

中华人民共和国国家标准

GB/T 11461—2013

代替 GB/T 11461—1989, GB/T 11462—1989

频谱分析仪通用规范

General specification for spectrum analyzer

2013-12-17 发布

2014-05-15 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 要求 3

5 试验方法 7

6 质量检验规则..... 25

7 随机文件..... 29

8 标志、包装和贮存 30

参考文献 31

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 11461—1989《频谱分析仪通用技术条件》、GB/T 11462—1989《频谱分析仪测试方法》。

本标准与 GB/T 11461—1989 和 GB/T 11462—1989 相比,主要变化如下:

- 将原两项标准整合为一项标准;
- 删除了本标准中已不再使用的和引用标准中已存在的术语和定义,并对部分术语内容进行了修改;
- 删除了“频谱宽度”“频率线性误差”“频率漂移”“热分布”“设计余量”“模拟误用”等要求和试验方法(见 GB/T 11461—1989);
- 增加了“频率读出准确度”“频率计数准确度和计数分辨率”“频宽准确度”“扫描时间”“分辨率带宽转换不确定度”“显示平均噪声电平”“谐波失真”“三阶交调失真”“镜像、多重和带外响应”“参考电平不确定度”“输入衰减器”“输入电压驻波比”的要求和试验方法(见 4.4、5.6);
- 更新了“安全性”、“环境适应性”、“包装运输”、“电磁兼容性”、“电源适应性”、“可靠性”的要求和试验方法(见第 4、5 章);
- 更新了“质量检验规则”中的部分内容(见第 6 章)。

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这些专利的责任。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国电子测量仪器标准化技术委员会(SAC/TC 153)归口。

本标准起草单位:中国电子科技集团公司第四十一研究所、工业和信息化部电子工业标准化研究院。

本标准主要起草人:许建华、杜会文、王峰、黄英华、张超、夏雁冰、曹玲、杜以涛、张志。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 11461—1989;
- GB/T 11462—1989。

频谱分析仪通用规范

1 范围

本标准规定了频谱分析仪的术语和定义、通用技术要求、试验方法、质量检验规定和包装运输等内容。

本标准适用于各种通用类型的频谱分析仪,包括模块化频谱分析仪和具有频谱分析的功能单元。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的,凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

频谱分析仪 **spectrum analyzer**

能在频域上有效地显示出构成时域信号的各个单独频谱分量(正弦波)的仪器。

3.2

频率稳定度 **frequency stability**

在一定的时间间隔内,由于电源电压、温度、湿度等因素引起的频率漂移。

3.3

频率读出准确度 **frequency readout accuracy**

频率测量指示值与相应真实值之间接近的程度。

3.4

分辨率带宽 **resolution bandwidth**

中频滤波器级联后在末级中频等效的 3 dB 带宽。

3.5

包络检波器 **envelope detector**

随同输入信号的包络(而不是瞬时变量)输出的检波回路。

3.6

视频滤波 **video filtering**

在包络检波器之后的低通滤波。

3.7

视频平均 **video average**

在多次扫描期间逐点进行平均。在每个点上的显示值为若干次测量的平均值。

3.8

噪声带宽 noise bandwidth

将非均匀的功率谱的宽度等效在一定频带内均匀的功率谱。

3.9

频标 marker

可以放在屏幕迹线上任何一处的光标,可指示迹线上的频率值和幅度值。

3.10

差值频标 delta marker

活动频标与固定的参考频标之间的相对幅度差和频率差(或时间差)。

3.11

噪声频标 noise marker

归一化到 1 Hz 等效噪声带宽内的噪声电平值。

3.12

频宽 span

频谱分析仪显示器水平轴表示的频率范围,即频谱分析仪起始频率与终止频率之差。

3.13

零频宽 zero span

频宽等于零。

3.14

扫描时间 sweep time

扫描本振按照选择的频宽扫描所需要的时间。

3.15

噪声边带 noise sidebands

在有用响应周围出现的不应有的响应,它是由频谱分析仪内部噪声引起的。

3.16

剩余调频 residual FM

由于频谱分析仪本振的不稳定性引起显示频率的短期不稳定性或晃动,其大小根据峰-峰频率偏移来定,以赫兹或显示频率的百分数表示。

3.17

增益压缩 gain compression

输出信号分量不再随输入信号呈线性变化的现象。

3.18

最大安全输入电平 maximum safe input level

不损坏产品的最大允许输入电平。

3.19

显示平均噪声电平 displayed average noise level

在最小分辨率带宽和最小输入衰减的情况下,在频谱分析仪显示器上观察到的电平平均值。

3.20

输入幅度范围 input amplitude range

频谱分析仪输入端可测量的最大信号(通常为最大安全输入电平)和最小信号(通常为显示平均噪声电平)的幅度比值。

3.21

参考电平 reference level

显示器上已校准的被用做幅度测量参考的垂直刻度位置。

3.22

显示幅度范围 display amplitude range

在显示器上能够同时观察到最大信号和最小信号之间的幅度比值。

3.23

幅度准确度 amplitude accuracy

幅度测量指示值与真实值之间的接近程度。

3.24

本振馈通 lo feedthrough

当频谱分析仪本振频率与中频频率相同或很接近时,本振信号将通过中频滤波器而在测量中出现的现象。因本振频率对应于 0 Hz(直流)输入频率,可用做 0 Hz 频率标记。

3.25

假响应 spurious responses

测量出现的虚假信号。

注:噪声和本振馈通不作为假响应。

3.26

交调 intermodulation

两个或多个输入频谱分量相互作用形成的无用频率分量。

3.27

谐波失真 harmonic distortion

由非线性元件引起的附加到信号上的谐波分量。

3.28

动态范围 dynamic range

以规定的精度测量同时存在的两个信号之间的最大功率比。

3.29

线性刻度显示 linear scale display

显示器上的垂直刻度与输入信号电压成正比的显示方式。

3.30

对数刻度显示 logarithmic scale display

显示器上的垂直刻度按对数方式随输入信号电压变化的显示方式。

3.31

预选器 preselector

位于频谱分析仪输入混频器之前的滤波器,一般为中心频率可调的带通滤波器。

3.32

检波方式 detection mode

模拟信号被数字化并送显示之前进行处理的方式。

4 要求

4.1 外观和结构

频谱分析仪表面应光洁、无毛刺、无明显机械损伤和涂覆破坏现象,结构应完整,控制件应安装正

确、可靠、操作灵活。仪器与使用关联的结构外观及操作使用件的灵敏度和可靠度,由产品标准规定。

4.2 尺寸和重量

频谱分析仪尺寸和重量应符合 GB/T 6587—2012 中 4.2 的要求。宽、高、深的尺寸既可以规定最大尺寸,也可以规定局部尺寸。

4.3 功能

由产品标准规定频谱分析仪的功能,包括显示方式、显示器的有效面积(或尺寸)、显示分辨率、水平和垂直刻度数(显示网格)、显示刻度类型(如对数刻度、线性刻度)、按键的类型、操作界面、输入输出方式、自检功能等。

4.4 性能特性

4.4.1 频率范围

由产品标准规定。

4.4.2 频率参考

频率参考特性一般包括标称频率、老化率、温度稳定性、频率准确度等。由产品标准规定频率参考特性。

4.4.3 频率读出准确度

由产品标准规定。

4.4.4 频率计数准确度和计数分辨率

如果频谱分析仪有频率计数功能,频率计数准确度和计数分辨率应在产品标准中规定。

4.4.5 频宽准确度

由产品标准规定。

4.4.6 扫描时间

由产品标准规定扫描时间的范围及准确度。

4.4.7 分辨率带宽

由产品标准规定分辨率带宽的范围、准确度及选择性。

4.4.8 分辨率带宽转换不确定度

由产品标准规定。

4.4.9 相位噪声

由产品标准规定。

4.4.10 剩余调频

由产品标准规定。

4.4.11 增益压缩

由产品标准规定。

4.4.12 显示平均噪声电平

由产品标准规定。

4.4.13 谐波失真

由产品标准规定谐波失真(需指明混频器工作电平)或二阶失真截获点(SH1)。

4.4.14 三阶交调失真

由产品标准规定三阶交调失真(需指明混频器工作电平)或三阶截获点(TOI)。

4.4.15 镜像、多重和带外响应

有要求时,引起镜像、多重和带外响应的频率值和对应的响应值由产品标准规定。

4.4.16 剩余响应

由产品标准规定。

4.4.17 参考电平范围

由产品标准规定参考电平的范围及步进量。

4.4.18 参考电平不确定度

由产品标准规定。

4.4.19 显示刻度保真度

由产品标准规定。

4.4.20 频率响应

由产品标准规定。

4.4.21 校准信号

如果频谱分析仪提供输出的校准信号,校准信号的频率、幅度及幅度不确定度由产品标准规定。

4.4.22 输入衰减器

由产品标准规定输入衰减器的范围、步进量和转换不确定度。

4.4.23 输入电压驻波比

由产品标准规定。

4.4.24 视频带宽

由产品标准规定。



4.4.25 最大输入电平

由产品标准规定。

4.5 接口

4.5.1 输入输出接口

由产品标准规定信号输入接口的结构类型、标称阻抗、最大承受功率(或直流电压)等信息以及输出接口的结构类型、标称阻抗、输出信号参数等信息。

4.5.2 通信接口

除非另有规定,频谱分析仪应提供一个或多个通用标准通信接口,通用标准通信接口的类型、功能及符合的标准名称等信息需在产品标准中标示。

4.5.3 触发接口

当频谱分析仪提供触发接口时,触发接口的结构类型、标称阻抗、负载能力及信号特征等信息应在产品标准中规定。

4.5.4 时基接口

当频谱分析仪提供时基接口时,时基接口的结构类型、标称输入或输出阻抗、负载能力、有效频率范围、信号特征以及损害电平等信息应在产品标准中规定。

4.6 选件

当频谱分析仪提供选件功能时,选件的名称、功能或性能以及适用范围等信息应在产品标准中规定。

4.7 安全性

除非另有规定,频谱分析仪的安全性应符合 GB/T 6587—2012 中 4.6 的规定。对于安全地,设备的所有可接近表面都应是地电位。

4.8 环境适应性

频谱分析仪的环境适应性应符合 GB/T 6587—2012 中 4.7 的规定。应在产品标准中规定适用的环境组别,环境分组原则应符合 GB/T 6587—2012 中 4.7.1 的规定。

