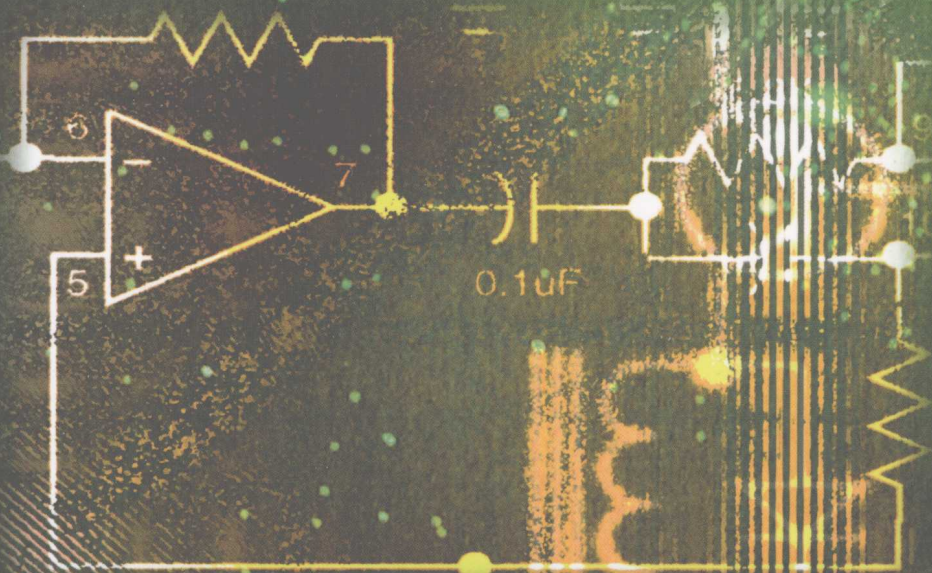


■ 高等学校理工科电子信息类规划教材

电 工 学 实 验 教 程

ELECTROTECHNICS EXPERIMENT

杨冶杰 主编



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

■ 高等学校理工科电子信息类规划教材

电工学实验教程

ELECTROTECHNICS EXPERIMENT

主编 杨冶杰

编者 穆 克 赵 强

李 敏 单海鸥



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验教程 / 杨冶杰主编. —大连:大连理工大学出版社, 2007. 6

ISBN 978-7-5611-3620-1

I. 电… II. 杨… III. 电工学—实验—教材 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 077500 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm	印张:9.5	字数:209 千字
2007 年 6 月第 1 版		2007 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:梁 锋 范业婷	责任校对:宜 呈
封面设计:宋 蕾	

ISBN 978-7-5611-3620-1

定 价:13.00 元

前 言

本教材是根据高等院校非电类专业的本科课程教学大纲,依据当前的实验设备条件,结合多年的教学实际并吸取各学校在电工学实验方面的经验编写而成的,对以往所用教材的体系结构和内容进行了调整、完善与扩充。本书旨在进一步巩固基本理论知识并用来指导实践,帮助学生掌握基本实验技能、提高综合应用能力和设计能力,加强学生的工程实践能力和培养严谨的科学作风。

本书在内容安排上尽量做到由浅入深、循序渐进,在保证基础实验的同时,强调实用性、增加灵活性、注重工程实际和先进性。保留了经典的实验内容,以巩固基础,培养学生的基本实验技能;增加综合性、设计性实验内容,以培养学生的综合应用能力、工程设计能力和探索创新精神。

全书共有电工基础实验、电机控制电路实验、模拟电子技术实验和数字电子技术实验以及附录 5 部分内容。在内容选择上具有一定的深度和广度。指导教师在使用时可根据教学要求对实验内容进行选择,同样的题目既可以在实验装置上实现,又可以用计算机进行仿真实验。

本书电工基础实验部分由杨冶杰、单海欧编写;数字电子技术实验及附录部分由杨冶杰、李敏编写;电机控制电路实验、模拟电子技术实验部分由穆克、赵强编写。全书由杨冶杰统稿并最后定稿。

