

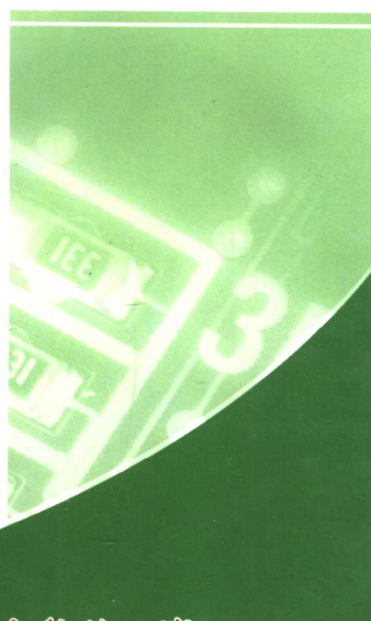
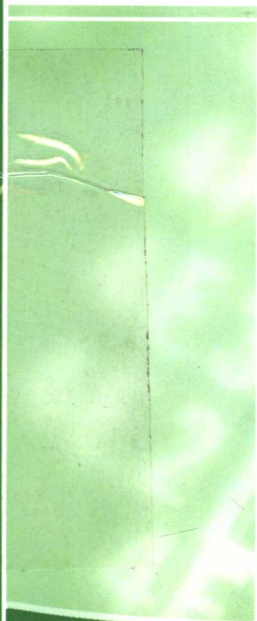
· 高等院校技术基础课系列教材 ·



电工与电子实训教程

DIANGONG YU DIANZI SHIXUN JIAOCHENG

◎ 殷志坚/王丽华/彭健飞 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

TM-33/42

2007

高等院校技术基础课系列教材

电工与电子实训教程

殷志坚 王丽华 彭健飞 主 编

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子实训教程/殷志坚 王丽华 彭健飞 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2007年9月

ISBN 978-7-5609-4168-4

I. 电… II. ①殷… ②王… ③彭… 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(2007)第133623号

电工与电子实训教程

殷志坚 王丽华 彭健飞 主编

责任编辑:曾光 朱琳
责任校对:张梁

封面设计:刘卉
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心
印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:14.25

字数:256 000

版次:2007年9月第1版

印次:2007年9月第1次印刷

定价:25.00元

ISBN 978-7-5609-4168-4/TM·93

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

电工与电子技术课程是一门实践性很强的基础课程。随着电子技术日新月异的发展,按照高等学校电工与电子技术课程教学的基本要求,以及适应新世纪高等学校培养人才的要求,为了增强学生基本实验技能、培养学生的动手能力,我们在总结多年高校实验经验的基础上,编写了这本实验教材。该教材适用于高等学校电气类、电子信息类及其相关专业的电工电子实验教学,也可供相关的专科院校和从事电工电子技术的工程技术人员使用。

本书着重介绍电工原理、模拟电路和数字电路课程的基本实验内容和实验方法。每一个实验都以相关的基本理论为基础,提出实验目的、实验原理、实验内容,学生通过预习,对与实验相关的理论进行分析,并通过实验验证理论结果,分析实验中出现的問題,对测试数据进行分析,找出产生误差的原因。在内容编排上:①安排了预习内容和思考题,增强学生独立思考和解决问题的能力;②以实验内容为核心,用实验原理进行阐述,介绍实验方法,使教材自成体系;③以常用实验仪器和设备为基础,通过固定电路板和学生自己搭接电路相结合的方式,使学生既掌握了基本理论,又提高了实践动手能力。

本书分四章,第一章为电工实验;第二章为模拟电路实验;第三章为数字电路实验;第四章为综合性、设计性实验。该书通过 51 个实验,分别介绍了电工、模拟和数字电路课程中的基本实验和基本测试方法,对常用的电子仪器和电路进行了分析和介绍。

本书由殷志坚(编写第一章、第二章的实验十一至实验十四、第四章)、王丽华(编写第三章、附录)、彭健飞(编写第二章的实验一至实验十)主编。在编写过程中,得到了江西科技师范学院通信电子学院实验中心全体老师的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限和编写时间仓促,书中不妥和错误之处在所难免,敬请读者指正。

