

中华人民共和国国家标准

频谱分析仪测试方法

GB 11462—89

Test methods of spectrum
analyzers

本标准等效采用国际标准 IEC 714(1981)《频谱分析仪性能表示》(第一版)。

1 主题内容和适用范围

本标准规定了频谱分析仪外观,基本安全,功能正常性的检验和检查方法,对其主要性能特性的测试也做了具体规定。

本标准与 GB 11461《频谱分析仪通用技术条件》配合使用。

本标准适用于频谱分析仪的测试。

2 总 则

2.1 本标准中所用的术语和定义应符合 GB 11461 中第 3 章的规定。

2.2 本标准规定的测试方法,其测试条件和要求符合 GB 11461 和产品标准的有关规定。

2.3 被测频谱分析仪及测试使用的设备均应按各自的产品标准(或产品技术条件)的需要进行预热,并在达到规定的预热时间后,方可进行测试。

2.4 工作特性测试的最少数目和测试点位置确定,应按 GB 11461 的有关规定。

2.5 被测频谱分析仪(以下简称“频谱仪”)与测试设备的连接应合理可靠。

2.6 任何预调应在每项测量开始时完成。

2.7 本标准仅规定了有关特性的基本测试方法,也可采用其他先进方法测试。但当产生异议时,必须采用本标准规定的测试方法进行仲裁。

3 测试设备

测试设备必须经过计量,应符合 GB 6592《电子测量仪器误差的一般规定》。

4 外观、安全及功能检测

4.1 外观及结构检测

被测频谱仪处于非工作状态,用目测并配合操作各种控制装置,检查仪器及其附件的外观镀涂,图案字迹,控制件的紧固与传动状态,档级开关的对位,均应符合产品标准规定。

经机械环境试验后,产品结构应无弯曲、变形、断裂、松动和脱落现象。

4.2 基本安全检测

4.2.1 绝缘电阻

按 GB 4793《电子测量仪器安全要求》中 9.7.3 条方法进行检查。

4.2.2 泄漏电流

按 GB 4793 中 9.8 条方法进行检查。

中华人民共和国机械电子工业部 1989-03-31 批准

1990-01-01 实施

GB 11462—89

4.2.3 试验电压

按 GB 4793 中 9.7.4 条方法进行检查。

4.3 功能正常性检测

频谱仪接通电源后,经预定的预热时间,按产品标准中给出的功能进行逐项检查。

5 工作特性测试

5.1 有效频率范围和频段

5.1.1 测试方框图

见图 1。

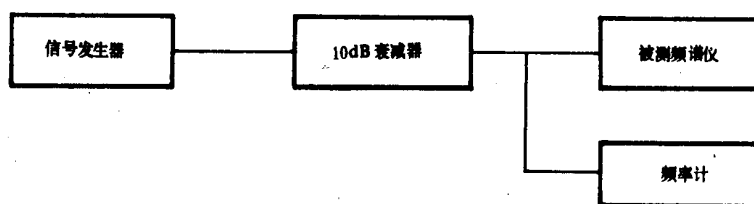


图 1

注: ① 当信号发生器有输出衰减或被测频谱仪有输入衰减时,10dB 衰减器可省略。

② 当信号发生器有足够的频率准确度时,频率计可省略。

5.1.2 测试方法

a. 使用与频谱仪有效频率范围相适应的信号发生器,其测试信号通过相应频段的 10dB 衰减器连接到频谱仪的输入端。

b. 调节频谱仪的“频谱宽度”和“中心频率”,并调谐信号发生器的测试信号频率,测得频谱仪能显示的最低和最高信号频率。

c. 在规定的每个频段测量频谱仪连续的频率覆盖范围,记录每个频段和整个频率范围的覆盖量。

5.2 中心频率误差

5.2.1 测试方框图

同图 1。

5.2.2 测试方法

a. 使用与频谱仪有效频率范围相适应的信号发生器,其测试信号通过相应频段的 10dB 衰减器连接到频谱分析仪的输入端。

b. 调节测试信号的频率,使测试信号对准显示屏幕的中心,可使用频率计测量测试信号的频率,频谱仪所指示的中心频率与已知输入频率之差为中心频率误差。