辽宁石油化工大学许忠仁教授、大连理工大学张莉副教

授审阅了全书,并对教材的体系和内容提出了许多宝贵意见和建议。本书得到了辽宁石油化工大学教务处及电工电子教学系老师的大力帮助与支持。在此表示感谢。

由于作者的水平有限,本书的缺点和不足在所难免,敬请相关专家学者指正,也请同学们提出意见,以达到教学相长的目的。大家有任何意见或建议,请通过以下方式与我们联系:

邮箱 jcf@dutp.cn

电话 0411-84707962; 84708947

编 者
2007 年 5 月

目 录

实验 1	基尔霍夫定律和叠加定理 / 1
实验 2	电源等效及戴维南定理验证 / 5
实验 3	典型电信号的观察与测量 / 12
实验 4	一阶电路的响应测试 / 15
实验 5	三表法测量元件的交流等效参数 / 19
实验 6	设计日光灯电路并提高功率因数 / 23
实验 7	串联谐振与频率特性 / 27
实验 8	三相电路 / 31
实验 9	互感电路测量 / 38
实验 10	三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制 / 42
实验 11	三相鼠笼式异步电动机正反转控制 / 46
实验 12	晶体管共射极单管放大器 / 50
实验 13	差动放大器 / 59
实验 14	负反馈放大器 / 64
实验 15	集成运算放大器的基本运算电路 / 68
实验 16	电压比较器 / 74
实验 17	波形发生器 / 78
实验 18	基本逻辑门及其应用 / 82
实验 19	集电极开路门电路及三态门电路的研究 / 86
实验 20	用小规模集成电路进行组合逻辑电路设计实验 / 92
实验 21	组合电路设计——译码器、数据选择器应用 / 96
实验 22	触发器及其应用 / 100
实验 23	计数器及其应用 / 103
实验 24	555 定时器应用电路 / 108
附录	
附录 1	DGJ-3 型电工技术实验装置说明书 / 111
附录 2	基本实验技术 / 122
附录 3	常用电子元器件 / 136
参考文献	/ 145

实验 1 基尔霍夫定律和叠加定理

【实验目的】

- (1) 验证基尔霍夫定律和叠加定理,加深对基尔霍夫定律和叠加定理的理解。
- (2) 学会用电流插头、插座测量各支路电流。

【实验原理】

1. 基尔霍夫定律是电路的基本定律。测量某电路的各支路电流及每个元件两端的电压,应能分别满足基尔霍夫电流定律(KCL)和电压定律(KVL)。即对电路中的任一节点而言,应有

$$\sum I = 0$$

对任何一个闭合回路而言,应有

$$\sum U = 0$$

2. 在线性网络中,多个激励同时作用时的总响应等于每个激励单独作用时引起的响应之和。所谓某一激励单独作用,就是除了该激励外,其余激励为零值。为零值的激励若是电压源,则相应的电压源处用短路替代;若为电流源,则在相应的电流源处用开路替代,而它们的内阻或内电导必须保留在原电路中。

3. 线性电路的齐次性是指当激励信号(某独立源的值)增加或减小 K 倍时,电路的响应(即在电路其他各电阻元件上所建立的电流和电压值)也将增加或减小 K 倍。

运用上述定律时必须注意各支路或闭合回路中电流的正方向,此方向可预先任意设定。

【实验仪器与设备】

实验仪器与设备见表 1-1。

表 1-1

实验仪器与设备

序号	名称	型号与规格	数量
1	电工技术实验装置	DGJ-3	1
2	直流稳压电源	+6 V, +12 V	1
3	直流数字电压表		1
4	直流数字毫安表		1

