

电路基础实验报告

实验名称: 戴维南定理和诺顿定理

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: 2024.5.21

1 实验目的

1. 加深对戴维南定理和诺顿定理的理解。
2. 学习戴维南等效参数的各种测量方法。
3. 理解等效置换的概念。
4. 学习直流稳压电源、万用表、直流电流表和电压表的正确使用方法。

2 实验原理

2.1 戴维南定理

戴维南定理是指一个含独立电源、线性电阻和受控源的一端口，对外电路来说，可以用一个电压源和一个电阻的串联组合来等效置换。此电压源的电压等于该端口的开路电压 U_{OC} ，而电阻等于该端口的全部独立电源置零后的输入电阻，如图 1 所示。这个电压源和电阻的串联组合称为戴维南等效电路。等效电路中的电阻称为戴维南等效电阻 R_{eq} 。

所谓等效是指用戴维南等效电路把有源一端口网络置换后，对有源端口（1-1'）以外的电路的求解是没有任何影响的，也就是说对端口 1-1' 以外的电路而言，电流和电压仍然等于置换前的值。外电路可以是不同的。

2.2 诺顿定理

诺顿定理是戴维南定理的对偶形式，它指出一个含独立电源、线性电阻和受控源的一端口，对外电路来说，可以用一个电流源和电导的并联组合来等效置换，电流源的电流等于该一端口的短路电流 I_{SC} ，而电导等于把该一端口的全部独立电源置零后的输入电导 $G_{eq} = \frac{1}{R_{eq}}$ ，见图 1。

戴维南—诺顿定理的等效电路是对外部特性而言的，也就是说不管是时变的还是定常的，只要含源网络内部除独立的电源外都是线性元件，上述等值电路都是正确的。

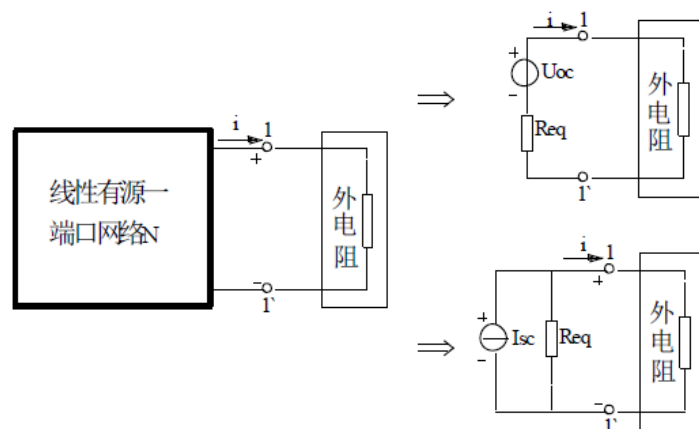


图 1: 一端口网络的等效置换

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

1. 计算与测量有源一端口网络的开路电压、短路电流
 - (a) 计算有源一端口网络的开路电压 U_{OC} 、短路电流 I_{SC} 。结果记入表 1 中。
 - (b) 测量有源一端口网络的开路电压 U_{OC} ，可采用以下几种方法：
 - i. 直接测量法。
 - ii. 间接测量法。又称补偿法，分为补偿法一、补偿法二、补偿法三。
2. 计算与测量有源一端口网络的等效电阻 R_{eq}
 - (a) 计算有源一端口网络的等效电阻 R_{eq} 。当一端口网络内部无源时（把双刀双投开关 K1 合向短路线），计算有源一端口网络的等效电阻 R_{eq} 。把计算结果记入表 1 中。
 - (b) 测量有源一端口网络的等效电阻 R_{eq} 。可根据一端口网络内部是否有源，分别采用如下方法测量：
 - i. 开路电压、短路电流法。
 - ii. 伏安法。
 - iii. 半流法。
 - iv. 半压法。
 - v. 直接测量法。
3. 验证戴维南定理，理解等效概念
4. 验证诺顿定理，理解等效概念

5 实验结果与分析

5.1 实验结果

实验结果如表 1-5 所示。

表 1: 戴维南等效参数计算

参数	计算值
U_{OC}	4 V
I_{SC}	20 mA
R_{eq}	200 Ω

表 2: 等效电压源电压 U_{OC} 测量结果

方法	$U_{OC}(V)$
直接测量	4.060
补偿法之一	4.000
补偿法之二	4.061
补偿法之三	4.060

5.2 分析

测量等效电阻时的不同方法相比，半流法和单臂电桥法测量的电阻与其他数据相差较大，可能是因为电流表在测量时量程一直自动变化导致的误差较大。

根据表 4、5 的数据可以看出，等效电路的外特性与原网络的外特性几乎相同，在一定程度上验证了戴维南—诺顿定理。

表 3: 戴维南等效电阻 R_{eq} 计算

采取方法	测量值 (Ω)
开路电压、 短路电流法	199.7
伏安法	200.06
半流法	214
半压法	199.7
万用表	199.135
单臂电桥	228.7

