm 0.5$	$+10 \pm 1.0$
100	-6 ± 0.6	$+10 \pm 1.0$	$+10 \pm 1.0$	$+10 \pm 1.0$	$+20 \pm 2.0 *$
31.6	—	$+15 \pm 1.5$	$+20 \pm 2.0 *$	$+20 \pm 2.0 *$	—
25	0(基准)	$+16 \pm 1.6$	—	—	—
10	$+4 \pm 0.4$	$+20 \pm 2.0$	—	—	—
5	$+9 \pm 0.7$	$+25 \pm 2.3$	—	—	—
1	—	—	—	—	—

* 数值是可选的,不做硬性要求。该值仅供参考。

注: 对于 A 频段和 B 频段,重复频率 5 Hz 的值考虑了仪表时间常数的影响。

8.3.4 对间歇的、不稳定的和漂移的窄带骚扰的响应

对间歇的、不稳定的和漂移的窄带骚扰的响应应做到：其测量结果应等同于具有规定时间常数的仪表的峰值读数，所规定的时间常数在 A 频段和 B 频段为 160 ms，C 频段、D 频段和 E 频段为 100 ms。这可通过模拟仪表网络（模拟的或数字的）来实现，8.3.1 中描述的均方根值作为该网络的输入。

由上述要求可以推断，当用表 13 给定的持续时间和重复矩形脉冲对射频正弦波信号进行调制时，均方根值-平均值测量接收机应能产生表 13 所列的最大读数。响应允差为±1.0 dB。

表 13 均方根值-平均值测量接收机对具有相同幅度的脉冲调制正弦波输入的响应与连续正弦波的响应的最大读数比

用于调制的重复矩形脉冲	A/B 频段的接收机 $T_M=0.16\text{ s}$	C/D/E 频段的接收机 $T_M=0.1\text{ s}$
持续时间 = T_M 周期 = 1.6 s	0.398 (=-7.9 dB)	0.353 (=-9.0 dB)
注：由于 160 ms 的脉冲持续时间和 100 ms 的均方根值积分的持续时间之间重叠的变化，A/B 频段测量接收机的值会有大约±0.5 dB 的变化。		

9 带幅度概率分布 (APD) 测量功能的测量接收机 (频率范围 1 GHz~18 GHz)

骚扰的幅度概率分布 (APD) 定义为骚扰幅度超出规定电平的时间概率的累积分布。

通过测量射频测量接收机或频谱分析仪的包络检波器的输出或者后级电路输出就可以得到 APD。骚扰幅度宜用测量接收机输入端相应的场强或电压来表示。通常，APD 测量是在固定频率下进行。

APD 测量功能将作为测量装置的附加功能，可附加或包含在测量设备里。

APD 测量功能可用以下方式实现。一种是使用比较器和计数器来实现 (图 G.1)。该设备可以判定超出一组预设电平幅度 (即电压) 的概率，预设电平数与比较器数量相等。另一种可行的方法是使用模—数转换器、逻辑电路和存储器 (图 G.2)。该设备还能提供一组预设电平的 APD 图。预设电平数取决于模—数转换器的分辨率 (例如：256 个预设电平数对应于 8 位转换器)。

使用上述功能的 APD 测量可用于确定产品或某一类产品是否会对数字通信系统产生潜在干扰 (见 GB/Z 6113.3—2019 的 4.7 中有关 APD 技术说明的背景材料)。

下面的技术规范适用于 APD 测量功能。附录 G 提供了有关该技术规范的基本原理。

a) 技术规范

- 1) 幅度的动态范围应大于 60 dB。
- 2) 幅度允差 (包括门限电平设置误差) 应优于±2.7 dB。
- 3) 骚扰最大测量时间应大于或等于 2 min。如果间隔时间小于整个测量时间的 1%，则可以使用断续测量。
- 4) 最小可测量概率应为 10^{-7} 。
- 5) APD 测量功能应能预设至少两个幅度电平。对应于所有预设电平的概率应同时被测量。预设电平幅度的分辨率至少应为 0.25 dB 或更优。
- 6) 使用 1 MHz 的分辨率带宽时，采样速率应大于或等于 10 兆次/s。

b) 推荐的技术规范：对带有 A/D 转换器的 APD 测量设备，其显示的幅度分辨率应优于 0.25 dB。

注：APD 测量可能也适用于 1 GHz 以下的频率范围。

10 断续骚扰分析仪

10.1 概述

断续骚扰分析仪(DDA)用来自动评定断续骚扰(喀咧声)的幅度、发生率和持续时间。

“喀咧声”有以下特性：

- a) 准峰值幅度超出连续骚扰的准峰值限值；
- b) 持续时间不大于 200 ms；且
- c) 与前一个或后一个骚扰的间隔大于或等于 200 ms。

当从一系列短脉冲的第一个脉冲的开始到最后一个脉冲的结束测量得到的持续时间不大于 200 ms，且满足条件 a) 和条件 c) 时，则该系统短脉冲应被视为一个喀咧声。

DDA 可以是：

- 设计成与单独的外差测量接收机的中频输出配合使用的独立仪器；或者
- 具有一个或多个集成测量接收机的独立仪器；或者
- 与测量接收机集成在一起的测量功能，如果 DDA 符合本文件 10.2 中规定的要求，则可以使用具有内置 DDA 功能的测量接收机。

对于设计成与测量接收机的中频输出配合使用的独立 DDA，用来表征喀咧声的时间参数是由超过测量接收机中频参考电平的信号进行确定。

对于符合本文件要求的具有一个或多个集成测量接收机的独立 DDA，用来表征喀咧声的每个测量接收机的时间参数是由超过准峰值限值的中频信号或其等同信号进行确定。

对于具有集成 DDA 的测量接收机，用来表征喀咧声的时间参数是由超过准峰值限值的峰值检波器的信号或中频信号进行确定。

注 1：喀咧声的定义和评定依据 CISPR 14-1。

注 2：现有的分析仪被设计成与一个采用有限制的内部信号电平的准峰值测量接收机一起使用。因此，这种分析仪可能不能与所有的接收机正确连接。

10.2 基本特性

DDA 的基本特性如下：

- a) 喀咧声持续时间测量的允差不应大于 $\pm 5\%$ 。

注 1：中频参考电平是测量接收机的中频输出对应于未调制的正弦信号的相应值，该信号的准峰值示值等于连续骚扰限值。

- b) DDA 应配置评定骚扰的准峰值幅度的通道。
- c) 准峰值通道的骚扰幅度应在 IF 通道最后下降沿 250 ms 以后测量。
- d) 两个通道的连接应满足 4.2 的所有要求。
- e) DDA 应能够指示以下信息：

- 持续时间小于或等于 200 ms 的喀咧声的数量；
- 以分钟为单位的试验持续时间；
- 喀咧声率；
- 超出连续骚扰准峰值限值的非喀咧声骚扰的发生率。

注 2：图 12 给出的方框图是 DDA 的一个示例。

- f) DDA 应通过表 14 的所有波形(试验脉冲)的性能检查，以确认其基本特性。

图 13 以图形的形式给出了表 14 所列出的波形。

图 F.1 以图形的形式给出了表 F.1 列出的所有波形，其用于依据 CISPR 14-1:2016 的 5.4.3 中喀咧声定义的例外情况的性能检查。

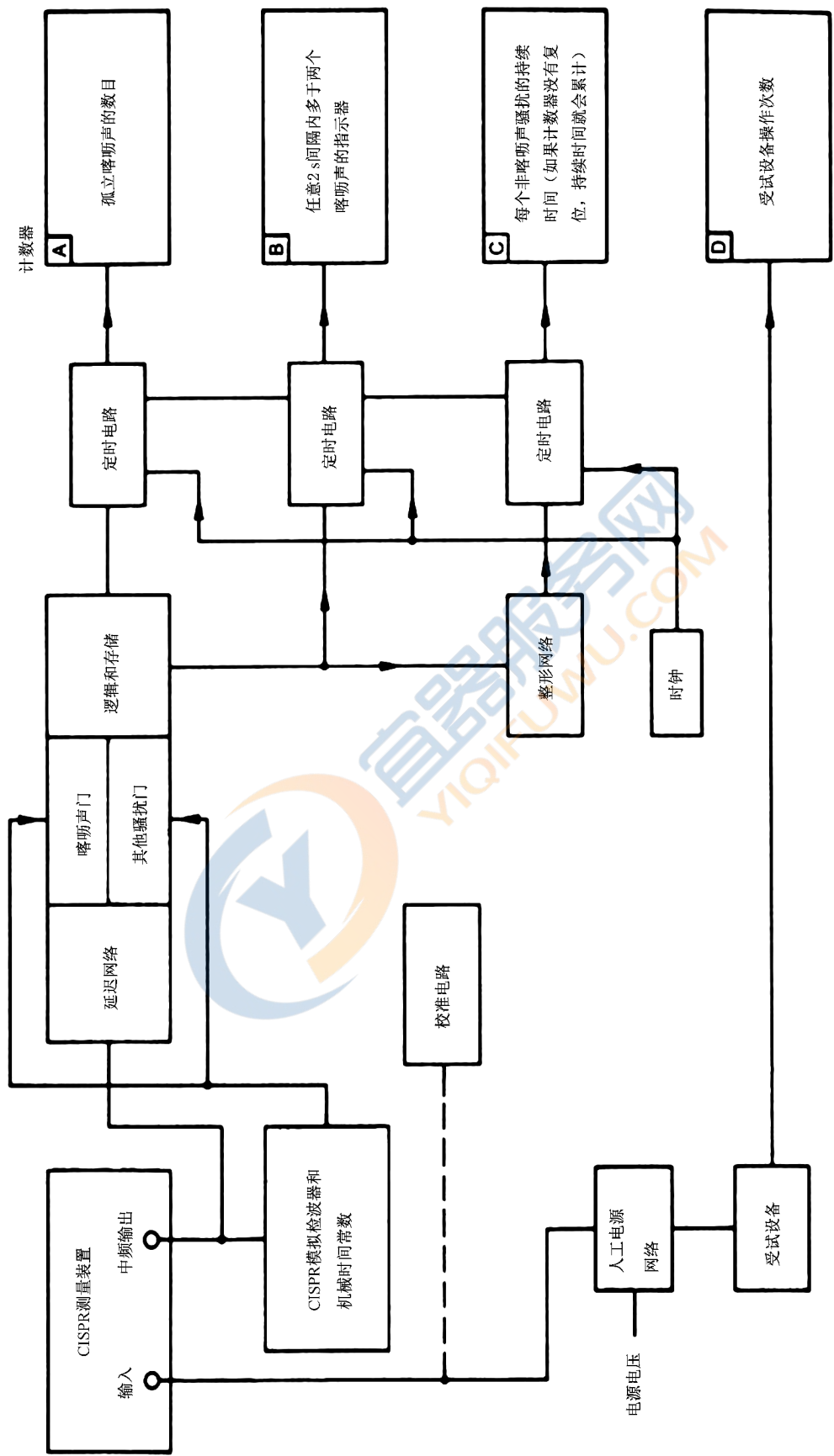


图 12 DDA示例

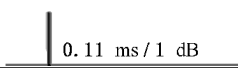
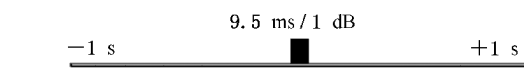
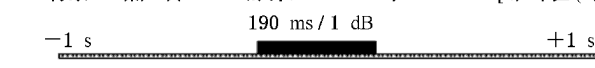
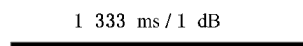
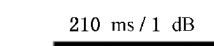
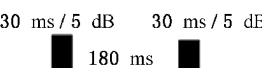
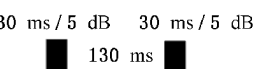
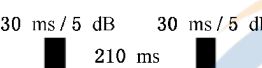
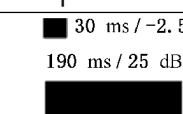
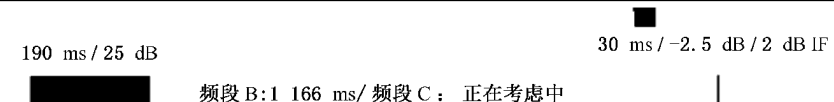
试验编号	试 验 信 号	DDA 的评定
1	 0.11 ms / 1 dB	1 个喀喇声
2	 9.5 ms / 1 dB -1 s +1 s	1 个喀喇声
3	背景：噪声或 CISPR 脉冲，200 Hz；-2.5 dB[准峰值 (QP)]  190 ms / 1 dB -1 s +1 s	1 个喀喇声
4	背景：噪声或 CISPR 脉冲，200 Hz；-2.5 dB (QP)  1 333 ms / 1 dB	非喀喇声
5	 210 ms / 1 dB	非喀喇声
6	 30 ms / 5 dB 30 ms / 5 dB 180 ms	非喀喇声
7	 30 ms / 5 dB 30 ms / 5 dB 130 ms	1 个喀喇声
8	 30 ms / 5 dB 30 ms / 5 dB 210 ms	2 个喀喇声
9	 最少 21 个脉冲 / 0.11 ms / 周期 10 ms / 1 dB	非喀喇声
10	 30 ms / 25 dB 265 ms	1 个喀喇声
11	 30 ms / -2.5 dB 190 ms / 25 dB 频段 B: 1 034 ms / 频段 C: 正在考虑中	2 个喀喇声
12	 190 ms / 25 dB 30 ms / -2.5 dB / 2 dB IF 频段 B: 1 166 ms / 频段 C: 正在考虑中	1 个喀喇声

图 13 对应于表 14 确认喀喇声分析仪性能时所用的试验信号的图形

表 14 DDA 性能试验——核查喀呖声定义符合性的试验信号

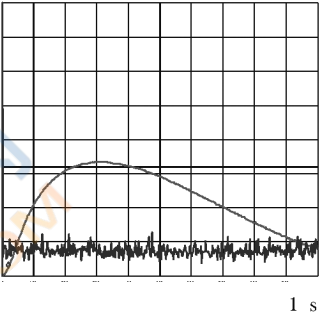
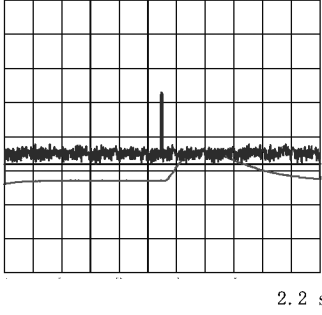
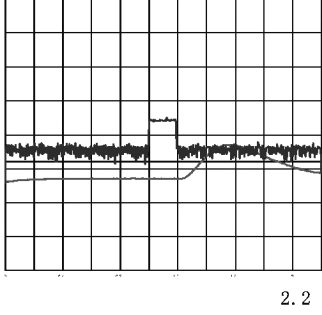
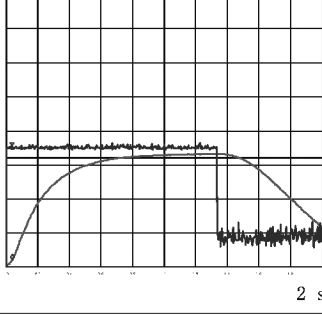
试验 编号	试验信号参数					DDA 的评定	在 IF 输出端测到的试验信号及其相对于测量接收机参考指示的 QP 信号的图示
	1		2		3		
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的冲激脉冲的 QP 幅度		在测量接收机中频输出端调节的冲激脉冲 ^c 持续时间		冲激脉冲间隔或周期 (IF 输出)		
	dB		ms		ms		
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2			
1	1		0.11			1 个喀呖声	
2 ^a	1		9.5			1 个喀呖声	
3 ^a	1		190			1 个喀呖声	
4	1		1 333 ^b			非喀呖声	

表 14 DDA 性能试验——核查喀咧声定义符合性的试验信号（续）

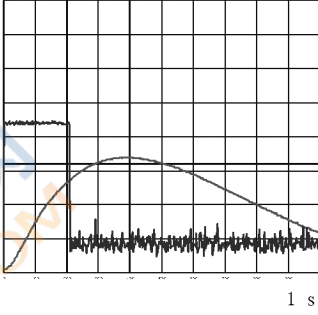
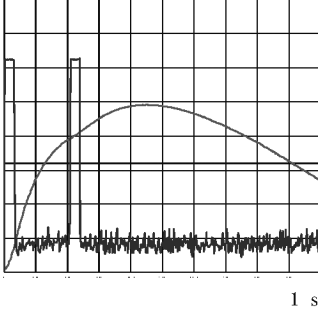
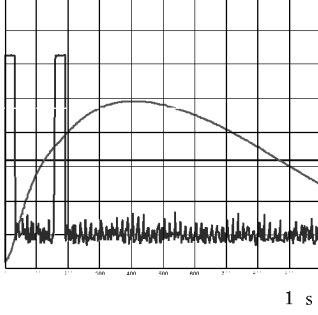
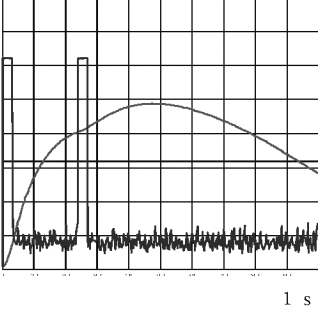
试验编号	试验信号参数					DDA 的评定	在 IF 输出端测到的试验信号及其相对于测量接收机参考指示的 QP 信号的图示
	1		2		3		
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的冲激脉冲的 QP 幅度		在测量接收机中频输出端调节的冲激脉冲 [†] 持续时间		冲激脉冲间隔或周期 (IF 输出)		
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2	ms		
5	1		210			非喀咧声 (210 ms)	
6	5	5	30	30	180	非喀咧声 (240 ms)	
7	5	5	30	30	130	1 个喀咧声	
8	5	5	30	30	210	2 个喀咧声	