【实验内容与步骤】

实验线路如图 1-1 所示,用 DGJ-3 型电路原理实验箱验证基尔霍夫定律和叠加原理。

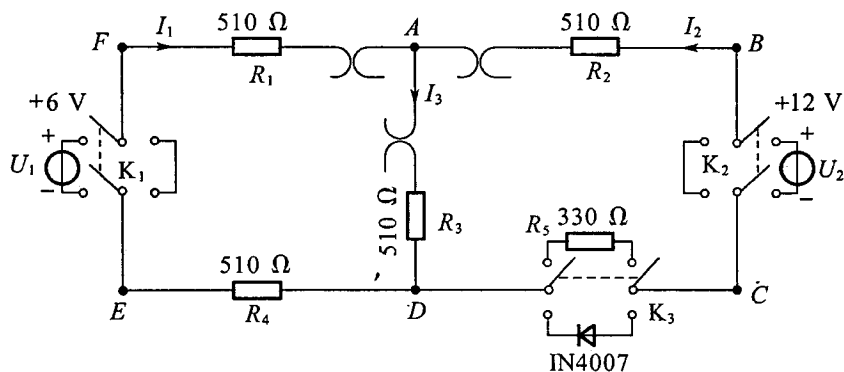


图 1-1 验证基尔霍夫定律/叠加原理电路

1. 基尔霍夫定律

(1) 实验前先任意设定 3 条支路和 3 个闭合回路的电流正方向(参考方向)。图 1-1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 的方向已设定。

(2) 同时将两路直流稳压源接入电路, 令 $U_1 = 6\text{ V}$, $U_2 = 12\text{ V}$ 。

(3) 熟悉电流表的结构, 将电流表插头的两端接至数字毫安表的“+、-”两端。

(4) 将电流表分别接入 3 条支路的 3 个电流测量端, 读出电流值并记入表 1-2 中。

(5) 用直流数字电压表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值, 数值记入表 1-2 中。

表 1-2

测量项目	计算值	测量值	相对误差
I_1/mA			
U_{FA}/V			
I_2/mA			
U_{AB}/V			
I_3/mA			
U_{AD}/V			
U_1/V			
U_{CD}/V			
U_2/V			
U_{DE}/V			

2. 叠加原理

实验线路如图 1-1 所示, 参考方向在图中已设定。

(1) 将两路稳压源的输出分别调节为 12 V 和 6 V, 接入 U_1 和 U_2 处。

(2) 令 U_1 电源单独作用(将开关 K_1 投向 U_1 侧, 开关 K_2 投向短路侧)。用直流数字

电压表和毫安表(接电流插头)测量各支路电流及各电阻元件两端的电压,数据记入表1-3中。

(3)令 U_2 电源单独作用(将开关 K_1 投向短路侧,开关 K_2 投向 U_2 侧),重复实验步骤(2)的测量和记录,数据记入表1-3中。

(4)令 U_1 和 U_2 共同作用(开关 K_1 和 K_2 分别投向 U_1 和 U_2 侧),重复上述的测量和记录,数据记入表1-3中。

(5)将 U_2 的数值调至+12 V,重复实验步骤(3),数据记入表1-3中。

表 1-3

测量项目	U_1 单独作用	U_2 单独作用	U_1 、 U_2 共同作用	$2U_2$ 单独作用	$\frac{1}{2}U_2$ 单独作用
U_1 /V					
U_2 /V					
I_1 /mA					
I_2 /mA					
I_3 /mA					
U_{AB} /V					
U_{CD} /V					
U_{AD} /V					
U_{DE} /V					
U_{FA} /V					

【注意事项】

(1)实验前认真预习教材有关章节,实验中要特别注意人身安全,不可用手直接接触通电线路的裸露部分,以免触电。

(2)所有需要测量的电压值均以电压表测量的读数为准。 U_1 、 U_2 也需测量,不应取电源本身的显示值。

(3)防止稳压电源两个输出端碰线短路。

(4)用指针式电压表或电流表测量电压或电流时,如果仪表指针反偏,则必须调换仪表极性,重新测量。此时指针正偏,可读得电压或电流值。若用数字电压表或电流表测量,则可直接读出电压或电流值。但应注意,所读得的电压或电流值的正、负号应根据设定的电流参考方向来判断。

【预习与思考】

(1)预习基尔霍夫定律、叠加定理有关内容。

(2)叠加定理在非线性电路中成立吗?

