

实验 1 基本电工仪表的使用与 测量误差的计算

一、实验目的

- (1) 熟悉恒压源与恒流源的使用。
- (2) 掌握电压表、电流表内阻的测量方法。
- (3) 掌握电工仪表测量误差的计算方法。

二、实验原理

通常,用电压表和电流表测量电路中的电压和电流,而电压表和电流表都有一定的内阻,分别用 R_V 和 R_A 表示。如图 1.1 所示,测量电阻 R_2 两端的电压 U_2 时,电压表与 R_2 并联,只有电压表内阻 R_V 无穷大,才不会改变电路原来的状态。如果要测量电路的电流 I ,电流表必须串入电路,要想不改变电路原来的状态,电流表的内阻 R_A 必须等于零。但实际使用的电压表和电流表一般不能满足上述要求,即它们的内阻不可能为无穷大或者为零,因此,当仪表接入电路时都会使电路原来的状态发生变化,使被测的数值与电路原来的实际值之间产生误差,这种由于仪表内阻引入的测量误差,称为方法误差。而方法误差的大小决定于仪表本身内阻的大小。

通常用下列方法测量仪表的内阻。

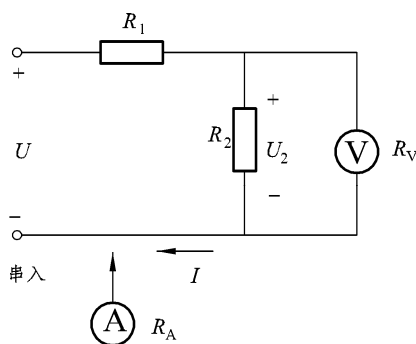


图 1.1

1. 用“分流法”测量电流表的内阻

设被测电流表的内阻为 R_A ，满量程电流为 I_m ，测试电路如图 1.2 所示。首先断开开关 S，调节恒流源的输出电流 I ，使电流表的指针达到满偏转，即 $I = I_A = I_m$ 。然后合上开关 S，并保持 I 值不变，调节电阻箱的阻值，使电流表的指针指在 1/2 满量程的位置，即 $I_A = I_R = I_m / 2$ ，则电流表的内阻 $R_A = R$ 。

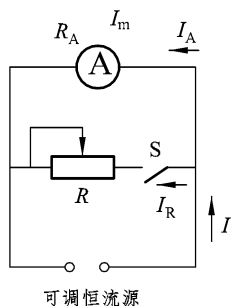


图 1.2

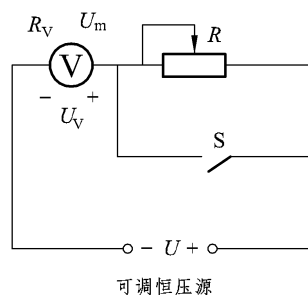


图 1.3

2. 用“分压法”测量电压表的内阻

设被测电压表的内阻为 R_V ，满量程电压为 U_m ，测试电路如图 1.3 所示。首先闭合开关 S，调节恒压源的输出电压 U ，使电压表指针达到满偏转，即 $U = U_V = U_m$ 。然后断开开关 S，并保持 U 值不变，调节电阻箱 R 的阻值，使电压表的指针指在 1/2 满量程位置，即 $U_V = U_R = U_m / 2$ ，则电压表的内阻 $R_V = R$ 。

在图 1.1 电路中，由于电压表的内阻 R_V 不是无穷大，在测量电压时引入的方法误差计算如下：

R_2 上的电压为

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

若 $R_1 = R_2$ ，则 $U_2 = \frac{U}{2}$ 。现用一内阻 R_V 的电压表来测 U_2 值，当 R_V 与 R_2 并联后，有

$$R'_2 = \frac{R_V R_2}{R_V + R_2}$$

则得

$$U'_2 = \frac{\frac{R_V R_2}{R_V + R_2}}{R_1 + \frac{R_V R_2}{R_V + R_2}} U$$

绝对误差为

$$\Delta U = U'_2 - U_2 = \left(\frac{\frac{R_V R_2}{R_V + R_2}}{R_1 + \frac{R_V R_2}{R_V + R_2}} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) U = -\frac{R_1 R_2^2}{(R_1 + R_2)(R_1 R_2 + R_2 R_V + R_V R_1)} U$$

