

实验三 电源的等效变换和等效电源定理

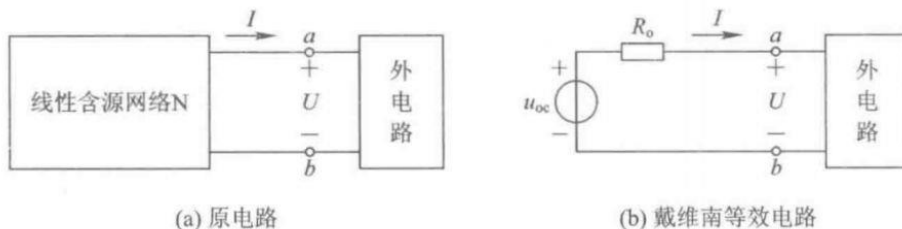
姓名：夏卓 学号：2020303245

一、实验任务

- (1) 利用戴维南定理把虚线框出部分的电路化简，并验证等效电路的正确性。
- (2) 用直接测量法测量等效电源内阻。
- (3) 从半偏法、开路短路法、二次测量法中选一种方法测内阻，与直接测量法比较。
- (4) 验证戴维南等效电路的正确性，记录数据，画出曲线，分析结果。

二、实验原理

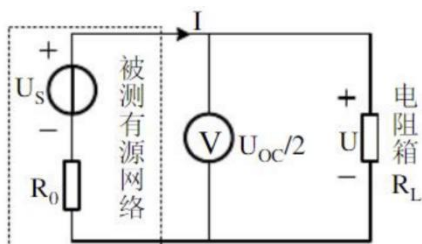
1、戴维南定理：任何一个线性有源单口网络，对外电路来说，都可以用一个电压源 u_{oc} 和一个电阻 R_0 的串联组合来等效代替。其中，电压源的电压等于线性有源单口网络的开路电压 u_{oc} ；电阻 R_0 为含源单口网络的内阻，也称为输出电阻，数值上等于线性有源单口网络除源后的输入电阻。



2、测量方法：

(1) 直接测量法：将内电源置零后（电流源开路，电压源短路），直接用万用表测量电路内阻，此方法适用于电压源内阻很小，恒流源内阻很大的网络。

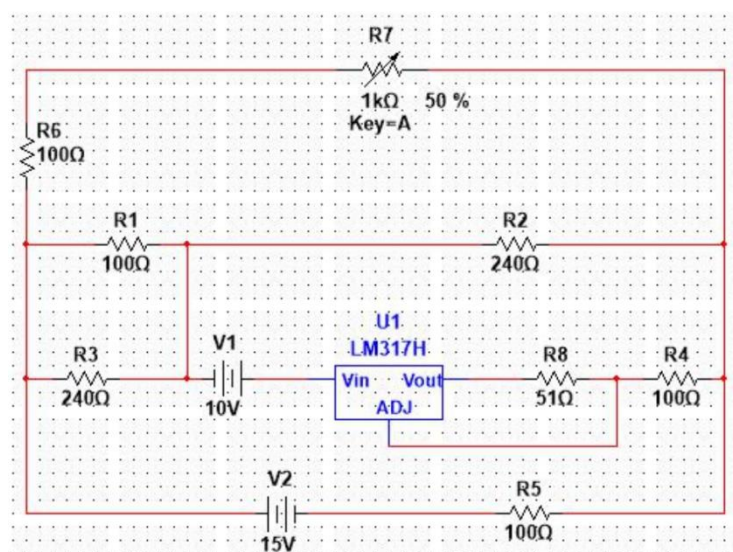
(2) 半偏法：先测开路电压 u_{oc} ，再接入一个电阻 R_L ，调整 R_L 的值，使负载电压变为开路电压的一半，此时 R_L 的阻值即为被测有源单口网络的等效内阻 R_0 的值。



(3) 开路短路法：测量有源单口网络的开路电压 u_{oc} 和短路电流 I_{sc} ，则有 $R_0 = u_{oc} / I_{sc}$ 。注意：使用此方法时需要保证等效内阻较大， I_{sc} 不会超过电源电流额定值，否则将其输出端口短路可能会烧毁电源、损坏内部元件。

(4) 二次测量法：先测开路电压 u_{oc} ，再把已知电阻 R_L 接入端口，测量 u_L ，则有 $R_0 = (u_{oc} - u_L) * R_L / u_L$ 。