(3)根据图 1-1 的电路参数,计算出待测的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 和各电阻上的电压值,记入表中,以便实验测量时,可正确地选定毫安表和电压表的量程。

(4)实验中,若用指针式万用表直流毫安挡测量各支路电流,在什么情况下可能出现

指针反偏,应如何处理?在记录数据时应注意什么?若用直流数字毫安表进行测量时,又会有什么显示呢?

【实验报告】

- (1)根据实验数据,选定节点 A,验证 KCL 的正确性。
- (2)根据实验数据,选定实验电路中的任一闭合回路,验证 KVL 的正确性。
- (3)将支路和闭合回路的电流方向重新设定,重复 1、2 两项验证。
- (4)误差原因分析,心得体会及其他。

实验 2 电源等效及戴维南定理验证

【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。
- (3) 验证戴维南定理和诺顿定理的正确性, 加深对该定理的理解。
- (4) 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

【实验原理】

1. 一个直流稳压电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电流而变。其外特性曲线, 即其伏安特性曲线 $U=f(I)$ 是一条平行于 I 轴的直线。一个实用中的恒流源在一定的电压范围内, 可视为一个理想的电流源。

2. 一个实际的电压源(或电流源), 因为其具有一定的内阻值, 其端电压(或输出电流)可能随负载而变。故在实验中, 用一个小阻值的电阻(或大电阻)与稳压源(或恒流源)相串联(或并联)来模拟一个实际的电压源(或电流源)。

3. 一个实际的电源, 就其外部特性而言, 既可以看成电压源, 又可以看成电流源。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_0 相串联的组合来表示; 若视为电流源, 则可用一个理想的电流源 I_s 与一个电导 G_0 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提供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。

如图 2-1 所示, 一个电压源与一个电流源等效变换的条件为

$$I_s = \frac{U_s}{R_0}$$

$$G_0 = \frac{1}{R_0}$$

或

$$U_s = I_s R_0$$

$$R_0 = \frac{1}{G_0}$$

4. 任何一个线性含源网络, 如果仅研究其中一条支路的电压和电流, 则可将电路的其余部分看做一个线性有源二端网络(或称为含源一端口网络)。

戴维南定理指出: 任何一个线性有源二端网络, 总可以用一个电压源与一个电阻的串

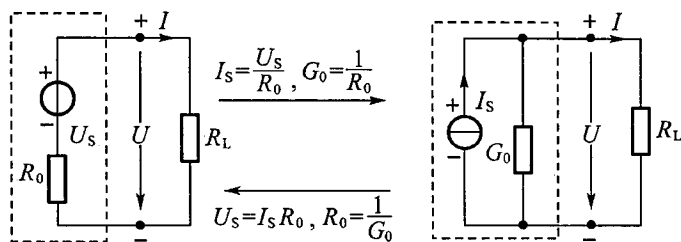


图 2-1 电压源与电流源的等效变换

联来等效代替,此电压源的电动势 U_s 等于这个有源二端网络的开路电压 U_{oc} ,其等效内阻 R_0 等于该网络中所有独立电源均置零(理想电压源视为短接,理想电流源视为开路)时的等效电阻。

诺顿定理指出:任何一个线性有源二端网络,总可以用一个电流源与一个电导的并联来等效代替,此电流源的电流 I_s 等于这个有源二端网络的短路电流 I_{sc} ,其等效内阻 G_0 定义同戴维南定理。 $U_{oc}(U_s)$ 和 R_0 或者 $I_{sc}(I_s)$ 和 R_0 称为有源二端网络的等效参数。

5. 有源二端网络等效参数的测量方法

(1) 开路电压、短路电流法测 R_0

在有源二端网络输出端开路时,用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{oc} ,然后再将其输出端短路,用电流表测其短路电流 I_{sc} ,则等效内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