4.9 电磁兼容性

频谱分析仪电磁兼容性应符合 GB/T 6587—2012 中 4.9 的要求,并在产品标准中规定试验时频谱分析仪的工作状态。当有特殊要求时,应在产品标准中规定具体测试限值、等级。

4.10 电源适应性

频谱分析仪电源适应性应符合 GB/T 6587—2012 中 4.10 的要求,并在产品标准中规定电源频率与电压的工作范围。当有特殊要求时,应在产品标准中规定具体的电源频率及电源电压。

4.11 可靠性

频谱分析仪可靠性应符合 GB/T 6587—2012 中 4.11 的要求。除非另有规定,应给出频谱分析仪

的平均故障间隔时间(MTBF)的检验下限值。

4.12 维修性

由产品标准规定。

4.13 包装运输

在规定的流通条件下,频谱分析仪及其附件不应有变形松脱、涂覆层剥落等机械损伤,其性能特性应符合 GB/T 6587—2012 中 4.8 的要求。

5 试验方法

5.1 基准工作条件

除非另有规定,频谱分析仪的基准工作条件应符合 GB/T 6587—2012 中 5.1 的要求。

5.2 检验条件

除非在产品标准中另有规定,频谱分析仪的检验条件应符合 GB/T 6587—2012 中 5.2 的要求。本标准提供了基本的测试方法,也可采用其他等效的测试方法。被测频谱分析仪在测试前应按产品标准规定时间进行预热和校准。试验用仪器设备应经过计量部门检定合格,并处在有效期内。

5.3 外观和结构检查

目测检查频谱分析仪结构是否完整,有无明显机械损伤和镀涂损坏现象,各控制件是否安装正确,牢固可靠,操作灵活。

5.4 尺寸和重量检查

用量具测量频谱分析仪的宽、高、深。

用衡器称量频谱分析仪的重量。

5.5 功能检查

按 4.3 和产品标准中规定的功能进行逐项检查。被测频谱分析仪显示方式、显示器的有效面积(或尺寸)、显示分辨率、水平和垂直刻度数(显示网格)、显示刻度类型(如对数刻度、线性刻度)、按键的类型、操作界面、输入输出方式、自检功能等均应符合产品规定要求,各按键、开关、旋钮、连接器应定位正确、通断分明、旋转灵活、安装牢固,无影响正常工作的机械损伤。被测频谱分析仪通电后自检功能正常,有清晰的显示,在指标范围内无错误信息提示,功能状态正常。

5.6 性能特性测试

5.6.1 频率范围的测试

a) 测试设备

信号发生器、功分器、高精度频率计。

b) 测试步骤

- 1) 根据被测频谱分析仪的频率范围选择合适的信号发生器,按图 1 连接测试设备,信号发生器输出端接到被测频谱分析仪的输入端;
- 2) 选择必须包含测量频率最低端和最高端的适当频率测试点,调节信号发生器的输出功率,使功率在被测频谱分析仪的测量范围之内,根据频率测试点分别改变信号发生器的输出频率和频谱分析仪的中心频率、频宽,频谱分析仪应能够进行正常的测量;
- 3) 记录频谱分析仪的工作频率范围。

注:如果对频率范围测试精度要求高,测试设备中可增加功分器和高精度频率计。信号发生器的输出信号经过功分器后分别送入被测频谱分析仪和高精度频率计。调节信号发生器的输出频率,使得高精度频率计的频率读数与选定的频率测试点相同后,再测试被测频谱分析仪的频率范围。增加的布置见图 1 中虚线部分。

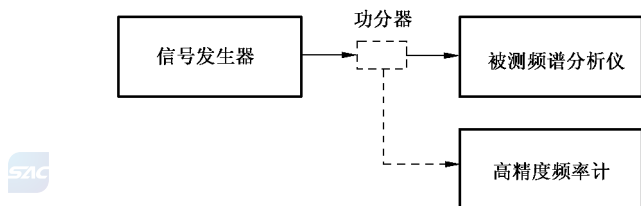


图 1 频率范围测试

5.6.2 频率参考的测试

5.6.2.1 普通频率参考

- a) 测试设备
频率计。
- b) 测试步骤
 - 1) 按图 2 连接测试设备,将被测频谱分析仪参考频率输出接到频率计输入;
 - 2) 频率计设置为较高的分辨率(能满足测试要求);
 - 3) 频谱分析仪按规定时间预热,然后关机 1 h,再开机 15 min 后开始用频率计测试,每 0.5 h 测量一次,共测 4 h,测得 9 个数据,记录每次的测量结果,统计数据中最大值为 $f_{\max}$,最小值为 $f_{\min}$;
 - 4) 按式(1)计算频率波动 S 。

$$S = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$f_{\max}$ —— 为 4 h 内测得频率的最大值,单位为兆赫兹(MHz);
 $f_{\min}$ —— 为 4 h 内测得频率的最小值,单位为兆赫兹(MHz);
 f_0 —— 标称频率值。

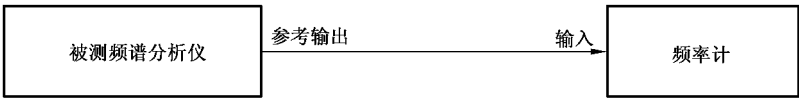


图 2 普通频率参考测试

5.6.2.2 高稳频率参考

- a) 测试设备

频率比较器、高稳定频率标准。

b) 测试步骤

- 1) 按图 3 连接测试设备,将高稳定频率标准输出和被测频谱分析仪参考频率输出接到频率比较器的输入;
- 2) 频率比较器及高稳定频率标准开机预热,频率比较器自校准通过后置入相应参数;
- 3) 频谱分析仪按规定时间预热,然后关机 1 h,再开机 15 min 后开始用频率计数器测试,每 0.5 h 测量一次,共测 4 h,测得 9 个数据,记录每次的测量结果;
- 4) 按式(2)计算频率波动。

$$S = \left(\frac{\Delta f}{f_0} \right)_{\max} - \left(\frac{\Delta f}{f_0} \right)_{\min} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Δf ——为测量值与标称值 f_0 的差值;

$\left(\frac{\Delta f}{f_0} \right)_{\max}$ ——为 4 h 内测得的相对频率误差的最大值;

$\left(\frac{\Delta f}{f_0} \right)_{\min}$ ——为 4 h 内测得的相对频率误差的最小值;

f_0 ——标称频率值。

注: 如对频率参考有其他参数测试要求,可参见 JJG 180—2002 或其他等效测试方法。



图 3 高稳频率参考测试

5.6.3 频率读出准确度的测试

a) 测试设备

信号发生器、功分器、高精度频率计。

b) 测试步骤

- 1) 根据被测频谱分析仪的频率范围选择合适的信号发生器,按图 1 连接测试设备。信号发生器输出端接到被测频谱分析仪的输入端;
- 2) 设置信号发生器的输出频率和频谱分析仪的中心频率为 f_0 ,并选择合适的信号发生器输出功率和频谱分析仪的参考电平。频谱分析仪的分辨率带宽、视频带宽、扫描时间为自动状态,根据要求设置不同的频宽,用峰值频标读出信号的频率 f_s ;
- 3) 按式(3)计算频率读数误差 Δf ;

$$\Delta f = f_s - f_0 \dots\dots\dots (3)$$

- 4) 选择其他频率点,重复 2)~3)步骤的操作,记录测量结果。

注 1: 如果对频率读出准确度的测试精度要求高,测试设备中可增加功分器和高精度频率计。信号发生器的输出信号经过功分器后分别送入被测频谱分析仪和高精度频率计。调节信号发生器的输出频率,使得高精度频率计的频率读数与选定的频率测试点相同后,再测试被测频谱分析仪的频率读出准确度。需增加的布置见图 1 中虚线部分。

注 2: 如果被测频谱分析仪的频率参考已检验合格,可以通过采用信号发生器和被测频谱分析仪共用参考频率方法简化数据处理工作。

5.6.4 频率计数准确度和计数分辨率的测试

a) 测试设备

信号发生器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 4 连接测试设备,信号发生器输出端接到被测频谱分析仪的输入端;
- 2) 设置信号发生器的频率和频谱分析仪的中心频率为 f_0 ,并选择合适的信号发生器功率和频谱分析仪的参考电平;
- 3) 根据要求检查并设置频谱分析仪的计数分辨率,同时激活频率计数功能,用峰值频标读出被测频率值 f_s ;
- 4) 按式(3)计算频率计数准确度;
- 5) 选择其他频率点,重复 2)~4)步骤的操作,测试计数分辨率和频率计数准确度,记录测量结果。