编 者

2007 年 8 月

内 容 简 介

本书是根据教育部对电工与电子技术课程的基本要求而编写的,可作为电工原理、模拟电路和数字电路课程的配套实验教材。

全书分四章,包括电工原理、模拟电路和数字电路的基础实验和设计性实验,共 51 个。主要介绍电工和电子技术中的基本实验内容和测试方法,以及常用电工和电子实验仪器的使用,内容由浅入深。同时,本书安排了设计性实验,有利于培养学生的实践动手能力,提高学生分析问题和解决问题的水平。

本书可作为高等学校电气类、电子信息类及相关专业的电工电子实验教材,也可供相关专科院校和电工电子技术行业的工程技术人员使用。

目 录

第一章 电工实验	(1)
实验一 电工测量仪表的使用	(3)
实验二 线性与非线性元件伏安特性的测定	(13)
实验三 直流电路中电位及其与电压关系的研究	(17)
实验四 基尔霍夫定律的验证	(20)
实验五 迭加原理与互易定理的验证	(23)
实验六 戴维南定理和诺顿定理实验	(26)
实验七 电压源与电流源的等效变换	(30)
实验八 一阶电路实验	(34)
实验九 交流电路参数的测定	(37)
实验十 正弦交流电路中 RLC 的特性实验	(40)
实验十一 串联谐振电路实验	(44)
实验十二 改善功率因数实验	(48)
实验十三 三相电路及功率的测量	(52)
实验十四 单相变压器实验	(57)
实验十五 三相异步电动机顺序控制实验	(62)
实验十六 三相异步电动机 $Y-\Delta$ 启动控制实验	(65)
第二章 模拟电路实验	(71)
实验一 单级放大电路	(73)
实验二 两级放大电路	(80)
实验三 射极跟随器(共集电极电路)	(84)
实验四 负反馈放大电路	(88)
实验五 差动放大电路	(92)
实验六 比例求和运算电路	(96)
实验七 波形发生电路	(102)
实验八 有源滤波器	(107)
实验九 电压比较器	(112)
实验十 集成电路 RC 正弦波振荡器	(116)
实验十一 互补对称功率放大器	(119)
实验十二 集成功率放大器	(123)

实验十三 串联型直流稳压电路	(125)
实验十四 集成稳压器	(129)
第三章 数字电路实验	(133)
实验一 门电路逻辑功能及测试	(135)
实验二 集成门电路的逻辑变换及应用	(139)
实验三 译码器及应用	(141)
实验四 数据选择器及应用	(147)
实验五 加法器及应用	(152)
实验六 触发器及应用	(156)
实验七 时序电路	(159)
实验八 计数器 MSI 芯片的应用	(162)
实验九 MSI 移位寄存器及应用	(165)
实验十 555 定时器及应用	(171)
实验十一 D/A、A/D 转换器	(177)
实验十二 TTL 与非门的参数测试	(183)
实验十三 智力竞赛抢答器电路	(188)
实验十四 数字钟	(190)
第四章 设计综合性实验	(193)
实验一 受控源特性的研究	(195)
实验二 RLC 串联谐振电路的研究	(199)
实验三 比例、求和运算电路实验	(202)
实验四 方波和三角波发生器	(204)
实验五 有源滤波电路设计性实验	(205)
实验六 功率放大电路设计性实验	(206)
实验七 直流稳压电源设计性实验	(207)
附录一 集成电路型号命名规则	(208)
附录二 部分 TTL 集成电路管脚排列图	(212)
附录三 组件介绍	(216)
参考文献	(221)

第一章 电工实验

实验一 电工测量仪表的使用

一、实验目的

- ① 学习常用机电式电工仪表的工作原理及分类;
- ② 掌握使用常用电工仪表测量电流、电压、功率及电阻的基本方法。

二、实验原理

随着现代电子技术的不断发展,为了保证生产的顺利进行和用电设备的正常工作,常常需要对各种电磁量进行测量,确定它们的数值,以便更好地控制它们和研究它们之间的内在联系。电工测量就是应用电磁现象的基本规律对电压、电流、电阻和电功率等电磁量进行的测量,测量所使用的工具就是电工仪表。电工测量有很多突出的优点,如:测量仪表精度高、体积小,测量范围广,容易实现遥测、遥控,容易进行连续测量和自动测量等。因此,电工测量在生产和科学研究等各方面都得到广泛应用。电工测量不仅被用于测量电磁量,也常被用于测量非电磁量。

