

阻抗分析仪及其最新进展

王殿君 (哈尔滨电工学院)

本文概述阻抗分析仪的构成原理及其特点, 介绍新近出现的具有对电子元件的多种等效线路进行解析功能的阻抗分析仪。

一、引言

阻抗测量是电学领域最基本的测量之一, 在生产和科学技术的各个领域也都需要测量阻抗。在阻抗测量方法中, 电桥法由于具有其他方法所不能比拟的优越性而一直占有重要地位, 随着科学技术和生产的发展对阻抗的测量提出了自动化、快速、高精度的要求。阻抗测量仪器的发展也经历了从手动、半自动到自动化的发展过程。实现自动化的方法在不同时期由当时的技术条件所决定。电子技术, 特别是微处理机的发展给阻抗测试的自动化带来了根本性的变化, 产生了数字LCR表(或称数字电桥及阻抗分析仪)。称其为分析仪是因为这种仪器不单纯给出元件的L或C值, 而且可以给出在一定条件下元件的等效线路的各个参数。最近出现的阻抗分析仪可将电子元件的特性用三个或四个理想元件构成的等效线路来表示。本文拟在概述一般数字LCR表构成原理的基础上, 介绍具有对电子元件的多参数等效线路进行分析功能的阻抗分析仪。

二、数字LCR表

数字LCR表是近年来在阻抗测量方面很热门、很先进的机种。多数LCR表都是基于将被测阻抗和标准电阻之比变换成电压之比, 图1为其变换线路。

理想情况下A点电位接近于接地点G的电

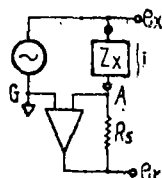


图1 阻抗电压转换器

位, 则有 $e_x = iZ_x$, $e_r = iR_s$,

从而 $Z_x = R_s \cdot \frac{e_x}{e_r}$ 。这里 $Z_x =$

$R_x + jX_x$, e_r 作为基准向量,

若 $e_x = e_{x1} + je_{x2}$, 则有

$$R_x + jX_x = R_s \left(\frac{e_{x1}}{e_r} + j \frac{e_{x2}}{e_r} \right)$$

因此, $R_x = R_s \cdot \frac{e_{x1}}{e_r}$, $X_x = R_s \cdot \frac{e_{x2}}{e_r}$ 。 R_s 为已

知标准, 若能测出 $\frac{e_{x1}}{e_r}$ 及 $\frac{e_{x2}}{e_r}$, 就可求出 R_x 和

X_x 的值。通过将 e_{x1} 、 e_{x2} 及 e_r 变换成与它们成比例的直流电压, 用双斜式电压比率计可方便地得到这个比值。

图2示出了实现上述原理的数字LCR表的方框图。

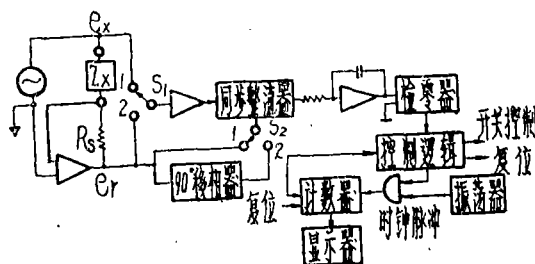


图2 数字阻抗仪

当测量被测阻抗 $Z_x = R_x + jX_x$ 的 R_x 时, 将 S_2 接在1侧, S_1 接在1侧, 这时相敏检波器的输出为与 e_{x1} 成比例的直流电压。将其进行定时积分, 接着将 S_1 接在2侧, 这时是用与 e_r 成比例的直流电压使积分器放电, 并对时钟脉冲进行计数, 直至积分器的输出达到零电压, 所计脉冲数即为 R_x/R_s 之比。量程的变化可通过

改变 R_s 得到。

X_x 的测量则通过将 S_2 接到2侧， S_1 接至1侧，进行定时积分，接着再将 S_2 接至1侧， S_1 接至2侧使积分器放电，则可得到 X_x/R_s 之比。

由于数字LCR表中应用了微处理器，若测出电阻和感抗二个分量就可以计算出测试者所要求的其它所有的参数并显示出来，因此，可表示出的参数是很多的。例如，测量电容时，可给出电容和Q，电容和损失系数，电容及其串联电阻，电容和并联电阻，阻抗和相位角等任何值并显示出来。

此外，一些数字LCR表内附有频率综合器，这不仅可使测量频率准确，也使频率范围变宽，有的测量频率可达到1MHz以至1GHz，可将使用在高频率条件下的元件在其实际使用频率下测量。

三、新型阻抗分析仪

为了准确的实现设计时所希望的线路性能，提高设计效率，最好能在元件装入线路之前，预先在与实装时同样的条件下进行测量并评价阻抗。为此，就需要有能使测量信号的频率和电平以及直流偏置任意地连续可变、从而对阻抗进行分析的测量仪器。此外，随着电子线路应用条件的高频化、宽频带化，欲使所设计的线路具有更高的可靠性，就需要对电子元件进行更精确的分析。

电阻、电容器、线圈等电子元件，只有在有限的频率范围内才表现出作为理想的线路元件R、L、C的阻抗特性。若频率在很宽的范围变化，元件的特性就会表现不同，并且与元件的结构有关。例如电容器不仅有电容的成份，还存在与电容串联的导线和电极的电阻、电感，如图3所示。