注:如果被测频谱分析仪的频率参考已检验合格,可以通过采用信号发生器和被测频谱分析仪共用参考频率方法简化数据处理工作。



图 4 频率计数准确度和计数分辨率测试

5.6.5 频宽准确度的测试

a) 测试设备

两台信号发生器、功分器。

b) 测试步骤

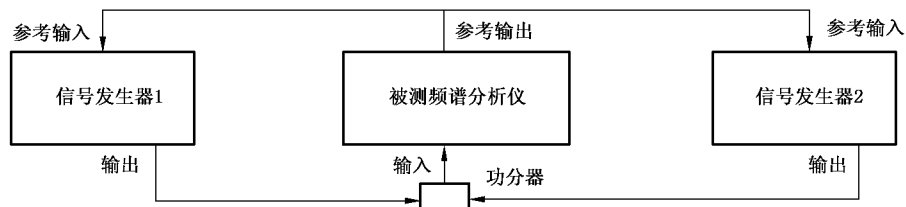


图 5 频宽准确度测试

- 1) 按图 5 连接测试设备,被测频谱分析仪与两台信号发生器共用参考频率;
- 2) 根据测试要求设置频谱分析仪的中心频率 f_0 和频宽,分辨率带宽、视频带宽、扫描时间为自动;
- 3) 设置信号发生器 1 的输出频率为 f_1 ($f_1 = f_0 - 0.4 \times \text{SPAN}$, SPAN 为频谱分析仪设置的频宽),设置信号发生器 2 的输出频率为 f_2 ($f_2 = f_0 + 0.4 \times \text{SPAN}$),在频谱分析仪上读出这两个信号的频率差值 Δf ;
- 4) 按式(4)计算频宽准确度 δ ;

$$\delta = \left(\frac{\Delta f - 0.8 \text{SPAN}}{0.8 \text{SPAN}} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

- 5) 改变频谱分析仪的频宽,重复 3)~4)步骤的操作,测量并计算频宽准确度,记录测量结果。

5.6.6 扫描时间的测试

a) 测试设备

函数发生器、信号发生器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 6 连接测试设备,将函数发生器的输出接到信号发生器 AM 输入端,信号发生器输出接到被测频谱分析仪的输入,频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置频谱分析仪中心频率为 f_0 、扫频宽度为 0 Hz、扫描时间为 T_0 ,选择线性刻度及较大的分辨率带宽和视频带宽(应大于 2 倍的 $10/T_0$);
- 3) 设置信号发生器输出频率为 f_0 ,并调节其输出功率电平,使显示波形位于频谱分析仪显示屏的中间,然后设置信号发生器为“外 AM”方式;
- 4) 设置函数发生器的频率为 $10/T_0$ 、三角波输出,并调节信号输出功率电平,使频谱分析仪上显示的信号幅度占显示屏的 4 到 8 格左右;
- 5) 在频谱分析仪上使用单次扫描功能。用差值频标读出左边第二个峰值与第十个峰值之间的时间差 ΔT ;
- 6) 按式(5)计算实际的扫描时间 T ,按式(6)计算扫描时间准确度 δ ;

$$T = \Delta T \times \frac{10}{8} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\delta = \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

- 7) 根据要求,设置不同的扫描时间,重复 2)~6)的操作,测量并计算扫描时间准确度。

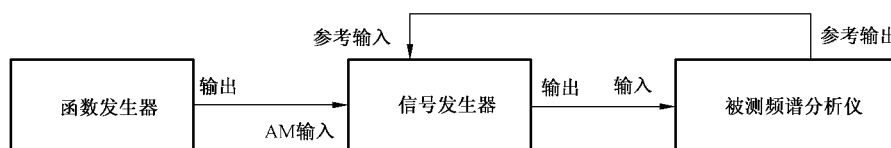


图 6 扫描时间测试

5.6.7 分辨率带宽的测试

5.6.7.1 分辨率带宽准确度

a) 测试设备

信号发生器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 7 连接测试设备,信号发生器输出端接到被测频谱分析仪的输入端,频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;

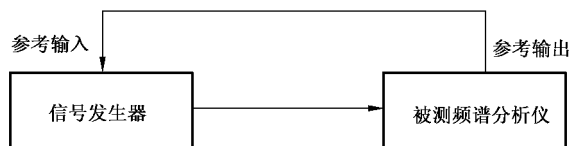


图 7 分辨率带宽测试

- 2) 设置频谱分析仪中心频率为 f_0 、垂直刻度为每格 1 dB、视频带宽和扫描时间为自动,分辨率带宽设置为被测的带宽,根据分辨率带宽调节频宽到适当值;
- 3) 设置信号发生器的频率为 f_0 ,调节其输出功率电平,使信号峰值在频谱分析仪的参考电平以下 3 到 4 格,记录此时信号发生器的输出功率电平为 L ;

- 4) 调节频谱分析仪的频标,使频标位于信号的峰值,然后激活差值频标功能;
- 5) 设置信号发生器的功率电平为 $L+3$ dB。微调信号发生器频率,先减小信号频率,直到频谱分析仪的差值频标幅度读数为 $0\text{ dB}\pm 0.02\text{ dB}$,此时信号发生器的频率记为 $f_{\text{左}(-3\text{ dB})}$;然后增大信号发生器的频率,使差值频标的幅度读数为 $0\text{ dB}\pm 0.02\text{ dB}$,此时信号发生器的频率记为 $f_{\text{右}(-3\text{ dB})}$ 。如果差值频标不能精确地调节成 0 dB ,则在调节过程中应使差值频标的幅度读数一边是正偏差,另一边是相应的负偏差;
- 6) 按式(7)计算实际的分辨率带宽 RBW_{-3} ,按式(8)计算分辨率带宽误差 δ ;

$$\text{RBW}_{-3} = f_{\text{右}(-3\text{ dB})} - f_{\text{左}(-3\text{ dB})} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\delta = \left(\frac{\text{RBW}_{-3} - \text{RBW}}{\text{RBW}} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

RBW——被测频谱分析仪分辨率带宽标称值。

- 7) 重复 2)~6) 步骤的操作,测试其他的分辨率带宽。

5.6.7.2 分辨率带宽选择性

a) 测试设备

信号发生器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 7 连接测试设备,信号发生器输出端接到被测频谱分析仪的输入端,频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置被测频谱分析仪中心频率为 f_0 、垂直刻度为每格 10 dB 、视频带宽和扫描时间为自动;
- 3) 设置分辨率带宽为被测的带宽,根据分辨率带宽调节频宽为适当值;
- 4) 设置信号发生器的频率为 f_0 ,调节其输出功率电平,使信号峰值接近频谱分析仪的参考电平,记录信号发生器的输出功率电平为 L ;
- 5) 减小信号发生器的功率电平为 $L-3\text{ dB}$,激活频谱分析仪峰值频标和差值频标;重新设置信号发生器的功率电平为 L ;微调信号发生器频率,先减小信号频率,直到频谱分析仪的差值频标幅度读数为 $0\text{ dB}\pm 0.2\text{ dB}$,此时信号发生器的频率记为 $f_{\text{左}(-3\text{ dB})}$;然后增大信号发生器的频率,使差值频标的幅度读数为 $0\text{ dB}\pm 0.2\text{ dB}$,此时信号发生器的频率记为 $f_{\text{右}(-3\text{ dB})}$ 。如果差值频标不能精确地调节成 0 dB ,则在调节过程中应使差值频标的幅度读数一边是正偏差,另一边是相应的负偏差;
- 6) 减小信号发生器的功率电平为 $L-60\text{ dB}$,激活频谱分析仪峰值频标和差值频标。重新设置信号发生器的功率电平为 L ;微调信号发生器频率,先减小信号频率,直到频谱分析仪差值频标的幅度读数为 $0\text{ dB}\pm 0.2\text{ dB}$,此时信号发生器的频率记为 $f_{\text{左}(-60\text{ dB})}$;然后增大信号发生器的频率,使差值频标的幅度读数为 $0\text{ dB}\pm 0.2\text{ dB}$,此时信号发生器的频率记为 $f_{\text{右}(-60\text{ dB})}$ 。如果差值频标不能精确地调节成 0 dB ,则在调节过程中应使差值频标的幅度读数一边是正偏差,另一边是相应的负偏差;
- 7) 按式(9)计算 3 dB 带宽 BW_{-3} ,按式(10)计算 60 dB 带宽 BW_{-60} ,按式(11)计算带宽选择性 S ;

$$\text{BW}_{-3} = f_{\text{右}(-3\text{ dB})} - f_{\text{左}(-3\text{ dB})} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{BW}_{-60} = f_{\text{右}(-60\text{ dB})} - f_{\text{左}(-60\text{ dB})} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$S = \frac{\text{BW}_{-60}}{\text{BW}_{-3}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

8) 重复 3)~7) 步骤的操作, 测量并计算其他分辨率带宽的选择性。

注 1: 对于大分辨率带宽选择性的测试可能会受显示平均噪声电平影响, 可适当提高信号发生器的输出功率, 增大频谱分析仪的幅度测量范围, 并适当减小视频带宽, 减小噪声的影响或测量 -40 dB 带宽, 具体由产品标准确定。