表 14 DDA 性能试验——核查喀呖声定义符合性的试验信号（续）

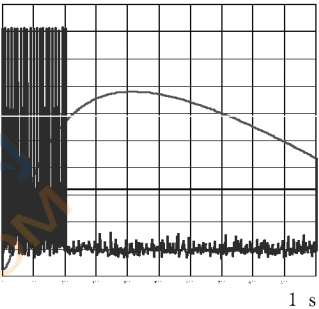
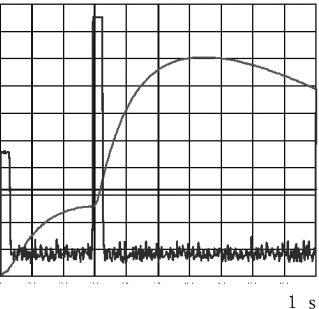
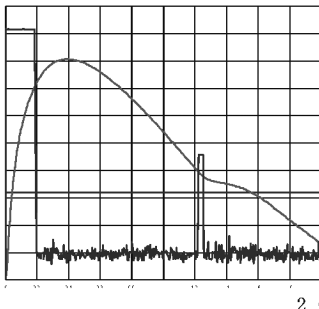
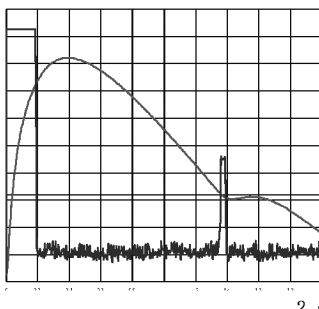
试验 编号	试验信号参数					DDA 的评定	在 IF 输出端测到的试验信号及其相对于测量接收机参考指示的 QP 信号的图示
	1		2		3		
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的冲激脉冲的 QP 幅度		在测量接收机中频输出端调节的冲激脉冲 ^c 持续时间		冲激脉冲间隔或周期 (IF 输出)		
	dB		ms		ms		
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2			
9	1		0.11		周期:10, 最少 21 个脉冲	非喀呖声	
10	-2.5	25	30	30	265	1 个喀呖声	
11	25	-2.5 ^c	190	30	1 034 ^e	2 个喀呖声 ^d	
12	25	-2.5 ^c	190	30	1 166 ^e	1 个喀呖声	

表 14 DDA 性能试验——核查喀咧声定义符合性的试验信号（续）

试验 编号	试验信号参数						
	1		2		3	4	5
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的冲激脉冲的 QP 幅度 dB		在测量接收机中频输出端调节的冲激脉冲 ^f 持续时间 ms		冲激脉冲间隔或周期 (IF 输出) ms	DDA 的评定	在 IF 输出端测到的试验信号及其相对于测量接收机参考指示的 QP 信号的图示
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2			

^a 由低于准峰值门限电平 2.5 dB 的 200 Hz CISPR 脉冲组成的背景噪声来进行。这些脉冲在试验脉冲开始前就需出现至少 1 s,并在试验脉冲结束后至少持续 1 s。

观察:

1) 图形表示法是用显示 200 Hz 脉冲的测量接收机以非常短的保持时间(<1 ms)的峰值测量完成的。当脉冲调制正弦波到达时,200 Hz 脉冲就无法看到(如试验编号 3 的图中所示的),但在喀咧声骚扰过程中它仍然存在。

2) 图中原点非常窄的响应是因固件的缺陷造成的。

^b 1.333 s 脉冲用于检查 DDA 对那些只高于准峰值门限电平 1 dB 的脉冲门限。

^c 这些较低电平应设成高于中频门限,但低于准峰值门限。

^d 如果这两个脉冲作为孤立的骚扰进行测量,就只能记录到一次喀咧声。

^e 频率范围在 30 MHz 以上的对应值仍在考虑中,在进一步的研究后将作修订。

^f 脉冲上升时间不应大于 40 μs。

10.3 喀咧声分析仪性能确认的试验方法

10.3.1 基本要求

将骚扰分析仪连接到准峰值测量接收机,接收机调谐到方便的频率上。

要求一个连续波信号和一个脉冲型的连续波信号,两者都为接收机的调谐频率。试验 2 和试验 3 还需要 CISPR 脉冲发生器产生的,覆盖接收机调谐频率带宽、PRF 为 200 Hz 的脉冲信号,如附录 B 中的规定。

脉冲型的连续波信号源应提供两个独立的可变脉冲。脉冲的上升时间应不大于 40 μ s。脉冲的持续时间应在 110 μ s ~ 1.3 s 范围内可调,且脉冲幅度在 44 dB 范围内可调。脉冲型的连续波信号源的任何背景噪声应比在试验步骤 a) 中用准峰值接收机测到的参考电平至少低 20 dB。

试验程序如下:

- 将连续波信号连接到与骚扰分析仪一起使用的测量接收机的输入端,调整连续波信号的幅度,使得测量接收机指示器指示在参考(0 dB)点,其值与连续骚扰准峰值限值相等。调整测量接收机射频灵敏度(衰减器),控制至一个比测量接收机噪声高但比作为中频通道门限值的连续骚扰限值低的电平。该连续波信号在测量接收机中频输出端的相应电平就设定为中频参考电平。
- 将脉冲型的连续波信号连接到测量接收机的输入端。对于试验 2 和试验 3,将 CISPR 脉冲发生器产生的信号叠加在脉冲型的连续波信号上。信号参数在表 14 中给出。表 14 第一列中所示的脉冲幅度分别调到对应于作为中频通道门限的连续骚扰限值。这些电平应对应于前述建

立的各自的射频和中频参考电平。

10.3.2 附加要求

试验方法同 10.3.1a) 中描述的一样。信号参数在表 F.1 中给出。



附录 A

(规范性)

准峰值测量接收机和均方根值-平均值测量接收机对重复脉冲响应的确定

(见 3.6、5.2.2、8.2 和 8.3)

A.1 概述

本附录给出了确定重复脉冲响应曲线的程序以及计算过程所需的数据,此外,还对该运算过程中所做的一些假设做了说明。计算依次分为 3 步,如 A.2~A.4 所述。

注:本附录中与均方根值检波器有关的内容理论上与均方根值测量接收机有关,也适用于第 7 章规定的拐点频率以上的均方根值-平均值测量接收机。

A.2 检波器前各级的响应

一般来说,检波器前各级的脉冲响应完全是由规定测量接收机总选择性的几个中频级确定的。

习惯上认为,将两个临界耦合调谐变压器级联即可获得这个选择性,从而在-6 dB 处产生符合要求的通带。为了计算,可将任何其他的等效电路归纳为上述情况。实际上,由于该选择性曲线通常是对称的,所以可以使用等效低通滤波器来计算脉冲响应的包络,而由此近似产生的误差可以忽略不计。

脉冲响应的包络可写成式(A.1):

$$A(t) = 4\omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin\omega_0 t - \omega_0 t \cos\omega_0 t) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

G ——调谐频率处的总增益;

ω_0 ——角频率,值为 $(\pi/\sqrt{2})B_6$ 。

从上述公式可得到两个临界耦合调谐变压器对于冲激脉冲面积为 $\nu\tau$ 的响应的包络,见式(A.2):

$$A(t) = (\nu\tau) 4\omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin\omega_0 t - \omega_0 t \cos\omega_0 t) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

对于 $\tau \ll 1/\omega_0$,等效低通滤波器相应的选择性曲线可写成式(A.3):

$$F(f) = G(2\omega_0^2) / [(\omega_0 + j\omega)^2 + \omega_0^2]^2 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$\omega = 2\pi f$ 。

带宽 B_3 和 B_6 分别见式(A.4)、式(A.5):

$$B_3 = \left[\sqrt{2} \times \sqrt[4]{(\sqrt{2} - 1)} \right] \omega_0 / \pi = 0.361\omega_0 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$B_6 = \sqrt{2} \times \omega_0 / \pi = 0.450\omega_0 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

包含与实际接收机具有相同均方根值响应的理想矩形滤波器的测量接收机,其有效带宽等于功率带宽 Δf ,定义见式(A.6):

$$\Delta f = (1/F_0^2) \int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$F(f)$ ——选择性曲线;

F_0 —— $F(f)$ 的最大值(假设为单峰选择性曲线)。

对于 $F_0 = 1$,功率带宽见式(A.7):

$$\Delta f = \int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

将式(A.3)代入式(A.7),且令 $G=1$,得[见式(A.8)]:

$$\Delta f = \int_0^{+\infty} 2(2\omega_0^2)/[(\omega_0 + j\omega)^2 + \omega_0^2]^4 df \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

由此可得[见式(A.9)]:

$$\Delta f = 0.265\sqrt{2} \times \omega_0 = 0.375\omega_0 \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

于是得[见式(A.10)]:

$$B_3 = 0.963\Delta f \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

A.3 准峰值检波器对前置各级输出的响应

A.3.1 概述

计算是在下述条件下进行的:假定检波器电路接到最后一级中频输出端不会影响中频输出信号的幅度和波形,换言之,这一级的输出阻抗与检波器的输入阻抗相比可忽略不计。

任何一个检波器,都可简化为这种形式(实际或等效的):一个非线性元件(例如二极管)与一个电阻(总正向电阻 S_f)相串联,随后再接一个由电容 C 和放电电阻 R 并联组成的电路。

充电时间常数 T_c 取决于 S_f 和 C 的乘积,而放电时间常数 T_D 取决于 R 和 C 的乘积。

T_c 和乘积 $S_f C$ 之间的关系可以这样来确定:突然施加一个幅度恒定的射频信号,当时间 t 等于 T_c 时,使得指示电压达到最后稳定值的 0.63 倍。

电容器两端的电压 U 与施加于检波器上射频信号幅度 A 之间的关系,可用式(A.11)表示:

$$dU/dt + U/(RC) = A(\sin\theta - \theta\cos\theta)/(\pi \times S_f \times C) \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

θ ——导通角($U = A\cos\theta$)。

上式不能直接积分。由于所选的时间常数满足前面的要求,所以 $S_f C$ 乘积的大小可用近似方法求得。例如:

A 频段:

$$\begin{aligned} T_c &= 45 \text{ ms} \\ T_D &= 500 \text{ ms} \\ 2.81S_f \times C &= 1 \text{ ms} \end{aligned}$$

B 频段:

$$\begin{aligned} T_c &= 1 \text{ ms} \\ T_D &= 160 \text{ ms} \\ 3.95S_f \times C &= 1 \text{ ms} \end{aligned}$$

C 频段和 D 频段:

$$\begin{aligned} T_c &= 1 \text{ ms} \\ T_D &= 550 \text{ ms} \\ 4.07S_f \times C &= 1 \text{ ms} \end{aligned}$$

进而,把得到的值代入式(A.11),由 A.2 中的式(A.1)和式(A.2)所给定的函数 $A(t)$ 取代恒定幅度

A,则可求出(用近似方法)施加孤立脉冲或重复脉冲时方程的解。

实际中,重复脉冲频率的响应也可以这样求得:只要任意假设每一个脉冲开始时检波器输出电压的电平,再确定由脉冲引起的电压增量 ΔU ,然后求得两脉冲之间需存在的间隔,进而重复假设初始条件。

A.3.2 指示仪表对检波器输出信号的响应

为了简化起见,合理地假设检波器输出电压的上升部分是陡峭的。

然后,求解下列特征方程,见式(A.12):

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{2}{T_M} \frac{d\alpha}{dt} + \frac{1}{T_M^2} \alpha = \frac{1}{T_M^2} \exp\left(\frac{-t}{T_D}\right) \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

$\alpha(t)$ ——指示器的偏转;

T_D ——准峰值检波器的放电时间常数;

T_M ——临界阻尼指示器的机械时间常数。

相对来说在响应曲线两端求解这个方程要简单些。一方面,因为脉冲之间具有足够间隔使脉冲起始点为零,并且是已知的;另一方面,因为脉冲具有足够高的重复频率,所以指示器的惯性不会使其完全随着振幅摆动。而在响应曲线的中间,计算就变得较为复杂。此时每个脉冲起始时,指示器指针都在摆动,所以只有确定了指针的起始位置和速度的情况下才能求解此方程。

A.4 均方根值检波器对前置各级输出电压的响应

A.4.1 输出电压和幅度的关系

均方根值检波器对前置各级的输出电压可从式(A.13)求出:

$$U_{\text{rms}} = \left[n \int_0^{+\infty} (A^2(t)/2) dt \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

n ——脉冲重复频率,单位为赫兹(Hz)。

输出电压也可以由频率响应曲线从式(A.14)求出:

$$U_{\text{rms}} = \left[n \int_{-\infty}^{+\infty} ((2\nu\tau)^2 \times F^2(f)/2) df \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (A.14)$$

式中:

$\nu\tau$ ——具有均匀频谱的冲激脉冲面积。

由此得,见式(A.15):

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \times \nu\tau \times \sqrt{n} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (A.15)$$

由式(A.7),式(A.15)可简化为式(A.16):

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \times \nu\tau \times \sqrt{n} \times \sqrt{\Delta f} \quad \dots\dots\dots (A.16)$$

由式(A.16),取 $U_{\text{rms}} = 2 \text{ mV}$, $n = 100 \text{ Hz}$,于是得[见式(A.17)]:

$$\nu\tau = (100\sqrt{2}) / \sqrt{\Delta f} (\mu\text{Vs}) \quad \dots\dots\dots (A.17)$$

由式(A.10)得[见式(A.18)]:

$$\nu\tau = 139 / \sqrt{B_3} \text{ (}\mu\text{Vs)} \quad \dots\dots\dots (\text{A.18})$$

A.4.2 过载系数的计算

脉冲重复频率为 n 所对应的过载系数计算如下:

由式(A.16)得:

$$U_{\text{rms}} = (\nu\tau) \times (2n\Delta f)^{1/2}$$

由式(A.1)和式(A.2),且令 $G=1$,得:

$$A(t)_{\text{peak}} = 0.944 \times \nu\tau \times \omega_0$$

于是求得过载系数,见式(A.19):

$$A(t)_{\text{peak}} / (\sqrt{2} \times U_{\text{rms}}) = 1.28 (B_3/n)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (\text{A.19})$$

A.5 均方根值仪器指示和准峰值仪器指示之间的关系

式(A.18)表明了均方根值电压表的幅度关系。当正弦波信号的大小为 2 mV 时;等效的脉冲(重复频率为 100 Hz)强度 $(\nu\tau)_{\text{rms}}$ 应为:

$$(\nu\tau)_{\text{rms}} = 139 / \sqrt{B_3} \text{ (}\mu\text{Vs)}$$

对于式(A.3)引用的选择性曲线,当以 6 dB 带宽为基准时,相应的幅度关系为:

$$(\nu\tau)_{\text{rms}} = 155 / \sqrt{B_6} \text{ (}\mu\text{Vs)}$$

对于准峰值接收机,与 2 mV 正弦波信号等效的脉冲强度 $(\nu\tau)_{\text{QP}}$ 如下:

在 0.15 MHz~30 MHz 频率范围:

$$(\nu\tau)_{\text{QP}} = 0.316 \text{ }\mu\text{Vs}$$

在 30 MHz~1 000 MHz 频率范围:

$$(\nu\tau)_{\text{QP}} = 0.044 \mu\text{Vs}$$

因此,如果测量接收机的通带特性符合式(A.3),并且 6 dB 处的带宽与第 8 章中规定的额定带宽相符,那么 $(\nu\tau)_{\text{rms}}$ 与 $(\nu\tau)_{\text{QP}}$ 存在如下关系:

在 0.15 MHz~30 MHz 频率范围:

$$(\nu\tau)_{\text{rms}} / (\nu\tau)_{\text{QP}} = 14.3 \text{ dB}$$

在 30 MHz~1 000 MHz 频率范围:

$$(\nu\tau)_{\text{rms}} / (\nu\tau)_{\text{QP}} = 20.1 \text{ dB}$$

上述关系只有在重复频率为 100 Hz 时才成立。对于其他的重复频率,需要使用相应的脉冲响应曲线。

附录 B

(规范性)

脉冲发生器频谱的确定

(见 5.2、6.4、7.3 和 8.3)

B.1 脉冲发生器

B.1.1 概述

为了检查测量接收机是否符合本文件的要求,需要使用脉冲发生器。采用脉冲发生器技术可以检验测量接收机与 5.2、6.4、7.3 和 8.3 要求的一致性。

相应于被测测量接收机的每个频段,脉冲发生器应在每种特定检波器类型适用章节所规定的脉冲重复频率范围内产生符合冲激脉冲面积规定的脉冲。冲激脉冲面积变化宜不大于规定值的 ± 0.5 dB,重复频率的变化宜不超过规定值的 1%。

B.1.2 脉冲的频谱

脉冲的频谱由作为被测测量接收机调谐频率的函数的曲线来定义。它表示在具有恒定带宽的测量设备输入端等效电压的变化规律。

脉冲频谱在测量接收机频段上限以下应基本恒定。在该频段内,如果频谱幅度的变化相对其低频段来说不大于 2 dB,那么就可以认为脉冲发生器的频谱在该频段内是满足均匀性要求的。测量频率处的冲激脉冲面积的变化不应超过 ± 0.5 dB。

为了检查测量接收机与 4.10 要求的一致性,应对高于频段上限的频谱加以限制(在两倍于上限频率处,幅度下降 10 dB)。由于所有各频谱成分的互调产物会对响应产生影响,所以试验的严格程度应有一个统一的标准。

B.2 一般测量方法

附录 C 给出了精确确定脉冲频谱幅度绝对值的方法。

可使用下列方法测量频谱幅度随频率的变化。

把脉冲发生器连接到一台射频测量接收机的输入端上,将示波器与测量接收机的中频输出端连接,用来在测量接收机输出端指示射频脉冲。

在测量接收机的每个调谐频率点进行如下测量:

- a) 测量接收机 6 dB 带宽 B_6 (Hz) 对应频率点;
- b) 标准信号发生器输出信号的均方根值为 E_0 , 此信号发生器的源阻抗与脉冲发生器的源阻抗相同,并调谐到测量接收机频带的中心频率,使示波器上产生的偏转幅度等于射频脉冲的峰值。每个频率上频谱的相对幅度为:

$$S_{\tau}(f) = E_0 / B_6$$

在所考虑的频段中,对于不同的试验频率,该测量应重复进行。

脉冲频谱由与测量频率有关的 $S_{\tau}(f)$ 曲线给出。

所用的测量接收机对于所用信号的峰值电平响应需是线性的。

寄生响应,尤其是镜像频率的响应和中频响应的抑制至少需为 40 dB。

如果在一系列的测量过程中,脉冲重复频率保持不变,那么就可以用准峰值指示器代替示波器,用符合本文件规定的测量接收机进行测量。

附录 C

(规范性)

纳秒脉冲发生器输出的准确测量

(见 5.2、6.4、7.3 和 8.3)

C.1 冲激脉冲面积(A_{imp})的测量

C.1.1 概述

理论和实践研究表明,准确的测量方法全部包含在 C.1.2~C.1.5 的内容当中。

C.1.2 面积法

被测脉冲通过窄带滤波器馈送,滤波器通带的中心频率设置在具有对称幅度特性和不对称相位特性的频率 f 处(只要放大器工作在线性范围即可使用)。

测出带通滤波器输出包络线 $A(t, f)$ 以下的总面积(将其各个部分的符号也考虑进去),便可计算此积分方程,见式(C.1)。

$$2(A_{\text{imp}}) = S(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(t, f) dt \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

