

## 实验二 用惠斯通电桥测电阻

### 【实验目的】

1. 掌握惠斯通电桥测电阻的原理和方法；
2. 理解电桥灵敏度的概念；
3. 研究惠斯通电桥测量灵敏度。

### 【实验原理】

#### 1. 惠斯通电桥测电阻原理

惠斯通电桥的原理图如图 3-1 所示，它由比例臂电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和调节臂电阻  $R$  以及待测电阻  $R_X$  用导线连成的封闭四边形 ABCDA 组成，在对角线 AC 两端接电源，在对角线 BD 两端接灵敏度较高的毫伏表（或检流计）。通常将 BD 端称为桥路，四个电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R$  和  $R_X$  称为桥臂。若适当调节  $R_1$ 、 $R_2$  或  $R$  阻值，使桥路两端的电位相等，即毫伏表（或检流计）示值为零，这时称为电桥平衡。

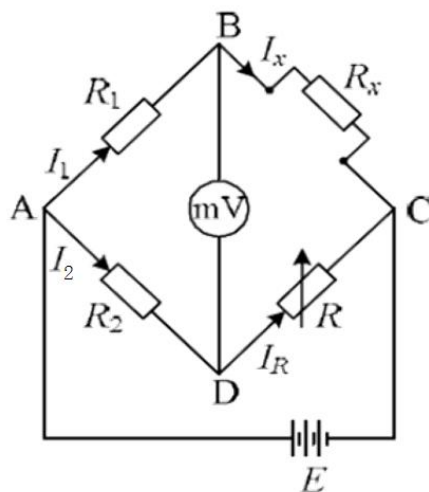


图3-1 惠斯通电桥的原理图

电桥平衡时 ( $V=0$ )，得到：

$$U_{AB} = U_{AD}, \quad U_{BC} = U_{DC}$$

$$\text{即} \quad I_1 R_1 = I_2 R_2, \quad I_X R_X = I_R R \quad (1)$$

$$\text{同时有} \quad I_1 = I_X, \quad I_2 = I_R \quad (2)$$

$$\text{由式 (1)、(2) 得到} \quad R_X = R \left( \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (3)$$

当知道 $R_1/R_2$ 的比值及电阻 $R$ 的数值后，由式（3）可算出 $R_X$ 。 $R_1/R_2$ 称为比率系数或倍率， $R$ 称为比较臂。式（3）称为电桥平衡条件。惠斯通电桥适用于测量中值电阻（ $1\Omega\sim 1M\Omega$ ）。

## 2. 惠斯通电桥灵敏度

当BD端接毫伏表，毫伏表显示为零时认为电桥平衡，但现实的问题是毫伏表的灵敏度是有限的，毫伏表所示电压为零不等于实际电压一定为零。同样的道理， $R_X = R(R_1/R_2)$ 为电桥平衡条件，由于毫伏表的灵敏度所限， $R_X$ （或 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R$ ）有一定的偏差时毫伏表仍可能指示电桥平衡。当电桥平衡时，保持3个桥臂电阻不变，1个电阻改变（假设 $R_X$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 不变， $R$ 改变 $\Delta R$ ），则电桥输出电压偏离平衡为 $\Delta U_0$ ，电桥输出电压对桥臂电阻的相对变化反应灵敏度（简称电桥相对灵敏度） $S$ 为：

$$S = \frac{\Delta U_0}{\frac{\Delta R}{R} \times 100\%}$$

与电桥灵敏度相关的物理量有：电源电压 $U_{AC}$ 、桥臂电阻 $R_1 + R_2 + R + R_X$ 、桥臂电阻分配比例 $R/R_2$ 、检测仪表的灵敏度和内阻 $R_V$ 。由理论可知：

$$S = \frac{U_{AC}}{\frac{R}{R_2} + \frac{R_2}{R} + 2 + \frac{R_1 + R_2 + R + R_X}{R_V}}$$

## 【实验仪器】

多用数字电表（1件）、直流电源（1件）、电阻箱（1件）、滑动变阻器（1件）、插件板（1件）、短路片（5片）、导线（6根）、定值电阻（多个）、待测电阻。

## 【实验内容】

1. 用数字多用电表粗测待测电阻并记录粗测值。
2. 参照图 3-1 连接电路，组成惠斯通电桥测量电阻。其中， $U_{AC}$ 取 3V。比率 $R_1/R_2$ 依次取 0.01，0.1，1，10，100，调节电阻箱 $R$ 值使电桥平衡，记录数据，计算 $R_X$ 值与电桥测量灵敏度。
3. 保持电桥桥臂电阻比值 $R/R_2$ 与电桥桥臂电阻总值 $R_1 + R_2 + R + R_X$ 不变，研究电桥测量灵敏度与电桥端电压 $U_{AC}$ 的关系。

4. 设计一种测量方法，通过一个滑动变阻器、一个电阻箱来测量未知电阻  $R_X$ 。

**【思考题】**

1. 怎样消除比例臂两只电阻不准确相等所造成的系统误差？
2. 电桥灵敏度是什么意思？如何测量电阻误差要求小于万分之五，那么电桥灵敏度应为多少？
3. 电桥灵敏度是否越高越好？灵敏度又与哪些因素有关？
4. 可否用惠斯通电桥测量电流表的内阻？
5. 通常用电桥平衡法测出电阻，若用非平衡电桥方法能测出电阻吗？如果能测，请写出具体的测量方法。