注 2: 对于小分辨率带宽选择性的测试可能会受相位噪声指标影响, 可测量 -40 dB 带宽并使用单次扫描功能, 具体由产品标准确定。

5.6.8 分辨率带宽转换不确定度的测试

a) 测试设备

信号发生器、精密可调衰减器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 8 连接测试设备, 信号发生器的输出信号经过精密可调衰减器后进入被测频谱分析仪, 频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置频谱分析仪的中心频率为 f_0 、参考电平为 0 dBm、垂直刻度为每格 1 dB、扫描时间自动, 分辨率带宽为产品标准中规定的参考分辨率带宽, 视频带宽与分辨率带宽之比为 0.1, 频宽为适当值;
- 3) 设置精密可调衰减器衰减 10 dB;
- 4) 设置信号发生器的频率为 f_0 , 调节其输出功率电平, 使信号峰值显示在频谱分析仪参考电平下 2 到 3 格;
- 5) 调节频谱分析仪的频标, 使频标位于信号的峰值, 然后激活差值频标功能;
- 6) 根据测试要求改变分辨率带宽, 并选择合适的频宽。微调精密可调衰减器的衰减量, 使得峰值频标与固定频标的差值为零, 此时, 精密可调衰减器的衰减量与 10 dB 的差值即为对应的分辨率带宽转换不确定值, 记录测量结果;
- 7) 重复 6) 步骤的操作, 测量其他分辨率带宽的转换不确定度。

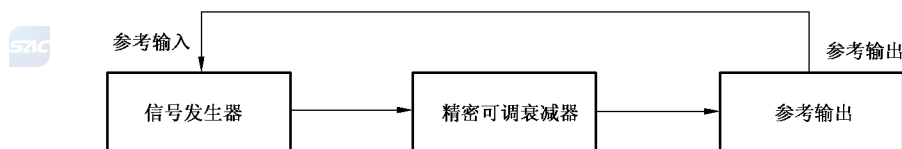


图 8 分辨率带宽转换不确定度测试

5.6.9 相位噪声的测试

a) 测试设备

信号发生器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 4 连接测试设备, 选择的信号发生器相位噪声指标应至少优于被测频谱分析仪标称的相位噪声指标 6 dB;
- 2) 设置频谱分析仪的中心频率为 f_0 、有效值检波方式、参考电平、衰减器、垂直刻度参照产品标准设置;
- 3) 设置信号发生器的输出频率为 f_0 , 调节信号发生器输出功率, 使得信号显示在频率分析仪的参考电平位置;
- 4) 根据测试要求调整频谱分析仪的频宽、分辨率带宽、视频带宽。调节频谱分析仪的中心频率使信号在显示屏幕的中心;

- 5) 调节频谱分析仪的频标,使频标位于信号的峰值,然后激活差值频标功能,调节活动频标到 $+\Delta f$ (Δf 为所要测量的偏离载波的频偏)处,激活频谱分析仪的噪声频标和视频平均功能(视频平均次数由产品标准给出),读出差值频标的幅度读数,作为 $+\Delta f$ 频偏处相位噪声的测量值;然后调节活动频标到 $-\Delta f$ 处,读出差值频标的幅度读数,作为 $-\Delta f$ 频偏处相位噪声的测量值;
- 6) 改变 Δf 的值,重复 4)~5) 步骤的操作,测量其他频偏处的相位噪声值,记录测试结果;
- 7) 如果被测频谱分析仪没有噪声频标功能,可用差值频标读出 Δf 频偏处的幅度读数,记为 ΔA ,用式(12)计算 Δf 频偏处的相位噪声值 PN。

$$PN = \Delta A - 10\lg(RBW/1 \text{ Hz}) \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

RBW——分辨率带宽,单位为赫兹(Hz)。

注:如果被测频谱分析仪的本底噪声影响到相位噪声的测试,可在载波信号定标时提高载波信号的功率,具体见产品标准。

5.6.10 剩余调频的测试

- a) 测试设备
信号发生器。
- b) 测试步骤

- 1) 按图 4 连接测试设备,选择的信号发生器剩余调频指标应优于被测频谱分析仪标称的剩余调频指标 1 个数量级;
- 2) 设置频谱分析仪中心频率为 f_0 。并按产品标准要求设置参考电平、分辨率带宽、频宽、扫描时间、垂直刻度等参数;
- 3) 设置信号发生器频率为 f_0 ,调节其输出功率电平,使信号峰值显示在频谱分析仪的参考电平处,如图 9 所示。取显示曲线上线性较好的一段 $a \sim b$,激活频标和差值频标功能,测量 $a \sim b$ 段频率差值 Δf ,幅度差值 ΔL ,按式(13)计算解调灵敏度 S ;

$$S = \frac{\Delta f}{\Delta L} \quad \dots\dots\dots (13)$$

- 4) 将图 9 中 $a \sim b$ 的中间位置对应的频率设置为频谱分析仪的中心频率,并将频谱分析仪的频宽设置为 0,按产品标准要求设置扫描时间,用差值频标功能读取时域中信号的峰-峰值 ΔA ,如图 10 所示;
- 5) 按式(14)计算剩余调频 R_{FM} ,记录测量结果。

$$R_{FM} = \Delta A \times S \quad \dots\dots\dots (14)$$

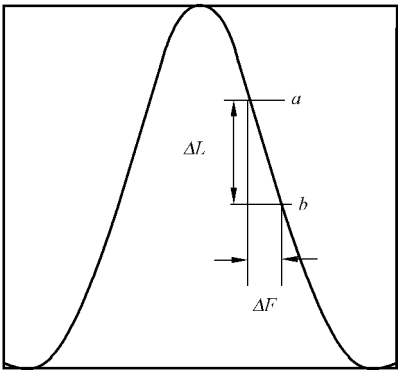


图 9 解调灵敏度

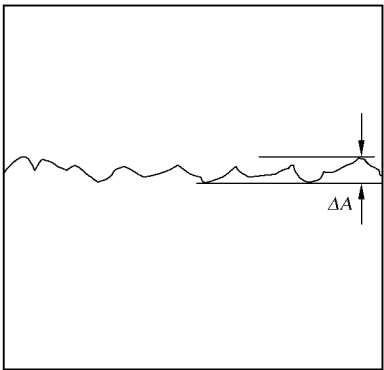


图 10 剩余调频时域显示

5.6.11 增益压缩的测试

a) 测试设备

两台信号发生器、功率放大器、定向耦合器、测量接收机(或功率计)。

b) 测试步骤

- 1) 按图 11 连接测试设备,信号发生器 1 的输出接定向耦合器的耦合端,信号发生器 2 的输出经功率放大器接定向耦合器的输出端,定向耦合器的输入端先连接测量接收机(或功率计)。如果信号发生器 2 能提供大功率输出,并满足测试要求,可以不使用功率放大器;
- 2) 先关断信号发生器 1 的功率输出。设置信号发生器 2 的频率为 f_1 ,在测量接收机(或功率计)上输入对应频率的功率探头校准因子,调节信号发生器 2 的功率电平使测量接收机(或功率计)测得的电平为 L_1 (L_1 是对应于被测频谱分析仪输入端口的增益压缩电平,有些产品给出混频器端口的电平,测试时应注意被测频谱分析仪输入衰减器的设置),然后关断信号发生器 2 的功率输出;
- 3) 定向耦合器的输出端从测量接收机(或功率计)转接到频谱分析仪;
- 4) 设置信号发生器 1 频率为 f_2 (一般设置 $f_2 = f_1 + 3 \text{ MHz}$),功率电平 -30 dBm ;
- 5) 设置频谱分析仪的中心频率为 f_2 ,频宽、分辨率带宽、参考电平、垂直刻度、扫描时间和视频带宽参照产品标准设置;
- 6) 调节信号发生器 1 的功率电平,使信号显示在频谱分析仪参考电平下 $2 \text{ dB} \sim 3 \text{ dB}$;
- 7) 选择信号的峰值并激活差值频标功能;
- 8) 打开信号发生器 2 的功率输出,使频谱分析仪的活动频标在 f_2 信号峰值上,用差值频标读出幅度值作为该频点的增益压缩值;
- 9) 重复 2)~8) 步骤的操作,测量其他频点的增益压缩值,记录测量结果。

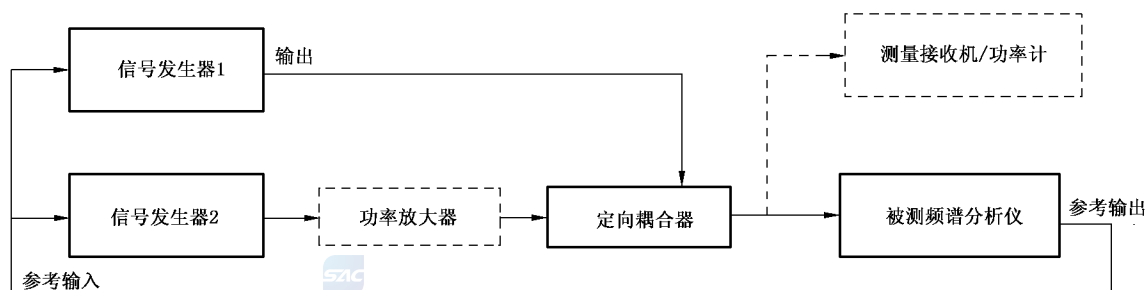


图 11 增益压缩测试

5.6.12 显示平均噪声电平的测试

a) 测试设备

匹配负载。

b) 测试步骤

- 1) 按图 12 所示,在被测频谱分析仪信号输入端连接匹配负载;
- 2) 按产品标准设置频谱分析仪的输入衰减器、参考电平、分辨率带宽、视频带宽等参数;
- 3) 利用峰值频标找出每个频段(产品标准中规定的显示平均噪声电平频段)中噪声迹线的峰值点频率,并设置频谱分析仪的中心频率为峰值点频率,减小频宽、分辨率带宽和视频带宽等,激活视频平均功能。使用峰值频标读出峰值点的电平值作为显示平均噪声电平并记录测量结果;
- 4) 检查测量结果是否为被测频谱分析仪的假响应点,如是剔除假响应点,并重复步骤 3) 重