若 $R_1 = R_2 = R_V$ ，则得 $\Delta U = -\frac{U}{6}$ 。相对误差 $\Delta U\%$ 为

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_2} \times 100\% = \frac{-U/6}{U/2} \times 100\% = -33.3\%$$

所以当电压表的内阻与被测电路的电阻相近时，测量误差是很大的。

三、实验设备

实验设备见表 1.1。

表 1.1 实验设备表

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30 V	2	
2	可调恒流源	0 ~ 200 mA	1	
3	指针式万用表		1	
4	可调电阻箱	0 ~ 9 999.9 Ω	1	DGJ-05
5	电阻器		若干	DGJ-05

四、实验内容

1. 根据“分流法”原理测定直流表的内阻

实验电路如图 1.2 所示，其中 R 为电阻箱，直流电流表量程为 0.5 mA，5 mA，电源用可调恒流源，将实验数据记入表 1.2 中。

表 1.2 电流表内阻测量数据

被测表量程 (mA)	S 断开，调节恒流源，使 $I = I_A = I_m$ (mA)	S 闭合，调节电阻 R ，使 $I_R = I_A = I_m/2$ (mA)	R (Ω)	计算内阻 R_A (Ω)
0.5				
5				

2. 根据“分压法”原理测定电压表 1 V 和 10 V 量程的内阻

实验电路如图 1.3 所示，其中 R 为电阻箱，电压表量程为 1 V，10 V，电源用可调恒压源，将实验数据记入表 1.3 中。

表 1.3 电压表内阻测量数据

被测表量程 (V)	S 闭合，调节恒压源，使 $U = U_V = U_m$ (V)	S 断开，调节电阻 R 使 $U_R = U_V = U_m/2$ (V)	R (Ω)	计算内阻 R_V (Ω)
1				
10				

3. 方法误差的测量与计算

实验电路如图 1.1 所示，其中 $R_1 = 510 \Omega$ ， $R_2 = 330 \Omega$ ，电源电压 $U = 10 \text{ V}$ 。用直流电压表 10 V 挡量程测量 R_2 上的电压 U_2 之值，并计算测量的绝对误差和相对误差，将实验数据记入表 1.4 中。

表 1.4 方法误差的测量与计算

R_V (Ω)	计算值 U_2 (V)	实验值 U'_2 (V)	绝对误差 $\Delta U = U_2 - U'_2$ (V)	相对误差 $(\Delta U / U_2) \times 100\%$

五、实验注意事项

(1) 实验台上的恒压源、恒流源可通过粗调(分段调)波段开关和细调(连续调)旋钮调节其输出量,在启动这两个电源时,先应使输出电压调节或电流调节旋钮置零位(逆时针旋到底),实验时再慢慢增大。

(2) 恒压输出不能短路,恒流输出不能开路。

(3) 电压表并联测量,电流表串联测量,同时应注意极性与量程。

六、思考题

(1) 图 1.4(a)、(b)所示为伏安法测量电阻的两种电路,被测电阻的实际值为 R ,电压表的内阻为 R_V ,电流表的内阻为 R_A ,求两种电路测电阻 R 的相对误差。

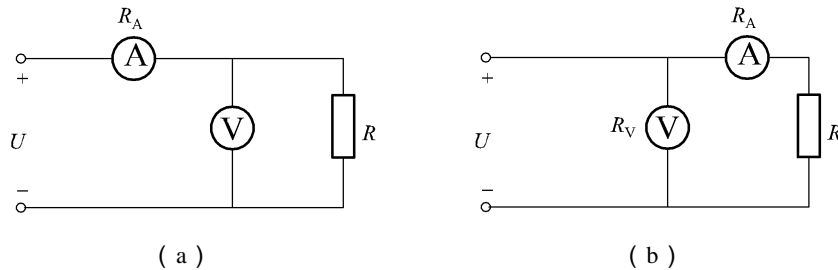


图 1.4

(2) 用量程为 10 A 的电流表测实际值为 8 A 的电流时,仪表读数为 8.1 A,求测量的绝对误差和相对误差。

七、实验报告

(1) 整理实验数据。

(2) 分析实验结果,总结应用场合。

(3) 回答思考题。

实验 2 常用仪器仪表的使用

一、实验目的

- (1) 通过本实验，大致了解示波器的工作原理，熟悉示波面板上的开关和旋钮的作用。初步学会示波器的一般使用方法。
- (2) 学习晶体管毫伏表的使用方法。
- (3) 学习信号发生器的使用方法。
- (4) 了解实验台上其他仪器仪表的功能与使用方法。

