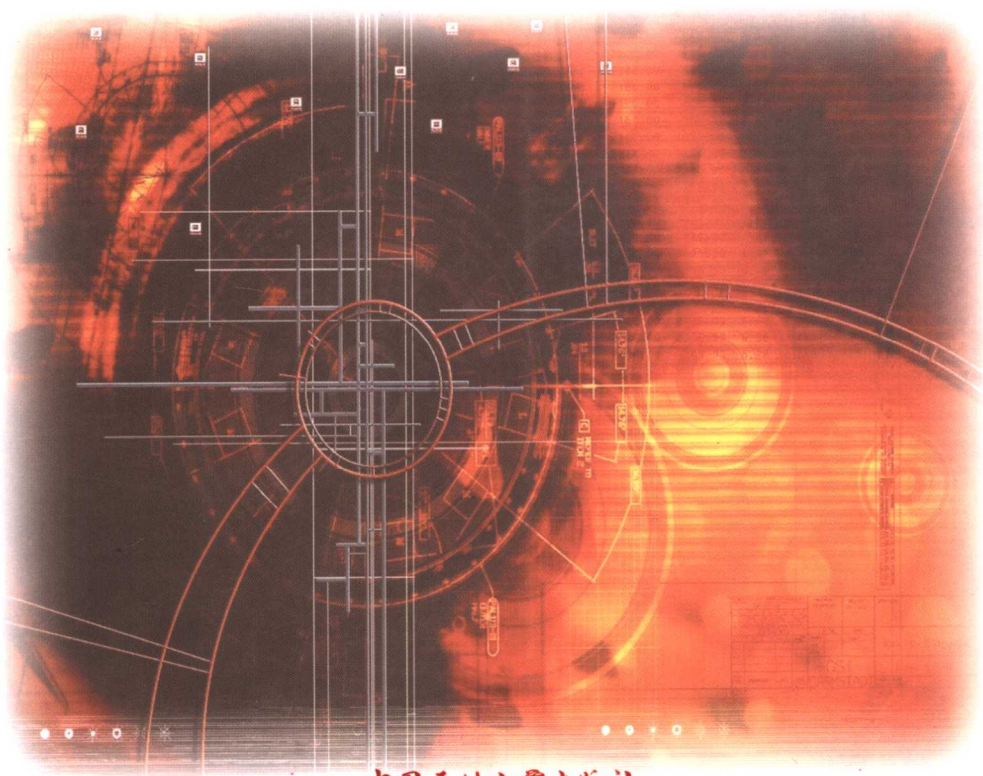


电工电子技术 实验教程

主编 孙苏玲 刘建南



中国石油大学出版社

电工电子技术实验教程

主 编 孙苏玲 刘建南
主 审 王 薇

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验教程/孙苏玲,刘建南主编.—东营:中国石油大学出版社,2006.8

ISBN 7-5636-2267-5

I.电… II.①孙… ②刘… 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.①TM-33 ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 096400 号

书 名:电工电子技术实验教程
作 者:孙苏玲 刘建南

责任编辑:宋秀勇 刘 清(电话 0546—8392139)
封面设计:傅荣治

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)
网 址:<http://www.uppbook.com.cn>.
电子信箱:yibian@mail.hdpu.edu.cn
印 刷 者:石油大学印刷厂
发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8392139)
开 本:185×260 印张:9.375 字数:239 千字
版 次:2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
定 价:9.80 元

前言

随着国家级、省级基础课实验教学示范中心的建设,实验教学越来越受到高校的重视。实验课程对培养学生的工程实践能力和创新能力具有重要的作用。实验教材是搞好实验教学的关键。为此,我们参考了有关电工电子实验示范中心的建设标准,编写了这本《电工电子技术实验教程》。本书将实验分成基础实验与综合设计实验。其中基础实验又包括理论验证性实验和操作性实验。基本实验内容丰富,通过常规的基础实验教学训练,不仅能帮助学生验证所学的基础理论知识,更重要的是训练学生的实验技能,提高学生分析问题和解决问题的能力,培养学生严谨的工作作风,为适应日后工作打好基础;综合设计实验主要是培养学生初步设计及综合应用的能力,既是对课程各知识点的综合,又是实验技能和设计方法的综合。

本书共分三部分:第一部分为电工电子基础实验,介绍了26个基础实验,其中包括直流电路、单相交流电路、三相交流电路、电动机启动控制电路的安装、模拟电子电路和数字电路实验等;第二部分为综合设计实验内容,介绍了8个综合设计实验,其中包括电动机启动控制电路设计实验、直流稳压电源的设计实验、组合数字逻辑电路的设计实验和集成运算放大器应用电路的设计实验等;第三部分为附录,介绍了常用电工测量指示仪表的性能及使用、常用电子仪器简介及使用、电阻器件标称值及精度色环标志法。

