

实验三 戴维南定理和诺顿定理实验（2 学时）

1 实验目的

- (1) 验证戴维南定理
- (2) 测定线性有源一端口网络的外特性和戴维南等效电路的外特性。

2 实验原理

戴维南定理指出：任何一个线性有源一端口网络，对于外电路而言，总可以用一个理想电压源和电阻的串联形式来代替，理想电压源的电压等于原来一端口的开路电压 U_{OC} ，其电阻（又称等效内阻）等于网络中所有独立源置零时输入端等效电阻 R_{eq} ，见图 3-1。

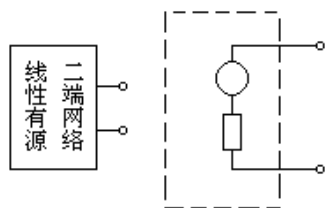


图 3-1 戴维南等效图

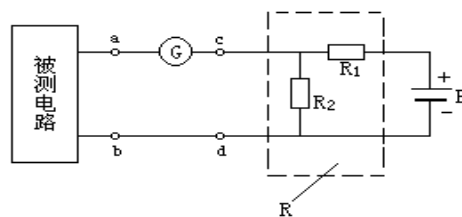


图 3-2 实验测试图

1. 开路电压的测量方法

方法一：直接测量法。当有源二端网络的等效内阻 R_{eq} 与电压表的内阻 R_v 相比可以忽略不计时，可以直接用电压表测量开路电压。

方法二：补偿法。其测量电路如图 3-2 所示，E 为高精度的标准电压源，R 为标准分压电阻箱，G 为高灵敏度检流计。调节电阻箱的分压比，c、d 两端的电压随之改变，当 $U_{cd} = U_{ab}$ 时，流过检流计 G 的电流为零，因此

$$U_{cd} = U_{ab} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} E = KE$$

式中， $K = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$ 为电阻箱的分压比。根据标准电压 E 和分压比 K 就可求得开路电

压 U_{ab} ，因为电路平衡时 $I_G = 0$ ，不消耗电能，所以此法测量精度较高。

2. 等效电阻 R_{eq} 的测量方法

对于已知的线性有源一端口网络，其输入端等效电阻 R_{eq} 可以从原网络计算得出，也可以通过实验测出，下面介绍几种测量方法：

方法一：将有源二端口网络中的独立源都去掉，在 ab 端外加一已知电压 U，测量一端

口的总电流 $I_{\text{总}}$ ，则等效电阻 $R_{\text{eq}} = \frac{U}{I_{\text{总}}}$

实际的电压源和电流源都具有一定的内阻，它并不能与店员本身分开，因此在去掉电源的同时，也把电源的内阻去掉了，无法将电源内阻保留下来，这将影响测量精度，因而这种方法只适用于电压源内阻较小和电流源内阻较大的情况。

方法二：测量 ab 端的开路电压 U_{oc} 及短路电流 I_{sc} 则等效电阻

$$R_{\text{eq}} = \frac{U_{\text{oc}}}{I_{\text{sc}}}$$

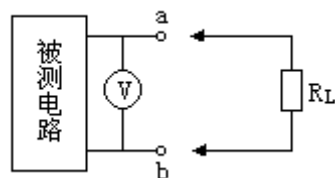


图 3-3 线性含元二端口网络等效电路

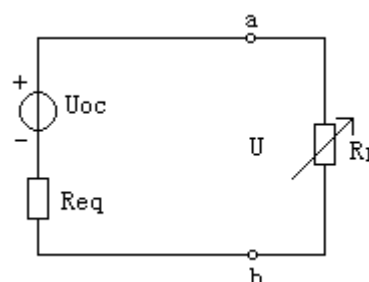


图 3-4 补偿法测量电路

这种方法适用于 ab 端等效电阻 R_{eq} 较大，而短路电流不超过额定值的情况，否则有损坏电源的危险。

方法三：两次电压测量法

测量电路如图 3-3 所示，第一次测量最 ab 端的开路 U_{oc} ，第二次在 ab 端接一已知电阻 R_L (负载电阻)，测量此时 a、b 端的负载电压 U ，则 a、b 端的有效电阻 R_{eq} 为：

$$R_{\text{eq}} = \left(\frac{U_{\text{oc}}}{U} - 1 \right) R_L$$

第三种方法克服了前两种方法的缺点和局限性，在实际测量中常被采用。

3. 如果用电压等于开路电压 U_{oc} 的理想电压源与等效电阻 R_{eq} 相串联的电路（称为戴维南等效电路，参见图 3-4 来代替原有源二端网络，则它的外特性 $U=f(I)$ 应与有源二端网络的外特性完全相同。实验原理电路见图 3-5(b)。