三、实验电路方案



四、测试与分析

1. 测试用仪器

仪器名称	数量
直流稳压电源	2
面包板	1
万用表	1
电阻箱	1
LM317 模块	1
51 Ω 电阻	2
100 Ω 电阻	5
240 Ω 电阻	3

510 Ω 电阻	1
1000 Ω 电阻	1
导线	若干

2. 测试步骤

(1) 按电路原理图正确连接电路。

(2) 调节外电阻阻值，分别测出外电阻为 51 Ω 、100 Ω 、240 Ω 、510 Ω 、1000 Ω 时外电阻两端的电压与流过的电流，记录数据。

(3) 断开外接电阻，将内电源置零，用直接测量法测量等效电源内阻。

(4) 重新连接好内电路，使用开路短路法测量等效电源电阻与开路电压，并与直接测量法比较。

(5) 将电阻箱调至实际测量的电路等效内阻值，并串联一个电压为电路开路电压的电压源得到戴维南等效电路，分别外接阻值为 51 Ω 、100 Ω 、240 Ω 、510 Ω 、1000 Ω 的电阻，测量其电压与电流，记录数据。

(6) 根据实验数据表，分别画出 U-I 关系图线，对两图表进行对比分析，验证戴维南定理的正确性。

3. 数据记录

(1) 原电路

负载电阻 R/ Ω	51	100	240	510	1000
实际电阻 R/ Ω	50.86	97.55	238.8	503.7	979.8
电压 U_1 /V	2.233	3.562	5.692	7.325	8.325
电流 I_1 /mA	44.34	36.05	23.74	14.46	8.47

(2) 等效电路

负载电阻 R/ Ω	51	100	240	510	1000
实际电阻 R/ Ω	50.86	97.55	238.8	503.7	979.8
电压 U_2 /V	2.180	3.533	5.586	7.195	8.218
电流 I_2 /mA	42.74	35.08	23.42	14.25	8.38

(3) 直接法测等效电源内阻：174.42Ω

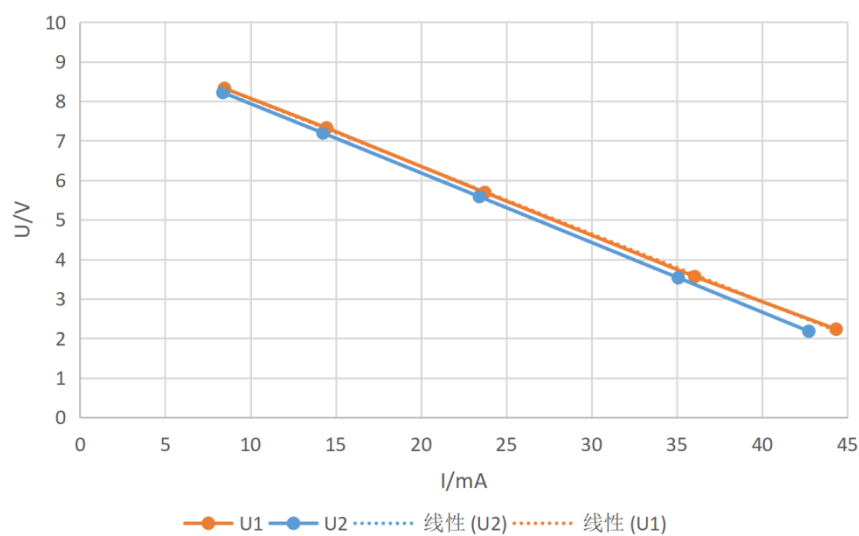
(4) 开路短路法测等效电源电阻：

短路电流：57.53mA 开路电压：9.805V

故等效电源内阻为 170.43Ω

4. U-I 曲线图

U-I曲线图



5. 计算结果与结论

(1) 电压相对误差：

$$U_1 = |2.233 - 2.180| / 2.180 \times 100\% = 2.4\%$$

$$U_2 = |3.562 - 3.533| / 3.533 \times 100\% = 0.8\%$$

$$U_3 = |5.692 - 5.586| / 5.586 \times 100\% = 1.9\%$$

$$U_4 = |7.325 - 7.195| / 7.195 \times 100\% = 1.8\%$$

$$U_5 = |8.325 - 8.218| / 8.218 \times 100\% = 1.3\%$$

(2) 电流相对误差：

$$I_1 = |42.97 - 43.01| / 43.01 \times 100\% = 0.09\%$$

$$I_2 = |35.63 - 35.72| / 35.72 \times 100\% = 0.25\%$$

$$I_3 = |24.50 - 24.60| / 24.60 \times 100\% = 0.4\%$$

$$I_4 = |14.13 - 14.21| / 14.21 \times 100\% = 0.56\%$$

$$I_5 = |8.31 - 8.33| / 8.33 \times 100\% = 0.24\%$$

由此可知，在误差允许范围内，戴维南等效电路与实际电路对外电路来讲是等效的，即验证了戴维南定理的正确性。

五、分析与结论

各种实验方法测量内阻的优缺点及误差来源：

1. 直接测量法在实验时对原电路的改造大，但相对来说误差较小；
2. 半偏法实验过程复杂，但由于使用参数扫描，可以控制到需要的精度，误差最小，误差主要来源于电表的内阻的影响。
3. 开路短路法对原电路改动小，实验步骤简单，但如果单口网络的内阻很小，短路时易烧坏其内部元件，误差来源于电表内阻的影响。
4. 二次测量法同样对原电路改动小，实验步骤简单，误差较小，主要来源于电表内阻的影响。