$S(f)$ ——频谱密度;

$A(t, f)$ ——单个孤立脉冲引起包络线的幅度(由等效的输入正弦波电压表示)。

在使用式(C.1)时,要求低频接收机或骚扰测量接收机的中频放大器与一系列变频器一起使用,以便在整个脉冲频谱内调谐。将末级中频放大器的输出接到示波器测量面积。

从这种测量方法中可以看到:当脉冲的持续时间比频率 f 的周期短得多时,只要使用合适的示波器(例如,对纳秒脉冲需用取样示波器),积分时将各部分的符号考虑进去,脉冲面积就是直接测得的积分面积。

C.1.3 标准传输线法

长度与传输时间 τ 相对应、充电至电压 V_0 的传输线向一个负载电阻放电,其电阻值与传输线的特性阻抗相等。在这里,传输线被认为既包括了实际线路,又包括开关外壳内的充电线路。在脉冲频谱低频部分,当频谱密度 $S(f)$ 为 $2V_0/\tau$ 时,其幅度不随频率而变化,也不受存在于传输线和负载电阻之间的某些寄生阻抗(如电感或电阻)或有限开关时间的影响。

C.1.4 谐波测量法

本测量方法可用于这样的脉冲发生器,其能产生具有足够高和稳定的重复频率的脉冲序列。

如果脉冲的重复频率 F 超过测量接收机带宽,那么测量接收机可在脉冲频谱中选一条谱线,这种情况下,脉冲面积可按式(C.2)确定:

$$A_{\text{imp}} = V_k / (2F) = V\sqrt{2} / (2F) \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中: $V_k = V\sqrt{2}$, k 次谐波的峰值。

接下来便可用该脉冲发生器来校准测量接收机的脉冲响应特性。该测量接收机的带宽要足够的宽,以便能接收许多谐波分量(在 6 dB 带宽内约可接收 10 个或 10 个以上的谐波分量)。

C.1.5 能量法

另一种方法是把一个热源(电阻器)所产生的功率与脉冲发生器所产生的功率进行比较,然而,与上述三种方法相比,这种方法的测量准确度要低一些。频率为 1 000 MHz 的量级时,可以使用本方法。

C.2 脉冲发生器的频谱

脉冲发生器的频谱应满足如下要求:

- a) 为了确定测量接收机与 5.2.1, 6.4, 7.3.1 和 8.3.2 要求的一致性, 冲激脉冲面积的误差不应超过 ± 0.5 dB。
- b) 脉冲重复频率的误差不应超过 1%。
- c) 为了检查测量接收机与 5.2.2, 6.4, 7.3.2 和 8.3.3 要求的一致性, 冲激脉冲面积不应受其重复频率的影响。
- d) 为了检查测量接收机与 5.2, 6.4, 7.3 和 8.3 要求的一致性, 脉冲发生器的频谱在测量接收机的通带范围内需是均匀的。在下列情况下, 就可认为已满足了此要求:
 - 如果频谱随频率的变化在测量接收机的频率通带内基本是线性的, 并且在测量接收机 6 dB 通带内, 频谱的不平坦度不超过 0.5 dB;
 - 如果频谱在测量接收机调谐频率处的两侧均匀递减, 那么 -6 dB 电平处的频谱宽度比测量接收机在相同的 -6 dB 电平处的带宽至少大 5 倍。上述两种情况, 都假设冲激脉冲面积等于在调谐频率上的幅度。

附录 D

(规范性)

准峰值测量接收机特性对脉冲响应的影响

(见 5.2.2)

重复频率高时,脉冲响应曲线电平基本上取决于带宽的大小;而重复频率低时,时间常数则起重要作用。由于时间常数的允差尚未规定,所以推荐允差为 20%。

重复频率很低时,需特别关注由于过载系数未知而引起的影响。所要求的过载系数值是利用规定的带宽和时间常数对孤立脉冲进行准确测量时所需要的过载系数。

通过检查仪表指示范围两端的脉冲响应曲线,可以核查出检波器可能出现的非线性现象。关于这一点,最临界的重复频率很可能在 20 Hz~100 Hz 频率范围内。



附录 E

(规范性)

平均值测量接收机和峰值测量接收机的响应

(见 4.5)

E.1 检波器前端各级的响应

参考文献[6]已给出:具有对称频率特性的窄带电路对冲激脉冲的响应,其包络线下的面积与带宽无关,并可按式(E.1)求出:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A(t) dt = 2\nu\tau G_0 \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

ν —— $B_{\text{imp}}\tau \ll 1$ 时矩形脉冲的幅度;

τ —— $B_{\text{imp}}\tau \ll 1$ 时矩形脉冲的持续时间;

G_0 —— 该电路在中心频率的增益。

严格地说,只有在包络线不振荡的情况下,这个定理才成立。振荡的包络线具有双调谐电路的特性;如果不用相敏检波器,则可能需要通过校准来补偿振荡响应所引入的误差。在临界耦合的情况下,包络线的第二峰值约为第一峰值的 8.3%。

注:在 A.2 规定的检波器前端各级的响应是振荡的。因此,由振荡响应引入的校准误差由 7.3.1 的 ± 1.5 dB 的允差来进行补偿。

只要脉冲在中频放大器的输出不发生重叠,那么平均值就与脉冲重复频率 n 成正比。

所以,平均值电压等于 $2\nu\tau G_0 n$ 。

由式(E.1)看,为平均值测量接收机规定有效带宽认为是没有意义的。

E.2 过载系数

为了计算过载系数和在峰值测量接收机中使用,将检波器前各级有效冲激脉冲带宽规定如下,见式(E.2):

$$B_{\text{imp}} = A(t)_{\text{max}} / 2G_0 \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

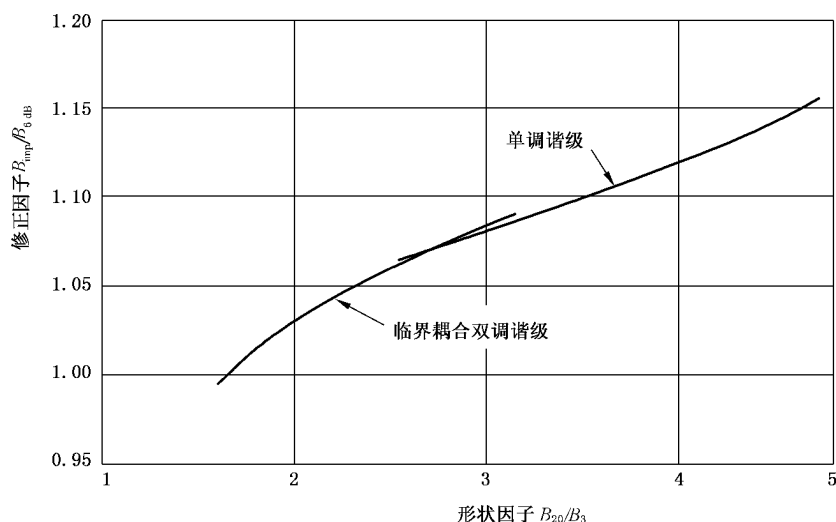
$A(t)_{\text{max}}$ —— 施加一个单位冲激脉冲时中频级输出包络的峰值。

从式(A.19)(见附录 A)的运算可以得到[见式(E.3)]:

$$B_{\text{imp}} = (0.944/2)\omega_0 = 1.05B_6 \text{ 或 } 1.31B_3 \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

式中 B_6 和 B_3 已在 3.6 中定义。

对于其他类型的调谐电路,如果已知 B_{20} (20 dB 处的带宽)和 B_3 之比,就可以用图 E.1 来估计 B_{imp} 和 B_6 之比。

图 E.1 估算其他调谐电路 B_{imp}/B_0 之比时的修正因子

E.3 测量接收机的平均值指示与准峰值指示之间的关系

如果要求重复频率为 n Hz 的冲激脉冲在平均值测量接收机上产生的响应与正弦波信号发生器（其输出阻抗与脉冲发生器的相同）所产生的未调制的 2 mV（均方根值）信号在调谐频率上的响应相同，则产生这种响应所需要的冲激脉冲面积见式（E.4）：

$$v\tau = 1.4/n \text{ mVs} \quad \dots\dots\dots (\text{E.4})$$

当重复频率为 100 Hz 时，脉冲面积为 14 μVs 。

所以，根据 A.5，产生相同指示时 $(v\tau)_{\text{ave}}$ 与 $(v\tau)_{\text{qp}}$ 之比为：

在 0.15 MHz～30 MHz 频率范围：

$$(v\tau)_{\text{ave}}/(v\tau)_{\text{qp}} = 32.9 \text{ dB}$$

在 30 MHz～1 000 MHz 频率范围：

$$(v\tau)_{\text{ave}}/(v\tau)_{\text{qp}} = 50.1 \text{ dB}$$

以上假设对于所讨论的重复频率有足够的过载系数，并且所用的这些带宽分别与本文件中第 5 章中的带宽相对应。当重复频率为 1 000 Hz 时，相应的比值分别为 17.4 dB 和 38.1 dB。

E.4 峰值测量接收机

如在测量接收机内采用直读式仪表，对时间常数的要求可由图 E.2 中的曲线来确定。该曲线表示随参数 α 而变化的真实峰值读数的百分数，其为时间常数比，带宽 B_0 以及脉冲重复率的函数。使用此曲线时需注意[见式（E.5）]：

$$R_C/R_D = 1/4(T_C/T_D) \quad \dots\dots\dots (\text{E.5})$$

式中：

T_C —— 充电时间常数；

T_D —— 放电时间常数。

例如：若要求仪表读数在重复频率为 1 Hz 时，至少是真实峰值的 90%，则放电时间常数对充电时间常数的比值需做到：

——在 0.15 MHz～30 MHz 频率范围为 1.25×10^6 ；

——在 30 MHz～1 000 MHz 频率范围为 1.67×10^7 。

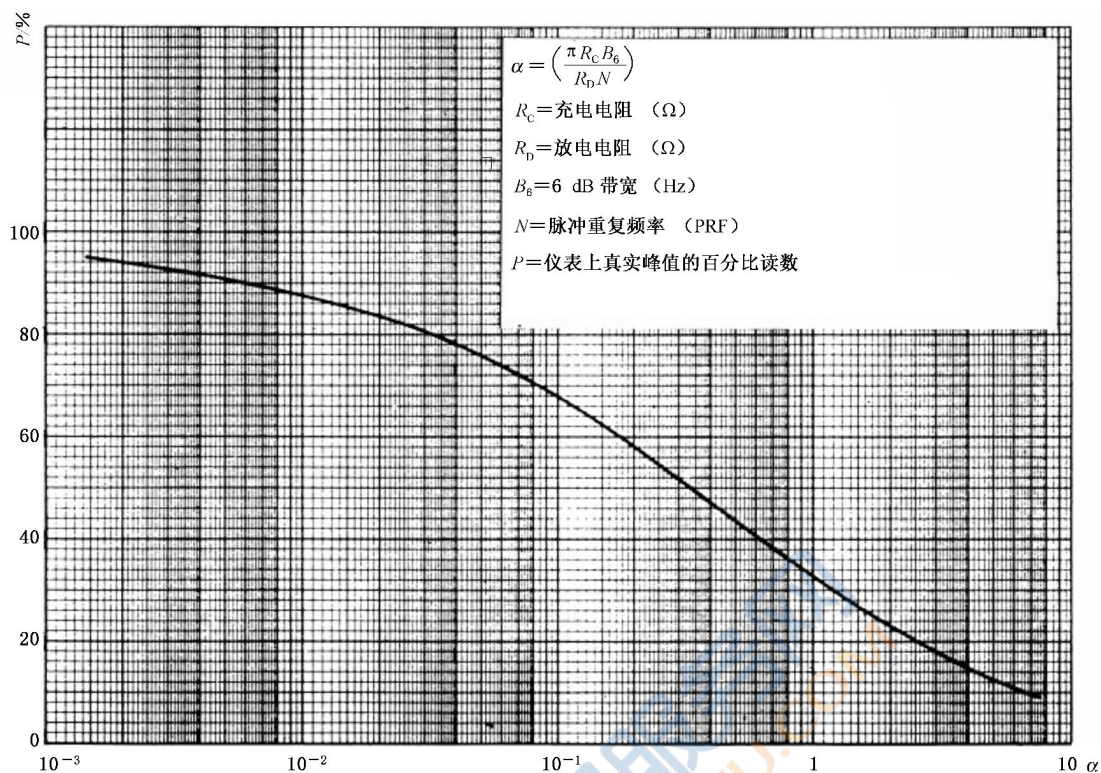


图 E.2 脉冲检波系数 P

E.5 测量接收机的峰值指示和准峰值指示之间的关系

如果要求在峰值测量接收机上产生的响应与正弦波信号发生器所产生的未调制的 2 mV(r.m.s)信号在调谐频率上的响应相同,则产生这种响应所需要的脉冲面积 A_{imp} 见式(E.6):

$1.4/B_{\text{imp}} \text{ mVs} \dots\dots\dots (E.6)$

其中 B_{imp} 的单位为 Hz。

根据表 H.1 中规定的 6 dB 带宽, B_{imp} 值等于 $1.05B_6$ (见 E.2)。峰值仪表的 B_{imp} 值和相应的脉冲面积 A_{imp} 值要求见表 E.1。

表 E.1 峰值测量接收机的 B_{imp} 和 A_{imp}

频率范围	A_{imp} , 峰值 mVs	B_{imp} Hz
A 频段	6.67×10^{-3}	0.21×10^3
B 频段	0.148×10^{-3}	9.45×10^3
C 和 D 频段	0.011×10^{-3}	126×10^3

因此, $A_{\text{imp,qp}}$ 取表 5 中 a) 列的值, 可得到准峰值和峰值仪表指示相同情况下两者的 A_{imp} 之比:

- A 频段: 6.1 dB (脉冲重复频率为 25 Hz);
- B 频段: 6.6 dB (脉冲重复频率 100 Hz);
- C 和 D 频段: 12.0 dB (脉冲重复频率 100 Hz)。

E.6 测量接收机对 1 GHz 以上的脉冲响应的测量

要想脉冲信号发生器获得频率高达 18 GHz 的均匀频谱是不现实的。实际中,为了试验测量接收机对 1 GHz 以上脉冲的响应并验证不同类型的测量接收机的幅度关系,一般使用调谐频率上的脉冲调制载波。其脉冲宽度应小于或等于 $1/3 B_{\text{imp}}$ 。保证冲激脉冲宽度的准确性是很重要的,因为这样可以保证产生相关条款所要求的某一特定的冲激脉冲面积。另外,需要使用示波器来测量脉冲持续时间,矩形脉冲的脉冲持续时间可以通过频谱显示的最小值之间的距离来验证(见图 E.3 中的一个取样波形)。

对于带宽 B_{imp} 为 1 MHz 的峰值检波器的测量接收机,冲激脉冲面积(电动势)为 $1.4/B_{\text{imp}}$ mVs,即 1.4 nVs 时的脉冲响应,应当与对应调谐频率上未调制的电动势(有效值)为 2 mV[66 dB(μ V)]的正弦波信号的响应相等。如表 E.2 中所示,可以使用不同的脉冲宽度产生所要求的冲激脉冲面积的脉冲调制载波。

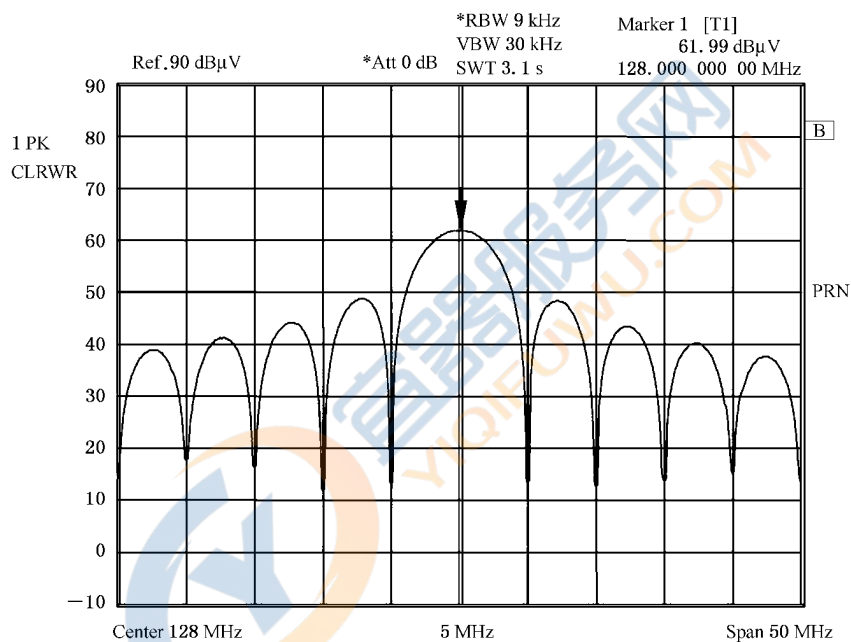


图 E.3 脉冲宽度为 200 ns 的脉冲调制载波信号的频谱示例

表 E.2 对于 1.4 nVs 的脉冲调制信号的载波电平

脉冲宽度 τ_p ns	载波电平(电动势) $L_{\text{载波}}$ dB(μ V)
100	86
200	80

对于线性平均值检波器的测量接收机, n 为脉冲重复率,冲激脉冲面积(电动势)为 $1.4/n$ (mVs)时的脉冲响应,应当与对应调谐频率上未调制的电动势(有效值)为 2 mV[66 dB(μ V)]的正弦波信号的响应相等。如果 $n=50\,000$,冲激脉冲面积等于 28 nVs,也就是说,比带宽 B_{imp} 为 1 MHz 的峰值检波器的测量接收机所需的脉冲面积大 26 dB。

对于均方根值检波器的测量接收机,脉冲重复率为 1 kHz,冲激脉冲面积(电动势)为 97.5 dB

($\mu\text{V}/\text{MHz}$)时的脉冲响应,应当与对应调谐频率上未调制的电动势(有效值)为 2 mV [$66\text{ dB}(\mu\text{V})$]的正弦波信号的响应相等。见式(A.14)。

注:对于高斯滤波器,1 MHz的冲激脉冲带宽对应的功率带宽 Δf 为 707 kHz ^[8]。因此,频谱密度比带宽 B_{imp} 为 1 MHz的峰值检波器测量接收机大 31.5 dB。

