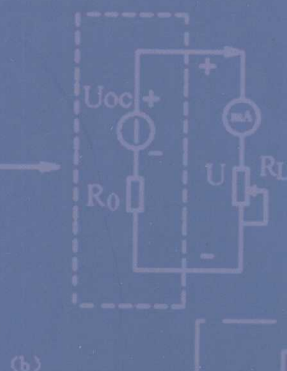
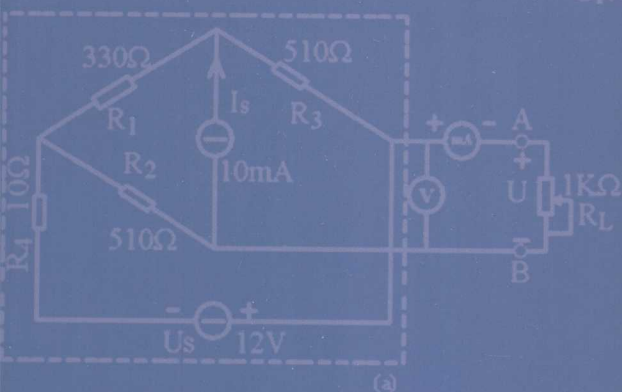
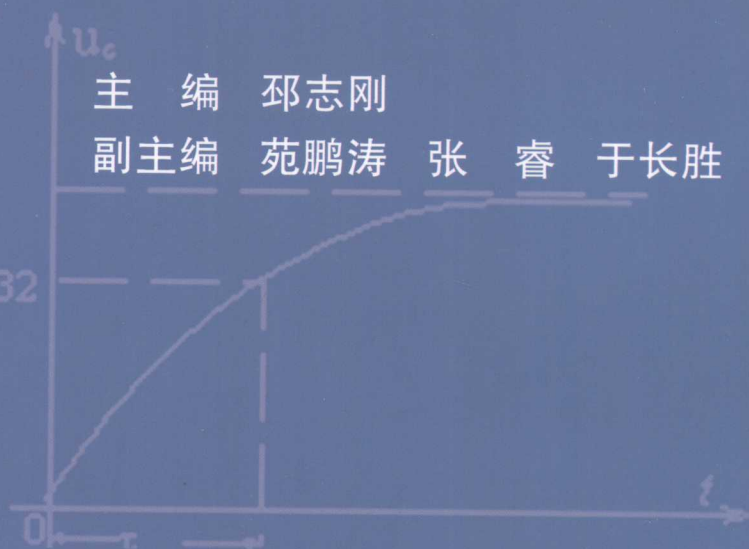
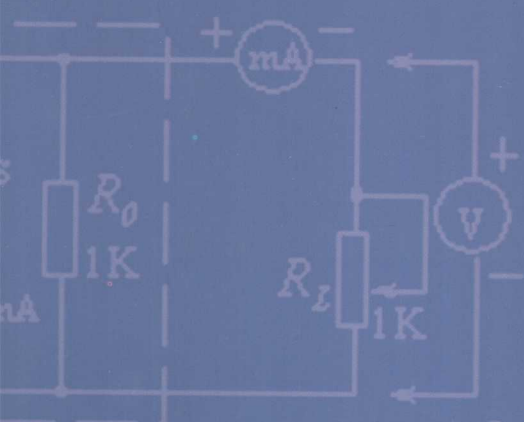


电工与电子技术 实验教程

主 编 邛志刚

副主编 苑鹏涛 张 睿 于长胜



东北林业大学出版社

电工与电子技术实验教程

主 编 邰志刚

副主编 苑鹏涛 张 睿 于长胜

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术实验教程/邰志刚主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008. 10
ISBN 978-7-81131-370-3

I. 电… II. 邰… III. ①电工技术—实验—高等学校—教材 ②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TM-33 TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 158802 号

责任编辑: 卢 伟

封面设计: 彭 宇



NEFUP

电工与电子技术实验教程

Diangong Yu Dianzi Jishu Shiyān Jiāocheng

主 编 邰志刚

副主编 苑鹏涛 张 睿 于长胜

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨市工大节能印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 9 字数 205 千字

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—3 000 册

ISBN 978-7-81131-370-3

TM·12 定价: 18.80 元

《电工与电子技术实验教程》编委会

主 编: 邳志刚

副主编: 苑鹏涛 张 睿 于长胜

主 审: 张增凤

编 委: (按姓氏笔画排序)