如果二端网络的内阻很小,若将其输出端口短路则易损坏其内部元件,因此不宜用此法。

(2) 伏安法测 R_0

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性曲线,如图 2-2 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan \varphi$,则内阻为

$$R_0 = \tan \varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

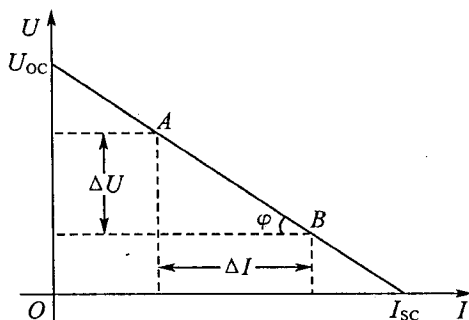


图 2-2 有源二端网络的外特性曲线

也可以先测量开路电压 U_{oc} , 再测量电流为额定值 I_N 时的输出端电压值 U_N , 则内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc} - U_N}{I_N}$$

(3) 半电压法测 R_0

如图 2-3 所示, 当负载电压为被测网络开路电压的一半时, 负载电阻 (由电阻箱的读数确定) 即为被测有源二端网络的等效内阻值。

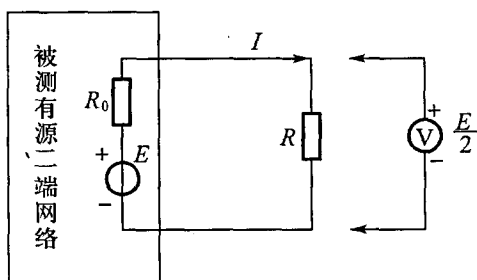


图 2-3 半电压法测 R_0

(4) 零示法测 U_{oc}

在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时, 用电压表直接测量会造成较大的误差。为了消除电压表内阻的影响, 往往采用零示法, 如图 2-4 所示。

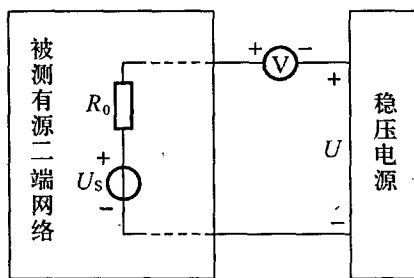


图 2-4 零示法测 U_{oc}

零示法测量原理是用一低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较, 当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时, 电压表的读数将为“0”。然后将电路断开, 测量此时稳压电源的输出电压, 即为被测有源二端网络的开路电压。

【实验仪器与设备】

实验仪器与设备见表 2-1。

表 2-1 实验仪器与设备

序号	名称	型号与规格	数量
1	电工技术实验装置	DGJ-3	1
2	可调直流稳压电源	0~30 V	1
3	可调直流恒流源	0~500 mA	1
4	直流数字电压表	0~200 V	1
5	直流数字毫安表	0~200 mA	1
6	万用表		1
7	可调电阻箱	0~99 999.9 Ω	1
8	电位器	1 k/2 W	1

【实验内容与步骤】

1. 测定直流稳压电源与实际电压源的外特性

(1)按图 2-5(a)接线。 U_s 为+12 V 直流稳压电源(将 R_0 短接)。调节 R_2 , 令其阻值由大到小变化, 将两表的读数记入表 2-2 中。

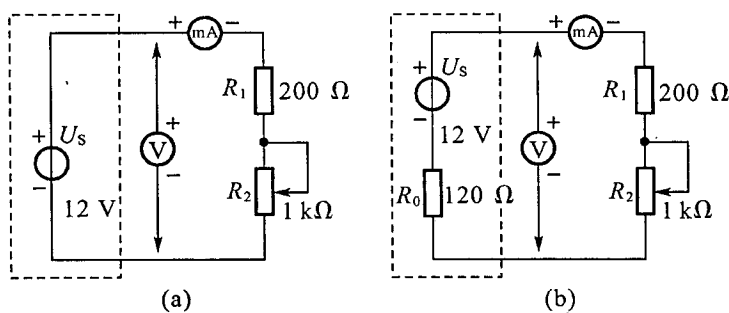


图 2-5 测定直流稳压电源与实际电压源的外特性

表 2-2

测量项目	测量值						
U/V							
I/mA							

(2)按图 2-5(b)接线,虚线框可模拟为一个实际的电压源。调节 R_2 , 令其阻值由大到小变化, 将两表的读数记入表 2-3 中。

表 2-3

测量项目	测量值						
U/V							
I/mA							

2. 按图 2-6 接线, I_s 为直流恒流源, 调节其输出为 10 mA, 令 R_0 分别为 1 k Ω 或 ∞ (即接入和断开), 调节电位器 R_L (从 0 至 1 k Ω), 测出这两种情况下的电压表和电流表的读数。自拟数据表格, 记录实验数据。