E.7 测量接收机的冲激脉冲带宽的测量

E.7.1 概述

测量接收机的冲激脉冲带宽 B_{imp} 定义为测量接收机测得的峰值 U_p 与试验脉冲的脉冲频谱密度 D 的比值,见式(E.7):

$$B_{\text{imp}} = U_p / D \quad \dots\dots\dots (\text{E.7})$$

式中:

B_{imp} ——测量接收机的冲激脉冲带宽,单位为兆赫兹(MHz);

U_p ——测量接收机测得的峰值,单位为微伏(μV);

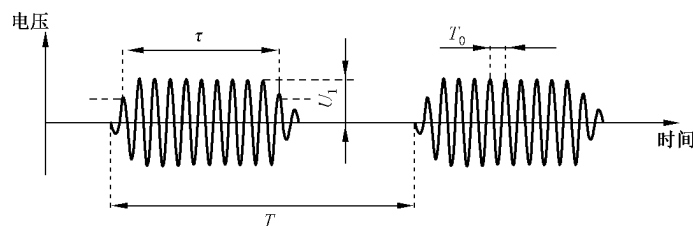
D ——脉冲频谱密度,单位为微伏每兆赫兹($\mu\text{V}/\text{MHz}$)。

同 CISPR 测量接收机一样,假设 U_p 和 D 这两个量可以通过未调制正弦波信号的均方根值来校准。

脉冲频谱密度通常不被作为一个精确的参考量。为了减小冲激脉冲宽度测量的不确定度,下面的方法一(E.7.2)和方法二(E.7.3)提供了不同的测量方法。在一定的条件下,测量接收机的选择性曲线可以用来计算 B_{imp} (如 E.7.4 方法三所述)。由于 B_{imp} 被称为测量接收机的“电压带宽”(以便不与功率带宽或等效噪声带宽相混淆;当使用测量接收机的均方根值检波器时,功率带宽可用以确定高斯噪声的均方根值)。 B_{imp} 同时受以下因素的影响:中频滤波器的选择性曲线、滤波器(可能的非线性)相位响应和测量接收机的视频带宽。 B_{imp} 比 B_6 宽,但是目前还没有一个系数用来表征测量接收机 B_{imp} 与 B_6 或 B_3 之间的关系。

E.7.2 方法一:通过对相同幅度和宽度、高低 2 种不同 PRF 的脉冲响应的比对来获得 B_{imp} 的测量方法

本方法适用于如图 E.4 所示的具有较短的脉冲持续时间和两种不同 PRF 的脉冲调制射频信号。对于较高的 PRF($f_p \gg B_{\text{imp}}$),将测量接收机调谐到载波频率,如图 E.5 所示;对于较低的 PRF($f_p \ll B_{\text{imp}}$),频谱表现为宽带信号,脉冲频谱密度为 $D = U_1 \times \tau$,如图 E.6 所示。该脉冲形状(包括幅度 U_1 和持续时间 τ)应与 PRF 无关。如果 B_{imp} 为 1 MHz, f_{p1} 可以选择为 30 MHz, f_{p2} 可以选择为 30 kHz。



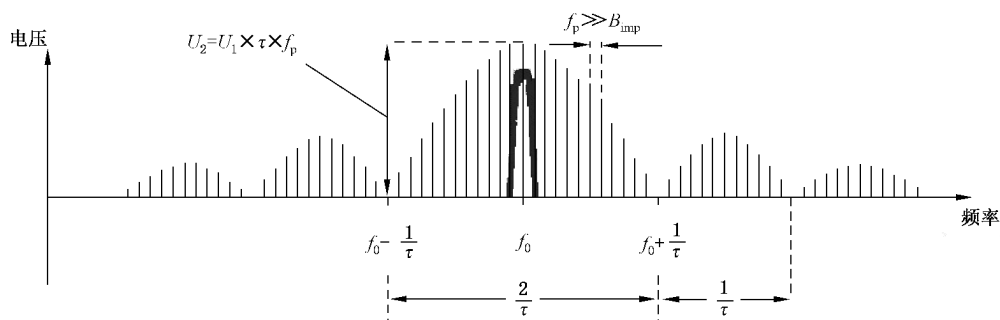
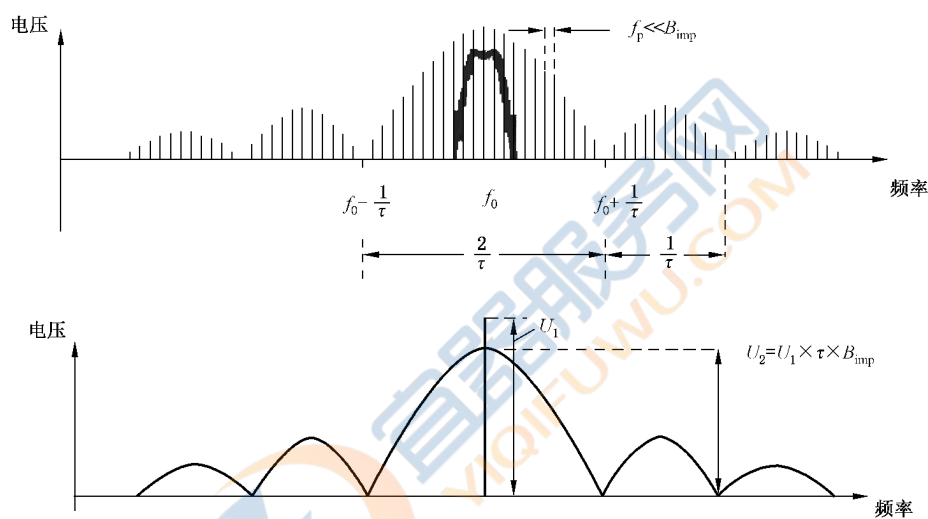
标引序号说明:

τ ——脉冲宽度(50%);

f_p —— $\frac{1}{T}$, 脉冲重复频率(PRF);

f_0 —— $\frac{1}{T_0}$, 载波信号频率。

图 E.4 施加到测量接收机的脉冲调制射频信号

图 E.5 B_{imp} 远小于 PRF 情况时的滤波特性图 E.6 B_{imp} 远大于 PRF 情况时的滤波特性

第一次测量,可以得到 U_2 的有效值幅度为 $U_1 \times \tau \times f_{\text{pl}}$ 。如果信噪比高的话,可以降低测量不确定度。注意不要过载。第二次测量,可以得到峰值瞬态响应的最大有效值幅度 U_p 为 $U_1 \times \tau \times B_{\text{imp}}$ 。如果两次测量中 $U_1 \times \tau$ 完全相等,如图 E.7 所示,那么 B_{imp} 就可以利用两次的测量结果由式(E.8)计算得到:

$$B_{\text{imp}} = f_{\text{pl}} \times \frac{U_p}{U_2} \quad \dots\dots\dots (\text{E.8})$$

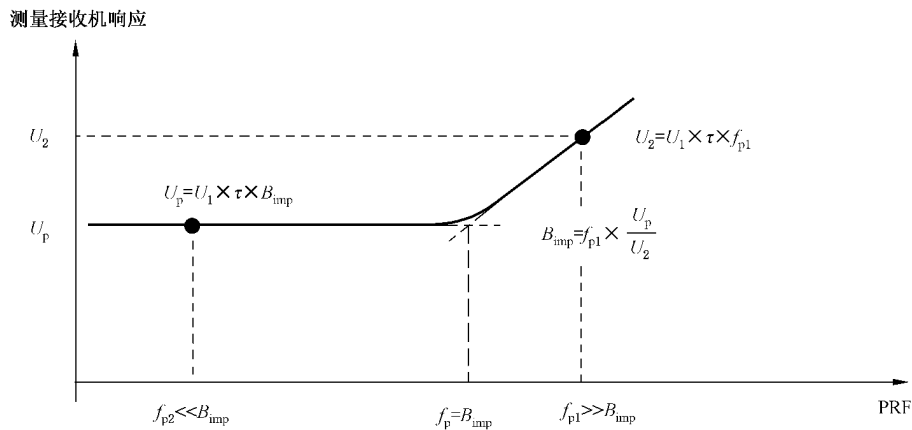


图 E.7 脉冲宽度的计算

E.7.3 方法二:通过对冲激脉冲信号的响应和窄带滤波器对相同冲激脉冲信号的响应比较来获得 B_{imp} 的测量方法

如果没有幅度保持恒定且独立于所选择的 PRF 的脉冲发生器,那么可以使用方法二。该方法适用于相对较低的 PRF。方法二的测量原理同方法一。然而,方法二不使用 PRF 高的信号,而且第二次测量时,使用比 PRF 窄很多的滤波器。该方法在 C.1.4 也有描述。

本方法的脉冲密度 D 由式 $D = U_k / f_p$ 给出,其中 U_k 为单根谱线上测得的电压(如果是脉冲调制载波信号,也就是载波频率,或者是测量 B_{imp} 的接收频率中心线), f_p 为 PRF。另外, f_p 与窄带滤波器带宽相比应足够的高,相对于将要测量的 B_{imp} 要足够的低,即满足 $B_{\text{窄带}} \ll f_p \ll B_{\text{imp}}$ 。例如, $B_{\text{窄带}}$ 为 9 kHz, f_p 为 100 kHz, B_{imp} 为 1 MHz。本方法可通过比较将要测量的滤波器和窄带滤波器对未调制正弦波信号的响应获得修正系数 c ($c = U_2 / U_1$, U_2 对应宽带滤波器, U_1 对应窄带滤波器)来计算 D ($D = c \times U_k / f_p$)。当 D 确定后,再加上经峰值检波器测得的 U_p 就可由式(E.7)计算出 B_{imp} 。

E.7.4 方法三:归一化线性选择函数的积分

本方法具有高度精确的优势,适用于具有良好线性选择函数的滤波器(例如,数字滤波器或由制造商规定指标的滤波器),并且滤波器的视频带宽远远大于冲激脉冲带宽(如 10 倍),即 $B_{\text{video}} \gg B_{\text{imp}}$ 。

在这种情况下,测量接收机的冲激脉冲宽度定义为归一化选择函数 $U(f)$ 的面积, $1/U_{\text{max}}$ 则定义为归一化常数,见式(E.9):

$$B_{\text{imp}} = \frac{1}{U_{\text{max}}} \int_{-\infty}^{+\infty} U(f) df \quad \dots\dots\dots (E.9)$$

带有高分辨率数字频率显示的测量接收机可以以 Δf 为步进调谐 N 次来测量选择性函数 $U(f_n)$ 。测量在 60 dB 点之间进行,100 次 ($N = 101$) 测量可以充分地获得一个正确的带宽测量。类似的,可以设置起始频率和终止频率与滤波器曲线的 60 dB 点相一致,通过扫描获得幅度值。试验信号是一个连续波信号,可以扫描得到所需要的滤波器形状。在这种情况下,脉冲宽度可以通过测量并由式(E.10)计算得到:

$$B_{\text{imp}} = \frac{1}{U_{\text{max}}} \sum_{n=1}^N [U(f_n) + U(f_{n+1})] \times \frac{\Delta f}{2} \quad \dots\dots\dots (E.10)$$

图 E.8 是 1 MHz 的归一化线性选择函数的图例。

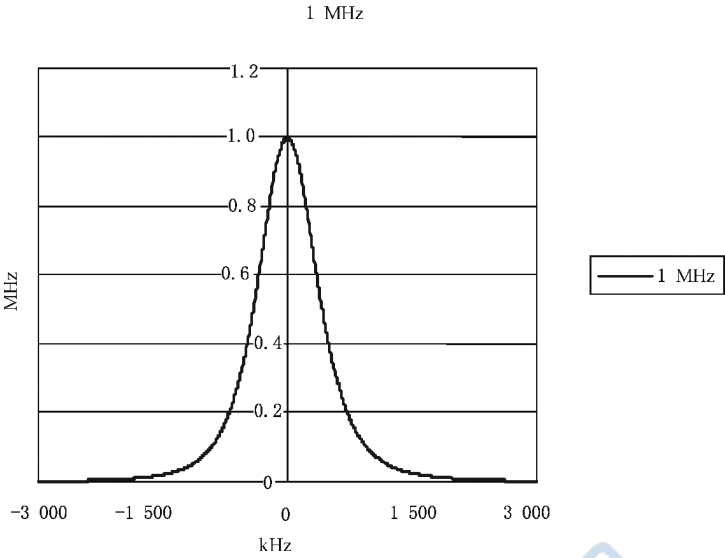


图 E.8 归一化线性选择函数图例

附录 F
(规范性)

根据 CISPR 14-1:2016 中 5.4.3 喀咧声定义的例外情况的性能检查

为了 CISPR 14-1 中喀咧声定义的例外情况的性能检查,DDA 应提供以下附加信息(试验的详细信息根据表 F.1):

- a) 持续时间小于或等于 10 ms 的喀咧声的数量;
- b) 持续时间大于 10 ms 但小于或等于 20 ms 的喀咧声的数量;
- c) 持续时间大于 20 ms 但小于或等于 200 ms 的喀咧声的数量;
- d) 记录的各个幅度超过连续骚扰准峰值限值的骚扰的持续时间;
- e) 如果器具产生的骚扰与定义的喀咧声明显不同,并且不能适用任何例外情况,则应显示器具没通过试验;
- f) 从试验开始到 e)中提到的骚扰出现的时间间隔;
- g) 准峰值电平超过连续骚扰准峰值限值的非喀咧声骚扰的总持续时间;
- h) 喀咧声率。

表 F.1 DDA 试验信号^a

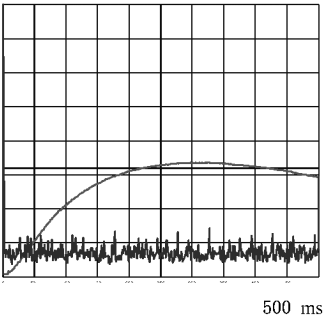
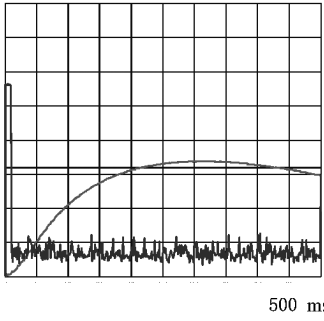
试验 编号	试验信号参数					
	1		2		3	4
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的 冲激脉冲的 QP 幅度		在测量接收机中频输 出端调节的冲激脉冲 ^b 持续时间		冲激脉冲 间隔或周期 (IF 输出端)	DDA 应给出 的评定结果
	dB		ms		ms	在 IF 输出端测到的试验信号及 其相对于测量接收机参考指示 的 QP 信号的图示
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2		
1	1		0.11			1 个喀咧声 ≤ 10 ms 
2 ^a	1		9.5			1 个喀咧声 ≤ 10 ms 

表 F.1 DDA 试验信号^a(续)

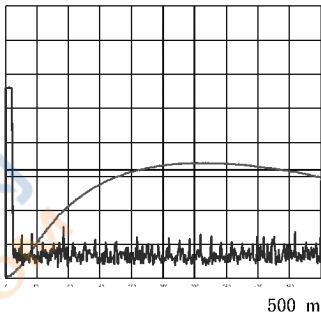
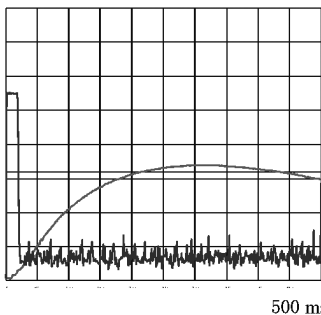
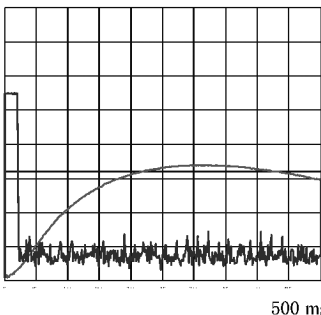
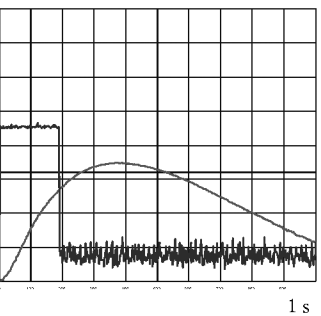
试验 编号	试验信号参数							
	1		2		3	4	5	
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的 冲激脉冲的 QP 幅度		在测量接收机中频输出端调节的冲激脉冲 ^b 持续时间		冲激脉冲 间隔或周期 (IF 输出端) ms	DDA 应给出 的评定结果	在 IF 输出端测到的试验信号及其相对于测量接收机参考指示的 QP 信号的图示	
	dB		ms					
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2				
3 ^a	1		10.5			1 个喀咧声 > 10 ms, ≤20 ms		
4	1		19			1 个喀咧声 > 10 ms, ≤20 ms		
5	1		21			1 个喀咧声 > 20 ms		
6	1		190			1 个喀咧声 > 20 ms		

表 F.1 DDA 试验信号^a(续)

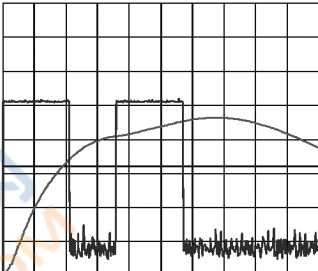
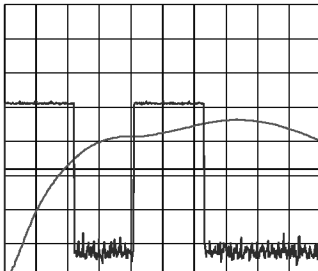
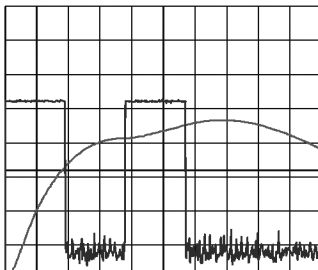
试验 编号	试验信号参数					DDA 应给出 的评定结果	在 IF 输出端测到的试验信号及 其相对于测量接收机参考指示 的 QP 信号的图示
	1	2	3	4	5		
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的 冲激脉冲的 QP 幅度 dB		在测量接收机中频输 出端调节的冲激脉冲 ^b 持续时间 ms		冲激脉冲 间隔或周期 (IF 输出端) ms		
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2			
7	5	5	210	210	150	如果每个程序循环或每个最小观察时间内仅一次:被计为 1 个喀喇声 > 20 ms (见本表 E2 和注 1; 600 ms 规则) 否则 连续骚扰(570 ms)	 1 s
8	5	5	220	220	190	不符合 连续骚扰(见本表 E2 和注 1; 因为总持续时间是 630 ms > 600 ms), 没有例外情况适用	 1 s
9	5	5	190	190	190	如果 最终喀喇声率小于 5:计为 2 个喀喇声 > 20 ms (见本表 E4 和注 1; 电冰箱规则; 也见本表注 2) 否则, 如果 每个程序循环或最小观察时间内仅一次:计为 1 个喀喇声 > 20 ms (见本表 E2 和注 1) 否则 不符合:连续骚扰(570 ms)	 1 s