于长胜 王玉萍 王安华 王 锴 师 楠

汤旭日 张 睿 邳志刚 苑鹏涛

前 言

本书是根据高等院校电工与电子技术实验课程教学大纲,并结合教学实际编写而成的一本实验教材。本书主要面向理工科非电类专业。本书中所提到的设备型号均属于天煌 THHE-1 型实验台,所以既可作为独立的电工与电子技术实验课程的教材,又可作为天煌实验设备的配套实验指导书。

随着电工与电子技术的发展,电工与电子技术实验课的作用日益重要。为了满足将电工与电子技术实验作为一门独立课程的需要,使电工与电子技术理论基础比较薄弱的学生也能尽快掌握电工与电子技术实验的有关内容,我们有意增加了实验原理部分的篇幅,在此基础上我们还进一步明确了每个实验的实验目的。同时,为了满足新形势下的基础理论扎实、实践能力强的人才培养目标,也为了满足学生自身对能力提高的要求,进一步提高实验课程的教学质量,强化学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力,培养学生的创新思维,本书在实验内容上进行了改革,把实验分为三个层次,即验证性实验、技术性实验和综合设计性实验,并增加了选做实验内容。其中验证性实验是让学生通过实验的方法再现实验原理,从而更深刻地理解课程内容;技术性实验是通过实验的方法让学生掌握电子设备的使用技术,提高学生的动手能力;综合设计性实验主要培养学生综合运用各种知识的能力和 innovation 思维,选做实验学生可根据自己的爱好自行选择。

本书由邵志刚主编,苑鹏涛、张睿、于长胜任副主编。其中实验一、二、二十二、二十九由黑龙江科技学院王锴编写,实验六、七、十、十四、十五、十六由哈尔滨理工大学于长胜编写,实验四、五、二十一、二十八由黑龙江科技学院师楠编写,实验三、十一、二十三由黑龙江科技学院王玉萍、汤旭日编写,实验十二、十三、十八、二十四由哈尔滨理工大学张睿编写,实验八、九、二十五、二十六由黑龙江科技学院苑鹏涛编写,实验三十由黑龙江科技学院王安华编写,实验十七、十九、二十、二十七由黑龙江科技学院邵志刚编写。黑龙江科技学院张增凤教授仔细审阅了全书,提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。同时,本书还是黑龙江省新世纪高等教育教学改革工程项目《深化基础实验教学改革,培养应用型高级专门人才》的部分研究内容。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第一篇 验证性实验	(1)
实验一 基尔霍夫定律与叠加原理的验证	(1)
实验二 戴维宁定理——有源二端网络等效参数的测定	(6)
实验三 等效网络变换条件的测定	(10)
实验四 电压源与电流源的等效变换	(13)
实验五 RC 一阶电路响应测试	(19)
第二篇 技术性实验	(23)
实验六 电工仪表的使用与测量误差的计算	(23)
实验七 电路元件伏安特性的测绘	(27)
实验八 减小仪表测量误差的方法	(32)
实验九 电位、电压的测定及电路电位图的测绘	(37)
实验十 最大功率传输条件测定	(40)
实验十一 三相电路电压、电流的测量	(43)
实验十二 交流串联电路的研究	(48)
实验十三 功率因数及相序的测量	(53)
实验十四 示波器与信号发生器的使用	(57)
实验十五 晶体管放大器电压放大倍数的测量	(65)

实验十六	场效应管放大器参数测试	(71)
实验十七	集成逻辑电路的连接和驱动	(75)
第三篇	综合设计性实验	(80)
实验十八	正弦稳态交流电路的相量分析	(80)
实验十九	异步电动机的继电接触控制	(85)
实验二十	SSI 组合逻辑电路的设计与测试	(91)
第四篇	选做实验	(96)
实验二十一	指针式欧姆表的设计及测试	(96)
实验二十二	电流表、电压表的设计及量程扩展	(100)
实验二十三	RC 选频网络特性测试	(105)
实验二十四	二阶动态电路响应测试	(108)
实验二十五	R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	(110)
实验二十六	常用电子元器件的识别方法	(115)
实验二十七	射极跟随器参数的测定	(120)
实验二十八	负反馈放大器	(124)
实验二十九	TTL 集成逻辑门的逻辑功能测试	(128)
实验三十	CMOS 集成逻辑门的逻辑功能测试	(134)