预习实验四 功率因数的提高

一、功率因数提高的意义

1. 当负载功率 P 一定，并且电压 U 给定时，功率因数越大，则电流 I 就越小，从而消耗在传输线上的功率就越小，因此可以减少线路损耗。
2. 电流减小，可以使得导线更细一点，从而不仅节约了材料，而且降低了传输电能的设备和线路的要求。
3. 提高功率因数可以降低无功功率，提高供电设备的利用率。
4. 提高功率因数还可以保证负载端的电压，提高供电质量。

二、功率因数提高的原理

物理角度：因为感性无功功率 Q_L 与容性无功功率 Q_C 相互补偿，所以若在感性负载（用电负载多为感性）上并联一个适当的电容，则使负载所需的无功功率部分或全部由电容补偿，从而减少或消除了由电源供给的无功功率，且不影响负载

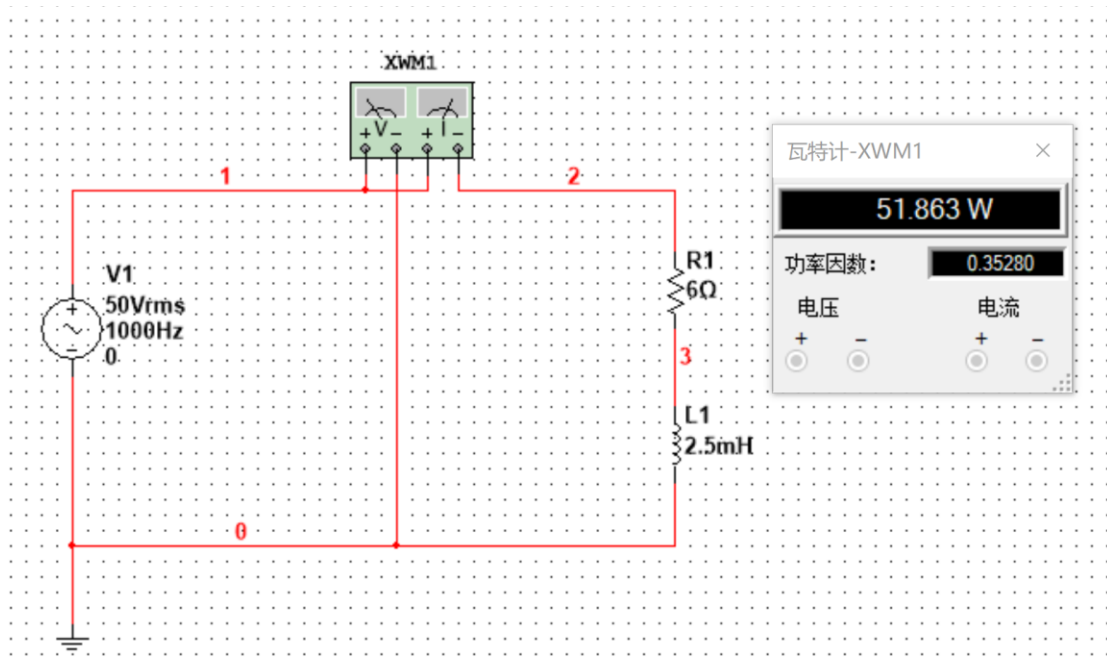
有功功率，达到提高功率因数的目的。

数学角度：由 $S^2 = P^2 + Q^2$ 可知，要使得有功功率 P 增大，在 S 不变的情况下，可使无功功率 Q 减小，即努力减小电路的无功功率，提高有功功率的占比。

三、功率因数提高的方法

提高功率因数主要是通过减小无功功率，降低电流与电压之间的相位差来实现的；如果是电感电路，可以通过并联电容的方法，降低电流与电压之间的相位差；如果是电容电路，可以通过并联电感的方法，降低电流与电压之间的相位差。

四、设计电路



由瓦特表读数可知，电路功率 $P=51.863\text{W}$ ，功率因数为 $\cos \phi = 0.35280$