电工仪表按测量方式不同可分为两大类:一类是直读式仪表,能直接指示被测量的大小;另一类是比较式仪表,需将被测量与标准量进行比较才能得知其大小。常用电工测量仪表以直读式机电仪表最为普遍。

机电式直读仪表通常是依据电磁相互作用原理,使仪表指针在电磁作用下产生机械偏转来进行测量。它主要由电磁相互作用机构、与电磁力矩相平衡的反力矩机构、可形成阻尼力矩的阻尼装置和调零装置等部分组成。

1. 直读式机电仪表的分类和符号

仪表的分类方法有多种,主要可从以下几个方面进行分类。

① 按被测量的种类可分为电流表、电压表、功率表、频率表、相位表等(见表 1-1-1)。

② 按作用原理可分为磁电式、电磁式、电动式、整流式等(见表 1-1-2)。

③ 按仪表准确度可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0 等级。

在仪表的刻度盘上,除标有被测量种类符号和仪表形式符号外,还标有适用电流是直流还是交流、仪表耐压能力、准确度等级等符号,为正确使用本仪表提供条件。

现将仪表上常用的符号及其含义说明如下(见表 1-1-3)。

表 1-1-1 不同种类的测量仪表

被测量种类	仪表名称	符 号
电流	安培表、毫安表、微安表	$\bigcirc$ A $\bigcirc$ mA $\bigcirc$ μ A
电压	伏特表、毫伏表	$\bigcirc$ V $\bigcirc$ mV
电阻	欧姆表	$\bigcirc$ Ω
电功率	功率表	$\bigcirc$ W
电能量	电度表	$\bigcirc$ Wh
功率因数	功率因数表	$\bigcirc$ $\cos \varphi$
频率	赫兹表	$\bigcirc$ Hz

表 1-1-2 不同结构的测量仪表

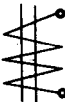
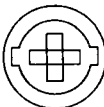
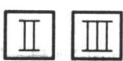
仪表形式	符 号	用 途
磁电式		直流电压、电流、电阻
电磁式		直流及工频交流电压、电流
电动式		直流及交流电压、电流、功率、功率因数
整流式		工频或较高频正弦电压、电流
铁磁电动式		工频电压、电流、功率
感应式		交流电能

表 1-1-3 仪表上的常用符号

表盘上的符号	所代表的意义
—	直流
~	交流
3~	三相交流
↑(或⊥)	垂直放置
→	水平放置
	与水平成 30° 放置
	准确度 0.5 级
 2kV	绝缘经 2000 V 耐压试验
	防外磁场等级

2. 几种常见的电工仪表型式的工作原理

(1) 磁电式仪表

磁电式仪表结构如图 1-1-1 所示。

它由一个固定的永久磁铁和一个带有指针及弹簧的活动线圈所组成。当被测电流通过活动线圈时,载流线圈与永久磁铁的磁场相互作用产生转动力矩,带动指针偏转。在指针与其弹簧的反作用力矩达到平衡时,指针停留的位置即被测量的指示值,指针离开平衡位置的偏转角与通过的电流值成正比。

磁电式仪表准确度、灵敏度高,功耗小,表盘刻度均匀,但仪表过载能力差,直接使用时,只能用来测量直流量。

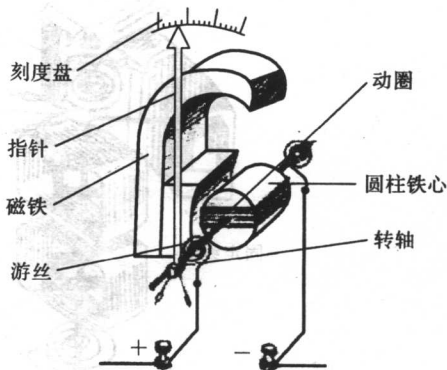


图 1-1-1 磁电式仪表结构

(2) 电磁式仪表

电磁式仪表结构如图 1-1-2 所示。

它由一个内部装有定铁片的固定线圈和安在同一轴上可以转动的指针、弹簧反动铁片组成。当被测电流通过线圈时产生磁场,使动铁片和定铁片同时磁化,并且相靠近部分是同一极性。由于同极相斥,动铁片带动指针偏转,在与弹簧反力矩