表 F.1 DDA 试验信号^a(续)

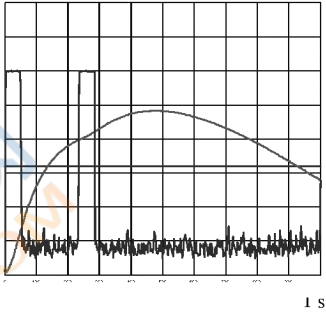
试验 编号	试验信号参数					DDA 应给出 的评定结果	在 IF 输出端测到的试验信号及 其相对于测量接收机参考指示 的 QP 信号的图示
	1	2	3	4	5		
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的 冲激脉冲的 QP 幅度	在测量接收机中频输 出端调节的冲激脉冲 ^b 持续时间	冲激脉冲 间隔或周期 (IF 输出端)				
	dB	ms	ms				
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2			
10	5	5	50	50	185	如果 最终喀咧声率 小于 5: 计为 2 个 >20 ms 的喀 咧声 (见本表 E4、注 1 和注 2) 	
						否则, 如果 每个程序循环或最小观察时间内不超过一次: 计为 1 个喀咧声 < 600 ms (见本表 E2 和注 1, 285 ms > 20 ms) 否则 不通过: 连续骚扰 (285 ms)	
11	20	20	15	5	1 个脉冲 1 + 9 个脉冲 2, 重复到有 40 个喀咧声被 记录, 每个脉 冲间的间隔 是 13 s	36 个喀咧声 < 10 ms 4 个喀咧声 > 10 ms, ≤ 20 ms 90% 及以上的喀咧声 < 10 ms 通过 (见本表 E3, 注 1 和注 3; 不要求测量喀咧声的幅度)	
12	20	20	15	5	1 个脉冲 1 + 8 个脉冲 2, 重复到有 40 个喀咧声被 记录, 每个脉 冲间的间隔 是 13 s	35 个喀咧声 < 10 ms 5 个喀咧声 > 10 ms, ≤ 20 ms 小于 90% 的喀咧声 < 10 ms (见本表 E3, 注 1 和注 3。没有例外情况可适用。采用 上四分位法后, 因为喀咧声的幅度太高, 最终的结果 为“不符合”)	

表 F.1 DDA 试验信号^a(续)

试验 编号	试验信号参数				
	1	2	3	4	5
	相对于测量接收机的 QP 参考指示作单独调节的 冲激脉冲的 QP 幅度 dB	在测量接收机中频输 出端调节的冲激脉冲 ^b 持续时间 ms	冲激脉冲 间隔或周期 (IF 输出端) ms	DDA 应给出 的评定结果	在 IF 输出端测到的试验信号及 其相对于测量接收机参考指示 的 QP 信号的图示
	脉冲 1	脉冲 2	脉冲 1	脉冲 2	

CISPR 14-1 中包含以下例外情况,标号 E1~E4 用于本文件,但在 CISPR 14-1 中未使用。

- E1 ——“单个开关操作”(CISPR 14-1:2016 的 5.4.3.2)
这种例外情况只能由操作者来评定,而不能由骚扰分析仪自动评定。在这里提到此种情况是为了避免本文件和 CISPR 14-1 的使用者混淆例外情况的编号方式。
- E2 ——“时间帧小于 600 ms 的喀嘶声组合”(“600 ms 规则”)(CISPR 14-1:2016 的 5.4.3.3)
对于程序控制的器具,在每个选择的程序周期内允许有一个时间帧小于 600 ms 的喀嘶声组合。对于其他器具,在最小观察时间内允许有这样的一个喀嘶声组合。这也适用于恒温控制的三相开关在三相中的每相和中线中相继引起的三个骚扰,这些喀嘶声的组合被认为是一个喀嘶声。
- E3 ——“瞬时开关”(CISPR 14-1:2016 的 5.4.3.4)
符合以下条件的器具:
——喀嘶声率不大于 5,
——(该器具)引起的喀嘶声没有一个的持续时间长于 20 ms,且
——(该器具)引起的 90%的喀嘶声的持续时间小于 10 ms,
被认为符合限值要求,而与喀嘶声的幅度无关。如果有其中一个条件不满足,则采用断续骚扰的限值。
- E4 ——“喀嘶声间隔时间小于 200 ms”(电冰箱规则)(CISPR 14-1:2016 的 5.4.3.5)
对于喀嘶声率小于 5 的器具,任何两个骚扰中的每个骚扰的最大持续时间为 200 ms,即使骚扰之间的间隔时间小于 200 ms,仍应被判定为两个喀嘶声。在这种情况下,例如观测电冰箱,这种构成被评定为两个喀嘶声,而不是一个连续骚扰。

注 1: 仅当 E4 不适用时,分析仪才适用例外情况 E2。

注 2: 检查波形 11 和 12 仅在例外情况 E3 适用的情况下可以通过试验,如下面计算所示:
对于检查波形 11 和 12,包括在“0”s 的喀嘶声,在 $13\text{ s} \times 39 = 507\text{ s}$,即 8.45 min 后记录到要求的 40 个喀嘶声。因此喀嘶声率为 $40/8.45 = 4.734$ (要求小于 5,这取决于是否 90%的喀嘶声都 $< 10\text{ ms}$)。

注 3: 依照 CISPR 14-1,喀嘶声限值放宽为: $20 \times \lg(30/4.734) = 16.04\text{ dB}$ 。

因此,检查波形 11 和 12(幅度超过限值 20 dB)绝不可能通过 CISPR 14-1 中的上四分位法,这意味着仅允许 25% 的喀嘶声超过喀嘶声限值。

^a 试验信号用于 CISPR 14-1:2016 中 5.4.3 喀嘶声定义的例外情况的性能检查。

^b 脉冲的上升时间应小于或等于 $40\text{ }\mu\text{s}$ 。

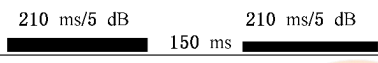
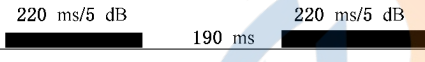
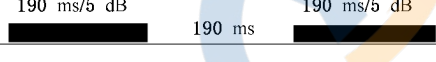
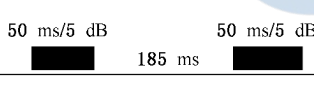
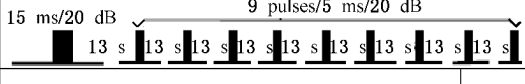
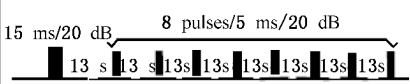
试验编号	试验信号		分析仪的评定
1	 0.11 ms/1 dB		1 个喀喇声 ≤ 10 ms
2	 9.5 ms/1 dB		1 个喀喇声 ≤ 10 ms
3	 10.5 ms/1 dB		1 个喀喇声 > 10 ms, ≤ 20 ms
4	 19 ms/1 dB		1 个喀喇声 > 10 ms, ≤ 20 ms
5	 21 ms/1 dB		1 个喀喇声 > 20 ms
6	 190 ms/1 dB		1 个喀喇声 > 20 ms
7			1 个喀喇声 ≤ 600 ms (程序控制的受试设备)
8			连续 ≥ 600 ms
9			1 个喀喇声 ≤ 600 ms (计为 2 个喀喇声, 电冰箱规则)
10			$N < 5$, 计为 2 个喀喇声 $N \geq 5$, 则为连续的, 或者 对于程序控制的受试设备, 1 个喀喇声 ≤ 600 ms
11		重复计数到 40 个喀喇声	36 个喀喇声 ≤ 10 ms 4 个喀喇声 > 10 ms, ≤ 20 ms
12		重复计数到 40 个喀喇声	35 个喀喇声 < 10 ms 5 个喀喇声 > 10 ms, ≤ 20 ms

图 F.1 依照表 F.1 的附加要求对 DDA 作性能检查时所用的试验信号的图示

附录 G

(资料性)

APD 测量功能规范的基本原理

APD 测量功能技术指标是基于以下的定义和考虑：

a) 幅度的动态范围

幅度的动态范围的定义为获得 APD 所必需的范围。动态范围的上限要高于被测骚扰的峰值电平,下限要低于产品技术委员会规定的骚扰限值电平。

按照 CISPR 11 中 2 组 B 类峰值限值,工科医设备设在 110 dB μ V/m,规定加权限值为 60 dB μ V/m。因此,动态范围需高于 60 dB,并有 10 dB 的裕量。

b) 采样速率

理想状况下,骚扰的 APD 可以使用被保护的无线电业务的等效带宽来测量。然而,频谱分析仪的分辨率带宽在频率范围为 1 GHz 以上时定为 1 MHz。因此采样速率需高于 10 兆次/s。

c) 最大可测量时间

CISPR 11 中规定微波烹饪器具在 1 GHz 以上的峰值测量的最大保持时间为 2 min。因此,APD 测量的可测量时间至少为 2 min。由于计数器或存储器的容量有限,对于长的测量周期连续测量可能是困难的。因此,在间隔时间小于总测量时间的 1% 的情况下,允许断续的测量。

d) 最小可测量概率

大约需要出现 100 次才能得到有意义的结果。因此,最小可测量概率按以下方式计算：

假定测量时间为 2 min,且采样率为 10 兆次/s,则概率可由下式确定：

$$100/(120 \times 10 \times 10^6) \approx 10^{-7}$$

e) APD 测量数据显示

显示 APD 结果的幅度分辨率由动态范围和 A/D 转换器的分辨率决定。例如,当一个 8 位的 A/D 转换器应用于 60 dB 的动态范围时,显示的分辨率可达到小于 0.25 dB($\approx 60 \text{ dB}/256$)。

图 G.1 和图 G.2 给出了 APD 测量电路的实施方框图。

图 G.3 给出了 APD 测量结果的示例。

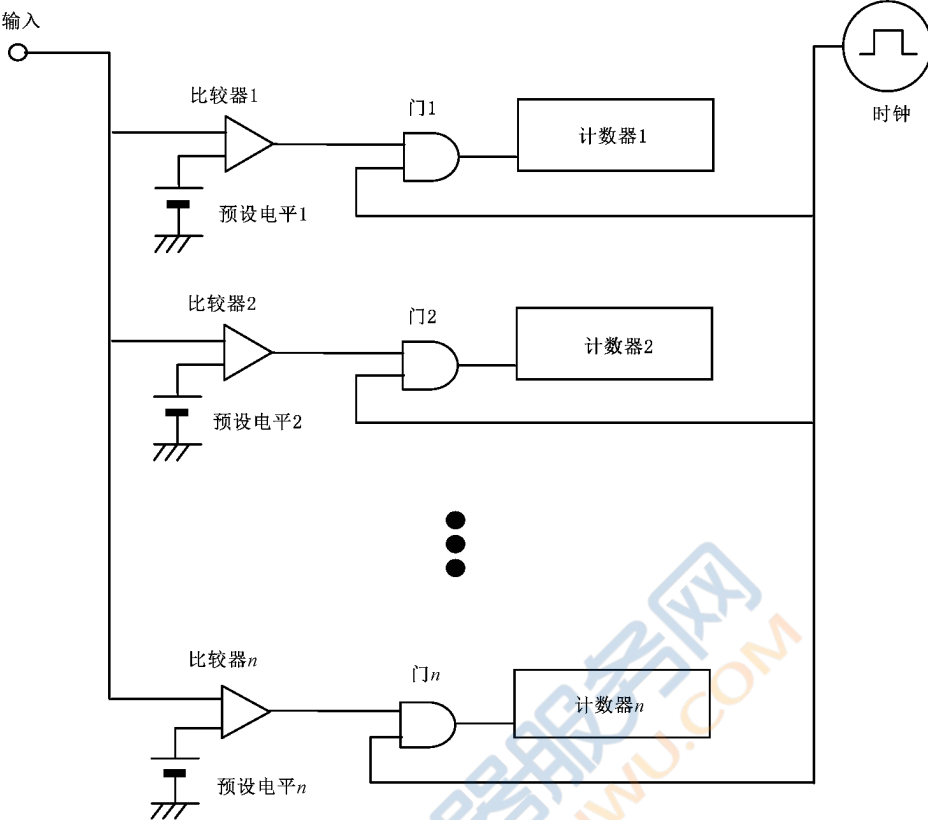


图 G.1 无 A/D 转换器的 APD 测量电路的方框图

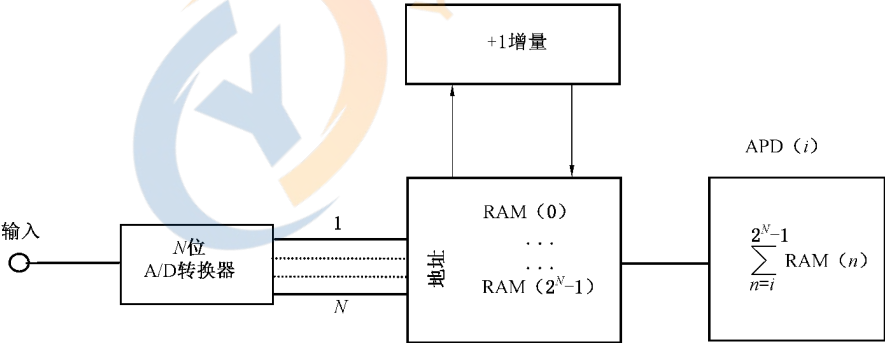


图 G.2 有 A/D 转换器的 APD 测量电路方框图

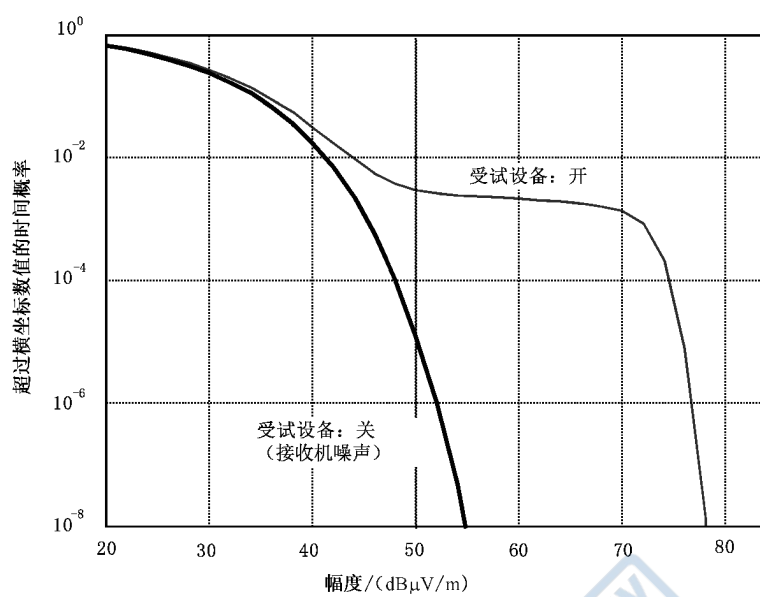


图 G.3 EUT 不同状态时 APD 测量结果的示例

附 录 H

(资料性)

准峰值测量接收机的特性

表 H.1 给出了准峰值测量接收机的技术指标。这些技术指标规定了这种类型的测量接收机的总体特性,但没有给出单个部件和组件的具体指标。对 5.2 中所规定的脉冲响应的计算以具有如下基本特性的测量接收机为基础。

表 H.1 准峰值测量接收机的特性

特性	频率范围		
	A 频段 9 kHz~150 kHz	B 频段 0.15 MHz~30 MHz	C 频段和 D 频段 30 MHz~1 000 MHz
6 dB 带宽/ kHz	0.2	9	120
检波器充电时间常数/ms	45	1	1
检波器放电时间常数/ms	500	160	550
临界阻尼指示器机械时间常数/ms	160	160	100
检波器前端电路的过载系数/dB	24	30	43.5
检波器与指示器之间的 直流放大器的过载系/dB	6	12	6
注 1: 机械时间常数的定义(见 3.8),假设指示器是一种线性设备,也就是说相等的电流会产生相等的偏转增量。假如电流和偏转之间存在其他的转换关系,但只要满足本附录要求,这种指示器亦可使用。在电子仪器中,机械时间常数可用某一电路来模拟。 注 2: 电气和机械时间常数都没给出允差,测量接收机的实际值是由满足 5.2 要求的设计来确定的。			

附录 I

(资料性)

EMI 接收机和扫频分析仪的结构示例

本附录简要描述了本文件所关注的“EMI 接收机”和“扫频分析仪”之间的主要差异。图 I.1 示出了两种类型的测量接收机的结构示例。图中灰色的部分通常包含在测量接收机内,以符合本文件的要求。