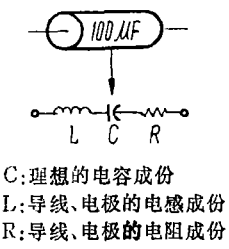


图3 电容器

以往的阻抗测量仪器大都是将电子元件以L—R、C—G等二元件的等效线路进行测量。

但是频率不同时，L、C的值因线圈间的电容、导线的电感等的影响而改变。在设计工作于宽频率范围的线路时，因为只能将阻抗的虚部（电抗）变换成L或C，不能将电容器的电容成份和导线等的电感成份分开，因而电子元件的值是不确定的，这是很不方便的。为了在宽的频率范围内表示电子元件的特性，有必要考虑用三个以上的元素构成的等效线路。这样为了求出线路常数就必须进行计算，而且为了由阻抗的频率特性算出等效线路常数，就需要在谐振频率对测量数据进行解析。可是在谐振点附近频率特性变化急剧，会使计算产生较大的误差。这些问题因为在仪器中引入了微处理器，借助适当的软件，采用一些技巧是可以解决的。目前新开发的最新的阻抗分析仪，为了对电容器、线圈、电阻以至谐振器等一般的电子元件进行解析，备有5种等效线路，如图4所示。

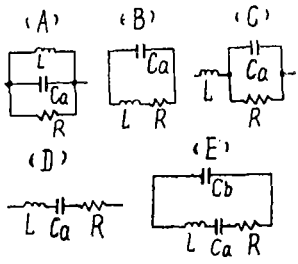


图4 等效线路

它是通过测出元件的幅频特性和相频特性后，进行分析得出欲知的参数，即等效线路中的各个常数。实际测试就是简单的数字按键操作。该仪器可以用给定的常数进行阻抗特性的模拟，也可以用算出的常数进行模拟并与实际

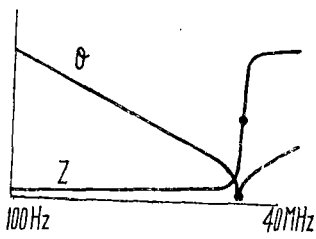


图5 电容器的测量值和应用算出常数的模拟曲线（下转14页右栏）

3、输入回路不像双极型晶体管那样对温度敏感,还要防止过流损毁,故驱动电路设计简单,电路简单也就降低了造价,增加了可靠性。

4、V—MOS管不存在二次击穿现象,并且有负的电流温度系数,设置工作条件时不必考虑二次击穿临界曲线的限制,能充分运用器件本身的功能,散热器体积也可适当减小,以便紧缩恒流装置所占空间。

5、典型的V—MOS管转移特性除起始段外基本上是直线,也就是说跨导接近常数,因而使恒流源能在零到最大输出量间线性调节。

V—MOS管V40AT最大工作电流3A,耗散功率40W,为防止恒流输出管过载损毁,应设置可靠的保护电路。限流保护电路由双极型晶

体管3DG6和电阻 R_2 组成,当电流输出超过上限值1A时,功率回路中 R_2 上的压降超过0.6V,导致3DG6趋于导通,迫使恒流输出管栅源电压降低,从而阻止恒定电流继续增长。 R_2 的功率耗散能力应大于2W。V40AT栅极耐压不超过20V,为防止绝缘氧化层被静电击穿失效,必须在栅极和源极间跨接稳压二极管加以保护,稳压值10V左右,图1电路中使用2CW56。

恒流源的功率电源无需稳压器稳定,整流后的脉动电流经电容平滑后即可使用,电压值可在20V~40V范围内选用。 R_1 是功率回路中的采样电阻,功率耗散能力取5W左右。

(刘家新 编发)

内容精湛 使用方便

欢迎订阅《实用中小电机手册》

为了满足广大电机用户及电机制造、修理单位对电机,尤其是电机更新换代产品技术资料的需要,特组织电机界知名人士编撰了《实用中小电机手册》,今年四季初出版。

该手册以更新产品电机为主,兼顾尚在使用老产品电机。手册在简要叙述电机基本常识的基础上,全面地介绍了交直流各种中小型电机的特点和用途,重点介绍各种电机的性能和选择,起动和制动,控制和保护,安装和维护,修理、改制、重绕,常见故障等知识;还包括修改中需用的实验设备、常用电工材料等,并有详细的新老电机对照。

该手册提供了大量有价值的技术数据,首次较为全面系统地公开了中小电机新产品(包括Y系列)的技术数据。特别是用户需要的电机性能数据、安装尺寸、匝数、线径、线模等数据一应俱全。同时,为了方便使用,各章均有应用举例。

该手册是机电工程技术人员必备的工具书。

该手册由上海电器科学研究所技术情报室发行组、《低压电器》编辑部及《中小型电

机》编辑部联合负责征订、发行汇总工作。如欲订阅,请去函上海市武宁路505号上海电器科学研究所技术情报室发行组索取订单。

(上接16页)

测定的特性曲线进行比较,从而确认所算出常数的正确性。此外,改变常数即可方便地得到特性曲线的变化情况。等效线路的形式,计算结果和曲线图形均在仪器面板上的CRT上给出。图5示出了电容器的实测特性和用算出的常数所作出的模拟曲线相比较的图形。

四、结 语

由以上简单介绍可见,阻抗分析仪也和其他测量仪器一样朝着all in one,即一机多能的方向发展,这主要是由于采用了微处理器以及多种技术综合的结果。

参 考 文 献

- [1] “电子部品の最新等价回路解析法”
山本唯志 ELAN 1987.4
- [2] 《电子测定器と应用システムガイドブック》日本电子机械工业会 1985/1986
- [3] 计测机器的校正システムとその自動化。

(刘家新 编发)