c. 在频谱仪的整个频率范围内改变中心频率,重复 b 步骤测量中心频率误差。

5.3 频谱宽度误差

5.3.1 测试方框图

见图 2。

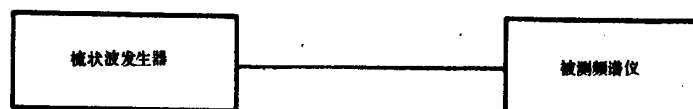


图 2

5.3.2 测试方法

GB 11462—89

- a. 将等频率间距的“梳状标志”信号接至频谱仪的输入端。
- b. 观测频率标志信号与被测频谱仪的标称频谱亮度的偏差即为频谱宽度误差。

注：梳状波发生器可用具有频率足够准确的信号发生器(如频率合成器)代替。

5.4 频率线性误差

5.4.1 测试方框图

同图 2。

5.4.2 测试方法

- a. 将梳状波发生器(或具有足够频率准确度的信号发生器)接到频谱仪的输入端。调谐频谱仪的中心频谱,使每根梳状线(或单谱线)调到显示器的中心。
- b. 记下每根梳状线(或单谱线)的频率和显示频率误差为 $\Delta f_1, \Delta f_2, \dots$ 。
- c. 频率线性误差由下式求得:

$$\frac{(\Delta f_{n+1} - \Delta f_n)_{\max}}{W} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中: W ——梳状频率(或单谱线)的间距。

$n=1, 2, 3, \dots$ 。

5.5 频率漂移

5.5.1 测试方框图

见图 3。

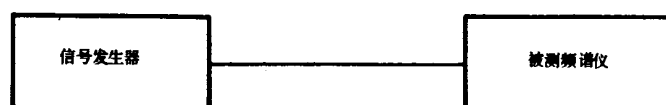


图 3

5.5.2 测试方法

将测试信号调整到显示屏幕的中心,按产品标准规定的时间间隔,重新调节信号发生器,使测试信号重新回到中心,信号发生器的频率相对于测量时间的变化值就是漂移。

5.6 剩余调频

5.6.1 测试方框图

同图 3。

5.6.2 测试方法

5.6.2.1 测试方法 1

使用频谱仪的中频滤波器作调频斜率检波器的试验方法来测量剩余调频。

- a. 对频谱仪加一个低剩余调频信号,也可使用零标志信号作为测量信号,选用比预期的峰-峰剩余调频约大 10 倍的分辨力带宽,并按线性显示律观测信号。
- b. 将信号电平调整到显示屏幕的满刻度,调节频谱宽度,使此显示的中频滤波器特性曲线的边缘与水平形成一适当的角度。然后,以每赫的垂直刻度值计算近似线性区(满刻度线下一格与垂直轴中间位置之间)的鉴频斜率。

例如:如果中频滤波器特性曲线的边缘在每个水平刻度变化一个垂直刻度,且一个水平刻度的频谱宽度为 1kHz,则斜率为 1div/kHz。

- c. 调谐频谱仪使曲线边缘的线性区置于水平轴的中间,然后切换到“零扫频”方式,微调频谱仪的频谱调谐,使水平扫迹位于满刻度线下一格与垂直轴的中间位置之间,则水平扫迹的峰-峰变化除鉴频斜率就等于剩余调频。

注:① 观察到的剩余调频取决于测量的持续时间和使用的视频带宽,对重要的测量,应记录这些参数。

- ② 剩余调频是频谱仪的短期稳定度。这里的“短期”应按产品标准规定的时间进行测量,推荐的持续时间为 $20\text{s}/\text{div} \sim 20\mu\text{s}/\text{div}$ 。

5.6.2.2 测试方法 2

- a. 测试方框图同图 3。
- b. 当被测的剩余调频较大时,可采用此测试方法。
- c. 将低剩余调频的信号接到频谱仪输入端,调节中频带宽,使显示的中频滤波曲线形状适当,观察此曲线在水平方向上的短期晃动,如图 4 所示,图中 Δf 即为峰-峰剩余调频。