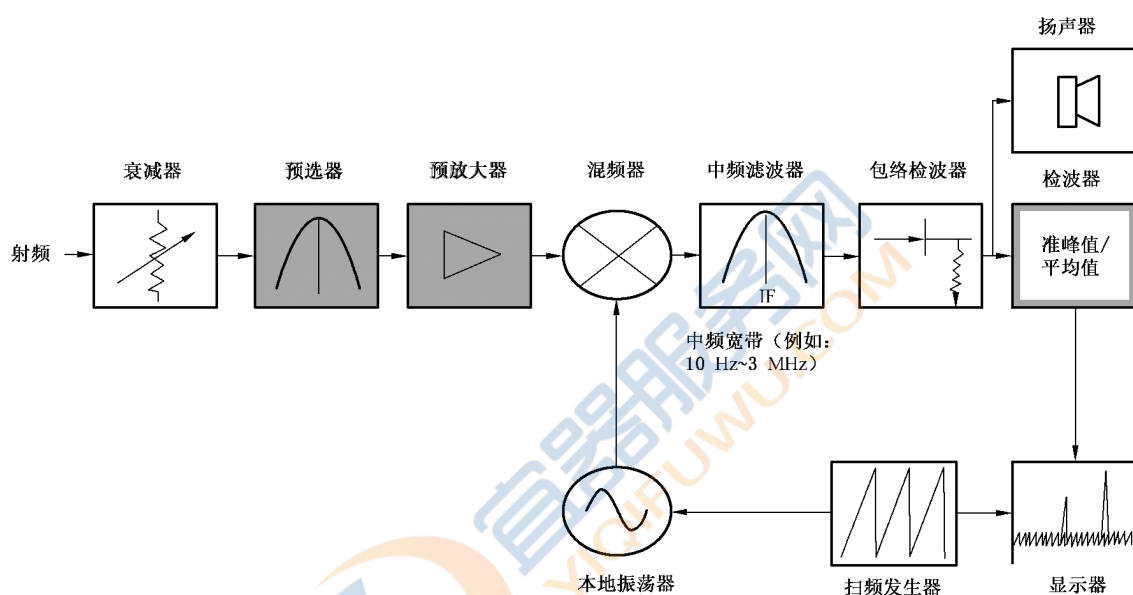


图 I.1 在扫频分析仪基础上加装预选器、预放大器和准峰值/平均值检波器构成的 EMI 接收机框图示例

两种类型测量接收机的主要差异综述如下：

- 扫频分析仪为扫频设备,通过不断地调谐本地振荡器的频率以覆盖所选择的频率范围。而一些 EMI 接收机是进行步进式扫频,即以规定的频率步长,通过调谐到固定的频率以覆盖所选择的频率范围;对每一个调谐频率的幅度进行测量并保持,以便做进一步处理或(输出)显示。
- 大多数的扫频分析仪在第一个变频级前通常没有加装预选器(即输入端的滤波)。这会导致准峰值检波器在进行低重复频率脉冲测量时动态范围不足,因此,在这种情况下会出现错误的测量结果。
- 带有预选功能的商用扫频分析仪:这种类型的测量设备能够满足本文件规定的所有要求。可以没有任何限制地进行 GB/T 6113 第 2 部分所规定的所有的发射测量。
- 对于无预选功能的频谱分析仪,本文件对其准峰值检波技术指标不做严格要求,其对被测信号是有条件要求的。
- 一些频谱分析仪可能没有内置预放大器,但 EMI 接收机通常在预选级之后具有内置预放大器。
- 扫频分析仪可能并不满足 4.4 中所规定的频率选择性要求。原因是典型的扫频分析仪中所使

用的高斯滤波器不满足该要求,但本文件要求扫频分析仪满足 4.4 中所规定的技术指标。

- g) 一些扫频分析仪可能没有内置准峰值检波器。对于准峰值检波,本文件要求扫频分析仪需满足 5.2 规定的技术指标。然而,对脉冲重复频率响应的某些要求不适用于无预选器的扫频分析仪。
- h) 一些扫频分析仪对 7.3.3 规定的间歇的、不稳定的和漂移的窄带骚扰的响应可能会出现差错。本文件要求频谱分析仪满足 7.3.3 所规定的技术指标。



附录 J

(规范性)

测量接收机使用外置预放大器的要求

J.1 概述

在测量接收机的输入端使用外置预放大器应仔细考虑,尽管外置预放大器提高了系统灵敏度,但它可能会使系统不符合本文件的过载要求。此外,当使用 5.2.2 中规定的准峰值检波器测量脉冲重复频率低于 20 Hz 的冲激脉冲信号时,外置预放大器可能会使没有预选器的频谱分析仪不能用于测量。

因此,对包含外置预放大器的测量系统,操作人员应确定该系统的局限性,并按本附录的规定对该测量系统进行线性检查。使用外置预放大器的自动测量结果应通过最终的手动线性检查进行验证。本附录给出的信息为发射测量系统的用户提供指导。

J.2 优化发射测量系统设计的考虑

从本质上来讲,测量接收机的设计旨在达到最佳灵敏度,同时避免过载。测量接收机通过内置预选器避免冲激脉冲信号的过载。尽管内置了预选器,但对超出规定指示范围的单个脉冲的准峰值测量,测量接收机通常没有线性保持能力。没有预选器的测量接收机对于低 PRF 的冲激脉冲信号的准峰值测量也会产生问题。

在所有其他可能提高系统灵敏度的措施都用尽后,例如,使用内置预放大器的测量接收机、增益足够的天线或低损耗的连接电缆,才应考虑使用外置宽带预放大器。当骚扰限值 and 所有预期的及要测量的发射非常接近系统噪声电平(例如,为了符合 CISPR 25^[2] 等级 5 的辐射骚扰限值)时,才需要使用外置预放大器。如果预计发射信号或环境信号电平较高,则不推荐使用外置预放大器。

经验表明,当使用低损耗天线电缆以及内置预选器和预放大器的测量接收机时,在 3 m 或 10 m 测量距离,对于按照 CISPR 11 和 CISPR 32^[3] 的 B 级限值进行的辐射骚扰测量,则不需要使用外置预放大器。同样的情况也适用于 CISPR 14-1、CISPR 15^[1] 和通用发射标准的辐射骚扰测量,以及骚扰功率测量。

不推荐外置预放大器用于 30 MHz 以下的传导骚扰测量。许多发射标准在 150 kHz 以下的频率并没有规定骚扰限值,当在该频段存在高电平的骚扰时,使用外置预放大器可能会产生谐波。

如果为了提高灵敏度而使用外置预放大器,应注意以下几点:

- 预放大器的带宽要宽,即,它们易由冲激脉冲信号和高电平的窄带信号引起过载;
- 预放大器可能会产生互调产物和谐波,尤其重要的是当测量在开阔试验场地(OATS)和/或存在无线发射设备的情况下进行时;
- 预放大器提高了测量接收机的输入信号电平,因此可能会使测量接收机的输入级过载,这是测量接收机内置预选器无法完全避免的情况;
- 灵敏度的增益将小于信号电平的增益,从而限制了预放大器和测量接收机组合的动态范围;

注 1: 灵敏度的增益可理解为没有预放大器 and 有预放大器时系统噪声系数之间的差值。

- 为了使 1 GHz 以上频率范围的灵敏度最大,预放大器需直接安装或连接在测量天线上;
- 使用外部预放大器要求在测量结果中考虑其准确的增益与频率之间的特性;
- 增益随温度和老化变化的不确定度,以及预放大器输出端口与测量接收机输入端口之间附加的失配不确定度,都应计入测量不确定度的评估中;输入阻抗应尽可能符合测量接收机的要

求,并计入测量不确定度评估中;

- h) 对 CISPR 的 E 频段,由外部预放大器和测量接收机组成的系统的设计,应使得无论是测量低频段信号,还是测量其带外或杂散信号的任何信号,或两者兼有,其都不能过载。例如,微波炉使用的 ISM 信号不应引起测量系统过载。

灵敏度增益由以下参数和式(J.1)、式(J.2)确定:

$$F = \frac{P_{ie}}{kT_0 B} \quad \dots\dots\dots (J.1)$$

对于放大器,

$$F = \frac{P_o}{gkT_0 B} \quad \dots\dots\dots (J.2)$$

式中:

F ——噪声因子,且 $10\lg F$ = 噪声系数(通常用符号 NF 表示);

P_{ie} ——等效噪声输入功率;

P_o ——噪声输出功率;

g ——由增益计算得到, $G = 10\lg g$, 而 $g = 10^{G/10}$;

k ——玻尔兹曼常数,等于 1.38×10^{-23} Ws/K 且 $kT_0 = 4 \times 10^{-21}$ W/Hz;

T_0 ——绝对参考室温 (293 K);

B ——噪声带宽(例如,测量接收机的噪声带宽)。

在图 J.1 中,假设电缆衰减 $a_{c2} = 0$ dB,则得到式(J.3):

$$10\lg F_{\text{tot}} = a_{c1} + 10\lg \left(F_1 + \frac{F_2 \times 10^{(a_{c2}/10)} - 1}{g_1} \right) \quad \dots\dots\dots (J.3)$$

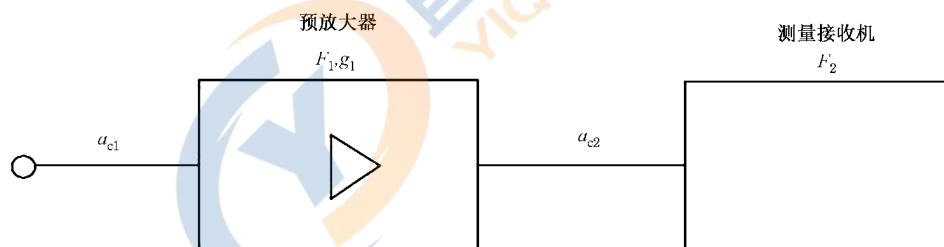


图 J.1 使用预放大器的测量接收机

其中 F_{tot} 是衰减为 a_{c1} 的输入电缆处系统的噪声因子。

如果 $a_{c2} \neq 0$ dB,在式(J.3)中,预放大器的增益因子 g_1 应用 $10^{(g_1 - a_{c2})/10}$ 代替。电缆衰减 $a_{c1} = 0$ dB 是通过将预放大器直接安装或连接到天线(或两者兼有)上实现的。当 $a_{c1} \neq 0$ dB 时,则电缆衰减 a_{c1} 要加到系统噪声系数中,如式(J.3)所示。

最先进的预放大器噪声系数通常为 3 dB 或更小,对应的噪声因子 $F_1 = 2$ 。具有内置预放大器的测量接收机的噪声系数通常在 8 dB 左右,对应的噪声因子 $F_2 = 6.3$ 。这种高噪声因子是由测量接收机的预选器和其他内部插入损耗引起的衰减所产生。没有内置预放大器的测量接收机的噪声系数通常在 15 dB 左右,对应的噪声因子 $F_2 = 31.6$ 。

注 2: 测量接收机的噪声系数 $10\lg F_2$ 可由下式所表示的噪声电平确定:

$$10\lg F_2 = V_{\text{Nav}} + 67 - 10\lg B_N - \tau_{\text{Nav}}$$

其中:

V_{Nav} ——使用线性平均值检波时测量接收机的本底噪声,单位为分贝微伏[$\text{dB}(\mu\text{V})$];

B_N ——测量接收机的噪声带宽,单位为赫兹(Hz);

$\tau_{N_{av}}$ ——线性平均值检波的噪声加权因子,单位为分贝(dB)。

示例: 若 $V_{Nav} = -10.7$ dB(μV), $B_N = 85$ kHz(对应 $B_6 = 120$ kHz), 且 $\tau_{Nav} = -1$ dB, 则噪声系数 $10\lg F_2 = 8$ dB。

τ_{Nav} 的值为高斯噪声时线性平均值检波器与均方根值检波器的示值之差^[8]; 对于准峰值检波器, τ_{NQP} 在 B 频段约为 4 dB, 在 C/D 频段约为 6 dB; 对于峰值检波器, τ_{Npk} 高达 12 dB, 这取决于测量时间。

噪声带宽 B_N 接近测量接收机的 3 dB 带宽 B_3 。 $B_N = 1.1B_3$ 为粗略的近似。有关特定滤波器的实现详见参考文献[8]。

考虑到给定的预放大器噪声系数为 3 dB, 可得到系统噪声系数 $10\lg F_{tot} = 4$ dB, 对应噪声因子为 2.51。这就要求 $(F_2 - 1)/g_1 = 0.51$, 或 $g_1 = (F_2 - 1)/0.51$ 。

对于具有内置预放大器的测量接收机, 得到的增益为 $g_1 = 10.39$, 或 $G_1 = 10.2$ dB。

对于没有内置预放大器的测量接收机, 得到的增益为 $g_1 = 60$, 或 $G_1 = 17.8$ dB。

对于没有内置预放大器的测量接收机, 如上所述, 若外置预放大器的噪声系数为 3 dB 且增益为 10 dB, 则得到系统噪声系数为 7 dB。

从以上例子可看出, 对于具有内置预放大器的测量接收机, 要提高 4 dB 的灵敏度, 需要大约 10 dB 的信号增益。对于没有内置预放大器的测量接收机, 提高 11 dB 的灵敏度需要提高近 18 dB 的信号增益, 提高 8 dB 的灵敏度需要提高 10 dB 的信号增益。很明显, 3 dB 的预放大器噪声系数不容易实现 3.5 dB 的系统噪声系数, 因此, 更高的预放大器增益将是必要的。表 J.1 给出了噪声系数的示例。

不建议使用增益为 30 dB 或更高的预放大器, 因为这将严重限制系统的线性性能。

表 J.1 预放大器和测量接收机数据及其产生的系统噪声系数的示例

预放大器				测量接收机		系统
噪声因子 F_1	噪声系数 $10\lg F_1$ / dB	增益因子 g_1	增益 G_1 / dB	噪声因子 F_2	噪声系数 $10\lg F_2$ / dB	噪声系数 $10\lg F_{tot}$ / dB
2	3	10.4	10.2	6.3	8	4
2	3	10	10	31.6	15	7
2	3	60	17.8	31.6	15	4

J.3 线性规范及测量注意事项

预放大器的动态范围由 1 dB 压缩点、3 dB 压缩点和饱和点进行定义。为了避免输入信号引起的失真, 理想情况下, 在整个测量时间内, 信号需保持在 1 dB 压缩点以下。

图 J.2 是放大器传递函数的示例。使用正弦信号时放大器在时域和频域的响应如图 J.3 所示。图 J.2、图 J.3 和图 J.4 中坐标轴上的数字本质上是通用的(量化值), 并不表示特定的单位。

由图 J.3 可看出, 由于预放大器的非线性效应, 正弦信号在时域是失真的。频域显示表明, 电平在 100 MHz 是减小的, 在更高频段存在谐波。宽带脉冲的相应仿真结果如图 J.4 所示。

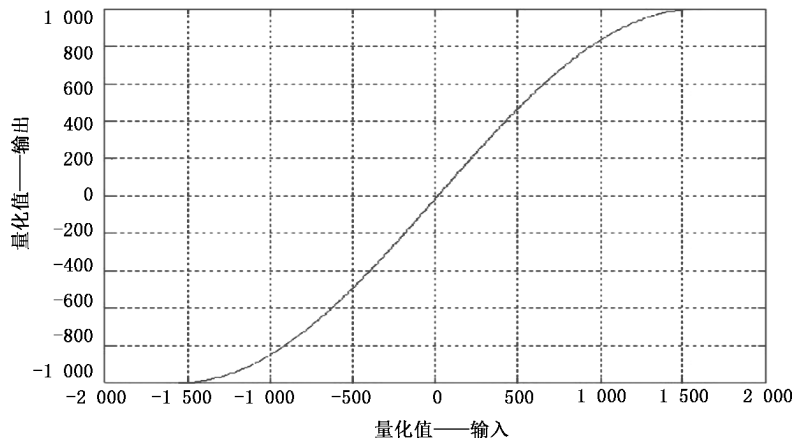


图 J.2 放大器传递函数示例

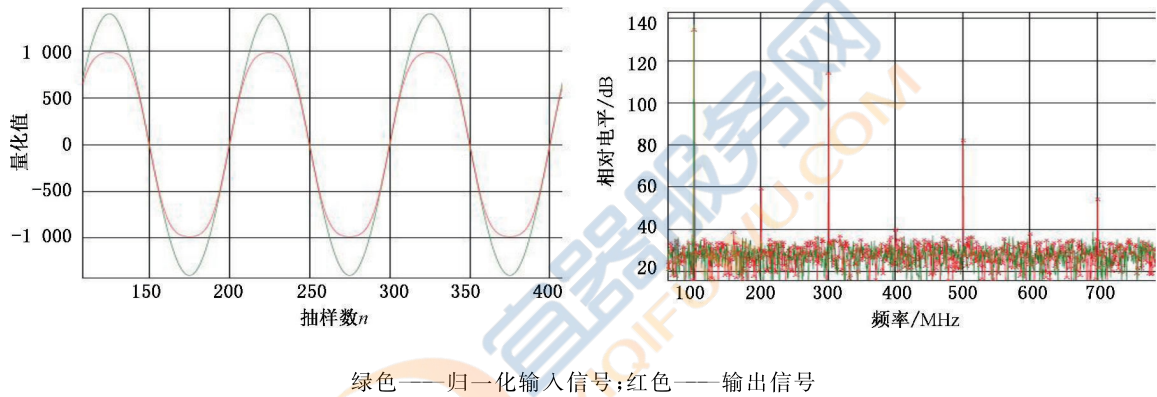


图 J.3 图 J.2 的放大器对正弦信号的响应

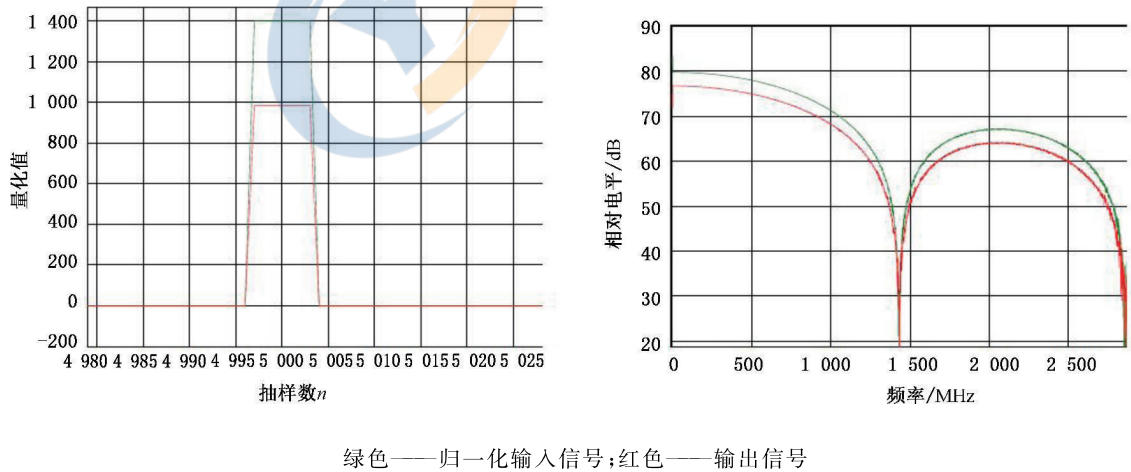


图 J.4 图 J.2 的放大器对冲激脉冲的响应

对比图 J.3 和图 J.4,可看出时域内的饱和电平是完全相同的。然而,在频域内,外置预放大器的饱和效应是不同的。对于冲激脉冲信号,幅度电平是减小的,测量结果无效。对于正弦信号,基波幅度是减小的,而外置预放大器的非线性效应产生了更多的谐波;测量结果也是无效的。