本书在实验内容的安排上由浅入深,并考虑到各种教学模式以及不同层次学生的需要,在基础实验内容中,每个实验都有实验目的、实验原理、实验仪器设备、实验电路图、实验内容与步骤、实验报告要求以及预习思考题,编写的比较详细。综合设计实验内容中,只包括实验目的、原理及设计要求,让同学们自行设计实验方案,画出实验电路图,独立完成实验。

有关专业可根据实验学时和教学要求不同,选择不同的部分使用。

本书是编者在多年的实验教学和理论教学经验的基础上编写而成的。其中,实验一至实验十二,实验十四、二十二、二十八、二十九由孙苏玲编写,实验十三、实验十五至实验二十一、实验二十三至实验二十七、实验三十至实验三十四,由刘建南编写。本书由王薇主审,并编辑部分图片。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正,并提出改进意见。

编者

2006年7月

目 录

一、电工电子实验课的目的和任务	(1)
二、学生实验守则	(2)

第一部分 电工电子基础实验

实验一 基尔霍夫定律与元件伏安特性的测试	(3)
实验二 电源的等效变换及最大功率传输条件的测定	(6)
实验三 叠加原理与戴维南定理	(10)
实验四 功率因数的提高	(13)
实验五 RLC 串联谐振	(16)
实验六 三相交流电路	(19)
实验七 三相电路功率的测量	(22)
实验八 RC 一阶电路的响应测试	(27)
实验九 单相铁芯变压器的特性测试	(32)
实验十 三相鼠笼式异步电动机	(35)
实验十一 三相鼠笼式异步电动机正反转控制	(41)
实验十二 三相鼠笼式异步电动机 $Y-\Delta$ 降压启动	(43)
实验十三 常用电子仪器的使用	(46)
实验十四 单管放大电路	(50)
实验十五 负反馈放大器	(56)
实验十六 射极跟随器	(59)
实验十七 集成运算放大器指标测试	(61)
实验十八 集成运算放大器的基本应用:模拟运算电路	(66)
实验十九 集成运算放大器的基本应用:电压比较器	(70)
实验二十 RC 正弦波振荡器	(73)
实验二十一 低频功率放大器:OTL 功率放大器	(76)
实验二十二 整流电路	(79)
实验二十三 直流稳压电源:串联型晶体管稳压电源	(82)
实验二十四 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	(86)
实验二十五 CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	(90)
实验二十六 触发器及其应用	(93)

第二部分 电工电子综合设计实验

实验二十七	组合逻辑电路的设计及测试	(99)
实验二十八	三相鼠笼式异步电动机控制电路的设计一:点动调整、正转 自锁电动机控制电路	(100)
实验二十九	三相鼠笼式异步电动机控制电路的设计二:三相异步 电动机顺序控制	(101)
实验三十	集成运算放大器的基本应用:波形发生器	(102)
实验三十一	低频功率放大器:集成功率放大器	(105)
实验三十二	直流稳压电源:集成稳压器	(107)
实验三十三	用运算放大器组成万用表的设计与调试	(110)
实验三十四	555 时基电路的基本应用	(113)

第三部分 附 录

附录一	常用电工测量指示仪表的性能及使用	(116)
附录二	常用电子仪器简介及使用	(132)
2.1	CA1640 系列函数信号发生器	(132)
2.2	双踪示波器的工作原理	(135)
2.3	万用表	(140)
附录三	电阻器件标称值及精度色环标志法	(143)
参考文献		(144)

一、电工电子实验课的目的和任务

高等教育的教学过程主要是由理论教学环节和实践教学环节两部分组成,以实验室为中心的实验教学是实践教学的重要组成部分。电工电子技术基础是一门实践性很强的课程,通过实验教学,学生可以加强感性认识,巩固所学的理论知识,掌握基本实验技能,培养实验研究的能力、综合应用能力和创新的能力。

(一) 电工电子实验课教学的目的和任务

1. 学习电工实验的基本知识、基本方法,培养实验技能。其中包括:

(1) 对实验结果、观察到的现象、测量的数据能够正确的记录,并能对实验的结果进行分析。

(2) 具有处理实验数据和分析误差的能力,熟悉常用电工电子仪器仪表的基本原理,并掌握其使用方法。

(3) 培养学生分析、查找和排除电路中常见故障的能力。

2. 通过实验,学生可加深对所学概念和规律的认识。

3. 通过实验课,培养学生端正的工作态度,严谨的工作作风及良好的实验习惯。

(二) 电工电子实验课的基本程序

1. 实验前的预习。为了能在规定的时间内高质量的完成实验任务,学生必须要做好实验前的预习。预习时应仔细阅读实验指导书,搞清实验内容、实验方法和实验原理,并写出实验预习报告。预习报告包括:

(1) 本次实验的目的和内容,与本次实验有关的理论是什么。

(2) 根据给出的实验电路与参数,进行必要的理论计算。

(3) 了解本实验所用的仪器设备,并根据实验内容熟悉仪器仪表的性能及操作要点,使用仪表的量程应做到心中有数。

(4) 本次实验的实验步骤有哪些,可画出必要的的数据记录表格备用。

对于设计性实验,除了进行以上的预习步骤以外,还应在预习中完成下列任务:

(1) 根据实验题目所提出的要求和任务,查阅有关的资料,学习相关的理论知识。

(2) 进行电路方案设计,选择电路元件参数,并画出相应的电路图。

(3) 拟定实验步骤和测量方法,选择合适的测量仪器。

2. 实验操作。

(1) 进入实验室,首先要了解实验室规则及注意事项,如果对仪器仪表的使用方法还有疑问,应在实验前,同学之间讨论明白或请教师解答。如发现仪器仪表有故障,应立即报告教师,等待处理,以保障实验顺利进行。

(2) 实验时,接线要认真仔细,电路接好后,不要急于接通电源,应先仔细检查电路,最好每人独立检查一遍,然后请教师检查,经允许后方可进行实验。实验过程中如果需改变电路,必须先切断电源,当电路改接完毕后,并再次检查后方可接通电源继续做实验。特别值得注意的是,电工实验中要使用 220 V 或 380 V 的电压,实验者务必要按操作要求进行实验,以保证人身安全和仪器设备不会损坏。

(3) 接通电源时,眼睛应注视仪表和仪器的指示变化情况,同时还应注意观察仪表设备有无异常(发光、发热、声音、气味等)出现。如有异常,应立即断开电源查找故障,分析原因。

(4) 实验数据和实验现象的观测和记录是整个实验过程中非常重要的步骤,实验中测量

的原始数据应整齐的记录在笔记本上,数据的有效位数应由仪器的精度或分度值来确定,数据之间要留有间隙,以便补充。实验原始数据的优劣决定着实验的成败,读数时务必认真仔细,运算的错误可以通过检查修改正确,不影响实验结果,而原始数据一旦记录错误,整个实验结果都是错误的。测试过程中,观察仪表时视线正对指针,如有反射镜,则以看到的指针与其在镜中的影像相重合时的读数为准。另外,读数可取三位数字,末位数字由指针在小格中的位置来估计。

(5) 实验结束后,应先断开电源,暂时不要拆除电路,而应将实验结果认真的检查一遍,如无遗漏和错误,将实验原始数据交给教师检查,教师签字后再拆线。然后,应将所用仪器设备复归原位,整理好桌面,方可离去。实验原始数据一律要附在实验报告后一齐交给老师。

3. 实验报告。实验报告是实验工作的总结,用简明的形式将实验过程完整准确的表达出来。要求文字通顺,字迹端正,图表规范,结果正确,讨论认真。实验结束后,应尽早写出实验报告,这样做可以收到事半功倍的效果。完整的实验报告包括下述几部分内容:

(1) 实验名称。

(2) 实验目的。

(3) 实验原理。应简要地说明、叙述原理,并列出实验所用的主要公式、电路图。

(4) 实验仪器设备。列出主要仪器设备的型号、规格、精度等。

(5) 实验步骤。简要地写出实验的主要步骤。

(6) 实验数据记录。实验中的原始数据经过整理后,以表格的形式列写出来,并正确表示出有效数字和单位。报告中所有的图表、曲线均按工程化要求绘制,波形曲线应画在坐标纸上,比例适中,并标注单位和符号。

(7) 实验结果讨论分析。最后应用电工学理论对实验结果进行分析讨论,对测量结果进行误差分析,并分析实验中误差的主要来源。描述实验观察到的现象,解释其产生的原因,对于出现的异常现象也要进行分析,力求做到,对实验可能产生的现象了如指掌。对测试技巧、排除故障方法、实验中获得的经验教训等要进行总结。