二、实验原理

- (1) 示波器是一种综合性的电信号特性测试仪。通过它可以直接显示出电信号的波形、幅值、频率以及两种同频率信号的相位差等。
- (2) 晶体管毫伏表是一种测量交流信号的专用交流电压表。其测量值为有效值，其特点是精确度高、量程范围广（ $0\sim 300\text{V}$ ）。
- (3) 信号发生器是产生各种波形的信号电源，可输出正弦波、方波、脉冲波等。信号频率和输出幅度可通过旋钮和按键调节。

三、实验设备

- (1) 示波器，1 台。
- (2) 晶体管毫伏表，1 台。
- (3) 信号发生器，1 台。

四、实验内容

(1) 熟悉示波器、晶体管毫伏表和信号发生器的各主要开关和旋钮的作用。

① 示波器置于扫描(连续)工作方式,接通电源并经预热以后,在示波器的荧光屏上调出一条水平扫描亮线来。分别旋动【聚焦】、【辅助聚焦】、【亮度】、【标尺】、【垂直位移】、【水平位移】等旋钮,体会这些旋钮的作用和对水平扫描线的影响。

② 双踪示波器的自检。将示波器面板部分的“标准信号”接口,通过测量电缆接至示波器的Y轴输入接口CH₁和CH₂,调节各旋钮,使荧光屏上显示出线条细而清晰、亮度适中的方波波形,将时间扫描旋钮及幅值扫描旋钮调到“校准”位置,从荧光屏上读出信号的频率和幅值,并与标称值作比较。

③ 把信号发生器输出调到零值位置并接至示波器的输入端,然后打开信号发生器的电源开关,预热后再给定输出电压,在示波器的荧光屏上,调出被测信号的波形来。分别调节(或转换)示波器的水平扫描系统(X通道)和垂直系统(Y通道)的各个旋钮(或开关),体会这些旋钮(或开关)的作用以及对输入信号波形的形状和稳定性的影响。分别改变信号的幅值和频率,重复调节加以体会。

(2) 用示波器测量给定信号电源的幅值和频率,把测出的频率与信号发生器的标称频率相比较。使信号发生器输出一正弦波信号,用示波器与晶体毫伏表测量其幅值,并进行换算比较。记下测量步骤和方法。

(3) 测量同频率两信号的相位差。按图 2.1 接线,由信号发生器输出一给定正弦波电压,用示波器观察电容器的端电压 u_C 和流过电容器的电流 i_C 的波形。图中 r 为电流取样电阻, i_r 的波形即表示 i_C 的波形。然后用示波器测量 u_C 和 i_C 的相位差。改变信号源频率重复测量。

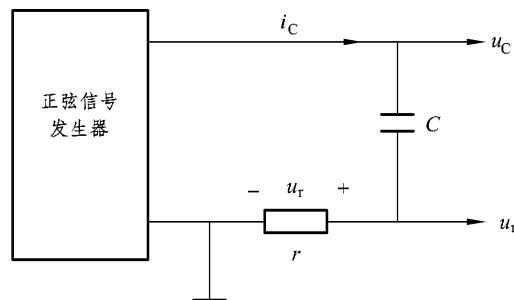


图 2.1

五、实验注意事项

(1) 在大致了解示波器、晶体管毫伏表、信号发生器的使用方法以及各旋钮和开关的作用之后,再动手操作。使用这些仪器时,旋动各旋钮和开关不要用力过猛。

(2) 用示波器观察信号发生器波形和用晶体管毫伏表测量信号发生器波形时,仪器仪表的公共地线要接在一起,以免引进干扰信号。

六、预习要求

示波器的结构较为复杂，面板上的开关和旋钮较多，而信号发生器、晶体管毫伏表又是初次接触，因此，应在仔细听取教师针对具体仪器进行的讲解和演示后，再动手操作。

七、实验报告

- (1) 记录用示波器测得的各个波形，标明被测信号的幅值和频率。
- (2) 总结用示波器测量信号电压的幅值、频率和两个同频率的信号相位差的步骤和方法。
- (3) 总结用示波器与晶体管毫伏表测幅值的区别。