第一篇 验证性实验

实验一 基尔霍夫定律与叠加原理的验证

一、实验原理

(一) 基尔霍夫定律

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)。对电路中的任一个节点而言,应有 $\sum I=0$;对任何一个闭合回路而言,应有 $\sum U=0$ 。

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

基尔霍夫电流定律:对于集总电路的任一节点,在任何时刻流入该节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。按照图 1-1 中的电流参考方向,以节点 a 为例,有

$$i_1 = i_2 + i_3 + i_4$$

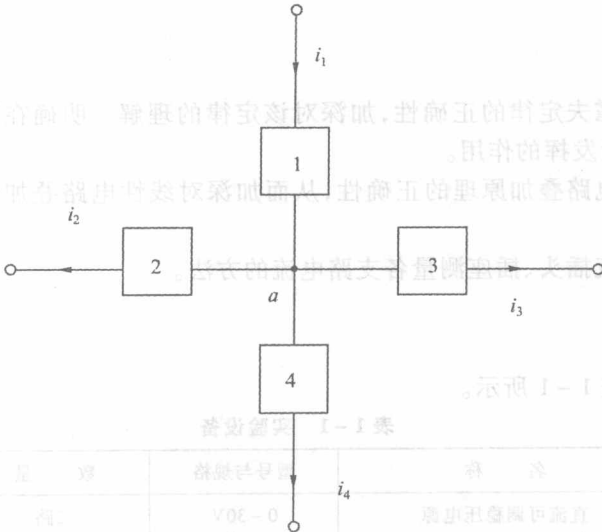


图 1-1 基尔霍夫电流定律

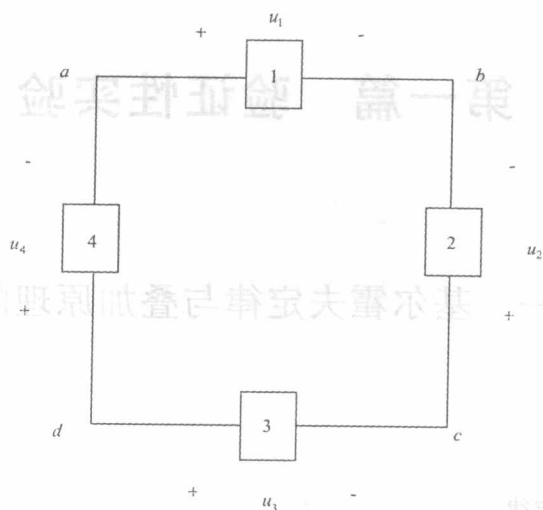


图 1-2 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律:对于任何集总电路中的任一回路,在任一瞬间,沿这一回路的各支路电压的代数和为零。按照图 1-2 中的电压参考方向,从 a 点开始按顺时针方向(也可按逆时针方向)绕行一周的回路,有 $u_1 - u_2 - u_3 + u_4 = 0$ 。

(二) 叠加原理

在有多多个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成是由每一个独立源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。叠加性是线性电路的基本性质。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(如在电路中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。

二、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性,加深对该定律的理解。明确在理论计算与实际问题分析中该定律所发挥的作用。
2. 验证线性电路叠加原理的正确性,从而加深对线性电路叠加性和齐次性的认识和理解。
3. 学会用电流插头、插座测量各支路电流的方法。

三、实验设备

实验设备如表 1-1 所示。

表 1-1 实验设备

序 号	名 称	型号与规格	数 量	备 注
1	直流可调稳压电源	0 ~ 30V	二路	
2	直流数字电压表	0 ~ 200V	1	
3	电路基础实验箱(二)	HE-12	1	

四、实验内容

(一) 基尔霍夫定律的验证

1. 实验前先设定三条支路和三个闭合回路的电流正方向。图 1-3 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 的方向已设定。
2. 分别将两路直流稳压源接入电路, 令 $U_1 = 6\text{V}$, $U_2 = 12\text{V}$ 。
3. 熟悉电流插头的结构, 将电流插头的两端接至数字毫安表的“+”、“-”两端。
4. 将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中, 读出并记录电流值。
5. 用直流数字电压表分别测量两路电源及回路 $ADEFA$ 上各电路元件的电压值, 并记录下来。