新测试。

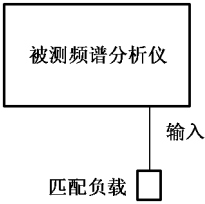


图 12 显示平均噪声电平测试

5.6.13 谐波失真的测试

a) 测试设备

信号发生器、低通滤波器、功分器、测量接收机(或功率计)。

b) 测试步骤

- 1) 按图 13 连接测试设备,频谱分析仪与信号发生器共用参考频率。图 13 中低通滤波器用于滤除信号发生器输出信号的谐波,对于不同的测量频率点,应选用截止频率不同的低通滤波器。滤波器要有较大的带外抑制能力,使得信号发生器输出信号的谐波不影响本指标的测试;

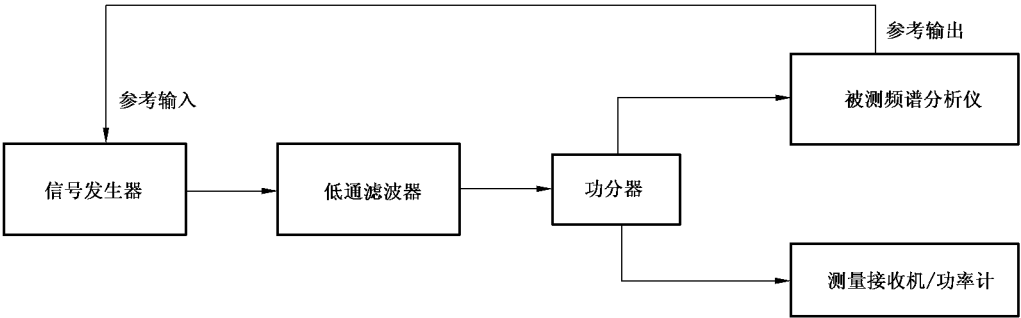


图 13 谐波失真测试

- 2) 设置信号发生器频率为 f_0 ,在测量接收机(或功率计)上输入对应频率的功率探头校准因子,调节信号发生器的功率输出,使测量接收机(或功率计)的电平读数为 L_0 (L_0 为被测频谱分析仪在进行谐波失真测量时规定的输入端口功率电平,有些产品给出混频器端口的电平,测试时应注意被测频谱分析仪输入衰减器的设置);
- 3) 设置频谱分析仪的中心频率为 f_0 ,频宽、分辨率带宽、视频带宽和扫描时间按产品标准设置;
- 4) 调节频谱分析仪的参考电平,使被测信号接近参考电平,用峰值频标读出信号峰值电平 L_1 ;
- 5) 设置频谱分析仪的中心频率为 $2f_0$,调节参考电平,使被测信号接近参考电平,用峰值频标读出二次谐波失真信号 $2f_0$ 的峰值电平 L_2 ;
- 6) 断开图 13 中的低通滤波器,将信号发生器直接和功分器相连;
- 7) 设置信号发生器的频率和频谱分析仪的中心频率为 $2f_0$,激活频谱分析仪的峰值频标功能,使频标位于信号的峰值。调节信号发生器的功率电平,使频谱分析仪峰值频标幅度读数为 L_1 。在测量接收机(或功率计)上输入对应频率的功率探头校准因子,测量接收机(或功率计)的电平读数记为 L_3 ;
- 8) 按式(15)计算二次谐波失真 ΔA ,式中 $(L_3 - L_0)$ 项是对频谱分析仪频响的修正值;

$$\Delta A = L_2 - L_1 + (L_3 - L_0) \quad \dots\dots\dots (15)$$

9) 按式(16)计算二次谐波失真截获点 SHI;

$$SHI = L_0 - \Delta A \quad \dots\dots\dots (16)$$

10) 重复 2)~9)的操作,测量其他频率的谐波失真,记录测量结果;

11) 如有测量三次谐波失真的需求,可重复 2)~8)步骤的操作,并按式(17)计算三次谐波失真截获点 THI。

$$THI = L_0 - \frac{\Delta A}{2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

5.6.14 三阶交调失真的测试

a) 测试设备

两台信号发生器、两个低通滤波器、定向耦合器、测量接收机(或功率计)。

b) 测试步骤

1) 按图 14 连接测试设备,信号发生器 1 的输出经低通滤波器 1 接定向耦合器的耦合端,信号发生器 2 的输出经低通滤波器 2 接定向耦合器的输出端。被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率。低通滤波器用于滤除信号发生器产生的信号谐波;

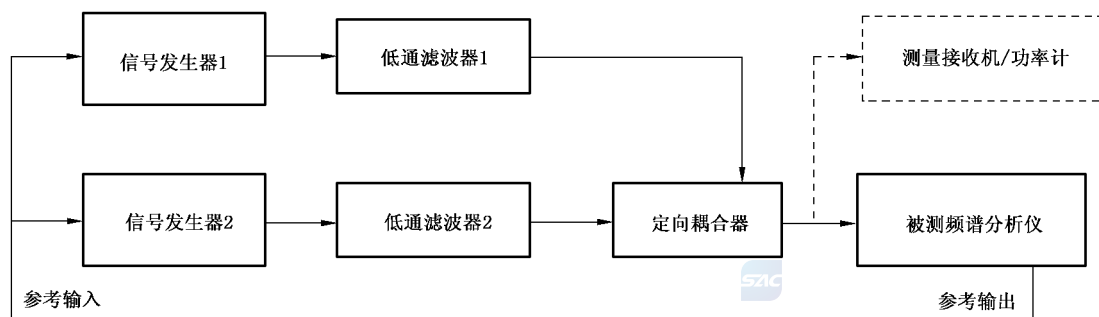


图 14 三阶交调失真测试

- 2) 定向耦合器的输入端接到测量接收机(或功率计)。先关断信号发生器 2 的功率输出。设置信号发生器 1 的频率为 f_1 ,在测量接收机(或功率计)上输入对应频率的功率探头校准因子,调节信号发生器 1 的功率电平,使测量接收机(或功率计)的电平读数为 L_0 (L_0 为被测频谱分析仪在进行三阶交调失真测量时规定的输入端口功率电平,有些产品给出混频器端口的电平,测试时应注意被测频谱分析仪输入衰减器的设置);
- 3) 定向耦合器的输入端从测量接收机(或功率计)转接到频谱分析仪。设置频谱分析仪的中心频率为 f_0 (一般设置 $f_0 = f_1 + 25 \text{ kHz}$)、频宽为 200 kHz,分辨率带宽、参考电平、垂直刻度、扫描时间和视频带宽参照产品标准设置。调节频谱分析仪的参考电平,使信号峰值显示在参考电平处,搜索信号的峰值,然后激活差值频标功能;
- 4) 设置信号发生器 2 的频率为 f_2 (一般设置 $f_2 = f_1 + 50 \text{ kHz}$),打开信号发生器 2 的功率输出;
- 5) 将频谱分析仪的活动频标放在 f_2 信号的峰值上,调节信号发生器 2 的输出功率电平,使差值频标的幅度值读数为零,关闭差值频标;
- 6) 搜索信号的峰值,激活差值频标功能,将活动频标调谐到 $2f_1 - f_2$ 、 $2f_2 - f_1$ 两个交调失真信号中较高电平的信号峰值上,如图 15 所示,记录三阶交调失真的幅度差 ΔA ;
- 7) 使用式(18)计算三阶交调失真截获点 TOI;

$$\text{TOI} = L_0 - \frac{\Delta A}{2}$$

.....(18)

8) 重复 2)~7)步骤的操作,测量其他频率点的三阶交调失真,记录并计算测量结果。

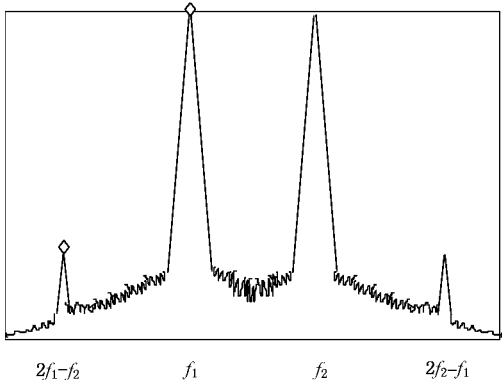


图 15 三阶交调失真示意图

5.6.15 镜像、多重和带外响应的测试

- a) 测试设备
- 信号发生器、功分器、测量接收机(或功率计)。
- b) 测试步骤
- 1) 按图 16 连接测试设备,信号发生器输出经功分器,一路送往测量接收机(或功率计),一路送往被测频谱分析仪,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;