5.7 静态分辨力带宽

5.7.1 测试方框图

见图 5。

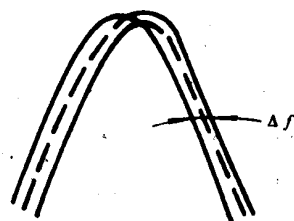


图 4

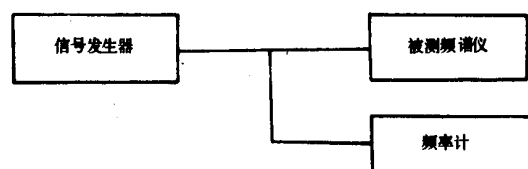


图 5

5.7.2 测试方法

5.7.2.1 测试方法 1

- a. 将一个测试信号接至频谱仪的输入端,并将信号调到显示屏幕中心。
 - b. 调节响应幅度至参考电平,并调节频谱仪使响应曲线的形状适当,如图 6a 所示。
 - c. 调谐信号发生器的频率,使响应曲线的一边沿的下降值为规定值(3dB 或 6dB)出现在显示屏幕中心。如图 6b 所示,测量此时信号发生器的频率为 f_1 。
 - d. 在响应曲线的另一边按同样方法测得信号频率为 f_2 ,如图 6c 所示。
- 则分辨力带宽由下式求得:

$$\text{分辨力带宽为: } |f_2 - f_1| \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: f_1 ——为响应曲线下降 3dB 或 6dB 时信号发生器的频率。

f_2 ——为响应曲线另一边下降同样分贝值时的信号频率。

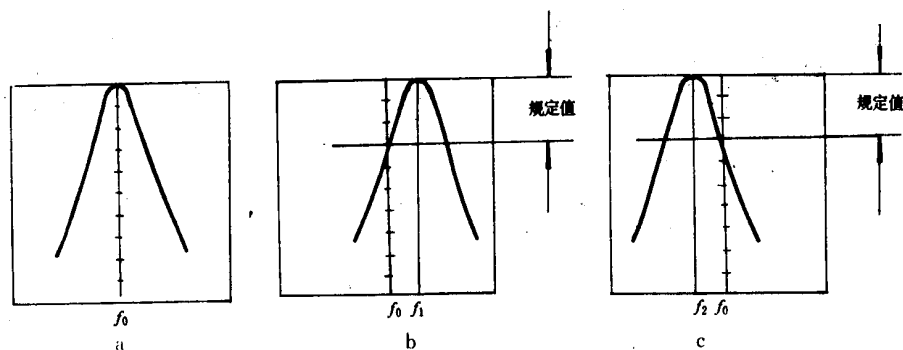


图 6

5.7.2.2 测试方法 2

如果频谱仪有手动扫描,可采用此方法进行测试。

- a. 调节手动扫描旋钮使光点在显示屏幕中心,调谐信号发生器或频谱仪的频谱使光点调至最高,

GB 11462—89

并调节幅度至一规定的电平处。

- b. 调谐信号发生器的频率使光点下降至规定的分贝数,用频率计测量信号发生器的频率为 f_1 。
- c. 反向调谐信号发生器的频率,使光点经过峰点又下降至同样的分贝数,测得信号发生器的频谱为 f_2 。
- d. 分辨力带宽由下式求得:

$$|f_2 - f_1| \dots\dots\dots (3)$$

式中: f_1 ——为光点下降至规定分贝数时,信号发生器的频率。

f_2 ——为光点反向调节下降至同样分贝数时的频率。

注: ① 扫描时间应保持足够长,以避免影响测量。

② 当频谱仪外部具有中频输入端口时,允许在此端口上使用外部频率计和信号发生器。

5.8 形状因数

5.8.1 测试方框图

同图 5。

5.8.2 测试方法

按 5.7 条方法测量 60dB 带宽,形状因数为下式所示。

$$\Delta f_{60dB} / \Delta f_{3dB} \text{ 或 } \Delta f_{60dB} / \Delta f_{6dB} \dots\dots\dots (4)$$

5.9 输入信号电平灵敏度

5.9.1 测试方框图

见图 7。

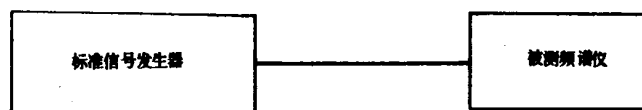


图 7

5.9.2 测试方法

调节频谱仪的增益,使内部所产生的噪声显示出适当的噪声指示(例如:1 格),使用输出经过校准的信号发生器。调节信号发生器输出电平,使频谱仪的显示电平为平均噪声电平值的两倍(即 2 格),频谱仪的灵敏度等于信号发生器的输出电平(例如:50Ω,1μV 或 -107dBm)。