系统的性能,即系统的噪声电平和过载能力,取决于预放大器和测量接收机的特性。对于窄带信

号,通常预放大器输出的 1 dB 压缩点超过测量接收机输入的 1 dB 压缩点。对于宽带冲激脉冲信号测量,测量接收机的预选器将提高系统的线性度。因此,两种类型的系统都需要考虑:在测量接收机输入端有/无预选器的系统。

宽带过载检波器,在某些无预选器的测量接收机的输入端有用,用于检测第一级混频器 1 dB 压缩点处的信号电平,以提醒用户线性度的问题。过载检波器也可作为一个指示器,以确保测量结果有效。推荐类似的过载检波器用于基于宽带 FFT 的测量系统,以避免超出宽带 A/D 转换器的范围(见 J.4)。

进一步的测量预防措施包括预测测量冲激脉冲骚扰时的可用过载系数。除增益随频率和噪声系数的变化关系外,还应规定预放大器和整个系统(由预放大器和测量接收机组成)的 1 dB 压缩点。对于 CISPR 的 C 和 D 频段,正弦波信号的 1 dB 压缩点与带宽为 2 GHz 的宽带 CISPR 脉冲信号的峰值之间的关系,给出带宽因子 F_{bw} 为 85 dB [$F_{bw} = 20\lg(2\,000/0.12)$]。对于未调制的正弦波和冲激脉冲信号,图 J.5 和图 J.6 表明与 1 dB 压缩点为 112 dB(μ V)的预放大器的线性存在偏离。

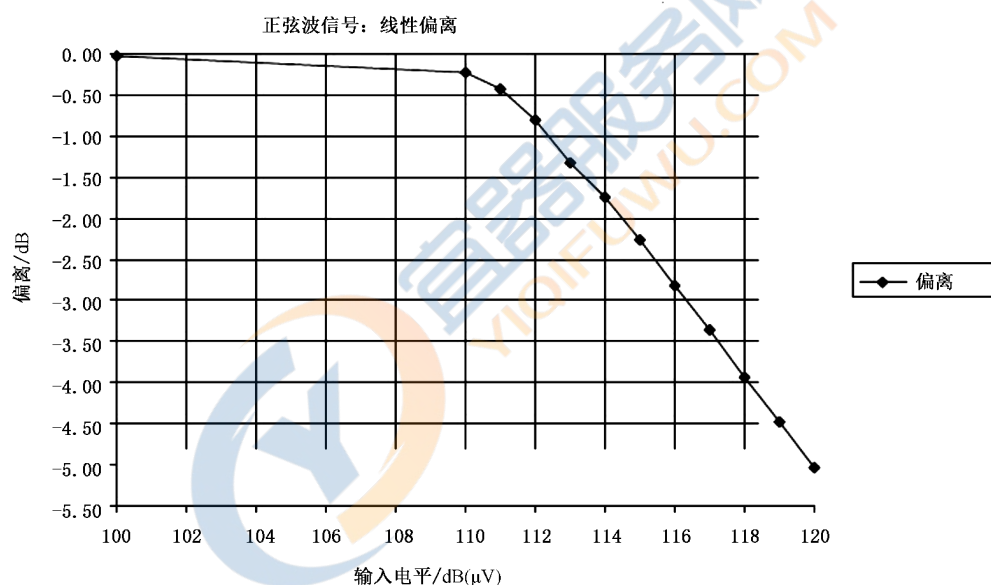
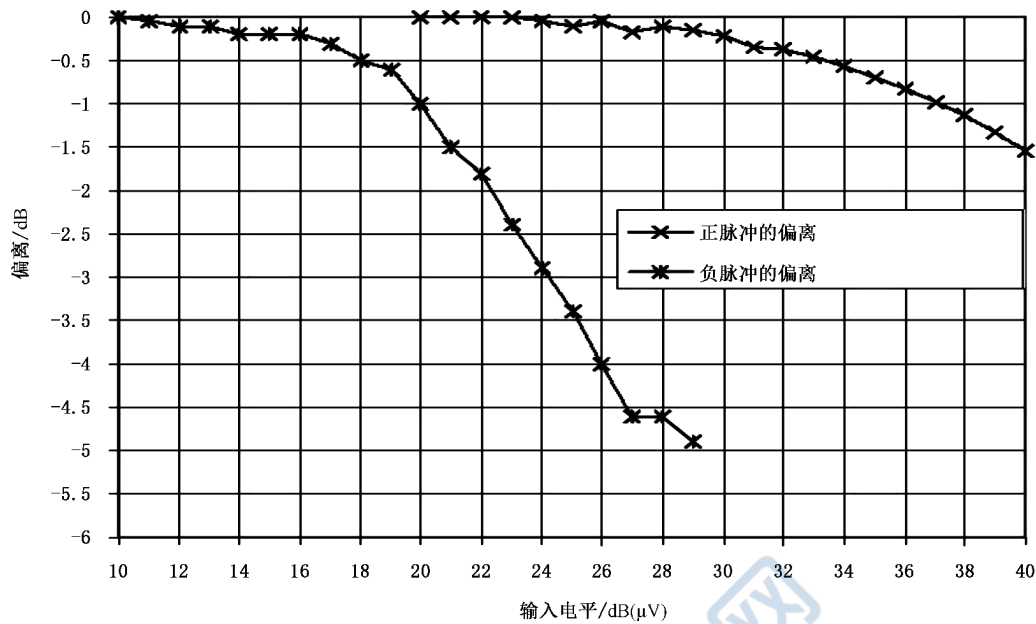


图 J.5 未调制正弦波时线性增益的偏离(示例)



注：使用 $F_{bw} = 85$ dB, PRF 为 100 Hz 的正脉冲信号的峰值约为 $37 \text{ dB}(\mu\text{V}) + 12 \text{ dB} + 85 \text{ dB} = 134 \text{ dB}(\mu\text{V})$, 即在图 J.5 所示的 1 dB 压缩点以上约 22 dB 处。准峰值加权因子为 12 dB, 即 PRF 为 100 Hz 时峰值与准峰值结果的差值。

图 J.6 准峰值检波器测量宽带冲激脉冲信号时的线性增益偏离(示例)

图 J.6 中正脉冲时的偏离曲线的平坦性具有误导性, 因为放大器的非线性会被放大器自身的互调产物所掩盖。在预放大器的输入端使用陷波深度大于 40 dB 的带阻滤波器(如 4.10 中规定的带阻滤波器)可以证明这种效应。对于可接受的操作(互调误差的贡献小于 1 dB), 在互调试验期间(带阻滤波器的)陷波深度应至少保持为 20 dB。这 20 dB 的数值是通过 PRF 为 100 Hz 的冲激脉冲信号的准峰值测量得到的; 100 Hz 的 PRF 是一个折衷选择。

理想情况下, 对于所有 PRF 的冲激脉冲信号的准峰值测量都需要 20 dB 的陷波深度。图 J.7 示出了以上所用的增益为 10 dB 的预放大器, 只要输入信号的峰值电平小于 $37 \text{ dB}(\mu\text{V})$, 输出信号的峰值电平小于 $46 \text{ dB}(\mu\text{V})$ (蓝色曲线), 则需保留 20 dB 的陷波深度。对 100 Hz 的 PRF, $37 \text{ dB}(\mu\text{V})$ 的峰值电平对应于 $25 \text{ dB}(\mu\text{V})$ 的准峰值电平。因此对图 J.6 中的“正脉冲”曲线, 宽带冲激脉冲信号的 1 dB 压缩点似乎对应 $37 \text{ dB}(\mu\text{V})$ 的准峰值, 此时, 预放大器已经过载。输入信号需至少降低 12 dB, 即为 $25 \text{ dB}(\mu\text{V})$ 的准峰值, 以避免过多的互调。

图 J.6 中“正脉冲”曲线还表明, 在预放大器输入端使用可切换的 10 dB 衰减器的简单过载试验, 可能不会正确指示冲激脉冲信号的过载, 因为此时输出电平仍随输入电平变化, 直到预放大器输入信号达到 1 dB 压缩点以上 20 dB。这种简单的试验可能也适用于正弦波输入信号。通过带阻滤波器互调试验, 可更好地表征系统相对于冲激脉冲信号的特性。如果不能进行带阻滤波器互调试验, 则需使用预放大器的 1 dB 压缩点(相对于其输入)表征系统的特性。

注：带阻滤波器互调试验目的是表征系统的特性(例如, 由系统提供者实施)。在发射试验期间, 在每个 EMC 实验室中使用带阻滤波器试验是不切实际的。

需要注意, 在带阻滤波器互调试验时, 应确保作为预放大器输出指示器的测量接收机没有过载。图 J.8 示出了具有预选器的测量接收机的 CISPR 互调试验的陷波深度仍超过 30 dB, 此时, 输入信号(准峰值)为 $55 \text{ dB}(\mu\text{V})$, 对应于增益为 10 dB 的预放大器的输入电平(准峰值)为 $45 \text{ dB}(\mu\text{V})$ 。使用内置宽带预放大器的测量接收机时, 由于测量接收机的过载, 可能无法正确显示外置预放大器的线性, 如图 J.9

和图 J.10 所示,而使用具有预选器的测量接收机,输出将是线性的。

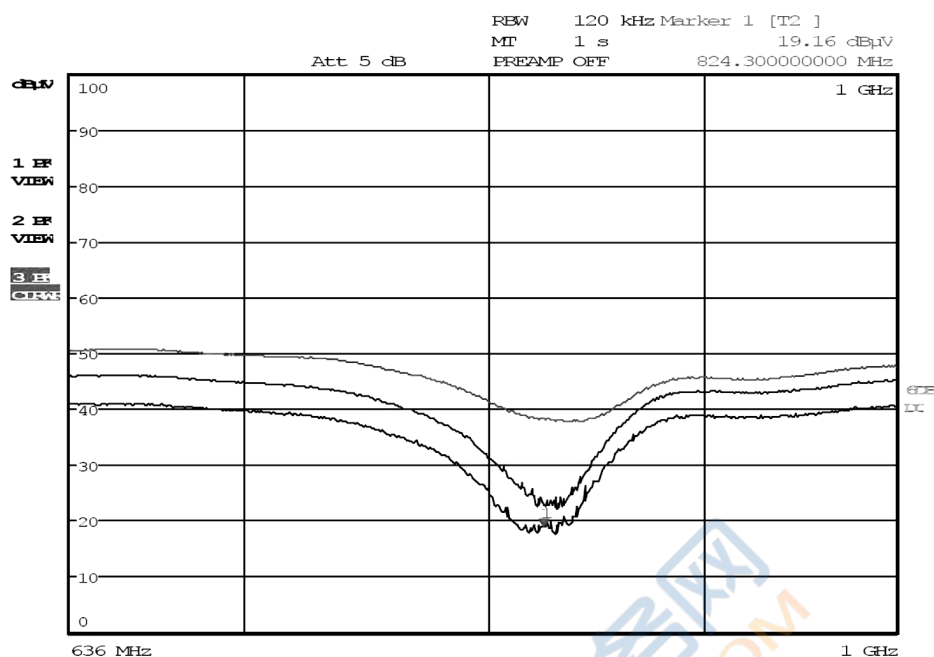


图 J.7 预放大器在 818 MHz 左右时带阻滤波器试验的截图

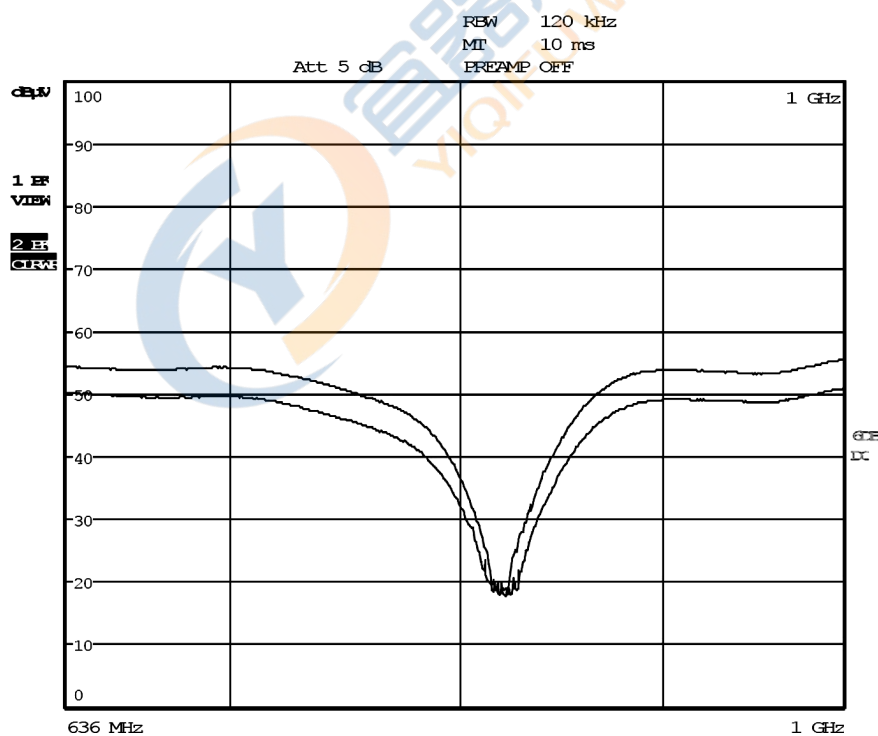


图 J.8 测量接收机在 818 MHz 时带阻滤波器试验的结果

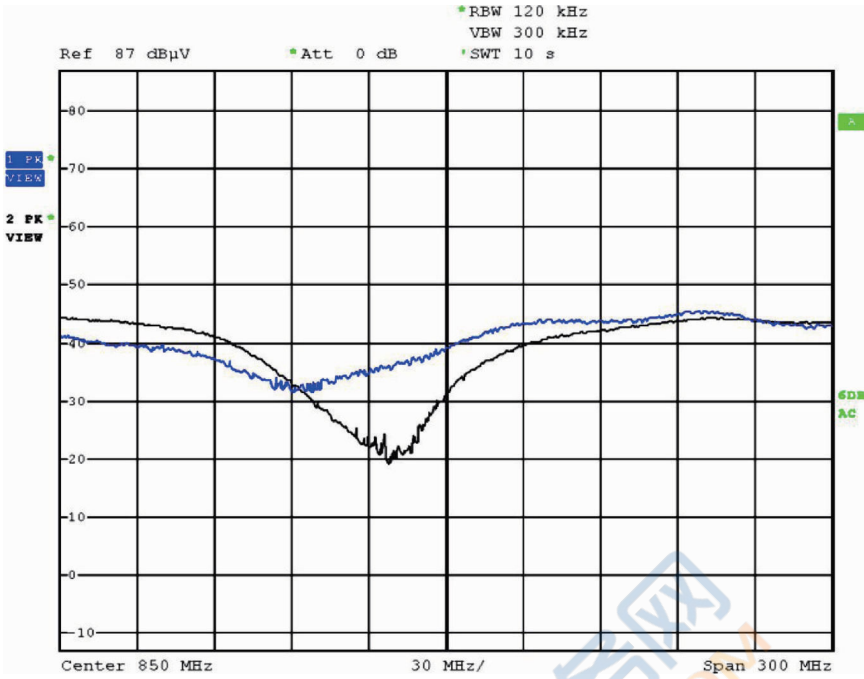
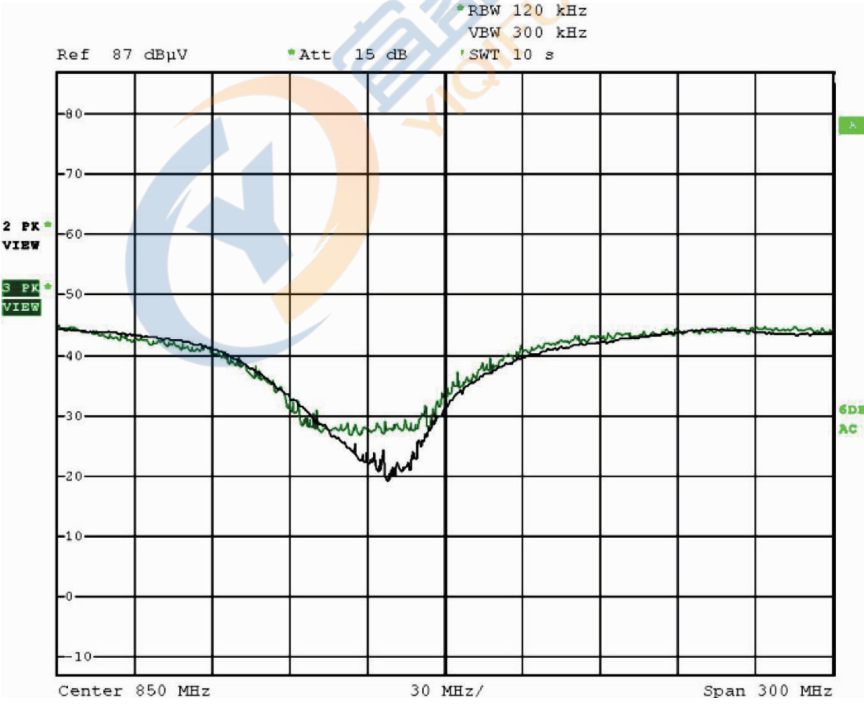


图 J.9 相同 10 dB 的预放大器,具有预选器(黑色)/无预选器(蓝色)的不同测量接收机的带阻滤波器试验的结果



注：外置预放大器与测量接收机之间采用 15 dB 衰减器,以避免无预选器时测量接收机的过载;然而,测量接收机的噪声电平掩盖了带阻的凹陷。

图 J.10 使用相同的 10 dB 预放大器,图 J.9 的测量接收机在有预选器(黑色)/无预选器(绿色)的情况下带阻滤波器试验的结果

当外置宽带预放大器与测量接收机一起使用时,用户不能期望这样的测量系统在低脉冲重复频率时使用平均值、均方根值-平均值和准峰值检波器对宽带冲激脉冲信号进行正确的加权。因此,测量系统峰值检波器对宽带冲激脉冲信号进行测量时,用户应确定噪声电平与 1 dB 压缩点之间的可用工作范围。这种确定允许使用每个单独的检波器预测最低 PRF,以对宽带脉冲信号进行正确加权。

