

电路基础实验报告

实验名称: 电压源和电流源的转换

班 级: 22 材物 学 号: 22301056

姓 名: 王俊杰 合 作 者: 王慷

桌 号: 27 实验日期: 2024.5.14

1 实验目的

1. 掌握电源外特性的测试方法。
2. 验证电压源与电流源等效变换的条件。

2 实验原理

一个直流电压源在一定的电流范围内，具有很小的内阻，故在实用中，常将它视为一个理想的电压源，即其输出电压不随负载改变而变化。其外特性曲线，即伏安特性曲线 $U=f(I)$ 是一条平行于 I 轴的直线。一个电流源在一定的电压范围内，具有很大的内阻，在实用中，可视为一个理想的电流源，即其输出电流不随负载改变而变化。

理想电压源实际上是不存在的，实际电压源总具有一定的能量损失，这种实际电压源可以用理想电压源与电阻的串联组合来作为模型。其端口的电压与电流的关系为：

$$U = U_s - IR_s \quad (1)$$

式中电阻 R_s 为实际电压源的内阻，上式的关系曲线如图 3-2 所示。显然实际电压源的内阻越小，其特性越接近理想电压源。同样，一个实际电流源可用电流源和一个大电阻的并联组合来作为模型。

一个实际的电源，就其外部特性而言，既可以看成是一个电压源，又可以看成是一个电流源。若视为电压源，则可用一个理想的电压源 U_s 与一个电阻 R_o 相串联的组合来表示；若视为电流源，则可用一个理想电流源 I_s 与一电导 G_o 相并联的组合来表示。如果这两种电源能向同样大小的负载供出同样大小的电流和端电压，则称这两个电源是等效的，即具有相同的外特性。一个电压源与一个电流源等效变换的条件为： $I_s = U_s/R_o$ ，或 $U_s = I_s R_o$ 。

3 实验仪表

RIGOL DM3058 万用表、RIGOL DP832 直流稳压电源、电路分析实验箱、导线若干。

4 实验内容及实验数据

4.1 测定电压源的外特性

4.1.1 测定理想电压源的外特性

调节直流稳压电源输出电压 $U = 6\text{V}$ ，使 R_L 分别等于 600Ω 、 500Ω 、 400Ω 、 300Ω 、 200Ω 、 100Ω ，将相应的电压、电流数值记入表 1 中。

表 1: 理想电压源测量数据

| $R_L(\Omega)$ | 开路 | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
|----------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $U(\text{V})$ | 6 | 5.984 | 5.950 | 5.946 | 5.950 | 5.967 | 5.947 |
| $I(\text{mA})$ | 0 | 10.03 | 11.67 | 14.69 | 19.91 | 29.15 | 58.09 |

4.1.2 测定实际电压源的外特性

首先选取一个 $51\ \Omega$ 的电阻，作为电压源的内阻与电压源串联组成一个实际电压源模型，其中负载电阻仍然取 $600\ \Omega$ 、 $500\ \Omega$ 、 $400\ \Omega$ 、 $300\ \Omega$ 、 $200\ \Omega$ 、 $100\ \Omega$ ，将相应的电压、电流数值记入表 2 中。

表 2: 实际电压源测量数据

| $R_L(\Omega)$ | 开路 | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
|---------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $U(V)$ | 6 | 5.517 | 5.431 | 5.309 | 5.117 | 4.774 | 3.973 |
| $I(mA)$ | 0 | 9.254 | 10.92 | 13.33 | 17.12 | 23.87 | 39.63 |

4.2 测定电流源的外特性

4.2.1 测定理想电流源的外特性

设置稳压电源为恒流源模式，电流为 20 mA ，使负载 R_L 分别为 $600\ \Omega$ 、 $500\ \Omega$ 、 $400\ \Omega$ 、 $300\ \Omega$ 、 $200\ \Omega$ 、 $100\ \Omega$ 、 $0\ \Omega$ ，将相应的电压、电流数值记入表 3 中。

表 3: 理想电流源测量数据

| $R_L(\Omega)$ | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 | 0 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $U(V)$ | 20.15 | 19.83 | 19.83 | 19.75 | 19.72 | 19.73 | 19.74 |
| $I(mA)$ | 11.98 | 9.85 | 7.88 | 5.89 | 3.88 | 1.95 | 0 |