(8) 回答实验思考题。就整个实验还可谈一下心得体会和收获。

二、学生实验守则

1. 学生必须按规定时间参加实验,不迟到、早退。迟到十分钟以上者不得参加本次实验。

2. 实验前要预习实验指导书,明确实验目的、原理、仪器设备、内容、注意事项等,能正确回答老师提问。预习不合格者,教师有权取消其本次实验资格。

3. 爱护仪器设备,节约材料,不准动用与本实验无关的仪器设备及其他物品,不准将实验室内任何物品带出室外。

4. 实验室内要保持安静,不准高声喧哗和打闹,不准抽烟、随地吐痰和乱抛纸屑杂物。

5. 实验完毕应及时切断电源、水源、气源。由指导教师检查仪器设备、工具、材料及实验记录后,经允许方可离去。

6. 对违反实验室规章制度和操作规程,擅自动用与本实验无关的仪器设备、私自拆卸仪器而造成事故和损失者,要立即上报并责令其写出书面检查,视情节轻重和态度对其按章处理。在实验中损坏实验器材者,由实验指导教师按规定提出赔偿意见,学生应到指定地点办理赔偿手续。

第一部分 电工电子基础实验

实验一 基尔霍夫定律与元件伏安特性的测试

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性。
2. 学习线性电阻和非线性电阻元件伏安特性的逐点测试方法。
3. 学习直流稳压电源、直流电压表、直流电流表及万用表的使用方法,加深对参考方向的理解。

二、实验原理

电路元件的特性常用该元件上的电压 U 和电流 I 之间的函数关系 $I = f(U)$ 来说明,这种函数关系称为元件的伏安特性。如果在直角坐标系中画出电压与电流的关系曲线,这种曲线称为元件的伏安特性曲线。

1. 线性电阻两端的电压与电流成正比关系,遵循欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$,所以它的伏安特性曲线是一条通过原点的直线。如图 1-1 中 a 曲线所示。

2. 一般的白炽灯在工作时,灯丝处在高温状态,其阻值随着温度的升高而增大。它的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍,所以白炽灯为非线性电阻,它两端的电压与电流不遵循欧姆定律。伏安特性曲线如图 1-1 中的 b 曲线所示。

3. 一般的半导体二极管是一个非线性元件,其特性曲线如图 1-1 中的 c 曲线所示。二极管的正向压降很小(一般锗管约为 $0.2 \sim 0.3 \text{ V}$,硅管约为 $0.5 \sim 0.7 \text{ V}$),正向电流随正向电压的升高而上升得很快,但反向电流随反向电压的升高增大得很缓慢,所以二极管具有单向导电性。但反向电压过高会导致管子击穿损坏。

4. 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管,其正向特性与普通二极管相似,但反向特性较特别,其特性曲线如图 1-1 中的 d 曲线所示。在反向电压开始增加时,其反向电流几乎为零,但当反向电压增加到某一数值(管子的稳压值)时,电流将突然增大,以后它的端电压将维持恒定,不再随外加电压的升高而升高。

5. 基尔霍夫定律是电路理论中最基本、最重要的定律之一,它概括了电路中电流与电压的约束关系,包括基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。

KCL: 电路中任意时刻,流进和流出某一节点(或闭合面)电流的代数和等于零,即 $\sum I = 0$ 。它规定了节点(或闭合面)上支路电流的约束关系,而与支路元件的性质无关。

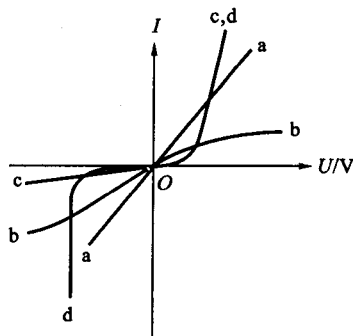


图 1-1 二端元件的伏安特性曲线

KVL: 电路中任意时刻, 沿闭合回路的电压降的代数和等于零。即 $\sum U = 0$, 它规定了任意闭合回路各支路电压降的约束关系, 是电压与路径无关的反映, 只与电路的结构有关, 与构成电路的元件的性质无关。

6. 参考方向并不是一个抽象的概念, 如图 1-2 为某网络中的一条支路 AB, 在事先不知道该支路极性的情况下, 测量该支路电压降 U , 用电压表的“+”极和“-”极分别与 A 和 B 相连, 若电压表的读数为正(指针正向偏转), 说明参考方向与实际方向一致, 反之, 则说明实际方向与参考方向相反(测该支路电流时与测电压情况相同)。

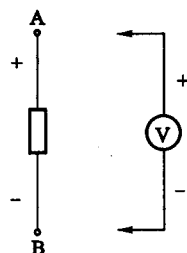


图 1-2

三、实验仪器设备

实验中所需的仪器设备如下表:

序号	名 称	规格型号	数量	备注
1	直流稳压电源		1	DG04
2	直流毫安表		1	
3	直流电压表		1	
4	线性电阻	1 k Ω /8 W, 200 Ω /8 W	各 1	DG09
5	小白炽灯泡	12 V/3 W	1	DG09
6	二极管	2AP9	1	DG09
7	稳压管	2CW51	1	DG09
8	基尔霍夫实验板		1	DG05

