

实验 1、 频谱分析仪的原理和使用

1.1 频谱分析仪的基础知识

1.1.1 概述

频谱分析仪是一种研究电信号频谱特性的仪器，主要用于测量信号的频域特性，包括：频谱分布图、信号纯度、杂散、谐波、交调、相位噪声、幅频特性、调制度和频率稳定度等信号特性，可以用来测量放大器、衰减器、滤波器、混频器等射频电路的基本参数。频谱分析仪是进行无线信号测量的必备工具，是从事电子和通信产品的研发、生产、检验以及进行工程测量的常用工具，应用十分广泛，被称为工程师的射频万用表。

现代频谱分析仪基本都是基于快速傅里叶变换（FFT）数字频谱分析仪，通过傅里叶变换将被测信号分解成为独立的频率分量，采用数字方法直接由模拟/数字转换器（ADC）对输入信号进行取样，再经过 FFT 处理后获得频谱分布图。一种常用的频谱分析仪产品，如图 1-1 所示。



图 1-1 频谱分析仪

频谱分析仪的主要功能是在频域里显示输入信号的频谱特性。常用的频谱分析仪是扫描调谐频谱分析仪，其基本结构类似于超外差式接收器，工作原理是输入信号经过衰减器后直接外加到混频器，可调变的本地振荡器产生与显示显示屏同步的随时间作线性变化的振荡频率（本振信号），输入信号与本振信号混波降频后输出中频信号，中频信号经过滤波、放大和检波后送到显示屏的垂直方向板，在显示屏上显示出信号幅度与频率的对应关系。

影响信号响应的一个重要参数是滤波器的频带宽度，滤波器的特性通常为高斯滤波器，影响的主要功能就是进行频谱测量时常用的分辨率带宽（RBW）。RBW 代表两个不同频率的信号能够被清楚的分辨出来的最低频率差异，两个不同频率的信号的频率之差如果低于频谱分析仪的 RBW,这两个信号在显示屏上将会重叠在一起，难以分辨。较低的 RBW 有助于不同频率的信号的分辨与测量，但是过低的 RBW 也会滤除较高频率的信号成份，导致信号显示时产生失真，失真值与设定的 RBW 密切相关。较高的 RBW 有助于宽带信号的检测，但是将会抬高底噪，降低测量灵敏度，对于检测低电平的信号产生阻碍。设置适当的 RBW 是正确使用频谱分析仪的重要环节。

1.1.2 频谱分析仪的主要技术指标

频谱分析仪的主要技术指标包括：频率范围、分析带宽、分辨率带宽、扫描时间、灵敏度、显示方式和假响应等等。

- 1、 频率范围：频谱分析仪进行正常测量的频率范围。
- 2、 扫描带宽（SPAN）：也叫做分析带宽，是指频谱分析仪在一次测量分析中能够显示的频率范围，可以等于或小于仪器的频率范围，测量过程中可以根据实际参数进行调整。

- 3、分辨率带宽 (RBW)：分辨率带宽是频谱分析仪最重要的技术指标之一，它决定了频谱分析仪在显示器上能够区分出最邻近频率的两条谱线的能力。分辨率带宽与滤波器特性、波形因数、分析带宽、本振稳定度、剩余调频和边带噪声等因素有关，扫频式频谱分析仪的分辨率带宽还与扫描时间有关。分辨率带宽越窄越好，现代频谱仪的 RBW 可以达到 10~100Hz。
- 4、扫描时间：频谱分析仪完成一次频谱分析所需要的时间，它与分析带宽和分辨率带宽有密切关系。分辨率带宽相对于分析带宽越窄 (RBW/SPAN 越小)，扫描时间越长。
- 5、灵敏度：表示频谱分析仪显示微弱信号的能力，通常会受到频谱分析仪内部噪声的限制。灵敏度越高越好，现代频谱分析仪的灵敏度可以达到 -80dBm 以下。
- 6、显示方式：频谱分析仪显示幅度的方式，通常有线性显示和对数显示两种方式，常用的幅度显示方式的对数功率 (dBm)。
- 7、假响应：指显示器上出现的不应有的谱线。这对于超外差系统是不可避免的，应当设法抑制到最小的程度，现代频谱分析仪可以做到小于 -90dBm。

1.2 实验目的

- 1、了解频谱分析仪的基本原理和主要技术指标。
- 2、掌握频谱分析仪的基本操作。
- 3、掌握使用频谱分析仪进行信号参数测量的方法。

1.3 实验设备和器材

- 1、微波信号发生器。
- 2、频谱分析仪。
- 3、二功分器。
- 4、测试电缆和转换头。

1.4 实验项目

- 1、频谱分析仪的基本操作。
- 2、单载波信号的频谱测量。
- 3、杂散和谐波测量。
- 4、相位噪声测量。
- 5、幅频特性测量。
- 6、多个载波的信号频谱测量。

1.5 实验步骤

警告!：频谱分析仪的输入信号电平和直流电压幅度有严格的限制,严禁超过频谱分析仪的要求,否则会造成频谱分析仪的损坏。如果信号电平高于频谱分析仪的要求,应加入衰减器。如果直流电压高于频谱分析仪的要求,应加入隔直器。

1.5.1 频谱分析仪的基本操作

- 1、 频谱分析仪加电，自检完成后，检查仪器状态。
- 2、 熟悉语言设置：System Setups 语言 (Language) —>中文 (Chinese 英文 (English))。
- 3、 熟悉频谱分析仪的复位功能(Preset)。
- 4、 熟悉基本测量功能：中心频率(FREQ)、扫描带宽(SPAN)、参考电平(AMPT)。
- 5、 熟悉方向键(合键、0 键)和旋钮功能。
- 6、 熟悉光标测量功能：光标(Marker)、常规光标(Marker—>Normal)、差值光标(Marker—>Delta) 等。
控制光标的打开和关闭。
- 7、 熟悉峰值搜索功能：峰值搜索(Peak Search)、下一峰值搜索(Peak Search—>Next Peak)等。
- 8、 熟悉 BW 调整功能：分辨率带宽(RBW)、视频带宽(VBW)。
- 9、 熟悉噪声测量功能：噪声光标(Marker—>More—>Marker Fcnt—>Noise Mkr)。
- 10、 熟悉轨迹测量功能：轨迹(Trace)、最大值保持(Trace—>Trace Type—>Max Hold)、清除写入
(Trace—>Trace Type—>Clear Write)等。
- 11、 熟悉频率测量功能：频率计数(Freq Count—>Freq Count On—>Manual—>1Hz)。