实验数据填入表 1-2。

表 1-2 基尔霍夫定律的验证

被测量	I_1/mA	I_2/mA	I_3/mA	U_1/V	U_2/V	U_{AD}/V	U_{DE}/V	U_{EF}/V	U_{FA}/V
计算值									
测量值									
相对误差									

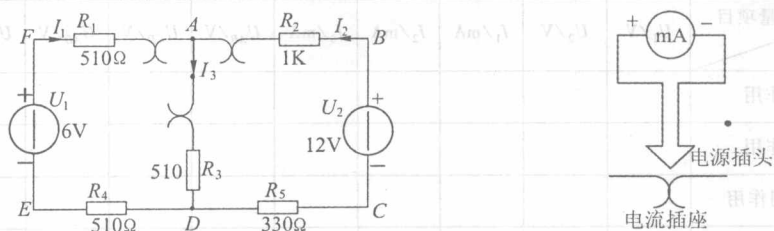


图 1-3 基尔霍夫电流定律实验电路

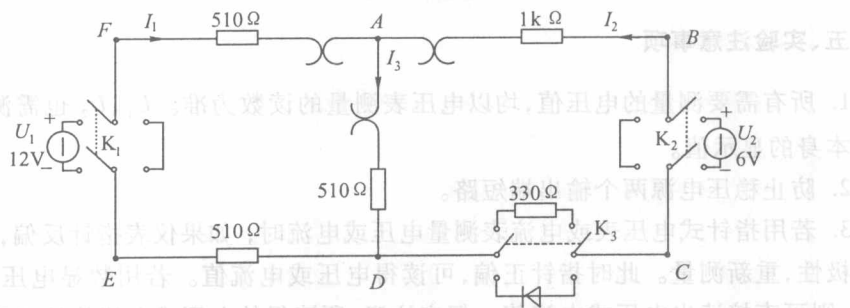


图 1-4 叠加原理实验电路

(二) 叠加原理的验证

1. 将图 1-4 中两路稳压源的输出分别调节为 $U_1 = 12\text{V}$ 和 $U_2 = 6\text{V}$ 。
2. 令 U_1 电源单独作用(将开关 K_1 投向 U_2 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 的测量过程,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),重复上述的测量过程,数据记入表 1-3 中。

5. 将 U_2 的数值调至 +12V,重复上述第 3 项的测量过程并记录,数据记入表 1-3 中。

6. 将 330Ω 电阻换成二极管 1N4007(即将开关 K_3 投向二极管 1N4007 侧),重复 1~5 的测量过程,数据记入表 1-4 中。

表 1-3 叠加原理实验数据

测量项目 实验内容	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
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										

表 1-4 叠加原理实验数据(将 330Ω 电阻换成二极管后)

测量项目 实验内容	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
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										

五、实验注意事项

- 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。
- 防止稳压电源两个输出端短路。
- 若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。若用数显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确正、负号应根据设定的电流参考方向来判断。

六、预习思考题

- 根据图 1-3 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。
- 实验中,若用指针式万用表直流毫安挡测各支路电流,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,则会有什么显示呢?

七、实验报告

1. 根据实验数据,通过计算,验证 KCL 的正确性。
2. 根据实验数据,通过计算,验证 KVL 的正确性。
3. 根据实验数据,通过计算,验证叠加原理的正确性。以上步骤要求有完整计算过程。

4. 误差原因分析。

实验过程中,由于仪器误差、读数误差、接线误差等原因,导致实验结果与理论值之间存在一定误差。在实验过程中,应严格按照操作规程进行,以减少误差的产生。

$$(1-5) \quad \frac{U_0}{I_0} = R_0$$

由图 1-5 可知,该电路为单回路电路,根据基尔霍夫电压定律(KVL),可得:

$$(2-5) \quad \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_A}{I_A} = \phi_{int} = R_0$$

式(2-5)中, U_0 为开路电压, I_0 为短路电流, U_A 为负载电压, I_A 为负载电流, ϕ_{int} 为内阻, R_0 为等效电阻。

$$(3-5) \quad \frac{U_0 - U_A}{I_A} = R_0$$



图 1-5 负载特性曲线

实验二 戴维宁定理——有源二端网络等效参数的测定

一、实验原理

1. 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作是一个有源二端网络。

戴维宁定理指出: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相串联的形式来等效代替,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源均置零(理想电压源视为短路,理想电流源视为开路)时的等效电阻。