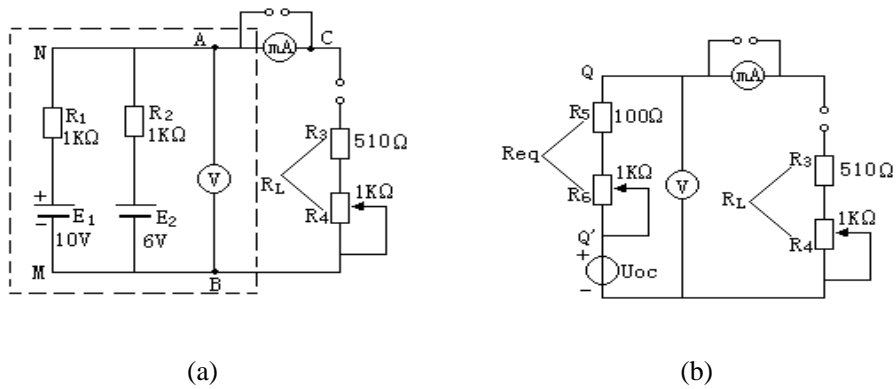


图 3-5 戴维南等效法实验电路图

在图 3-5(a)中设 $E_1=10V$, $E_2=6V$, $R_1=R_2=1K\Omega$, 根据戴维南定理将 AB 以左的电路简化为戴维南等效电路。即计算图示虚线部分的开路电压 U_{oc} , 等效内阻 R_{eq} 及 A、B 直接短路时的短路电流 I_{sc} 之值, 填入自拟的表格中。

3 仪器设备

- | | |
|---------------|----|
| 1. 模拟/数字电路实验箱 | 一台 |
| 2. 直流毫安表 | 一只 |
| 3. 数字万用表 | 一台 |

4 实验内容与步骤

1. 用戴维南定理求支路电流 I_3

测定有源二端网络的开路电压 U_{oc} 和等效电阻 R_{eq}

按图 3-5(a)接线, 经检查无误后, 采用直接测量法测定有源二端网络的开路电压 U_{oc} 。电压表内阻应远大于二端网络的等效电阻 R_{eq} 。

用两种方法测定有源二端网络的等效电阻 R_{eq}

- A. 采用原理中介绍的方法二测量:

首先利用上面测得的开路电压 U_{oc} 和预习中计算出的 R_{eq} 估算网络的短路电流 I_{sc} 大小, 在 I_{sc} 之值不超过直流稳压电源电流的额定值和毫安表的最大量程的条件下, 可直接测出短路电流, 并将此短路电流 I_{sc} 数据记入表格 3-1 中。

- B. 采用原理中介绍的方法三测量:

接通负载电阻 R_L , 调节电位器 R_4 , 使 $R_L=1K\Omega$, 使毫安表短接, 测出此时的负载端电压 U , 并记入表格 3-1 中。

表 3-1 实验结果

项目	U_{oc} (V)	U (V)	I_{sc} (mA)	R_{eq} (Ω)
数值				

取 A、B 两次测量的平均值作为 R_{eq} (I_3 的计算在实验报告中完成)

2. 测定有源二端网络的外特性

调节电位器 R_4 即改变负载电阻 R_L 之值, 在不同负载的情况下, 测量相应的负载端电压的电流, 共取五个点将数据记入自拟的表格中。测量时注意, 为了避免电表内阻的影响, 测量电压 U 时, 应将接在 AC 间的毫安表短路, 测量电流 I 时, 将电压表从 A、B 端拆除。若万用表进行测量, 要特别注意换档。

3. 测定戴维南等效电路的外特性

将另一路直流稳压电源的输出电压调节到等于实测的开路电压 U_{oc} 值, 以此作为理想电压源, 调节电位器 R_6 , 使 $R_5 + R_6 = R_{eq}$, 并保持不变, 以此作为等效内阻, 将两者串联起来组成戴维南等效电路。按图 3-5(b) 接线, 经检查无误后, 重复上述步骤测出负载电压和负载电流, 并将数据记入自拟的表格中。

5 实验报告要求

1. 应用戴维南定理, 根据实验数据计算 R_3 支路的电流 I_3 , 并与计算值进行比较。
2. 在同一坐标纸上做出两种情况下的外特性曲线, 做适当分析。判断戴维南定理的正确性。