

频域测量中点频测量技术与扫频测量技术的比较分析

赵顺喜

(五邑大学信息学院 广东江门 529020)

摘 要: 本文从点频测量和扫频测量的原理出发,对其特点进行了比较和分析。阐述现代电子测量技术中频域测量的发展前景和趋势。

关键词: 点频测量;扫频测量;频率特性;比较;分析

1. 前言

频域测量也称为稳态测量,主要目的是获取待测量幅度与频率之间的关系,包括系统频率特性的测量和信号的频谱分析等。频率特性是电子部件、电路或系统设备的一种重要技术性能,例如各种接收机的选择性主要是由它的中频放大器的频率特性来决定的,而在通信传输线路中,频率特性决定了该线路的传送信息质量和所能提供的信道数目。正因为频率特性如此重要,因此,频域测量历来是电子测量技术中一个很有意义的课题。在电子测量分类中,频域测量占有重要地位。

频率特性主要包括幅度频率特性和相位频率特性,但相频特性使用较少,故在无特殊说明时,频率特性就是指幅频特性。

对于一个部件、一个网络或一个系统的频率特性测试方法,现在主要分为两类,即点频测量法和扫频测量法。

2. 点频测量法

点频测量法是以正弦振荡器为信号源,采用电子电压表为接收信号指示器来“逐点”测量频率特性的方法,是一种较经典的频率特性测试方法。其测试电路的方框图如图 1 所示。

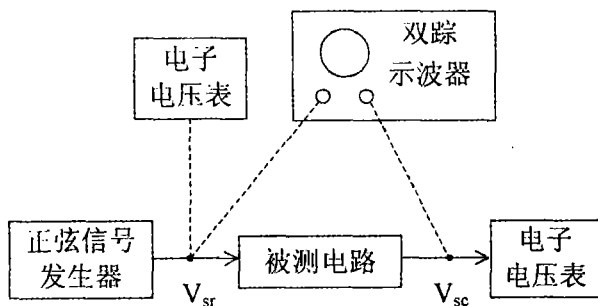


图 1 点频测量方框图

测试时信号源的幅度保持不变(信号电压不应超过被测电路的线性工作范围),频率由低至高逐点调节,用电压表在各个频率点上测量输出信号的幅度。然后把信号频率的变化定为横坐标,以输出信号与输入信号的振幅比定为纵坐标,逐点画出各点

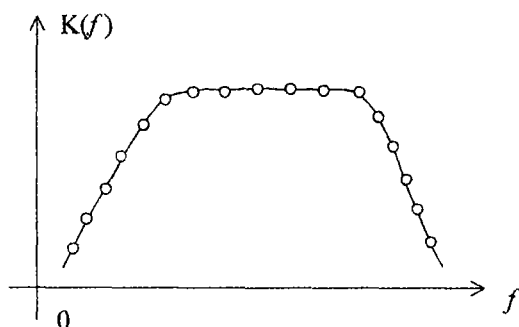


图 2 点频测量的频率特性曲线

对应的比值,便可描绘出一个平滑的曲线,这就是被测系统(电路或器件)的频率特性曲线,参见图 2。

由于用点频测量法绘制成的曲线,通常是属于系统始终处于稳定状态时的测试结果,因此也称为被测系统的静态频率特性曲线。

点频测量法的优点是在充分分析各种测量误差后,可采取适当措施来消除或减小测量误差。缺点是当需要在较宽频率范围内测量被测系统的频率特性时,要花费很长时间,如果被测电路的电抗

参数稍有些变动,就得重复上述的测试,花费的时间就更多,而且还会产生选取点频数不够多可能漏测特性曲线中的一些细节,使得曲线精度不高的问题。

以下是按图 1 测试某一调谐放大器的频率特性。测试时,信号源的频率从低向高移动变化,输入幅度保持不变。在接收信号的电压表上分别测得各不同频率点的电压数值,填入表 1 的相应栏目内。

表 1 放大器的点频测量数据表

频率 $f(\text{MHz})$	输入电压 V_i (mV)	输出电压 V_o (V)	振幅比 $k = \frac{A_v}{A_{v_0}}$, 其中, $A_v = \frac{V_o}{V_i}$
10.464	5	0.118	$f = f_{0.1L}$ 时, $k = 0.1$
⋮	⋮	⋮	⋮
10.632	5	0.834	$f = f_{0.7L}$ 时, $k = 0.7$
⋮	⋮	⋮	⋮
10.7	5	1.18	$f = f_0$ 时, $A_v = A_{v_0}, k = 1$
⋮	⋮	⋮	⋮
10.798	5	0.834	$f = f_{0.7H}$ 时, $k = 0.7$
⋮	⋮	⋮	⋮
11.034	5	0.118	$f = f_{0.1H}$ 时, $k = 0.1$
⋮	⋮	⋮	⋮