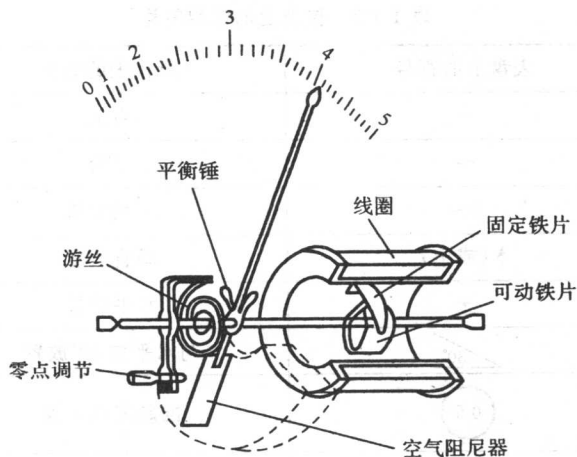


图 1-1-2 电磁式仪表结构

平衡时, 指针指示出被测量的值。

电磁式仪表结构简单, 过载能力强, 交直流量均可测量, 但灵敏度和准确度较低, 刻度不均匀, 本身功耗大。

(3) 电动式仪表

电动式仪表的结构如图 1-1-3 所示。

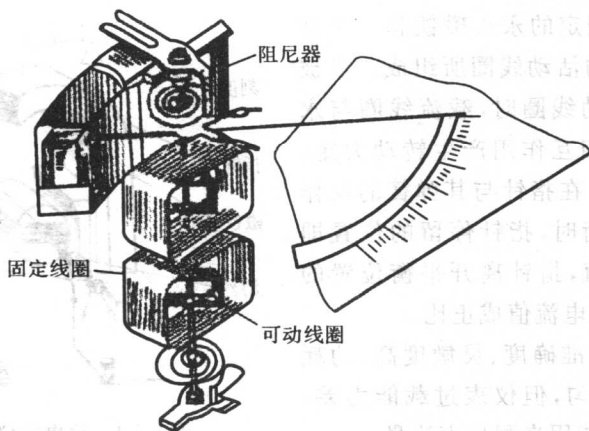


图 1-1-3 电动式仪表结构

它由固定线圈和装在同一轴上可转动的指针、弹簧及活动线圈组成。测量时固定线圈和活动线圈均有电流通过, 根据两载流线圈相互作用原理, 活动线圈偏转并带动指针偏转, 在与弹簧反作用力矩相平衡时, 指针指示出被测量的值。

电动式仪表准确度高, 交、直流量均可测量, 可制成电流表、电压表, 也常制成

功率表,其缺点是结构较复杂、造价高、功耗大、过载能力差。

3. 电工仪表的准确度等级

准确度等级反映了电工仪表的准确程度。目前我国电工仪表准确度分为七级。等级的划分由仪表的相对额定误差的大小决定。即

$$\beta_H = \frac{\Delta A_m}{A_m} \times 100\%$$

式中: β_H ——仪表的相对额定误差;

ΔA_m ——仪表的最大绝对误差;

A_m ——仪表的最大量程。

一般 0.1 级和 0.2 级仪表常被作为标准仪表使用,0.5~1.5 级仪表为实验室仪表,1.5~5 级作为生产过程的指示仪表。

一般来说,等级高的仪表(0.1 级、0.2 级)比等级低的仪表(2.5 级、5 级)测量结果更准确,但量程的选择对测量结果的准确程度也有很大影响。使用仪表时,选择其量程要使测量值越接近满刻度越好,一般应使指针偏转超过满刻度值的一半。

例 有两只均为 0.1 级的电流表,量程分别为 100 A 和 50 A,现用来测量 40 A 的电流,分别求测量结果的最大相对误差。

解 (1) 用 100 A 电流表测量时

$$\Delta A_{m1} = \beta_H \times A_{m1} = \pm 1\% \times 100 \text{ A} = \pm 1 \text{ A}$$

故用此仪表测量 40 A 电流时,最大相对误差为

$$\beta_1 = \frac{\Delta A_{m1}}{A} \times 100\% = \pm \frac{1}{40} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