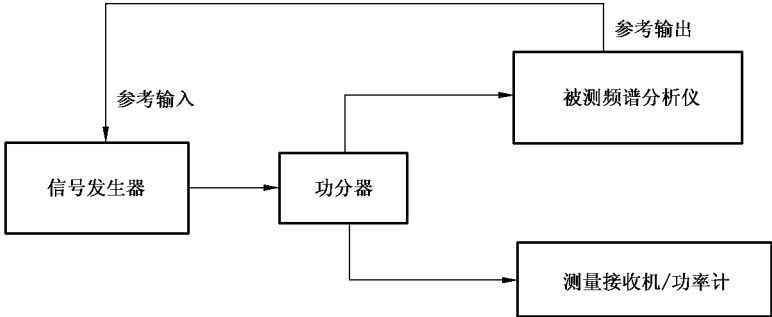


图 16 镜像、多重和带外响应测试

- 2) 设置信号发生器的频率 f_0 (由产品标准规定的测试频率),在测量接收机(或功率计)上输入对应频率的功率探头校准因子,调节信号发生器功率电平使其在测量接收机(或功率计)上的电平读数为 L_0 (L_0 为被测频谱分析仪在进行镜像、多重和带外响应测试时规定的输入端口功率电平,有些产品给出混频器端口的电平,测试时应注意被测频谱分析仪输入衰减器的设置);
- 3) 设置频谱分析仪的中心频率为 f_0 ,频宽、分辨率带宽、视频带宽和扫描时间参照产品标准设置。调节参考电平使信号峰值显示在参考电平处,搜索信号的峰值,然后激活差值频标功能;
- 4) 设置信号发生器和测量接收机(或功率计)的频率为 $f_a, f_b, f_c \cdots \cdots$ ($f_a, f_b, f_c \cdots \cdots$ 是对应于频谱分析仪的中心频率为 f_0 时,所有能引起镜像、多重和带外响应的输入频率点),并在测量接收机(或功率计)上输入对应频率的功率探头校准因子,对应每一频率点,调整

信号发生器的功率,使测量接收机(或功率计)的电平读数为 L_0 ;

- 5) 调节频谱分析仪的活动频标,使频标位于信号的峰值,读出差值频标的幅度值,作为 f_0 点的镜像、多重和带外响应值;
- 6) 重复 2)~5) 步骤的操作,测量其他频率点的镜像、多重和带外响应值,记录测量结果。

5.6.16 剩余响应的测试

a) 测试设备

50 Ω 匹配负载。

b) 测试步骤

- 1) 按图 12 所示,在被测频谱分析仪信号输入端连接匹配负载;
- 2) 设置频谱分析仪的起始频率为 f_0 (f_0 是产品标准规定剩余响应测试的起始频率),终止频率、输入衰减器、参考电平、分辨率带宽、视频带宽和扫描时间参照产品标准设置;
- 3) 观察频谱分析仪噪声基底上是否有剩余响应信号,如果存在剩余响应信号,用峰值频标测量每一个剩余响应,并记录测量的频率值和幅度值。测试时应保证剩余响应信号的幅度大于噪声基底 10 dB 以上(可通过减小分辨率带宽来保证此条件);
- 4) 改变频谱分析仪的中心频率(中心频率的步进量应等于或小于频宽的 95%),按步骤 3) 的操作测量剩余响应,直至频谱分析仪的终止频率达到产品标准规定的最高频率。

5.6.17 参考电平范围的测试

应在对数和线性方式下,分别设置频谱分析仪标称的上限参考电平和下限参考电平并按标称的步进量改变参考电平,记录测试结果。

5.6.18 参考电平不确定度的测试

5.6.18.1 对数增益不确定度

a) 测试设备

信号发生器、精密可调衰减器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 17 连接测试设备,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置被测频谱分析仪中心频率 f_0 (由产品标准规定测试频率),对数显示方式,参考电平、频宽、分辨率带宽、视频带宽、垂直刻度、扫描时间等参照产品标准设置;
- 3) 设置信号发生器的频率为 f_0 ,调整输出功率电平,使信号峰值显示在频谱分析仪参考电平下 2 至 3 格;
- 4) 在频谱分析仪上搜索信号峰值,激活差值频标功能;
- 5) 按被测频谱分析仪参考电平的标称步进量增大(或减小)精密可调衰减器的衰减量,同时减小(或增大)频谱分析仪的参考电平,读出每次差值频标的幅度值,记录测量结果;
- 6) 重复步骤 5),完成规定检验范围内的参考电平不确定度测试。

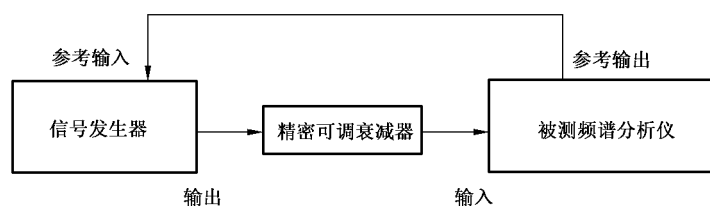


图 17 参考电平不确定度测试

5.6.18.2 线性增益不确定度

a) 测试设备

信号发生器、精密可调衰减器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 17 连接测试设备,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置被测频谱分析仪中心频率 f_0 (由产品标准规定测试频率),线性显示方式,参考电平、频宽、分辨率带宽、视频带宽、垂直刻度、扫描时间等参照产品标准设置;
- 3) 设置信号发生器的频率为 f_0 ,调整输出功率电平,使信号峰值显示在频谱分析仪参考电平下 2 至 3 格;
- 4) 在频谱分析仪上搜索信号峰值,激活差值频标功能;
- 5) 按被测频谱分析仪参考电平的标称步进量增大(或减小)精密可调衰减器的衰减量,同时减小(或增大)频谱分析仪的参考电平,读出每次差值频标的幅度值,记录测量结果;
- 6) 重复步骤 5),完成规定检验范围内的参考电平不确定度测试。

5.6.19 显示刻度保真度的测试

5.6.19.1 对数刻度

a) 测试设备

信号发生器、精密可调衰减器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 17 连接测试设备,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置被测频谱分析仪中心频率 f_0 (由产品标准规定测试频率),参考电平为 0 dBm,对数刻度,频宽、分辨率带宽、视频带宽、扫描时间等参照产品标准设置;
- 3) 设置精密衰减器为 0 dB 衰减。设置信号发生器的输出频率为 f_0 ,调节信号发生器输出功率,使信号峰值显示在频谱分析仪的参考电平位置;
- 4) 在频谱分析仪上搜索信号峰值,激活差值频标功能;
- 5) 按被测频谱分析仪对数刻度指标要求的步进量增大精密可调衰减器的衰减量,记录频谱分析仪差值频标的幅度读数 ΔA ;
- 6) ΔA 绝对值减去精密可调衰减器的衰减量即为该显示位置的刻度误差,记录计算结果;
- 7) 重复 5)~6) 步骤的操作,完成规定检验范围内的显示刻度保真度测试。

5.6.19.2 线性刻度

a) 测试设备

信号发生器、精密可调衰减器。

b) 测试步骤(测量方法 1)

- 1) 按图 17 连接测试设备,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置被测频谱分析仪中心频率 f_0 (由产品标准规定测试频率),线性刻度,频宽、分辨率带宽、视频带宽、扫描时间等参照产品标准设置,幅度单位选择 dBm,设置参考电平 0 dBm;
- 3) 设置精密可调衰减器的衰减量 0 dB,信号发生器频率为 f_0 ,调节信号发生器输出功率,使信号峰值显示在频谱分析仪的参考电平位置;
- 4) 在频谱分析仪上搜索信号峰值,激活差值频标功能;
- 5) 按产品标准规定的步进量增大精密可调衰减器的衰减量,记录频谱分析仪差值频标的幅

度读数 ΔA ;

- 6) ΔA 绝对值减去精密可调衰减器的衰减量即为该显示位置的刻度误差,记录计算结果;
- 7) 重复 5)~6)步骤的操作,完成规定检验范围内的显示刻度保真度测试。

c) 测试步骤(测量方法 2)

- 1) 按图 17 连接测试设备,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;
- 2) 设置被测频谱分析仪中心频率 f_0 (由产品标准规定测试频率),线性刻度,频宽、分辨率带宽、视频带宽、扫描时间等参照产品标准设置,参考电平推荐设置为 70.71 mV;
- 3) 设置精密可调衰减器的衰减量 0 dB,信号发生器频率为 f_0 ,调节信号发生器输出功率,使信号峰值显示在频谱分析仪的参考电平位置。搜索信号峰值,记录峰值频标的幅度读数;
- 4) 按产品标准规定的步进量增大精密可调衰减器的衰减量,记录频谱分析仪峰值频标的幅度读数;
- 5) 计算步骤 3)峰值频标幅度读数与步骤 4)峰值频标幅度读数的差值 ΔL , ΔL 减去精密可调衰减器衰减量的线性值可得绝对线性刻度误差 ΔA (mV)。按式(19)计算相对参考电平的线性刻度误差 δ ,记录计算结果。

$$\delta = \frac{\Delta A}{70.71} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (19)$$

- 6) 重复 4)~5)的操作,完成规定检验范围内的显示刻度保真度测试。

5.6.20 频率响应的测试

a) 测试设备

信号发生器、功分器、测量接收机(或功率计)。

b) 测试步骤

- 1) 按图 18 连接测试设备,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率;