U_{oc} (U_s) 和 R_0 称为有源二端网络的等效参数。

2. 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。

在有源二端网络输出端开路时,用电压表直接测量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

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} \quad (2-1)$$

(2) 伏安法。

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性曲线,如图 2-1 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan\phi$,则内阻用如下公式计算:

$$R_0 = \tan\phi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} \quad (2-2)$$

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

$$R_0 = \frac{U_{oc} - U_N}{I_N} \quad (2-3)$$

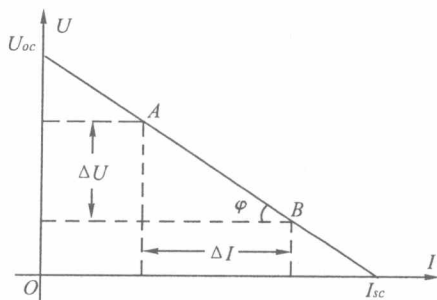


图 2-1 外特性曲线

(3) 半电压法。

如图 2-2 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。

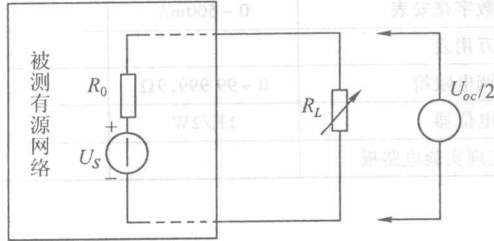


图 2-2 半电压法

(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,往往采用零示测量法,如图 2-3 所示。

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。

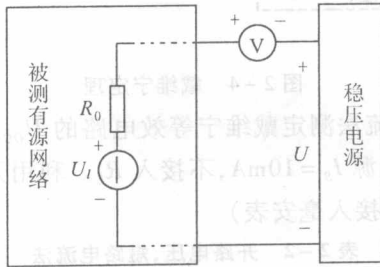


图 2-3 零示测量法

二、实验目的

1. 验证戴维宁定理的正确性,加深对该定理的理解。
2. 在理论计算与实际分析中会应用该定理解决问题,学会应用简单电路代替复杂电路的方法。
3. 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

三、实验设备

实验设备如表 2-1 所示。

表 2-1 实验设备

序 号	名 称	型号与规格	数 量	备 注
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30V	1	
2	可调直流恒流源	0 ~ 500mA	1	

续表 2-1

序号	名称	型号与规格	数量	备注
3	直流数字电压表	0 ~ 300V	1	
4	直流数字毫安表	0 ~ 500mA	1	
5	万用表		1	自备
6	可调电阻箱	0 ~ 99 999.9Ω	1	HE-19
7	电位器	1K/2W	1	HE-11
8	戴维宁定理实验电路板		1	HE-12

四、实验内容

被测有源二端网络如图 2-4(a),即挂箱 HE-12 中的“戴维宁定理/诺顿定理”线路。

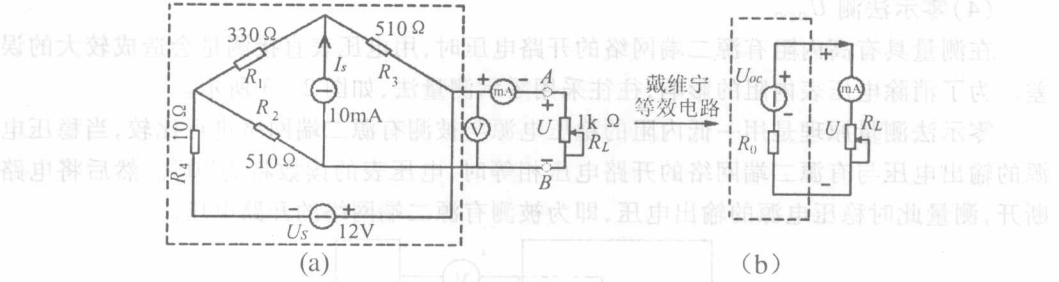


图 2-4 戴维宁定理

1. 用开路电压、短路电流法测定戴维宁等效电路的 U_{oc} 和 R_0 。在图 2-4(a) 中,接入稳压电源 $U_s = 12V$ 和恒流源 $I_s = 10mA$,不接入 R_L 。利用开关 K,分别测定 U_{oc} 和 I_{sc} ,并计算出 R_0 。(测 U_{oc} 时,不接入毫安表)