把表 1 的数据,分别在坐标纸上标出,并连接

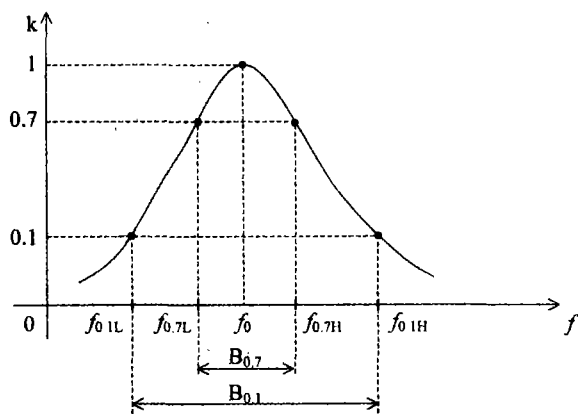


图 3 用点频测量法测出的调谐放大器频率特性曲线

各点,绘成光滑的曲线,这就是点频测量法所测出的该放大器的频率特性曲线,参见图 3。

3. 扫频测量法

扫频测量法又称为动态测量法,它是采用等幅扫频信号加到被测电路输入端,然后用显示器来显示信号通过被测电路后幅度变化的方法。由于点频测量法比较繁琐,因此为了简化点频测量法的过程,人们设想从两方面来改进:一是改进测试用的信号源,把逐点调节频率变为逐点扫动频率,这就是扫频信号源;二是改进接收信号的指示器,使信

号随频率变动的轨迹用示波器直观地显示出来,从而直观得到被测电路的频率特性曲线,于是便实现了扫频测量。

扫频测量法的简要方框图如图 4 所示。扫频

仪通常由扫频信号发生器、示波器和检波器组成一个整体。用扫频仪测量频率特性曲线,采用的是扫频测量法。

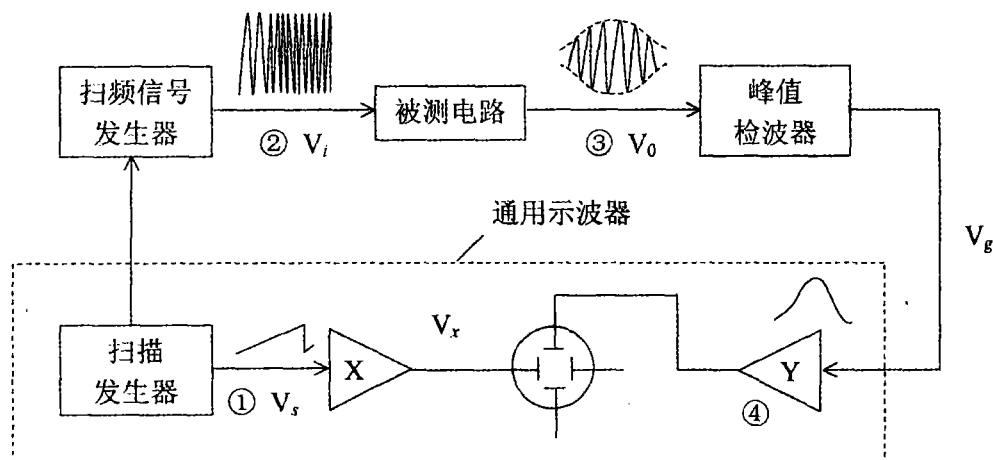


图 4 扫频测量简要方框图

图 4 也是利用光点扫描显示方式测量频率特性的原理图。扫频信号发生器受扫描发生器所产生的锯齿波电压 V_s (图 4 中波形①) 扫频,其输出信号的瞬时频率随时间在一定的范围内由高到低作线性变化,其振幅恒定不变(图 4 中波形②)。这一扫频信号作为输入信号 V_i 加到被测电路(设为本文举例的一个调谐放大器)的输入端,由于被测电路的自身幅频特性的作用,则从输出端输出的电压 V_o 振幅包络变化规律与被测电路的自身幅频特性相对应(图 4 中波形③)。这个电压经峰值包络检波器检波后,得到图 4 中④所示波形(V_g),这一波形的形状就是被测电路的动态幅频特性曲线。然后再经 Y 轴放大器放大,加到示波管的垂直偏转板上。另外,将扫描发生器所产生的锯齿波电压加到示波管的水平偏转板上,使水平扫描与扫频信号频率随时间的变化规律一致,即水平轴为频