四、实验内容与步骤

1. 测定线性电阻的伏安特性。按图 1-3 接线, 其中 R_L 为 1 k Ω /2 W 的可变电阻器, 依次调节电源输出电压, 从 0 V 开始逐渐增加至 10 V。测出相应的电流值记入表 1-1。

表 1-1 线性电阻和白炽灯实验数据

项目	U_{R_L}/V	1	3	5	6	8	10
线性电阻	I/mA						
白炽灯	I/mA						

2. 测定白炽灯泡的伏安特性曲线。按图 1-3 接线, 将 R_L 改为 12 V/3 W 的小白炽灯泡, 重复 1 的步骤, 将测试结果记入表 1-1。

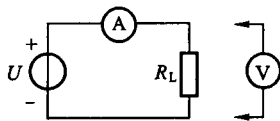


图 1-3 线性电阻和白炽灯伏安特性测试电路

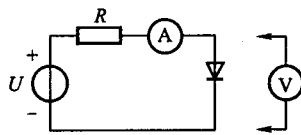


图 1-4 二极管和稳压管伏安特性测试电路

3. 测定半导体二极管的伏安特性。按图 1-4 接线, 其中 R 为 200 Ω /8 W, 作为限流电阻。测二极管的正向特性时, 其正向电流不得超过 25 mA, 按表 1-2 的内容测出二极管的正向伏安特性。再将二极管 D 反接, 测出其反向伏安特性, 将测试结果记入表 1-2。

表 1-2 半导体二极管和稳压管实验数据

二极管	正向	U_D/V	0	0.2	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75
		I/mA									
稳压管		U_D/V	0	0.2	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75
		I/mA									
二极管	反向	U_D/V	0			-5		-8		-10	
		I/mA									
稳压器		U_D/V	0			-5		-8		-10	
		I/mA									

4. 测定稳压管的伏安特性。将图 1-4 中的二极管换成稳压管,重复实验内容 3 的步骤,并将测量结果记入表 1-2。

5. 验证基尔霍夫电流定律(KCL)。按图 1-5 接线,分别将两路直流稳压电源接入电路($E_1 = 6V$, $E_2 = 12V$),电路中有三条支路电流的测量插口,实验前先设立三条支路电流的参考方向,用毫安表测量并将结果记入表 1-3。注意:若测量时表针反偏,应将表的“+”、“-”极调换,计数时为负值。

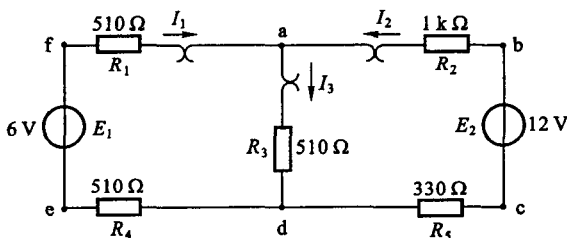


图 1-5 基尔霍夫定律实验电路

6. 验证基尔霍夫电压定律(KVL)。按图 1-5 接线,在电路中取回路 fabcdef,用直流电压表依次测量回路中电源和电阻元件两端的电压值,将测量结果记入表 1-3。注意:电压表指针的偏转方向与取值的正负。

表 1-3 基尔霍夫定律数据记录

项目	I_1	I_2	I_3	$\sum I$	U_{fa}	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{de}	U_{ef}	$\sum U$
	mA				V						
测量值											
计算值											

五、注意事项

1. 测二极管正向特性时,稳压电源输出应由小至大逐渐增加,要时刻注意电流表的读数不得超过 25 mA;测二极管反向特性时,所加电压不能超过二极管最大反向工作电压。
2. 做不同实验前应先估算电压和电流值,以便选择仪表的量程。
3. 注意仪表的极性,并正确判断出所测值的正负。

六、预习要求

1. 了解线性电阻元件与非线性电阻元件的有关知识。
2. 线性电阻与非线性电阻的概念是什么?电阻与二极管的伏安特性有何区别?