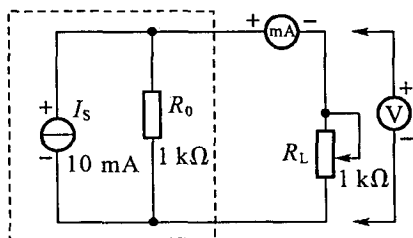


图 2-6 测定电流源的外特性

3. 测定电源等效变换的条件, 先按图 2-7(a) 线路接线, 记录线路中两表的读数。然后利用图 2-7(a) 中右侧的元件和仪表, 按图 2-7(b) 接线。调节恒流源的输出电流 I_s , 使两表的读数与 2-7(a) 时的数值相等, 记录 I_s 之值, 验证等效变换条件的正确性。

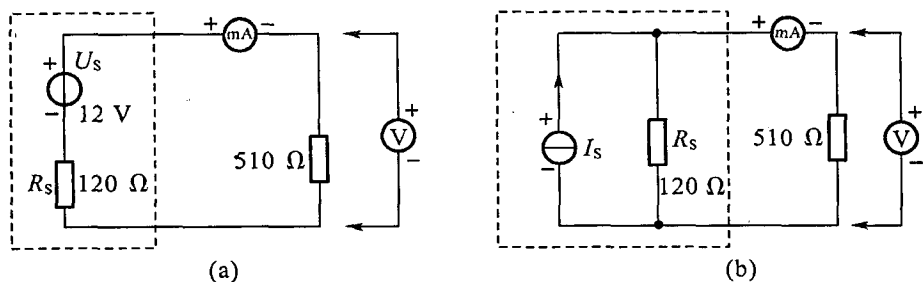


图 2-7 测定电源等效变换的条件

4. 被测有源二端网络如图 2-8(a) 所示, 用开路电压、短路电流法测定戴维南等效电路的 U_{OC} 、 R_0 和诺顿等效电路的 I_{SC} 、 R_0 。按图 2-8(a) 接入稳压电源 $U_s = 12$ V 和恒流源 $I_s = 10$ mA, 不接入 R_L 。测出 U_{OC} 和 I_{SC} , 并计算出 R_0 , 记入表 2-4 中。(测 U_{OC} 时, 不接入毫安表)

表 2-4

U_{OC}/V	I_{SC}/mA	$R_0 (=U_{OC}/I_{SC})/\Omega$

5. 负载实验

按图 2-8(a) 接入 R_L 。改变 R_L 阻值, 测量有源二端网络的外特性曲线, 将测得数据记入表 2-5 中。

表 2-5

测量项目	测量值						
U/V							
I/mA							

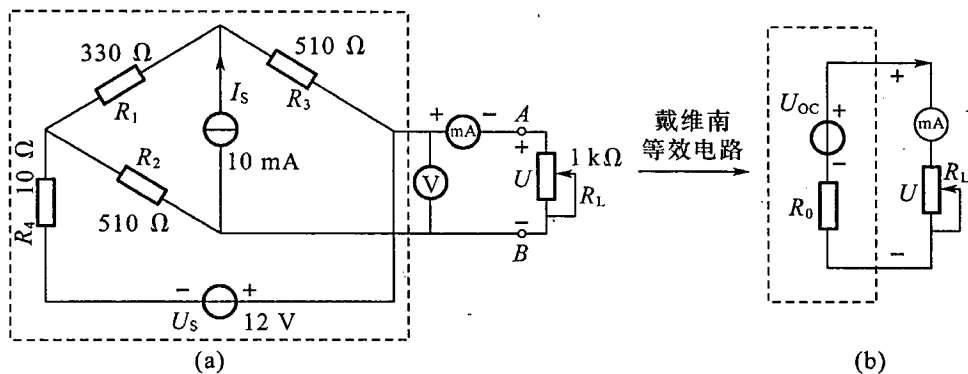


图 2-8 有源二端网络

6. 验证戴维南定理

从电阻箱上取得按步骤(4)所得的等效电阻 R_0 之值,然后令其与直流稳压电源[调到步骤(1)时所测得的开路电压 U_{oc} 之值]相串联,如图 2-8(b)所示,仿照步骤(5)测其外特性,对戴维南定理进行验证,将测得数据记入表 2-6 中。