(2) 用 50 A 电流表测量时

$$\Delta A_{m2} = \beta_H \times A_{m2} = \pm 1\% \times 50 \text{ A} = \pm 0.5 \text{ A}$$

故用此仪表测量 40 A 电流时的最大相对误差为

$$\beta_2 = \frac{\Delta A_{m2}}{A} \times 100\% = \pm \frac{0.5}{40} \times 100\% = \pm 1.25\%$$

$\beta_1 > \beta_2$, 显然,此种情况用 50 A 电流表测量 40 A 电流是合适的。

4. 电量的测量

(1) 电流的测量

测量电路中的电流值要按被测电流的种类及量值的大小选择合适量程的交流电流表或直流电流表。要将电流表串联在被测电流的电路中,以使被测电流通过电流表,如图 1-1-4 所示。

由于电流表本身内阻很小,切不可将电流表误接在某一有电压的元件两端,以免电流表被烧坏。测量直流电流时还应注意电流表的正、负极性,应使被测电流由电流表的正极流向电流表的负极。

为方便测量电流,一般实验台都配有电流测量插口和插头,使用时将各插口分

别串入各被测电路,将插头两端引线接到电流表两端。测量某电路电流时,只需将插头分别插入各电路插口,即可测出各电路中的电流。

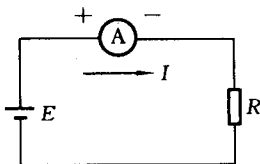


图 1-1-4 电流的测量

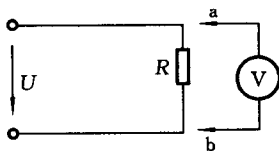


图 1-1-5 电压的测量

(2) 电压的测量

测量电路中的电压值时,可按被测电压的种类和大小来选择合适量程的直流电压表或交流电压表。测量电压时,要将电压表接至 a、b 两点(见图 1-1-5)。

电压表本身内阻很大,不可将电压表串接入某一支路,以免影响整个电路的正常工作。测量直流电压时还应注意电压表的正、负极性,应将电压表的正极接到被测电压的高电位端。

(3) 功率的测量

测量电路功率的功率表一般是电动式仪表。

电动式功率表既可测量直流功率,也可用来测量交流功率(有功功率)。直流电路中的功率可以用测量的直流电流和直流电压的乘积求得,而交流电路中的功率一般要用功率表进行测量。

使用功率表应根据功率表上所注明的电压和电流量限,将电流线圈(固定线圈)串联在被测电路中,将电压线圈(可动线圈)并联在被测电路的两端。为了减少测量误差,对于高阻抗负载,应按图 1-1-6 接线,功率表的电压线圈所反映的电压值包括负载的电压和功率表电流线圈的电压。功率表的读数中除了负载功率之外,还包含仪表本身电流线圈上的功率损耗。对于低阻抗负载,应按图 1-1-7 接线,功率表电流线圈中的电流,包括负载电流和功率表电压线圈中的电流。功率表的读数中除了负载功率之外,还包括仪表本身电压线圈的功率损耗。

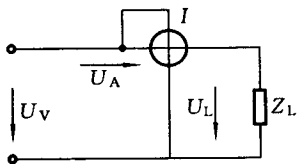


图 1-1-6 高阻抗负载功率测量

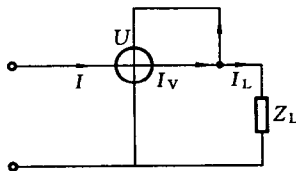


图 1-1-7 低阻抗负载功率测量

一般由功率表本身损耗引起的测量误差是很小的,但在测量小功率和要求精确的测量数值时,选择合适的接线方式是很重要的。

功率表一般有两个电流量限,两个或多个电压量限,以适应测量不同负载功率

的需要。表内有两个完全相同的电流线圈(定圈),其接线端分别引出到表面上,可通过金属片将两个电流线圈串联或并联(见图 1-1-8),并联时允许通过的电流值是串联的两倍。电压线圈通过串联不同的附加电阻以扩大电压量限,如图 1-1-9 所示,其中有“*”号的为公共端。