3. 复习基尔霍夫定律, 根据本次实验电路的参数, 计算出电流与电压值并记入表中, 以便与实验测量值进行比较。

七、实验报告要求

认真按实验报告的格式和下列要求书写实验报告。

1. 完成表格中的数据计算, 并进行必要的误差分析。
2. 根据实验结果, 在坐标纸上绘出各元件的伏安特性, 其中二极管和稳压管的正、反向特性曲线要求画在一张图中, 正、反向电压可取不同的比例尺。
3. 根据实验数据进行分析、归纳和总结实验结论。

实验二 电源的等效变换及最大功率传输条件的测定

一、实验目的

1. 了解理想电压源与理想电流源的外特性和实际电压源与实际电流源的外特性。
2. 验证电压源与电流源的等效变换的条件。
3. 了解负载获得最大传输功率的条件。

二、实验原理

一个电源可以用两种不同的电路模型来表示: 一种是用电压的形式来表示, 称为电压源; 另一种是用电流的形式来表示, 称为电流源。

1. 电压源与理想电压源。任何一个电源都含有电动势 E 和内阻 R_s , 将 E 和 R_s 串联的电路模型, 称为电压源, 如图 2-1 所示。电压源的外特性如图 2-2 所示。

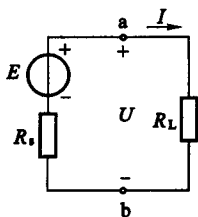


图 2-1 电压源电路

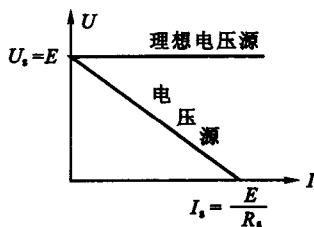


图 2-2 电压源的外特性

当 $R_s = 0$ 时, 电压 U 恒等于电动势 E , 是一个定值。当负载 R_L 变化时, 其伏安特性 $U = f(I)$ 是一条平行于 I 轴的直线。如图 2-2 所示, 这样的电压源称为理想电压源或恒压源。实际上, 绝对的理想电压源是不存在的, 但有一些电压源其外特性与理想电压源极为接近, 通常用的稳压电源可认为是一个理想的电压源。

2. 电流源与理想电流源。电源除了用电动势 E 与内阻 R_s 串联的电路模型表示外, 还有用电流来表示的电源模型。理想电流源 I_s 与一内阻 R_s 并联的组合, 即为电流源。如图 2-3 所示, 两条支路并联, 其中电流分别为 I_s 和 $\frac{U}{R_s}$ 。电流源外特性如图 2-4 所示, 当 $R_s = \infty$ (相当 R_s 断开) 时, 电流 I 恒等于电流 I_s , 是一定值, 特性曲线是一条与纵轴平行的直线。如图 2-4 所示, 与电压源一样, 绝对的理想电流源也是不存在的。我们可以把一些外特性与理想电流源极为接近的电流源认为是恒流源, 如实验台上使用的电流源。

3. 电压源与电流源的等效变换。从图 2-2 和图 2-4 我们可以看出, 实际上电压源与电流源的外特性是相同的, 它们向同样大小的负载可供出同样大小的电流, 电源的端电压也相等,

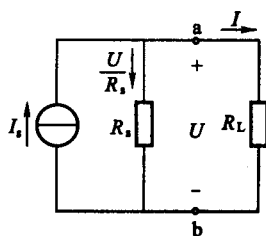


图 2-3 电流源电路

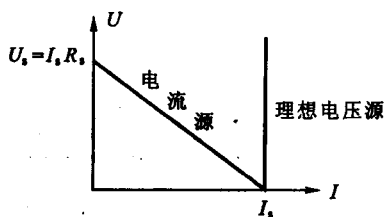


图 2-4 电流源外特性

因此电源的两种模型是等效的,等效变换电路如图 2-5 所示。电压源和电流源的等效关系只对外电路而言,对电源内部则是不等效的。理想电压源与理想电流源是不能转换的。一个电压源与一个电流源等效变换的条件为

$$I_s = \frac{E}{R_s} \quad \text{或} \quad E = I_s R_s$$

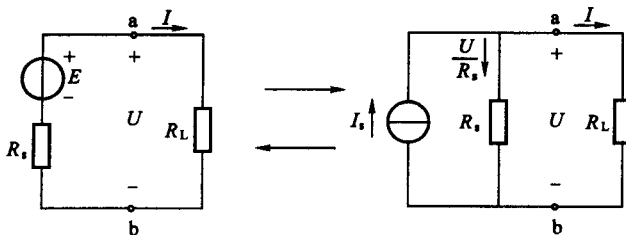


图 2-5 电压源与电流源等效变换电路

4. 电源与负载的功率关系。

(1) 负载获得最大功率的条件。如图 2-6 所示,电源工作时所产生的功率一部分为电源内阻 R_s 所消耗,另一部分输出给负载 R_L ,负载所消耗的功率由下式表示:

$$P = I^2 R_L = \left(\frac{E}{R_s + R_L} \right)^2 R_L$$

由此可知,对电源来讲,负载得到的功率 P 是负载电阻 R_L 的函数,欲使负载得到最大的功率,它的阻值可由 $\frac{dP}{dR_L} = 0$ 求出。即

$$\frac{dP}{dR_L} = \frac{d}{dR_L} \left[\frac{E^2}{(R_s + R_L)^2} R_L \right] = E^2 \frac{(R_L + R_s)^2 - 2R_L(R_L + R_s)}{(R_L + R_s)^4} = 0$$