表 2-6

测量项目	测量值						
U/V							
I/mA							

7. 验证诺顿定理

从电阻箱上取得按步骤(4)所得的等效电阻 R_0 之值,然后令其与直流恒流源[调到步骤(1)时所测得的短路电流 I_{sc} 之值]相并联,如图 2-9 所示,仿照步骤(5)测其外特性,对诺顿定理进行验证,将测得数据记入表 2-7 中。

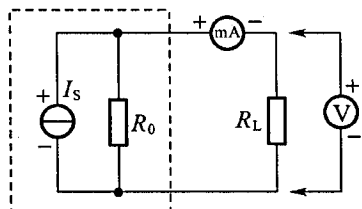


图 2-9 验证诺顿定理

表 2-7

测量项目	测量值						
U/V							
I/mA							

8. 有源二端网络等效电阻(又称入端电阻)的直接测量法,如图 2-8(a)所示。将被测

有源网络内的所有独立源置零(去掉电流源 I_s 和电压源 U_s , 并将原来接电压源的两点用一根短路导线相连), 然后用伏安法或者直接用万用表的欧姆挡去测定负载 R_L 开路时 A、B 两点间的电阻, 此即为被测网络的等效内阻 R_0 , 或称网络的输入端电阻 R_i 。

9. 用半电压法和零示法测量被测网络的等效内阻 R_0 及其开路电压 U_{oc} 。线路及数据表格自拟。

【注意事项】

(1) 在测电压源外特性时, 不要忘记测空载时的电压值, 测电流源外特性时, 不要忘记测短路时的电流值, 注意恒流源负载电压不要超过 20 V, 负载不要开路。

(2) 换接线路时, 必须关闭电源开关。

(3) 直流仪表的接入应注意极性与量程。

(4) 测量时应注意电流表量程的更换。

(5) 实验步骤(5)中, 电压源置零时不可将稳压源短接。

(6) 用万用表直接测 R_0 时, 网络内的独立源必须先置零, 以免损坏万用表。其次, 欧姆挡必须经调零后再进行测量。

(7) 用零示法测量 U_{oc} 时, 应先将稳压电源的输出调至接近于 U_{oc} , 再按图 2-9 测量。

(8) 改接线路时, 要关掉电源。

【预习与思考】

(1) 预习戴维南定理的有关内容。

(2) 通常直流稳压电源的输出端不允许短路, 直流恒流源的输出端不允许开路, 为什么?

(3) 电压源与电流源的外特性为什么呈下降变化趋势, 稳压源和恒流源的输出在任何负载下是否保持恒定值?

(4) 在求戴维南或诺顿等效电路时, 做短路实验, 测 I_{sc} 的条件是什么? 在本实验中可否直接做负载短路实验? 请实验前对线路图 2-8 预先作好计算, 以便调整实验线路及测量时可准确地选取电表的量程。

(5) 说明测有源二端网络开路电压及等效内阻的几种方法, 并比较其优缺点。

【实验报告】

(1) 根据实验数据绘出电源的 4 条外特性曲线, 并总结、归纳各类电源的特性。

(2) 利用实验结果验证电源等效变换的条件。

(3) 根据实验步骤(2)~(4), 分别绘出曲线, 验证戴维南定理和诺顿定理的正确性, 并分析产生误差的原因。

(4) 根据实验中的几种方法测得的 U_{oc} 与 R_0 与预习时电路计算的结果作比较, 你能得出什么结论。

(5) 归纳、总结实验结果。

(6) 心得体会及其他。