4.2.2 测定实际电流源的外特性

$R_s = 1\text{ k}\Omega$ ，设置稳压电源为恒流源模式，电流为 20 mA ，使负载 R_L 分别为 $600\ \Omega$ 、 $500\ \Omega$ 、 $400\ \Omega$ 、 $300\ \Omega$ 、 $200\ \Omega$ 、 $100\ \Omega$ 、 $0\ \Omega$ ，将相应的电压、电流数值记入表 4 中。

表 4: 理想电流源测量数据

| $R_L(\Omega)$ | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 | 0 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $U(V)$ | 20.15 | 19.83 | 19.83 | 19.75 | 19.72 | 19.73 | 19.74 |
| $I(mA)$ | 11.98 | 9.85 | 7.88 | 5.89 | 3.88 | 1.95 | 0 |

4.3 测定电源等效变换的条件

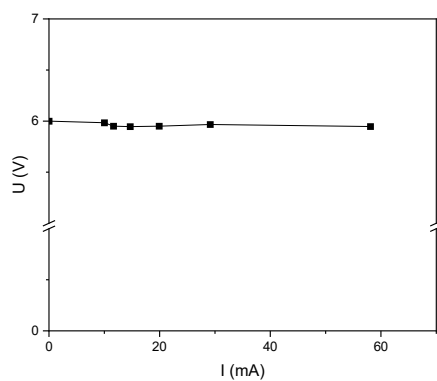
表 5: 等效变换条件测量

| | |
|------------------------|-------|
| 电流源供电时 $U(V)$ | 1.92 |
| 电流源供电时 $I(mA)$ | 9.58 |
| 保持读数不变时所需的电压源 $U_s(V)$ | 2.452 |

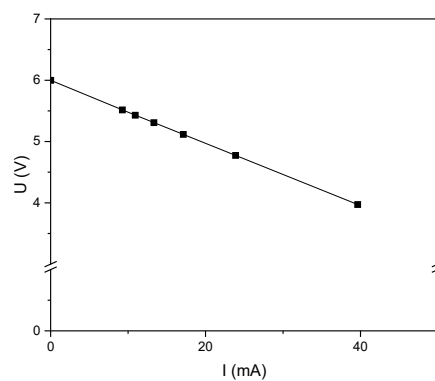
5 实验结果与分析

5.1 电源特性曲线

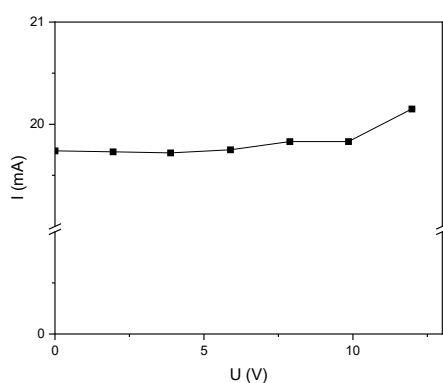
将电源外特性测量结果绘制为特性曲线，如图 1 所示。可以看出实际的电源的特性曲线接近一条直线且斜率为负数。



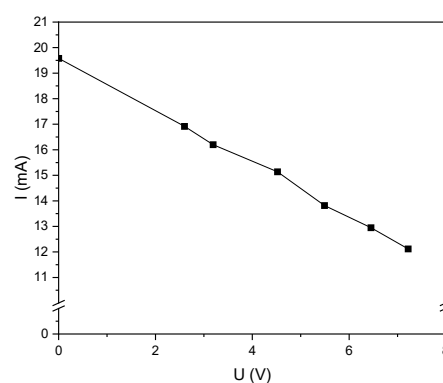
(a) 理想电压源的特性曲线



(b) 实际电压源的特性曲线



(c) 理想电流源的特性曲线



(d) 实际电流源的特性曲线

图 1: 电源特性曲线

5.2 电源等效变换的条件

根据电源等效变换的公式可计算出

$$U'_s = I_s R_s = 50 \text{ mA} \times 51 \Omega = 2.55 \text{ V} \quad (2)$$

实际测量的相对误差

$$E = \frac{|U_s - U'_s|}{U'_s} \times 100\% = \frac{|2.55 - 2.452|}{2.55} \approx 3.84\% \quad (3)$$

6 实验心得

这次实验设计了几个电路测量电源的外特性，并且验证了电源等效变换的条件。在实际操作中，观察到了由于仪器误差和连接电阻带来的微小偏差，但总体上实验结果符合理论预期。这些实验加深了我对实际电源的理解。

7 原始数据