注: 噪声指示取决于许多参数和工作性能,例如:带宽和显示律,产品标准应对本测量有重大影响的全部参数和主要性能加以规定。

5.10 等效输入噪声灵敏度

5.10.1 测试方框图

见图 8。

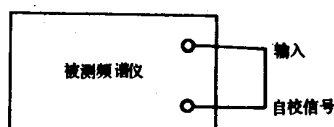


图 8

5.10.2 测试方法

- a. 用自校信号来校正频谱仪的参考电平。
- b. 调节频谱仪的增益,使内部产生的噪声在屏幕上显示出适当的噪声指示,根据该仪器的参考电

GB 11462—89

平和偏转系数确定的平均噪声电平即为等效输入噪声灵敏度。

注：如果有视频滤波器，建议用它作为测定该电平的辅助部件。

例：参考电平为 -60dBm （满刻度），显示屏幕的垂直刻度为 8div ，偏转系数为 10dB/div ，如平均噪声电平为 2div ，则平均噪声电平为 -120dBm 。

5.11 峰-谷显示平坦度

5.11.1 测试方框图

同图 7。

5.11.2 测试方法

- 调节频谱宽度到产品标准的规定值。
- 将稳幅的测试信号接至频谱仪的输入端，测试信号的频率置于被测频率范围的中心频率。
- 调节频谱仪，使显示幅度为屏幕上某个便于观察的电平处。
- 改变测试信号的频率，使规定频率范围内的显示信号在屏幕上移动。
- 显示幅度的峰-谷变化就是峰-谷平坦度。

注：① 本测量对采用何种分辨率带宽，显示律和偏转系数不加限制，可按测量方便选取，但显示幅度会有微小变化，所以最好优先选择最灵敏的偏转系数。

② 对本测试方法来说，特别重要的一个因素是在整个频率范围内测试信号的幅度平坦度，在测试频谱仪的平坦度之前，应使用合适的功率计或电压表，仔细测量测试信号的平坦度，必要时应考虑测试信号平坦度的修正因数。

5.11.3 相对峰-谷中心值的显示平坦度

测试方法同 5.11.2 条，其值由下式求得：

$$\pm \frac{\text{峰-谷显示平坦度}}{2} \dots\dots\dots (5)$$

5.12 相对显示平坦度

5.12.1 测试方框图

同图 7。

5.12.2 测试方法

- 调节频谱宽度到产品标准的规定值。
- 将稳幅的测试信号接至频谱仪的输入端，测试信号的频率置于被测频率范围的中心频率。
- 调节信号发生器和频谱仪的特定频率的幅度使恰好位于产品标准规定的某一水平刻度线上。
- 改变测试信号的频率，使规定频率范围内的显示信号在屏幕上移动。
- 显示幅度相对于特定频率幅度的正负偏差即为相对显示平坦度。

5.13 峰-谷频率响应

5.13.1 测试方框图

同图 7。

5.13.2 测试方法

- 将稳幅的测试信号接至频谱仪的输入端，调节频谱仪的中心频率，使测试信号位于显示屏幕的中心。
- 调节频谱仪使显示幅度为某个便于观察的电平处。
- 在频率范围内改变测试信号的频率，并且重新调节频谱仪的中心频率使信号回到显示屏幕的中心。
- 显示幅度的峰-谷变化即为峰-谷频率响应。

注：① 本测量对采用何种频谱宽度不加限制。

② 同 5.11.2 条的注①和注②。

5.13.3 相对峰-谷中心值的频率响应

GB 11462—89

测试方法同 5.13.2 条,其值如下式求得:

$$\pm \frac{\text{峰-谷频率响应}}{2} \dots\dots\dots (6)$$

5.14 相对频率响应

5.14.1 测试方框图

同图 7。

5.14.2 测试方法

- a. 将稳幅的测试信号接至频谱仪的输入端,测试信号频率调至产品标准中规定频率。
- b. 调节频谱仪的中心频率使测试信号位于显示屏幕的中心。
- c. 调节频谱仪使特定频率的幅度位于产品标准规定的电平处。
- d. 在频率范围内改变测试信号的频率,并且重新调节频谱仪的中心频率使信号回到显示屏幕的中心。
- e. 显示幅度相对于规定频率幅度的正负偏差即为相对频率响应。