率轴,垂直轴为幅度轴,这样,就在屏幕上描绘出被测电路的动态幅频特性曲线。

用扫频测量法所得到的图形曲线,称为动态频率特性曲线。所谓动态特性,就是被测部件处于相对快速运动工作状态的特性。

4. 扫频测量与点频测量的比较分析

传统的系统测量,一般只要求测量它的某个参量,或分别测量几个独立的参量,点频测量已能满足其测量要求。但当前人们为了确保产品的质量并充分掌握其性能,要求通过测量获得被测系统的全面表征。例如,对一个放大器,不仅要测量其增益、带宽,还要测量其输入阻抗、输出阻抗、噪声性能等,又如,对大批量产品的调试还要求简捷快速等。对于上述情况,经典的正弦波点频测量,即静态测量方式已不能适应需要,以扫频测量为代表的动态测量得到发展。就扫频测量的本质而言,其也

是正弦测量。但扫频测量在频域测量中得到广泛应用,主要因为扫频测量同点频测量相比,具有下述优点:

(1)扫频测量具有图示直观性。扫频测量实现了图示测量,从而使测量过程更加迅速方便,如企业在生产过程中扫频仪与其他设备配合,便可在生产线上实现半自动化或自动化测试,特别是在调整电路时,可以一方面观察荧光屏上频率特性的形状,另一方面调节电路中有关元件,从而极其方便地把被测电路调整到预定的要求。

(2)扫频测量的频率特性曲线具有相对完整性。由于在扫频测量过程中扫频信号的频率是连续变化的,因此,荧光屏上所显示的频率特性曲线是完整的,不像点频测量那样会漏掉点频间隔中间的频率特性曲线细节部分,反映较全面。

(3)扫频测量具有瞬时性。点频测量靠人工逐点转换频率,换频速度慢,故仅能测量被测系统的静态频率特性曲线。而扫频测量可进行快速扫频,所测得的是动态频率特性曲线。如滤波器的动态滤波特性、锁相环的动态跟踪特性等。

(4)扫频测量具有较高的灵敏性。利用扫频测量,还能发现被测电路受外界干扰的影响,如受脉冲干扰、机械冲击干扰等,在荧光屏上能观察到干扰的情况,便于对设备电路采取改善措施。

虽然扫频测量与点频测量相比,存在一些优点,但就扫频测量本身而言,也存在使用不当,测试结果反不如点频测量的情况。我们知道,一般谐振回路对于信号的响应都有一个过渡过程。若扫频信号变化过快,回路对一个频率的响应还没完毕,新的频率又随之而来,这样,会带来较大的测量误差,特别是扫频仪的参数选择不当时。因此,利用扫频测量法进行频率特性测量时,应根据系统的

具体特性来选择合适的扫频仪的参数。

5. 结束语

在现代电子测量中,扫频测量技术获得了广泛的应用。但是它与点频测量一样,无法克服在线性系统中不可避免的非线性失真的影响。在 20 世纪 70 年代后期提出了采用素数正弦波(一种具有素数关系的多正弦波序列)作为测试信号的快速频率特性测量方法,即多频测量。所谓多频测量就是利用多频信号(指一个离散频率的正弦波集合)作为测试信号的一种频域测量技术。多频测量是把一个由多个正弦波组成的测试信号同时加到被测系统的输入,而不象点频或扫频测量那样,测试信号的频率是按顺序逐点或连续变化的,这样,可大大提高测量的速度。

随着直接数字频率合成技术的进展和微型计算机的普及,为多频信号的产生提供了条件。目前,在技术上已经解决了利用微型计算机的硬件和软件资源来参与测试信号的产生和测量特性的解析,从而在软件支持下来完成频率特性的多频测量。多频测量的软件实现,改变了传统的测量方法,使频域测量系统的自动化进入一个新的发展阶段。

(收稿日期:2004,09,08)

参考文献:

- [1] 蒋焕文等. 电子测量(第二版). 北京:中国计量出版社,1988. 5.
- [1] 张永瑞等. 电子测量技术基础. 西安:西安电子科技大学出版社,1994. 12.

作者简介:赵顺喜(1969-),女,学士,电子实验师,从事实验教学与研究。