

实验七 介质损耗角正切及介电常数

一、实验目的

学会采用阻抗法测定陶瓷电容器等的介质损耗和介电常数，掌握二参数的定义，表征方法和计算技巧，初步了解评介手段。

二、实验原理

陶瓷等介质在电场的作用下，由于漏导、极化等各种因素造成电能转换成热能失散掉的现象，称为介电损耗。绝缘材料中，介电损耗的大小通常用介电损耗角正切，即 $\text{tg}\delta$ 来表示。

介电常数 ε 的意义，是由某一电介质组成的电容器在一定电压的作用下所能得到的电容量 Q ，与同样大小的电容器(但介质为真空)的电容量 Q_0 之比值即：
$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_0}$$

介质损耗对于在高压装置，高频设备，特别是用在高压高频等地方的材料，具有特别重要的意义。介质损耗过大，不仅降低整机的性能，甚至会造成绝缘材料的热击穿，装置瓷的介电常数太大，会导致产生不必要的杂散电容，影响整机的质量。而电容器陶瓷则需要有较高的介电常数。

测量元件参数的方法很多，有电桥法、谐振法、阻抗法等。阻抗法在没有解决矢量测量之前，人们一直认为精度低而弃之不用。由于智能技术的应用，较好地解决了矢量测量的问题，其精度不亚于电桥法，因而在当前智能测量仪表中深受欢迎。其基本原理是根据被测元件两端的电压矢量和流过被测元件的电流矢量，计算出阻抗矢量值。即

$$Z_x = \frac{\vec{U}_x}{\vec{I}_x}$$

式中： Z_x 为阻抗矢量，单位 Ω

\vec{U}_x 为电压矢量，单位 V

\vec{I}_x 为电流矢量，单位 A

本试验采用 LCR 自动测试仪，这是智能化多功能的参数测量仪器，可测量 L、C、R、

$|Z|$ 、 θ 、 Q 等均可测量。

三、实验仪器设备及流程

本实验所采用的 LCR 测试仪，有 7 个常用键。

(1)测量端口：

“ I_H ” 电流高端

“ P_H ” 电位高端

“ I_L ” 电流低端

“ P_L ” 电位低端

(2)发光二极管

位于恒压按钮右侧，灯亮时表示“恒压状态”。

(3)▲ ▲ 键

光标位移键

(4)【+】 【-】 键

数字增减键

(5)“恒压” 键

用于设定恒压与非恒压状态

(6)“设置” 键

完成功能设置

(7)“翻页” 键

完成翻页功能，在两页设置屏间进行选择。

(8)偏置开关

位于仪器后面板上，当其位于“OFF”时，表示测试端口上只有正弦信号，实验时选正弦信号。当其处于“INT”时，表示测试端口上加了 0~35V 的偏置电压。

四、实验操作步骤

(1) 打开电源

(2)选择测量参数：

用 ▲ ▲ 键移动光标至第一行或第二行。按“设置”键，设置所需测量参数，其中 L 和 C 由仪器根据被测元件的特性自动选择。

(3)设置直流偏压

通常设为零。若需加直流偏压，将后面板上的偏压开关置于“INT”，用“翻页”键选择第一屏，将光标移至“DC bias”后的数显位置，用【+】、【-】键设置偏压。

(4)设置电路方式

根据需要可选择被测量的等效电路方式为串联型或为并联型。用“翻页”键选择第一屏，将光标移至“wranit”行，按“设置”选择“自动(auto)”或“手动(manu)”，在手动(manu)方式下，可进一步选择串联(serial)或并联(parallel)方式。

(5)设置测量速度

用“翻页”键选择第一屏，将光标移至“measure”行，按“设置”键选择测量参数，款速“fast”，慢速“slow”，或选“norm.”

(6)设置测试信号频率及幅度

用“翻页”键选择第一屏，将光标移至“signal”处，用【+】、【-】键设置频率和幅度值。

(7)设置量程

用“翻页”键选择第二屏，将光标移至“range”行，按“设置”键选择“自动 auto”或“手动 manu”，在“手动 manu”时，移动光标至后面数值上，用【+】、【-】键可在四个量程中任意选择。

(8)测试

设置完所有参数后，将夹具与仪器连接，带红色插头与仪器面板上的“P_H”、“I_H”连接，不带红色的插头与仪器面板上的“P_L”、“I_L”连接。这样，红色端为测量高端，对于有极性的被测元件切勿接反。接上被测元件，从仪表直接读出介质损耗角 θ 值，并测出平板电容器的电容C值。

五、数据处理

介质损耗： $\text{tg } \theta$

介电常数： $\varepsilon = \frac{4\pi LC}{S}$

L—被测试样的厚度(厘米)

S—被测试样的面积(厘米²)

六、分析讨论题

1. 介质损耗和介电常数的概念是什么？
2. 试说出介质损耗和介电常数的测定原理。
3. 实验中应注意哪些事项？