5.15 显示律

5.15.1 线性律

5.15.1.1 测试方框图

见图 9。



图 9

5.15.1.2 测试方法

- a. 将一个测试信号通过可变式衰减器加到频谱仪的输入端。
- b. 调节测试信号电平,使显示幅度为满刻度 D_1 。
- c. 用可变衰减器按已知比率或百分比 r (例如 $1/2, 1/4$ 等)减小测试信号电平,显示幅度应减小至 D_2 。

$$\text{则线性律误差为 } \frac{D_2 - D_1 \times r}{D_1} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中: D_1 ——为测试信号显示幅度。

r ——为衰减器已知比率(或百分比)。

D_2 ——为测试信号幅度减小时的值。

5.15.2 平方律

5.15.2.1 测试方框图

同图 9。

5.15.2.2 测试方法

- a. 将一个测试信号通过可变衰减器加到频谱仪的输入端。
- b. 调节测试信号电平使显示幅度为满刻度 D_1 。
- c. 用衰减器按已知的比率(或百分比) r (例如: $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}$ 等)减小测试信号电平,显示幅度应按同样的比率(或百分比)的平方减小至 D_2 。

$$\text{则平方律误差为 } \frac{D_2 - D_1 \times r^2}{D_1} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中: D_1 ——测试信号幅度的满刻度值。

r ——衰减器的已知比率。

D_2 ——测试信号显示幅度减小时的值。

5.15.3 对数律

5.15.3.1 测试方框图

同图 8。

5.15.3.2 测试方法

- a. 将一个测试信号通过一个可变衰减器加到频谱仪的输入端。
- b. 调节该信号的电平使显示幅度为满刻度。
- c. 增加衰减器的分贝数(例如:2dB,10dB 等),以降低测试信号电平,显示幅度的减少应与对数偏转系数相对应(例如:当偏转系数为 2dB/div 时,每增加衰减约 2dB,显示幅度将减少 1div,对数律误差按下式求得。)

$$\text{对数律误差为: } A - A_0 \dots\dots\dots (9)$$

式中: A ——偏转系数的实测值;

A_0 ——偏转系数的标称值。

5.16 谐波动态范围

5.16.1 测试方框图

同图 7。

5.16.2 测试方法

5.16.2.1 测试方法 1

- a. 将一个谐波可忽略的测试信号加到频谱仪的输入端。
- b. 增加输入信号电平直到出现一个谐波响应,其幅度等于输入信号电平灵敏度值。这时的输入信号电平和频谱仪灵敏度电平差(以分贝表示),即为谐波动态范围。

例如:测得的输入信号电平为-20dBm,而频谱仪的灵敏度电平为-100dBm,则谐波动态范围为 80dB。

注:使用低通或带通滤波器是减少信号发生器谐波分量的一种好方法。

5.16.2.2 测试方法 2

当没有频谱纯的信号发生器时,可采用下列方法:

- a. 将一个测试信号加到频谱仪的输入端,观察基波和二次谐波显示幅度之差,增加输入电平,直到二次谐波显示幅度增加值为基波增加值(dB)的两倍(例如:基波输入电平增加 10dB,使二次谐波电平增加 20dB)。

- b. 记录此时的基波输入端信号电平 L_1 和基波输入信号电平与二次谐波显示电平之差 ΔL (以分贝表示谐波动态范围 D_L)按下式计算:

$$D_L = \frac{L_1 + \Delta L - L_{\min}}{2} \dots\dots\dots (10)$$

式中: $L_{\min}$ ——为被测频谱仪的灵敏度。

例如: $L_1 = -10\text{dBm}$,

$\Delta L = 20\text{dB}$,

$L_{\min} = -100\text{dBm}$,

则: $D_L = 55\text{dB}$ 。

注:为了避免仪器损坏, L_1 应低于最大输入功率,推荐使用测量方法 1,即用频谱纯的信号发生器作为输入源的方法,由于测试方法 2 只考虑二次非线性项,所以测试精度较低。

5.17 非谐波动态范围

5.17.1 测试方框图

见图 10。

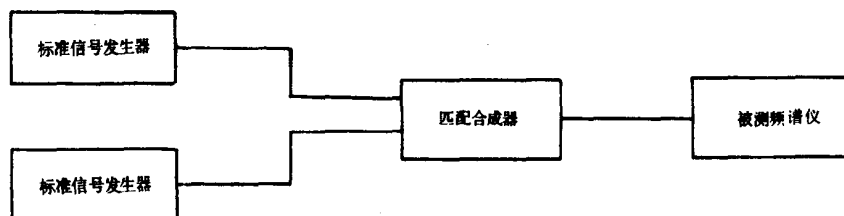


图 10

5.17.2 测试方法

- a. 将彼此无谐波关系的两个测试信号通过一个匹配合成器加到频谱仪的输入端。
- b. 调节一个信号的电平至频谱仪的输入信号灵敏度电平(例如: -100dBm)。
- c. 调节第二个输入信号的电平,直到该信号电平达到增益压缩电平或者因寄生响应、边带噪声或其他效应导致那个低电平信号恰好被淹没为止,所得第二个输入信号的电平就是非谐波测量的最大输入电平。
- d. 此最大输入信号电平和频谱仪灵敏度之差(以分贝表示),即为非谐波动态范围。