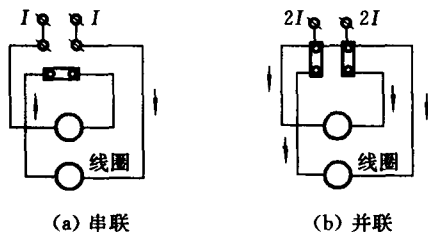


图 1-1-8 电流线圈的连接

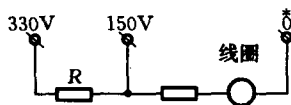


图 1-1-9 电压量限扩展连接

由于功能表是多量限的,所以它的标度尺上只标有分格数,在选用不同电流量限和电压量限时,每一分格代表不同的瓦数。在读数时要注意实际值与指针示数的关系,功率表每格表示的功率数为

$$\text{瓦/格} = \frac{U_m I_m}{N_m}$$

式中: U_m ——电压线圈的量限值;

I_m ——电流线圈的量限值;

N_m ——功率表满刻度格数。

被测功率的数值为

$$P = \frac{U_m I_m}{N_m} \times N$$

式中: N ——功率表指示格数。

在被测电路功率因数 $\cos\varphi$ 很低时,应选用低功率因数功率表。低功率因数功率表的使用方法与功率表相同。其每格瓦特数为

$$\text{瓦/格} = \frac{U_m I_m \cos\varphi_m}{N_m}$$

式中: $\cos\varphi_m$ 表示仪表在满刻度时的额定功率因数,此值标注在表盘面上。

(4) 万用表的使用(电阻的测量)

万用表是一种可以测量直流电压、交流电压、直流电流和电阻等电量的多功能电表。一般万用表有一个转换开关,以选择测量项目和量程;有两个测量端钮,接上表笔以输入被测电量;有一个欧姆零位调节旋钮,用以测量电阻时校准欧姆零位;表头上有表盘指示被测电量的数值。

用万用电表测量交流电压、直流电压、直流电流的方法与电压表、电流表的使用方法相同,使用时只需注意测量项目和量程的选择即可。此处仅介绍用万用表

测量电阻的方法。

用万用表测量电阻时,应将转换开关旋至欧姆挡的某一挡位(如 $\times 10$ 挡、 $\times 1k$ 挡)。在测量电阻之前,应进行调零,即将两支表笔短接(外测电阻为零),调节“ Ω 零位调节”旋钮,使表头指针对准电阻为零的刻度处。然后把表笔分别接到被测电阻的两端,从“ Ω ”刻度尺上读取数值,将读数乘以电阻倍率,即可得到被测电阻的值。

测量电阻时还应注意以下几点。

① 测量电阻的每一挡位的范围都是 $0\sim\infty$,但各挡位有不同的欧姆中心值,即指针指在表盘中央位置时所测量的电阻值(亦即此挡万用电表的内阻值)。测量电阻时要选择合适的倍率,应尽量使所选挡位的欧姆中心值接近被测电阻的值,也就是说尽量使指针指在表头中央位置以提高测量精度。

② 被测电阻不能带电,否则容易损坏电表。

③ 测量电路中的电阻时,一定要将其一端从电路断开,以防电路中还有电阻。

④ 测量电阻时,不要用手同时触及电阻两端,以防将人体电阻并在被测电阻上。

三、实验内容及步骤

① 用交流电压表测试三相交流电源输出端的各线电压和相电压,填入表1-1-4中。

表 1-1-4 电压与相电压的值

项目	UV	VW	WU	UN	VN	WN
电压/V						

② 按图1-1-10接线,用交流电压表监视从实验台调压器输出20V和25V交流电压,并接到整流器上,选用直流电压表测量输出的直流电压,并填入表1-1-5。

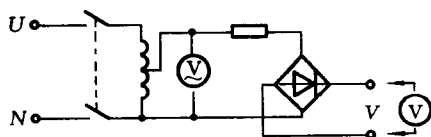


图 1-1-10 直流电压的测试

表 1-1-5 直流电压值

交流输入电压/V	直流输出电压/V
20	
25	

③ 按图1-1-11接线,选三相灯泡负载、利用调压器输出220V交流电压,改变每组灯泡数,测量灯泡两端电压,并用交流电流表测量电流 I_1 和 I_2 。数据记录在表1-1-6中。