于是得到 $(R_L + R_s) - 2R_L = 0$ 亦即 $R_L = R_s$

可以看到,当负载电阻等于电源内阻时,负载从电源上获得了最大的功率。我们称负载和电源之间达到了“匹配”,这时负载获得的最大功率为

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4R_s^2} R_s = \frac{E^2}{4R_s}$$

(2) 匹配电路的特点及应用。负载获得最大功率时,电路的效率却较低,电源产生的功率一半要消耗在电源内阻上,对于传输强大功率的电力系统,要考虑节省电能,减少损失,提高效率,所以它不可能在最大传输功率的条件下运行,否则有一半能量损失在电路和电源内阻上。而在电子技术领域里却不同,一般的信号源本身功率很小,效率高已属次要问题,而负载获

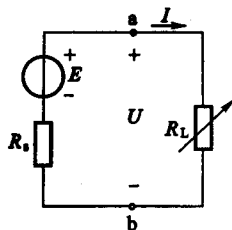


图 2-6 负载获得最大功率电路

得功率的大小直接反映灵敏度等重要性能,所以希望负载能获得尽可能大的功率,需工作在匹配状态。

三、实验仪器设备

实验中所需的仪器设备如下表:

序号	名 称	规格型号	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30 V	1	DG04
2	可调直流恒流源	0 ~ 500 mA	1	DG04
3	直流电压表		1	
4	直流电流表		1	
5	可调电阻箱	0 ~ 99 999.9 Ω	1	DG09
6	可调电阻器	10 k Ω /1 W, 100 Ω /5 W	各 1	DG09
7	实验电路板		1	DG05

四、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。按图 2-7 接线, E_s 为直流稳压电源, R_L 为可调电阻箱, R_s 为可调电阻器。

(1) 当 $E_s = +6$ V, $R_s = 0$ Ω 时, 调节 R_L , 使其按表 2-1 所给数据由大至小变化。记录电流表和电压表的读数, 并记入表 2-1 中。

(2) 当 $E_s = +6$ V, $R_s = 50$ Ω 时, 调节 R_L , 使其按表 2-1 所给数据由大至小变化。记录电流表和电压表的读数, 并记入表 2-1 中。

表 2-1 电压源的外特性

	R_L/Ω	∞	2 000	1 000	800	500	300	200
$R_s = 0$ Ω	U/V							
	I/A							
$R_s = 50$ Ω	U/V							
	I/A							

2. 测定电流源与恒流源的外特性。按图 2-8 接线, I_s 为直流恒流源, 调其输出电流为 10 mA, 令 R_s 分别为 1 k Ω 和 ∞ (接入和断开), 调节电阻箱, 使其按表 2-2 所给数据由小至大变化。记录电流表和电压表的读数, 并记入表 2-2 中。

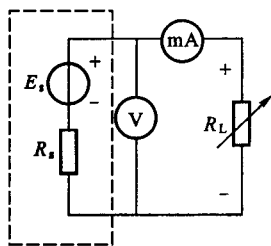


图 2-7 直流稳压电源电路

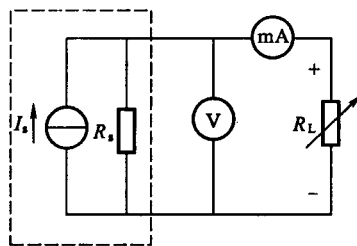


图 2-8 直流电流源电路

五、注意事项

1. 注意仪表的极性及读数的“+”、“-”，并注意及时更换仪表的量程。
2. 注意恒流源与稳压源的使用方法，恒流源负载不能开路，稳压源不能短路。换接线时应关闭电源。
3. 使用电压源与电流源时，电源上显示的表头读数只能作为参考值，实际数据应以测量表的读数为准。

六、预习思考题

1. 电压源与电流源的外特性为什么呈下降趋势？稳压电源与恒流源的输出在任何负载下都能保持恒定？
2. 最大功率的输出适合应用在什么地方？电力系统进行电力传输时，能工作在匹配状态吗？

七、实验报告要求

根据实验报告的格式和下列要求书写实验报告。

1. 根据实验数据，在坐标纸上绘出电源的四条特性曲线，并总结各类电源的特性。
2. 验证电压源与电流源等效的条件。
3. 根据表 2-4 所测数据，以及计算出的 P 值，绘出 $P = f(R_L)$ 曲线，验证负载获得最大功率的条件。

