

实验一 常用电工仪表的测量与误差分析

一. 实验目的

1. 掌握系统误差和随机误差的概念
2. 学会分析系统误差和随机误差的方法

二. 实验原理与说明

(一) 测量方法

根据获得测量结果的方法不同，测量可以分为两大类：直接测量和间接测量。

1. 直接测量法

直接测量法是指被测量与其单位量作比较，被测量的大小可以直接从测量的结果得出。

直接测量法又分直接读数法和比较法两种。

比较法是指测量时将测量与标准量进行比较，通过比较确定被测量的值。

间接测量法是指测量时测出与被测量有关的量，然后通过被测量与这些量的关系式，计算得出被测量。例如用伏安法测量电阻，首先测得被测电阻上的电压和电流，再利用欧姆定律求得被测电阻值。间接测量法的测量误差较大，它是各个测量仪表和各次测量中误差的综合。

(二) 测量误差

测量中，无论采用什么样的仪表，仪器和测量方法，都会使测量结果与被测量的真实值（即实际值或简称真值）之间存在着差异，这就是测量误差。测量误差可分为三类，即系统误差，偶然误差和疏忽误差。

1. 系统误差

系统误差的特点是测量结果总是向某一方向偏离，相对于真实值总是偏大或偏小，具有一定的规律性，根据其产生的原因可分为：仪表误差，理论或方法误差，个人误差。

(1) 仪表误差

由于仪表在非正常工作条件下使用而引起的误差，叫仪表的附加误差。

仪表误差有两种表示方法：

a. 绝对误差

用仪表测量一个电量时，仪表的指示值 A_x 与被测量的实际值 A_0 之差，叫绝对误差，用 Δ 表示：

$$\Delta = A_x - A_0 \quad \text{式 (1-1)}$$

绝对误差的单位与被测量的单位相同。绝对误差在数值上有正负之分。

b. 相对误差

用绝对误差无法比较两次不同测量结果的准确性，例如用电流表测量 100mA 的电流时，绝对误差为 +1mA，又若测量 10mA 电流时，绝对误差为 +0.25mA，虽然绝对误差是前者大于后者，但并不能说明后者的测量比前者准确，要使两次测量能够进行比较，必须采用相对误差。

通常把仪表的绝对误差 Δ 与被测量的实际值的比值的百分比，叫相对误差，用 γ 表示。

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad \text{式 (1-2)}$$

因为测量值 A_x 与实际值 A_0 相差不大，故相对误差也可近似表示为：

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad \text{式 (1-3)}$$

用相对误差分析上述两次测量结果：第一次测量中，被测电流的相对误差为：

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{+1}{100} \times 100\% = +1\% \quad \text{式 (1-4)}$$

第二次测量中被测电流的相对误差为：

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_2}{A_{02}} \times 100\% = \frac{+0.25}{10} \times 100\% = +2.5\% \quad \text{式 (1-5)}$$

从计算结果看出，第一次测量的绝对误差虽大，但相对误差较小，所以第一次测量比第二次测量的结果准确。

(2) 理论误差或方法误差

这是指实验本身所依据的理论和公式的近似性，或者对实验条件及测量方法考虑得不周到带来的系统误差。

(3) 测量者个人因素带来的个人误差

2. 偶然误差

偶然误差是由于某种偶然因素所造成的，其特点是在相同的测量条件下，有时偏大，有时偏小，无规律性。

疏忽误差

疏忽误差是指测量结果出现明显的错误，是由于实验者的疏忽造成读错或记错等所引起的误差。

三. 实验设备

名称	数量	型号
1. 三相空气开关	1 块	30121001
2. 多功能交直流电源	1 块	30221095
3. 电阻	2 只	1kΩ*1 15kΩ*1
4. 直流电压表、电流表	各 1 块	指针式（学校自备）
5. 短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
6. 实验用 9 孔插件方板	1 块	297mm×300mm

四. 实验步骤

1. 图1-1 接线， U_s 用直流稳压电源，取 $R_1=1K\Omega$ ， $R_2=15K\Omega$ ，测量电路中的电流 I_1 与 U_1 ，将数据填入表 1-1 内。

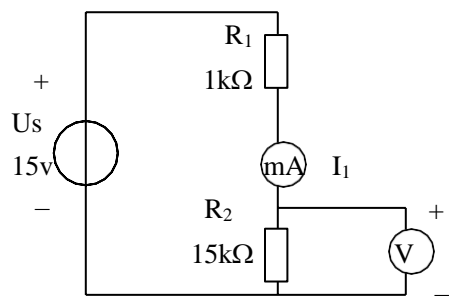


图1-1

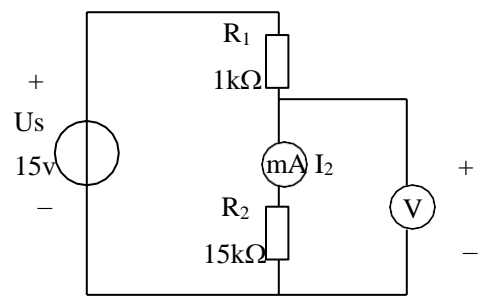


图1-2

2. 然后改动电压表正表棒按图 1-2 接线，测量电路中电流 I_2 与 U_2 ，且将数据填入表 1-1 中。
3. 然后再改变电压表正极表棒按图 1-1 接线，进行步骤 1 的测量，重复步骤 1，步骤 2 三次，共测得六组数据，分别填入表 1-1 中。
4. 通过计算，分别得出两个接线图中四个电量 I_1 、 U_1 、 I_2 、 U_2 的平均值，填入表 1-2 中。
5. 根据式（1-1）式（1-2）计算实验结果的绝对误差，相对误差，并填入表1-2。表1-1

测量误差实验数据

		1	2	3	4	5	6
图 1-1	I_1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	U_1	14.05	14.05	14.05	14.06	14.06	14.06
图 1-2	I_2	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	U_2	14.06	14.06	14.07	14.07	14.08	14.07

表 1-2 实验数据计算值

	平均值		电流绝对误差	电流相对误差	电压绝对误差	电压相对误差
图 1-1	I_1	U_1	Δ_1	γ_1	Δ_2	γ_2
	0.9	14.0525	-0.0377	-4.1%	-0.01	-0.07%
图 1-2	I_2	U_2	Δ_2	γ_2		
	0.9	14.06	-0.0375	-4%	-0.0025	-0.01%

五. 分析与讨论

1. 按接线图所示，计算电阻 R_2 上两端电压和流过电流的大小。
2. 根据表 1-2 中的数据，比较前一小题算得的数据，分析哪一种接法测得的数据更为准确，并分析解释原因，说明属于哪类误差？
3. 若要求测量电阻 R_1 两端电压，将接线图中 R_1 、 R_2 两个电阻位置互换。仍分别采用实验步骤 1、2、3 中的两种接法，对实验结果进行分析，此时哪一种接法测得的数据更准确，从而最终可以得出什么结论？

答：

1. 按照实验步骤操作连接电路，得出上表中的数据。
2. 第一个方法是电压表外接法，第二个方法是电压表内接法，电压表外接法测量的电压是实际电压，测量的电流是电压表与电阻的电流，电压表内接法电压测得的是电流表与电阻的电压，电流表测得的电流是电压表与内阻并联的电流。针对此电路，电压表产生的电流微乎其微，因此测得的电流与实际电流相差无几。这种误差属于系统误差。
3. 第一种接法更准确，因为此时电阻的所获得的电压值与电压表的量程相接近，误差较小。结论：测量电压时，应选择合适的电压表，使其值应尽量与电压表的量程接近。