注: ① 例如最大输入信号电平为 -10dBm ,而频谱仪的灵敏度为 -100dBm ,则非谐波动态范围等于 90dB 。

② 产品标准中应规定两个信号的最小频率间隔。

5.18 显示动态范围

5.18.1 测试方框图

同图 10。

5.18.2 测试方法

- a. 将彼此没有谐波关系的两个测试信号通过一个匹配合成器,加到频谱仪的输入端。
- b. 调节一个信号的电平到频谱仪的灵敏度电平。
- c. 调节第二个输入信号的电平直到使其响应达到满屏幕或者到低电平信号刚好被淹没为止,这时所得到的第二个输入信号就是显示动态范围测量的最大输入电平。
- d. 最大输入电平和频谱仪灵敏度电平之差即为显示动态范围(以分贝表示)。

注: ① 例如最大输入信号电平为 -30dBm ,频谱仪的灵敏度电平为 -100dBm ,则显示动态范围等于 70dB 。

② 产品标准中应规定两个信号的最小频率间隔。

5.19 增益压缩电平

5.19.1 测试方框图

同图 7。

5.19.2 测试方法

将信号发生器接至频谱仪的输入端,调节测试信号电平,直至显示产生规定的增益压缩,这时的输入信号电平就是增益压缩电平。

5.20 交流声边带

5.20.1 测试方框图

同图 3。

5.20.2 测试方法

加一个足够纯信号到频谱仪的输入端,调节频谱宽度和分辨率带宽以分辨出交流声边带(分辨率带宽应小于电源频率)。测量每个交流声边带的电平与响应的幅度之差(以分贝表示)即为交流声边带。

5.21 噪声边带

5.21.1 测试方框图

同图 3。

5.21.2 测试方法

将足够纯的信号加到频谱仪的输入端,按规定调节频谱宽度,分辨力带宽,视频滤波带宽和显示律,记录主响应信号幅度和偏离此信号一个规定的频率间距及以远的噪声边带幅度,两者幅度之差(以分贝表示),即为噪声边带。

5.22 剩余响应

5.22.1 测试方框图

见图 11。

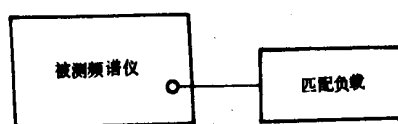


图 11

5.22.2 测试方法

频谱仪输入端接终端匹配负载,输入衰减器置 0dB,检查显示屏幕上出现的所有响应(这些响应是由内部各本振频率的基波、谐波和零标志信号等等产生的)的电平。

频谱仪各种控制的不同档位可能影响测试的结果,应加以记录。除了零标志信号外所有这些响应都是剩余响应。

5.23 互调抑制

5.23.1 测试方框图

同图 10。

a. 使用定向耦合器或其他适当的方法组合两个信号发生器的输出来进行测试,对合成器的最主要要求是对两个信号发生器有高隔离度,以防止信号发生器之间的明显互调失真。在微波频段,建议在每个信号发生器的输出端加一个隔离器,并以 3dB 耦合器作为匹配合成器。

b. 将合成的两个相等幅度的信号加到频谱仪输入端,并同时增加每个发生器的电平直到主响应的任何一边的边带出现 1:1 的信噪比,互调抑制为两个相等测试信号之一的电平与噪声电平之比。

注:可通过增加测试信号来证明互调边带是由频谱仪引起的,而不是信号发生器中的互调。改变频谱仪的输入衰减量如果频谱仪发生互调,边带按对数电平降低量应为测试信号降低量的 n 倍,这里 n 是失真的阶次。例如:衰减 3dB 将使测试信号降低 3dB,而第三次边带将降低 9dB,结果两者间的电平差将增加 6dB,假设互调是由信号发生器产生的,边带和测试信号都将减少 3dB,而电平差保持不变。

附加说明:

本标准由机械电子工业部电子标准化研究所和上海无线电二十六厂负责起草。