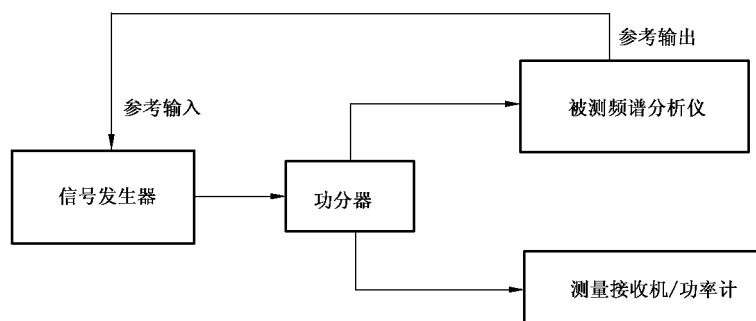


图 18 频率响应测试

- 2) 设置频谱分析仪中心频率为 f_0 ,参考电平、垂直刻度、频宽、分辨率带宽、视频带宽、扫描时间等参照产品标准设置;
- 3) 设置信号发生器频率为 f_0 ;
- 4) 在测量接收机(或功率计)上输入对应频率的功率探头校准因子,并测量信号发生器的功率电平,读出值记为 L_1 。在频谱分析仪上搜索信号峰值,读出信号峰值频标的功率电平值,记为 L_2 ;
- 5) 按式(20)计算频率点 f_0 的绝对幅度误差 ΔA ;

$$\Delta A = L_2 - L_1 \quad \dots\dots\dots (20)$$

- 6) 重复 2)~5)步骤的操作,测量其他频率点的幅度误差,记录测量结果;
- 7) 在每一个波段中找出正的最大幅度误差数值 $\Delta A_{\max}$ 和负的最小幅度误差数值 $\Delta A_{\min}$,

$\Delta A_{\max}$ 和 $\Delta A_{\min}$ 即分别为对应波段内的绝对频响误差。按式(21)计算对应波段的峰-峰值频率响应 ΔA_{pp} ;

$$\Delta A_{pp} = \Delta A_{\max} - \Delta A_{\min} \quad \dots\dots\dots (21)$$

8) 按式(22)计算各波段的相对频率响应(即频响平坦度) ΔA_p 。

$$\Delta A_p = \pm \frac{\Delta A_{\max} - \Delta A_{\min}}{2} \quad \dots\dots\dots (22)$$

5.6.21 校准信号的测试

5.6.21.1 校准信号幅度的测试

- a) 测试设备
测量接收机。
- b) 测试步骤
 - 1) 按图 19 连接测试设备;
 - 2) 校准测量接收机及其功率探头,设置测量接收机的频率为校准信号的频率,并把功率探头上对应于频谱分析仪校准信号频率的校准因子键入测量接收机中;
 - 3) 功率探头连接频谱分析仪的校准输出端口,测量接收机的功率测量读数,记为校准信号的幅度值;
 - 4) 校准信号幅度值与标称值的差值记为校准信号幅度不确定度。

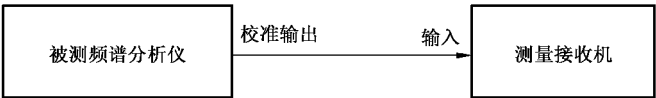


图 19 校准信号幅度测试

5.6.21.2 校准信号频率的测试

- a) 测试设备
频率计数器。
- b) 测试步骤
 - 1) 按图 20 连接测试设备,频率计数器分辨率应至少高于校准信号频率标称值 1 个数量级;
 - 2) 使用频率计数器读出校准信号的频率实际值 f_s ;
 - 3) 按式(23)计算频谱分析仪校准信号频率误差 δ ,并记录测量结果。

$$\delta = \frac{f_s - f_0}{f_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:
 f_0 ——被测频谱分析仪校准信号频率标称值。

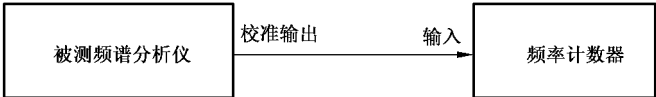


图 20 校准信号频率测试

5.6.22 输入衰减器的测试

- a) 测试设备

精密可调衰减器、信号发生器。

b) 测试步骤

- 1) 按图 21 连接测试设备,被测频谱分析仪与信号发生器共用参考频率。精密可调衰减器的衰减不确定度应至少优于被测频谱分析仪输入衰减器不确定度指标 1 个数量级;
- 2) 设置频谱分析仪中心频率为 f_0 ,输入衰减器衰减量 10 dB,参考电平 -70 dBm,垂直刻度、频宽、分辨率带宽、视频带宽、扫描时间等参照产品标准设置;
- 3) 设置精密可调衰减器的衰减量为 70 dB,设置信号发生器的频率为 f_0 ,调整信号发生器的输出功率,使信号峰值显示在频谱分析仪参考电平下 2 到 3 格;
- 4) 调节频谱分析仪的频标,使频标位于信号峰值,激活差值频标功能。设置频谱分析仪参考电平 -80 dBm,输入衰减器衰减量 0 dB;
- 5) 设置精密可调衰减器衰减量为 80 dB,记录频谱分析仪的差值频标幅度读数;
- 6) 设置频谱分析仪的衰减器衰减量 20 dB、参考电平 -60 dBm;
- 7) 设置精密可调衰减器的衰减量为 60 dB,记录频谱分析仪上差值频标的幅度读数;
- 8) 按照 6)~7) 步骤的方式,以 10 dB 步进增大频谱分析仪衰减器衰减量和参考电平,同时以 10 dB 步进减小精密可调衰减器衰减量,记录频谱分析仪衰减器各档的差值频标幅度读数;
- 9) 除频谱分析仪衰减器 10 dB 档外,其余各档的差值频标幅度读数即为衰减器转换不确定度。

注:本测试方法是以测试输入衰减器衰减范围 0 dB~70 dB,衰减步进量 10 dB 的频谱分析仪为例。其他衰减范围和衰减步进量的衰减器可参考上述方法。

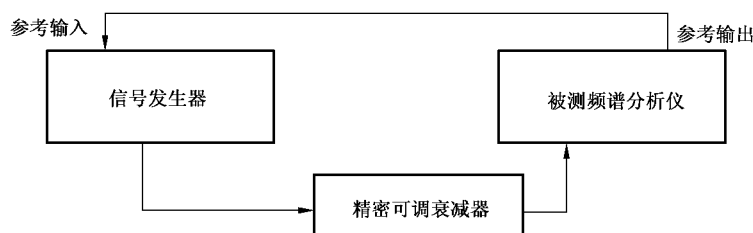


图 21 输入衰减器测试

5.6.23 输入电压驻波比的测试

a) 测试设备

矢量网络分析仪。

b) 测试步骤

- 1) 根据产品标准要求,设置被测频谱分析仪的工作状态;
- 2) 设置矢量网络分析仪的频率范围等参数,对矢量网络分析仪进行反射测量校准;
- 3) 将测试端口连接被测频谱分析仪输入端口,如图 22 所示。设置矢量网络分析仪为电压驻波比读出方式,读取测试频段的电压驻波比,记录测试结果。



图 22 输入电压驻波比测试

5.6.24 视频带宽的测试

一般的,视频带宽仅作为功能进行检查(通过设置各档的视频带宽)。如有特殊需要对视频带宽进行测试,测试方法由产品标准规定。

5.6.25 最大输入电平的测试

一般的,最大输入电平是由频谱分析仪生产厂家在设计制造时保证的,用户可通过设置频谱分析仪的最大参考电平进行功能检查。如有特殊需要对最大输入电平进行测试,测试方法由产品标准规定。在测试时应注意测试信号的功率或电平,不能超过频谱分析仪规定的最大值,避免损坏频谱分析仪。

5.7 接口检查

5.7.1 输入输出接口

按产品标准检查被测试频谱分析仪的信号输入输出接口,包括结构类型、标称阻抗、能够承受的最大功率(或直流电压)、输出信号参数等。



5.7.2 通信接口

连接外控计算机运行适当程序,检查通信接口功能。

5.7.3 触发接口

按产品标准检查被测试频谱分析仪的触发接口,包括结构类型、标称阻抗、负载能力、信号特征等。

5.7.4 时基接口

按产品标准检查被测试频谱分析仪的时基接口,包括结构类型、标称阻抗、负载能力、有效频率范围、信号特征以及损害电平等。

5.8 选件检查

按产品标准检查被测频谱分析仪选件的功能或性能。

5.9 安全性试验

按 GB/T 6587—2012 中 5.8 的试验方法进行。

5.10 环境适应性试验

按产品标准规定的环境组别及 GB/T 6587—2012 中 5.9 的试验方法进行。如用户有特殊要求,应按产品标准中规定的试验方法进行。

5.11 电磁兼容性试验

按产品标准规定的工作状态及 GB/T 6587—2012 中 5.11 的试验方法进行。如用户有特殊要求,应按产品标准中规定的试验方法进行。

5.12 电源适应性试验

按产品标准规定的频率、电压工作范围及 GB/T 6587—2012 中 5.12 的试验方法进行。如用户有特殊要求,应按产品标准中规定的试验方法进行。

5.13 可靠性试验

按 GB/T 6587—2012 中 5.13 的试验方法进行。

5.14 维修性试验

按产品标准中规定的试验方法进行。

5.15 包装运输试验

按产品标准规定的流通条件及 GB/T 6587—2012 中 5.10 的试验方法进行。

6 质量检验规则

6.1 检验分类

本标准规定的检验分类如下：

- a) 鉴定检验；
- b) 质量一致性检验。



6.2 检验项目

6.2.1 鉴定检验

鉴定检验的检验项目应按表 1 进行。

6.2.2 质量一致性检验

质量一致性检验的检验项目应按表 2 进行。

6.3 检验抽样和合格判据

鉴定检验抽样和合格判据应按照 GB/T 6587—2012 中的 6.3 有关规定。

质量一致性检验抽样和合格判据应按照 GB/T 6587—2012 中的 6.4 有关规定。

6.4 检验方法

按本标准规定的试验方法及产品标准中另行增加的特性项目测试方法进行检验。

表 1 鉴定检验项目表

序号	检验项目	鉴定检验分组											要求章条号	试验方法章条号
		A 组		B 组	C 组					D 组	E 组	F 组		
		工作前检验	主要性能特性测试	非主要性能特性测试	低温 高温 湿度	振动	机械冲击	电源	运输包装	电磁兼容		可靠性		
1	外观和结构	●	—	—	—	●	●	—	●	—	—	—	4.1	5.3
2	尺寸和重量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	4.2	5.4
3	功能	—	●	—	●	●	●	●	—	●	—	●	4.3	5.5