表 4: 验证戴维南定理

电路	$U_{R6}(V)$	$I_{R6}(mA)$
等效电路	1.349	13.59
原 N 网络	1.282	12.89

表 5: 验证诺顿定理

电路	$U_{R6}(V)$	$I_{R6}(mA)$
等效电路	1.310	13.26
原 N 网络	1.282	12.89

5.3 误差分析

1. 万用表在测量电阻时会有内部电阻，这个电阻值会对测量结果产生影响，特别是在测量较小阻值时。
2. 选择不当的测量范围也可能导致误差，如果选择的范围过大，测量会不准确；如果选择的范围过小，则可能会损坏仪器或导致不准确的读数。此次实验量程为自动确定，不能确定是否选到了合适的量程。
3. 温度、湿度等环境因素也会对测量结果产生影响。
4. 元件长时间摆放导致内部结构发生变化，导致实际值发生变化。

6 思考题

6.1 用开路电压、短路电流法测量等效电阻时，开路电压、短路电流是否可以同时进行测量，为什么？

不能，因为接入电流表测量短路电流时，该电路就无法测量开路电压了。

7 实验心得

此次实验验证戴维南—诺顿定理，在实际操作中，观察到了由于仪器误差和连接线电阻带来的微小偏差，但总体上实验结果符合理论预期。这些实验不仅加深了我对戴维南—诺顿定理的理解，也提升了在实际电路中应用戴维南—诺顿定理的能力。

8 原始数据

王俊杰 22301056 2024.5.21
实验五 戴维南定理和诺顿定理实验记录表

表1 戴维南等效参数计算

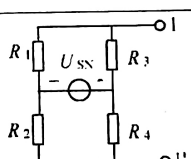
序号	计 算	有源一端口电路参数
1	$U_{oc}=U_{11'}$ 4 V	 <p> $U_{SN}=12V$ $R_1=120\Omega$ $R_2=360\Omega$ $R_3=240\Omega$ $R_4=180\Omega$ </p>
2	$I_S=I_{11'}$ 20 mA	
3	$R_{eq}=R_{11'}$ 200 Ω	

表2 等效电压源电压 U_{oc} 测量结果

序号	采取方法	U_{oc} (V)	条 件 说 明
1	直接测量	4.06	N 网络有源 $U_{SN}=12V$
2	补偿法之一	4	N 网络有源, 外加电源 U_s 电压从 1V 增加到 1、2 两端等电位时 (发光管不亮)
3	补偿法之二	4.061	N 网络有源, 外加电源 U_s 电压从 1V 增加到 1、2 两端等电位时 (电压表指 0)
4	补偿法之三	4.060	N 网络有源, 外加电源 U_s 电压从 1V 增加到 1、2 两端等电位时 (电流表或检流计指 0)

表 3 戴维南等效电阻 R_{eq} 测量 (计算) 结果

序号	采取方法		测量 (计算) R_{eq}	条 件 说 明
1	开路电压、 短路电流法		$U_{oc}=4.06V$, $I_{sc}=20.33mA$ $R_{eq}=U_{oc}/I_{sc}=199.7\Omega$	N 网络有源 $U_{SN}=12V$
2	伏安法		$U_s=10.00V$, $I_{s2}=49.99mA$ $R_{eq}=U_s/I_{s2}=200.06\Omega$	N 网络无源 外加电源 $U_s=10V$
3	半流法		$R_{eq}=R_s=200\Omega$	N 网络无源 外加电源 $U_s=10V$
4	半压法		$R_{eq}=R_w=199.7\Omega$	N 网络无源 外加电源 $U_s=10V$
5	直 接 测	万用表	$R_{eq}=199.13\Omega$	N 网络无源
6		单臂电桥	$R_{eq}=200.7\Omega$	N 网络无源 (自备仪器)

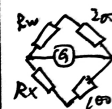


表 4 验证戴维南定理

序号	电 路	外接负载 (Ω)	测量负载电压、电流	
			U_{R6} (V)	I_{R6} (mA)
1	戴维南等效电路电压源 U_{oc} 串 R_{eq} $U_{oc}=3.9V$, $R_{eq}=200\Omega$	100 Ω	1.349	13.59
2	原 N 网络有源 $U_{SN}=12V$ 网络端口 1-1' 外接	100 Ω	1.282	12.89
3	比较 1、2 测量结果 进行说明			

表 5 验证诺顿定理

序号	电 路	外接负载 (Ω)	测量负载电压、电流	
			U_{R6} (V)	I_{R6} (mA)
1	诺顿等效电路电流源 I_{sc} 并 R_{eq} $I_{sc} = 18.8\text{mA}$, $R_{eq} = 200\Omega$	100Ω	1.31	13.26
2	原 N 网络有源 $U_{SN} = 12\text{V}$ 网络端口 1-1' 外接	100Ω	1.282	12.89
3	比较 1、2 测量结果 进行说明			