表 2-2 开路电压、短路电流法

U_{oc}/V	I_{sc}/mA	$R_0 = U_{oc}/I_{sc}/\Omega$

2. 负载实验。按图 2-4(a) 接入 R_L 。改变 R_L 阻值,测量不同端电压下的电流值,记于表 2-3,并据此画出有源二端网络的外特性曲线。

表 2-3 负载实验

R_L/Ω	990	900	800	700	600	500	400	300	200	100
U/V										
I/mA										

3. 验证戴维宁定理。从电阻箱上取得按步骤“1”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 2-4(b) 所示,仿照步骤“2”测其外特性,对戴氏定理进行验证。

表 2-4 验证戴维宁定理

R_L/Ω	990	900	800	700	600	500	400	300	200	100
U/V										
I/mA										

4. 有源二端网络等效电阻(又称入端电阻)的直接测量法。见图 2-4(a)。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 , 并在原电压源所接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 , 或称网络的入端电阻 R_i 。

五、实验注意事项

1. 测量时应注意电流表量程的更换。
2. 步骤“4”中, 电压源置零时不可将稳压源短接。
3. 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。
4. 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 2-3 测量。
5. 改接线路时, 要关掉电源。

六、预习思考题

1. 请在实验前对线路图 2-4(a) 预先做好计算, 以便调整实验线路及测量时可准确地选取电表的量程。
2. 预习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。

七、实验报告

1. 根据步骤 2 和 3, 分别绘出曲线, 验证戴维宁定理的正确性, 并分析产生误差的原因。
2. 根据步骤 1、4 的方法测得的 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?
3. 归纳、总结实验结果。
4. 心得体会及其他。



图 2-4(a) 测开路电压



图 2-4(b) 测等效电阻



实验三 等效网络变换条件的测定

一、实验原理

根据实际需要,电路的结构形式是很多的。最简单的电路只有一个回路,即所谓的单回路电路。有的电路虽然有好几个回路,但是在计算电路参数时,可以将串联与并联的电阻化简为等效电阻,这样可简化为单回路电路。然而有的多回路电路中电阻之间既非串联又非并联,这就给计算带来了一定的麻烦。如果电阻之间接成 Δ 形电路或Y形电路,可利用等效网络变换条件对图3-1所示的 Δ 形电路和Y形电路进行等效变换。进行等效变换后可以给化简带来一定的方便。

Δ 形电路与Y形电路进行等效变换的条件是:必须保证两种电路相对应的端点1、2、3之间的电压相等,流过1、2、3端点的电流也相等。也就是经过这样的变换后,不影响电路其他部分的电压和电流。据此可以得出 Δ 形电路与Y形电路互相进行等效变换的计算公式。

$$\text{令: } R_{12} + R_{23} + R_{31} = R_{\Delta} \quad (3-1)$$

$$\text{则: } R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{\Delta}} \quad (3-2)$$

$$R_2 = \frac{R_{23}R_{12}}{R_{\Delta}} \quad (3-3)$$

$$R_3 = \frac{R_{31}R_{23}}{R_{\Delta}} \quad (3-4)$$

$$\text{或者令: } R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 = R_Y \quad (3-5)$$

$$\text{则: } R_{12} = \frac{R_Y}{R_3} \quad (3-6)$$

$$R_{23} = \frac{R_Y}{R_1} \quad (3-7)$$

$$R_{31} = \frac{R_Y}{R_2} \quad (3-8)$$

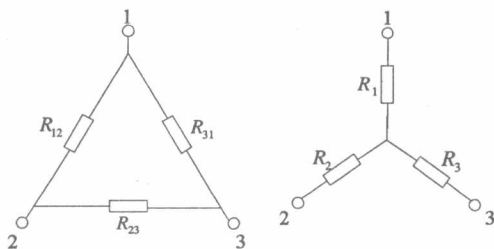


图3-1 电阻的 Δ 形连接和Y形连接

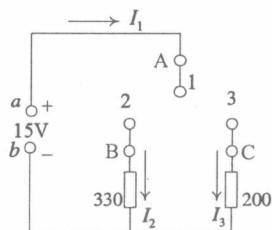


图3-2 等效网络变换电路