表 1 (续)

序号	检验项目	鉴定检验分组											要求章 条号	试验方 法章条 号
		A 组		B 组	C 组					D 组	E 组	F 组		
		工作 前检 验	主要 性能 特性 测试	非主 要性 能特 性测 试	低温 高温 湿度	振 动	机 械 冲 击	电 源	运 输 包 装	电 磁 兼 容		可 靠 性		
4	频率范围	—	●	—	●	—	—	●	—	—	—	●	4.4.1	5.6.1
5	频率参考	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.2	5.6.2
6	频率读出准确度	—	●	—	○	○	○	—	—	—	—	○	4.4.3	5.6.3
7	频率计数准确度和计数 分辨率	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.4	5.6.4
8	频宽准确度	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.5	5.6.5
9	扫描时间	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.6	5.6.6
10	分辨率带宽	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.7	5.6.7
11	分辨率带宽转换不确 定度	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	○	4.4.8	5.6.8
12	相位噪声	—	●	—	○	○	○	—	—	—	—	○	4.4.9	5.6.9
13	剩余调频	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.10	5.6.10
14	增益压缩	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.11	5.6.11
15	显示平均噪声电平	—	●	—	○	—	—	○	—	—	—	○	4.4.12	5.6.12
16	谐波失真	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.13	5.6.13
17	三阶交调失真	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.14	5.6.14
18	镜像、多重和带外响应	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.15	5.6.15
19	剩余响应	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	○	4.4.16	5.6.16
20	参考电平范围	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.17	5.6.17
21	参考电平不确定度	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.18	5.6.18
22	显示刻度保真度	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.19	5.6.19
23	频率响应	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	○	4.4.20	5.6.20
24	校准信号	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.21	5.6.21
25	输入衰减器	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.22	5.6.22
26	输入电压驻波比	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.23	5.6.23
27	视频带宽	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.24	5.6.24
28	最大输入电平	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.25	5.6.25
29	输入输出接口	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.1	5.7.1
30	通信接口	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.2	5.7.2

表 1 (续)

序号	检验项目	鉴定检验分组											要求章 条号	试验方 法章条 号
		A 组		B 组	C 组					D 组	E 组	F 组		
		工作 前检 验	主 要 性 能 特 性 测 试	非主 要性 能特 性测 试	低温 高温 湿度	振 动	机 械 冲 击	电 源	运 输 包 装	电 磁 兼 容		可 靠 性		
31	触发接口	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.3	5.7.3
32	时基接口	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.4	5.7.4
33	选件	—	●	—	○	○	○	○	—	—	—	○	4.6	5.8
34	安全性	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.7	5.9
35	环境适应性	—	—	—	●	●	●	●	—	—	—	—	4.8	5.10
36	电磁兼容性	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—	4.9	5.11
37	电源适应性	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	—	4.10	5.12
38	可靠性	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	4.11	5.13
39	维修性	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	4.12	5.14
40	包装运输	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	4.13	5.15
注：● ——表示必须做的项目； ○ ——表示产品标准中有规定时应进行的项目； — ——表示不做的项目。														

表 2 质量一致性检验项目表

序号	检验项目	质量一致性检验分组											要求章 条号	试验方 法章条 号
		A 组		B 组	C 组					D 组	E 组	F 组		
		工作 前检 验	主 要 性 能 特 性 测 试	非主 要性 能特 性测 试	低温 高温 湿度	振 动	机 械 冲 击	电 源	运 输 包 装	电 磁 兼 容		可 靠 性		
1	外观和结构	●	—	—	—	○	○	—	○	—	—	—	4.1	5.3
2	尺寸和重量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	4.2	5.4
3	功能	—	●	—	●	●	●	●	—	●	—	●	4.3	5.5
4	频率范围	—	●	—	●	—	—	○	—	—	—	●	4.4.1	5.6.1
5	频率参考	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.2	5.6.2
6	频率读出准确度	—	●	—	○	○	○	—	—	—	—	○	4.4.3	5.6.3
7	频率计数准确度和计数分辨率	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.4	5.6.4

表 2 (续)

序号	检验项目	质量一致性检验分组											要求章 条号	试验方 法章条 号
		A 组		B 组	C 组					D 组	E 组	F 组		
		工作 前检 验	主要 性能 特性 测试	非主 要性 能特 性测 试	低温 高温 湿度	振 动	机 械 冲 击	电 源	运 输 包 装	电 磁 兼 容		可 靠 性		
8	频宽准确度	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.5	5.6.5
9	扫描时间	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.6	5.6.6
10	分辨率带宽	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.7	5.6.7
11	分辨率带宽转换不确定度	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	○	4.4.8	5.6.8
12	相位噪声	—	●	—	○	○	○	—	—	—	—	○	4.4.9	5.6.9
13	剩余调频	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.10	5.6.10
14	增益压缩	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.11	5.6.11
15	显示平均噪声电平	—	●	—	○	—	—	○	—	—	—	○	4.4.12	5.6.12
16	谐波失真	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.13	5.6.13
17	三阶交调失真	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.14	5.6.14
18	镜像、多重和带外响应	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.15	5.6.15
19	剩余响应	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	○	4.4.16	5.6.16
20	参考电平范围	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.17	5.6.17
21	参考电平不确定度	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.18	5.6.18
22	显示刻度保真度	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.19	5.6.19
23	频率响应	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	○	4.4.20	5.6.20
24	校准信号	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.21	5.6.21
25	输入衰减器	—	●	—	○	—	—	—	—	—	—	—	4.4.22	5.6.22
26	输入电压驻波比	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.23	5.6.23
27	视频带宽	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.24	5.6.24
28	最大输入电平	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4.25	5.6.25
29	输入输出接口	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.1	5.7.1
30	通信接口	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.2	5.7.2
31	触发接口	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.3	5.7.3
32	时基接口	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5.4	5.7.4
33	选件	—	●	—	○	○	○	○	—	—	—	○	4.6	5.8

表 2 (续)

序号	检验项目	质量一致性检验分组											要求章 条号	试验方 法章条 号
		A 组		B 组	C 组					D 组	E 组	F 组		
		工作 前检 验	主要 性能 特性 测试	非主 要性 能特 性测 试	低温 高温 湿度	振 动	机 械 冲 击	电 源	运 输 包 装	电 磁 兼 容		可 靠 性		
34	安全性	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.7	5.9
35	环境适应性	—	—	—	●	●	●	●	—	—	—	—	4.8	5.10
36	电磁兼容性	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—	4.9	5.11
37	电源适应性	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	—	4.10	5.12
38	可靠性	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	4.11	5.13
39	维修性	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	4.12	5.14
40	包装运输	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	4.13	5.15
注：● —— 表示必须做的项目； ○ —— 表示产品标准中有规定时应进行的项目； — —— 表示不做的项目。														

7 随机文件

7.1 使用说明书

频谱分析仪应提供使用说明书,使用说明书应符合 GB/T 6587—2012 中 7.2 的规定要求。

7.2 装箱单

装箱单应指明所有的单独包装件,并列出随仪器一起运输的附件和元件的详细清单。如果使用说明书是装入包装件内,则装箱单还包含使用说明书。产品包装时应保证其完好和成套性,每个包装箱内应有装箱清单,装箱清单上应标明:

- 产品型号和名称;
- 使用说明书等随机文件的名称和数量;
- 附件、备件的名称、型号和数量;
- 包装、检验人员的姓名或代号,以及生产厂质检部门的印章。

7.3 可选文件

7.3.1 维修说明书

维修信息可以包括在使用说明书中亦可以维修说明书单独成册。

7.3.2 编程说明书

编程说明书可以包括在使用说明书中亦可以单独成册。

8 标志、包装和贮存

8.1 仪器标志内容

- a) 名称和型号;
- b) 序号;
- c) 生产日期;
- d) 制造厂的名称。



8.2 包装箱标志内容

- a) 制造厂的名称、商标(代号);
- b) 产品的名称、型号;
- c) 装箱年、月;
- d) 毛质量;
- e) 包装箱的外形尺寸;
- f) 其他包装储运图示标志应符合 GB/T 191—2008 的规定。

8.3 包装

包装应根据产品的形状、质量、防护等级以及规定的存放和运输条件,采取合适的包装,以保证仪器在运输过程中免受损坏。包装容器应在产品标准中规定。

8.4 贮存

8.4.1 存贮条件

应保持干燥、室内无酸、碱及腐蚀性气体、无强烈的机械振动冲击、无强的电磁场作用和日光照射,不应紧靠地面、四壁和屋顶。

温湿度要求:

- a) 温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $50\% \sim 80\%$ 。

8.4.2 存放期限

仪器存放期超过 6 个月,应从包装箱内取出,经通电复查仪器正常后再放在库房中。

参 考 文 献

- [1] JJG 180—2002 电子测量仪器内石英晶体振荡器
-