实验三 叠加原理与戴维南定理

一、实验目的

1. 验证线性电路叠加原理和戴维南定理的正确性；验证线性电路齐次性的正确性。
2. 学习正确使用直流稳压电源、直流恒流源和旋转电阻箱。
3. 熟悉直流电工仪表的使用方法。

二、实验原理

1. 叠加原理。在几个独立电源共同作用下的线性电路中，任一支路的电流（或电压）等于各电源单独作用在该支路所产生的电流（或电压）的代数和。

2. 戴维南定理。任何线性有源二端网络均可用一个等效电压源来代替，此电压源的电动势 E_0 等于这个有源二端网络的开路电压 U_{oc} ，其等效内阻 R_0 等于有源二端网络中所有电源除去（将各个理想电压源短路，即其电动势为零；将各个理想电流源开路，即其电流为零）后所得到的无源网络 a、b 两端之间的等效电阻，此电阻值也等于开路电压与短路电流的比值，即

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}。$$

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

4. 测量有源二端网络的等效内阻 R_0 有多种方法，下面介绍几种常用的方法：

方法一：如图 3-1(a) 所示，将有源二端网络中独立源去掉，变为无源二端网络，在 a、b 两端施加电压 U ，测量 a、b 支路的电流 I ，则等效内阻 $R_0 = \frac{U}{I}$ 。

方法二：两次电压测量法。如图 3-1(b) 所示，先测量 a、b 两端开路电压 U_{oc} ，然后在 a、b 两

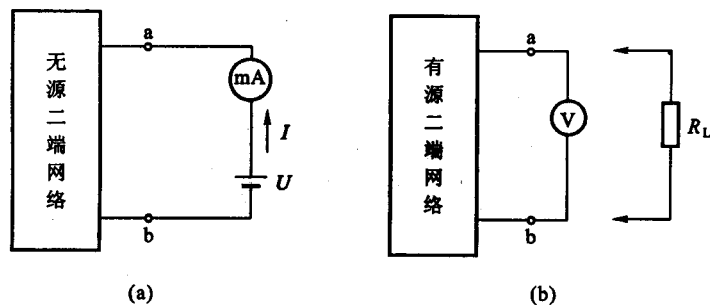


图 3-1

端接一已知电阻 R_L , 再测量 a、b 两端电压 U , 则等效内阻 $R_o = \left(\frac{U_{oc}}{U} - 1 \right) R_L$ 。

方法三: 开路电压、短路电流法。测出 a、b 两端的开路电压 U_{oc} 及短路电流 I_{sc} , 则等效内阻 $R_o = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$ 。

本实验应用方法三测量有源二端网络的等效内阻。

三、实验仪器设备

实验中所需的仪器设备如下表:

序号	名称	规格与型号	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30 V 可调	2	DG04
2	可调直流恒流源	0 ~ 500 mA 可调	1	DG04
3	旋转电阻箱	0 ~ 99 999.9 Ω	1	DG09
4	直流毫安表		1	
5	直流电压表		1	
6	叠加原理实验板		1	DG05
7	戴维南定理实验板		1	DG05

四、实验内容与步骤

1. 叠加原理的验证。实验电路如图 3-2 所示。

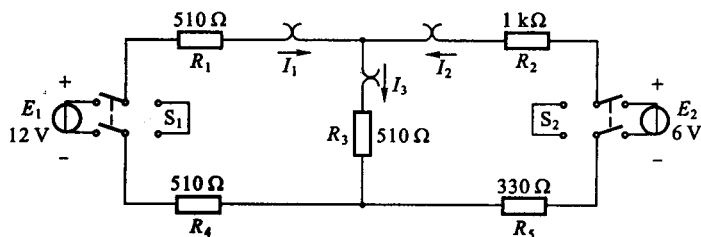


图 3-2 叠加原理实验电路

(1) 如图 3-2 所示, 其中 $R_1 = 510 \Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 510 \Omega$, $R_4 = 510 \Omega$, $R_5 = 330 \Omega$, $E_1 = 12 \text{ V}$, $E_2 = 6 \text{ V}$, E_1 、 E_2 均为可调直流稳压电源, 两电源作用与否, 分别由换路开关 S_1 、 S_2 来控制。

(2) E_1 单独作用时 (将开关 S_1 投向 E_1 侧, 开关 S_2 投向短路侧), 用直流毫安表测量各支路的电流, 数据记入表 3-1, 并注意电流方向。

(3) E_2 单独作用时 (将开关 S_2 投向 E_2 侧, 开关 S_1 投向短路侧), 读取各支路电流, 数据记入表 3-1, 并注意电流方向。