图 J.11 给出了本文件规定的 CISPR 的 C/D 频段检波器的加权函数,并以“噪声”线为例说明噪声电平与 1 dB 压缩点之间的可用工作范围。在本例中,峰值检波器噪声电平低于 1 dB 压缩点 15 dB。对于准峰值检波器,噪声电平比前者还低大约 5 dB,即可用工作范围比前者大约宽 5 dB。对于均方根值-平均值检波器和平均值检波器,噪声电平比前者还低大约 10 dB,在本例中其可用工作范围增加到了 25 dB 左右。

为了画出图 J.11 所示的噪声线,使用从图 J.7 的带阻滤波器试验中得到的峰值电平 V_p ,来确定平均检波器噪声电平 V_{Nav} 。差值 $(V_p - V_{Nav})$ 指示了“噪声”线与“平均值”线的交点。对 J.2 和 J.3 中讨论的 10 dB 预放大器, $V_p = 37 \text{ dB}(\mu\text{V})$, $V_{Nav} = -14 \text{ dB}(\mu\text{V})$ 对应 4 dB 噪声系数, $(V_p - V_{Nav}) = 51 \text{ dB}$ 。图 J.11 中的噪声线是从 $(V_p - V_{Nav}) = 27 \text{ dB}$ 的示例进行绘制的。

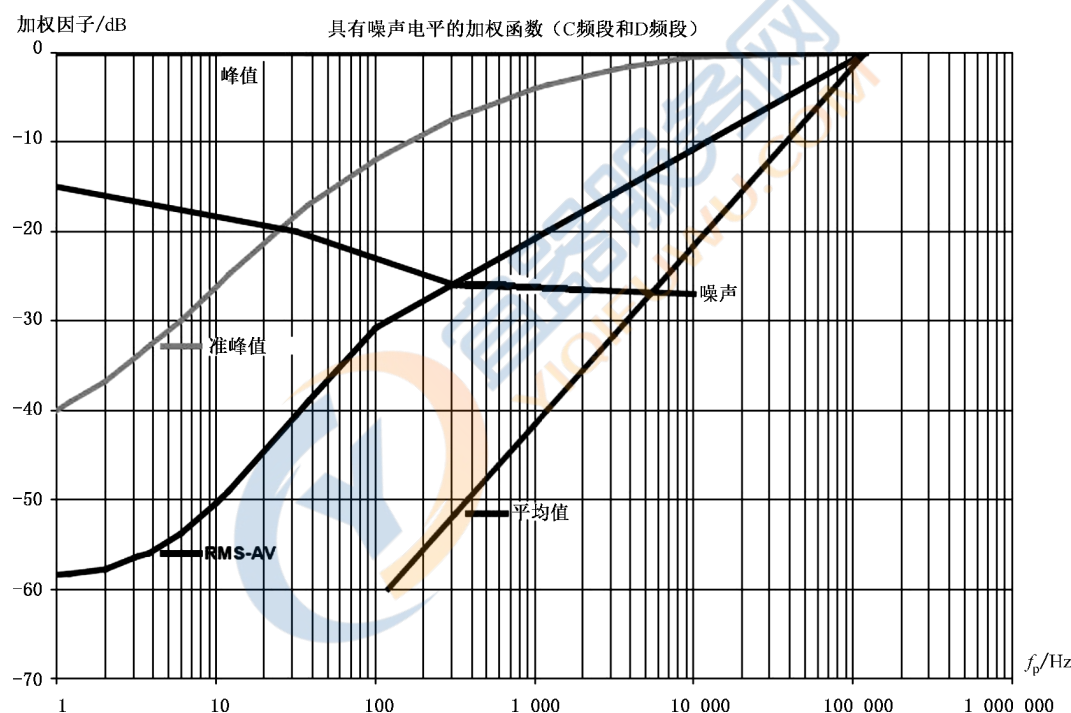


图 J.11 具有噪声曲线的不同 CISPR 检波器的加权函数,
以说明对于宽带冲激脉冲信号的可用工作范围(示例)

从图 J.11 可看出,临界 PRF 出现在冲激脉冲信号电平(在 1 dB 压缩点的峰值电平)与噪声电平相等的点。然而,为了准确测量,信号电平需要比噪声电平高大约 6 dB(实际值取决于 PRF)。因此,在本例中,准峰值测量可以在约 60 Hz 以上的 PRF 进行。对于均方根值-平均值(RMS-AV)检波器和平均值检波器,临界 PRF 分别在 1 kHz 和 10 kHz 附近。对于实际测量,推荐使用临界 PRF 的加权因子进行线性检查。对于本例,线性检查如下:

- 准峰值测量:峰值与准峰值之差小于 15 dB 时,则超过了 60 Hz 的临界 PRF。
- 对于均方根值-平均值和平均值测量:峰值检波器结果与均方根值-平均值或平均值检波器结果之差小于 20 dB 时,则分别超过 1 kHz 和 10 kHz 的临界 PRF。

然而,如果测量值接近噪声电平,则噪声电平可能会减小这个差值,给出的印象是 PRF 的值高于实际值。

J.4 基于 FFT 的宽带测量系统中外部预放大器过载的检测

预放大器在测量过程中是否在线性范围内,对正弦信号和冲激脉冲信号都要进行确认,方法是取预放大器输出信号的最大值,然后将其与 1 dB 压缩点对应的给定门限电平进行比较。在测量期间,在时域内连续采样信号的最大(正)电压和最小(负)电压,并与门限电平进行比较。对于正弦信号,1 dB 压缩点定义为输出电平比预期值恰好低 1 dB 的点,如图 J.5 所示。

在测量过程中,可以使用能将外置预放大器输出信号进行数字化的测量装置以检测是否发生过载。对于前面的示例,图 J.2 中归一化的约 900 的“输入”门限电平是合适的,能避免非线性效应。取决于实际应用,门限电平需由系统制造商确认。例如,与冲激脉冲骚扰测量相比,有意辐射体的谐波测量需要更好的线性(较低的门限电平)。将输入信号进行数字化的测量仪器应满足下列要求,以便做出正确的判定:

- a) 在测量期间连续(不间断)采样;
- b) 可选择门限电平;
- c) 在整个测量频带内宽带采样,例如直至 1 GHz。

满足这些要求的典型仪器包括 CISPR TR 16-3 中描述的基于 FFT 的具有超范围检测的宽带测量仪器,以及单次触发模式的示波器。超范围检测是为了避免超过宽带 A/D 转换器的工作范围。

附录 K

(规范性)

测量接收机的校准要求

K.1 概述

在进行 EMI 测量时,用户应确保测量设备符合本文件中规定的规范,以便可以实现传导和辐射骚扰测量(以及骚扰功率测量)预期的测量设备不确定度。此外,这些测量结果应溯源(见 3.16)至国家或国际认可的标准。通过选择正确校准的测量设备,可以满足这些要求。本附录所述的校准要求仅适用于本文件中涵盖的测量设备(即 EMI 接收机和频谱分析仪)。

EMC 检测实验室负责选择和使用合适的测量设备,以及购买经过认可的(或认为合适的)校准服务。清楚地了解与测量设备有关的校准要求对于下述方面是至关重要的:确定购买过程中校准服务必需的具体要求,以及设备从校准实验室返回后,检测实验室在重新投入使用前审核所获得的服务。

K.2 校准和验证

校准定义为通过参考标准在规定条件下建立被校准仪器的示值与使用相应可溯源参考标准的测量结果之间关系的一组操作(同时见 3.12)。应用于测量接收机,这意味着使用由多个步骤组成的校准程序,通过使用已认可(或认为合适的)校准实验室校准的测量设备,在规定环境条件下通过测量确定各种校准参数的实际值。这些校准测量的结果用于确定被校准的仪器是否符合制造商发布的规范。

校准过程本身并不必调整要校准的仪器。但是,如果校准过程确定仪器不符合制造商的规范,则可能就需要进行调整(见 3.14)。仪器校准过程的目的是以可溯源的方式确定被校准的测量接收机是否符合已发布的规范(见 3.16)。

“验证”不宜与“期间核查”(也称为置信检查)相混淆;后者由一组旨在提供试验仪器正常运行的证据的操作组成。测量接收机的期间核查与校准过程有很大的不同,这是因为这两个活动的目的完全不同。

K.3 校准和验证的细节

测量接收机的校准需要定义不同测量的特定过程,以确定接收机是否符合其规范。通常,接收机制造商也已使用此校准过程建立接收机规范。因此,校准实验室或检测实验室只能根据本文件规定的制造商的校准过程或验证过程进行校准,以确定接收机在校准时是否满足制造商的规范或本文件规定的要求。该要求仅适用于测量接收机。

如果使用的校准过程不同于本文件规定的制造商的校准过程或验证过程,则该校准过程应进行验证和确认,且应在校准证书中表明所用的校准过程与制造商定义的校准过程存在偏离。对于辅助测量设备[例如人工电源网络(AMN)、不对称人工网络(AAN)、吸收钳和天线],应采用 GB/T 6113 其他相关部分中规定的校准程序。

测量接收机的校准过程还定义了以下基本参数,这些参数应得到正确的校准:

- 校准过程中每次测量被校准接收机的特定设置(例如,对于 EMI 接收机或频谱分析仪,每次测量时的调谐频率、衰减器设置、分辨率带宽设置和其他参数);
- 测量特定参数所需的试验装置(例如使用比率测量的功率分配器和任何其他所需的测量设备);

- c) 校准过程测量所用的测量设备所需的准确度(例如所需的幅度准确度和频率准确度);
- d) 实际执行的测量次数及其顺序。对于许多类型的测量接收机,此顺序是强制性的,不能更改,因为某些参数的测量需要完成先前校准参数的测量。此外,校准参数试验结果的解释可能取决于校准顺序中先前测量的试验结果;
- e) 所需环境条件(例如所需环境温度和相对湿度),如果制造商认为有必要。

只有使用制造商的校准过程,才能将校准测量结果与发布的规范进行比较。因此,校准实验室或自己进行校准(也称为内部校准)的检测实验室需将制造商的校准过程用于特定的测量接收机。如果使用的是替代的校准过程,则应进行验证和确认,并应在校准证书中表明所用的校准过程与制造商定义的校准过程存在偏离。

K.4 测量接收机的细节

K.4.1 概述

本文件使用“黑盒”方法规定了测量接收机的要求。这意味着当在仪器的输入端施加定义的信号时,其应显示特定的响应。因此,可通过本文件规定的制造商的校准过程或程序和测量设备证明测量接收机符合本文件规定的规范。

如果确定测量接收机符合本文件的规范,则在验证过程中应包括表 K.1 中所给的基本参数集。

表 K.1 验证参数汇总

参数	章条号	推荐的频率
VSWR	4.2	在以下调谐频率,输入衰减在 0 dB 和 ≥ 10 dB 时确定 VSWR: 100 kHz, 15 MHz, 475 MHz 和 8.5 GHz
正弦波电压允差	4.3	在以下调谐频率进行验证: CISPR A/B/C 和 D/E 频段的起始频率、终止频率和中心频率
脉冲响应	5.2, 6.4, 7.3, 8.3	在以下调谐频率进行验证: CISPR A/B/C 和 D/E 频段的起始频率、终止频率和中心频率
选择性	4.4	在以下调谐频率进行验证: CISPR A/B/C 和 D/E 频段的中心频率

表 K.1 中总结的参数仅适用于被验证仪器及其实现的检波器功能所覆盖的频率范围。参考的章条中描述的细节以及所规定的允差全部适用。

要注意的是,本文件提到的要求为接收机制造商发布的所有规范的一部分。此外,本文件中的某些要求的表述方式可能与制造商的规范不同(例如,本文件中连续波频率的电压准确度对应于参考频率电压的绝对幅度准确度和频率响应的组合)。

由于规范表述形式的不同,如果无法直接通过制造商的校准过程提供符合本文件要求的证据,则除了根据制造商的校准过程进行接收机的实际校准外,检测实验室还应对这些要求进行验证。

K.4.2 证明符合本文件的要求

为了证明使用制造商的校准过程符合本文件,则应符合本文件中的规范。这包括验证表 K.1 中所给的基本参数集。

允许使用制造商的校准过程或校准实验室的验证过程。两个过程的选择没有优先顺序,由本文件的用户负责决定。

K.5 测量接收机的部分校准

通常,在进行发射测量时,并没有利用测量接收机的全部功能。因此,出于经济原因,检测实验室可能决定仅购买包含实际测量所用功能的校准服务。规定这种部分或有限的校准服务应格外小心,因为对已识别功能的校准的前提条件是可能需要对其他功能进行校准。这种依赖性应由检测实验室或校准实验室通过审核制造商的校准程序进行确定。如果检测实验室无法得到制造商的校准程序,则应在购买校准服务时要求校准实验室进行这种审核。

K.6 确定测量接收机符合适用的规范

要使测量接收机符合制造商的规范或 CISPR 标准中规定的允差,则要求校准证书中报告的测量结果低于上限值、高于下限值或介于上限值和下限值之间。校准或验证测量结果的不确定度直接影响合格/不合格的确定。因此,当确定测量接收机符合规定的规范时,应考虑测量不确定度。将测量不确定度应用于测量结果可导致以下四种情况之一,如图 K.1 所示:

- a) 测量结果在规定的限值范围内,裕量大于适用的扩展不确定度;
- b) 测量结果在规定的限值范围内,裕量小于适用的扩展不确定度;
- c) 测量结果超过了规定的限值范围,裕量小于适用的扩展不确定度;或
- d) 测量结果超过了规定的限值范围,裕量大于适用的扩展不确定度值,不符合规范。

图 K.1 中的四种情况应解释如下:

- K.6a)符合规范;
- K.6b)和 K.6c)结果无法判定;不可能给出明确的符合性声明;
- K.6d)不符合规范。

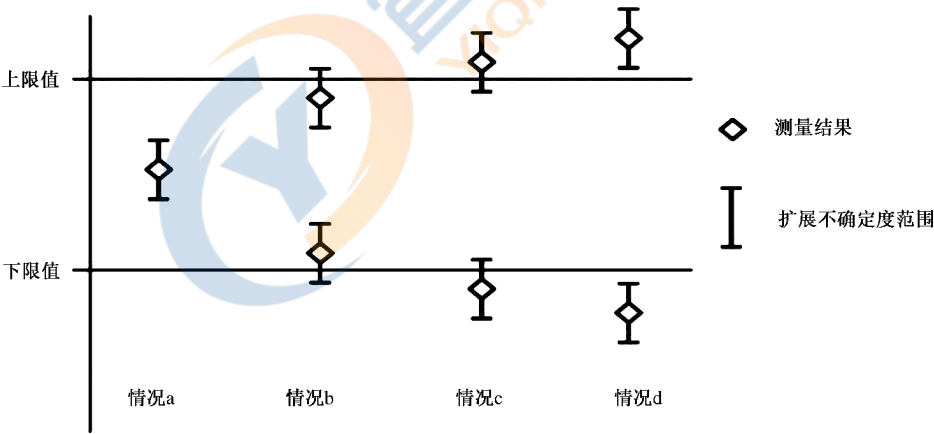


图 K.1 应用测量不确定度确定符合性的过程

附录 L
(规范性)
射频脉冲幅度的验证
(见 7.3.1、8.3.2)

推荐三种方法用于射频脉冲幅度的验证:

- 使用示波器直接测量脉冲信号的有效值幅度。
- 使用频谱分析仪对脉冲信号的有效值幅度进行相对测量。使用冲激脉冲带宽约为 $3 \times (1/\tau_p)$ 的频谱分析仪分辨率带宽,将连续波信号电平设置为表 8 中的目标载波电平 L_{carrier} 。然后,将要求的脉冲调制应用于连续波信号。使用频谱分析仪测量最大脉冲包络幅度。根据需要调整信号发生器的脉冲幅度,使其等于测得的连续波信号的幅度。对于高斯滤波器的分辨率带宽, $B_{\text{imp}} = B_3 \times 1.506$ 。
- 脉冲频谱密度可通过使用频谱分析仪测量一根谱线的电平进行确定。为此,在载波频率上使用小的分辨率带宽(例如,A 频段为 10 Hz, C/D/E 频段为 100 Hz)获得该电平。所测得的电平对应于一根信号谱线的电平,则脉冲频谱密度可通过如下的计算得到:

$$D = D_{\text{单根谱线}} + 20 \lg(1 \text{ MHz}/f_p)$$

如有必要,最后需调整信号发生器的电平以达到 D 的标称电平。

参 考 文 献

- [1] CISPR 15:2018 Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment
- [2] CISPR 25:2016 Vehicles, boats and internal combustion engines—Radio disturbance characteristics—Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers
- [3] CISPR 32:2015 Electromagnetic compatibility of multimedia equipment—Emission requirements
- [4] ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [5] ISO/IEC Guide 99:2007 International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms (VIM)
- [6] GESELOWITZ, D.B., Response of ideal radio noise meter to continuous sine-wave, recurrent impulses, and random noise, IRE Transactions, RFI, May, 1961, vol. RFI-3, no. 1, p. 2-11 (only available in English)
- [7] RAUSCHER, C., Fundamentals of Spectrum Analysis, 5th edition, 2011, page 48, ISBN 978-3-939837-01-5 (available from Rohde & Schwarz Bookshop, <http://www.books.rohde-schwarz.com/>)
- [8] SABAROFF, S., Impulse excitation of a cascade of series tuned circuits, Proceedings of the IRE, December 1944, vol. 32, p. 758-760 (only available in English)
- [9] KELLER, C. and FESER, K., A New Method of Emission Measurement, 2002 IEEE International Symposium On Electromagnetic Compatibility Digest, August 19-23, Minneapolis, USA, pp. 599-604, 2002
- [10] EN 50065-1 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
- [11] IEC Guide 107 Electromagnetic compatibility—Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications
- [12] CISPR 16-2 (all parts) Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods—Part 2-X: Methods of measurement of disturbances and immunity
- [13] CISPR 16-1-4 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods—Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus—Antennas and test sites for radiated disturbance measurements



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
无线电骚扰和抗扰度测量设备和
测量方法规范 第 1-1 部分：
无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备
GB/T 6113.101—2021/CISPR 16-1-1:2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.org.cn

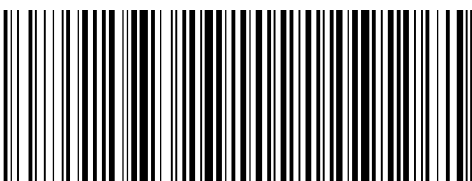
服务热线: 400-168-0010

2021 年 12 月第一版

*

书号: 155066 · 1-69250

版权专有 侵权必究



GB/T 6113.101-2021



码上扫一扫 正版服务到