

高等院校教材

电路测试与电工基础实验

田化梅 李玲远 编著



科学出版社
www.sciencep.com

高等院校教材

电路测试与电工基础实验

田化梅 李玲远 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是电路基础课程教学的实验教材,主要内容包括实验基础知识、电子技术实验中的常用测量方法、常用实验测量仪器的使用、常用电子元器件的性能和运用、电路基础实验、动态电路的时域特性研究、动态电路的频域特性研究和电工基础实验。

本书内容丰富、知识结构合理、系统性强,既可作为《电路分析》、《电工技术》的配套教材,也可以作为独立设课教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

电路测试与电工基础实验/田化梅,李玲远编著. —北京:科学出版社,2006.6
高等院校教材

ISBN 7-03-017122-5

I. 电… I. ①田… ②李… III. ①电路-测试技术-高等学校-教材②电工技术-实验-高等学校-教材 N. ①TN707②TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 031460 号

责任编辑:段博原 张启男 杨 然/责任校对:刘小梅

责任印制:张克忠/封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年5月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年5月第一次印刷 印张:10 1/2

印数:1—4 000 字数:195 000

定价:16.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<双青>)

前 言

《电路测试与电工基础实验》是高等院校电气信息类各专业电路课程方面的入门教材,对学生理解和巩固电路的基本理论、提高实际动手能力具有重要的意义。通过本课程的学习,学生可以掌握电路参量的基本测量方法;掌握常用电子和电工仪器仪表的使用方法;掌握常用电子元器件的性能;加深对电路基本概念、基本定理、基本分析方法的理解;掌握电路在时域、频域的研究方法;掌握基本的电工测量技术,为后续的学习打下良好的基础。

本书编写的基本思路是将实验课程作为一个独立的教学体系,以提高学生的创新意识和实际动手能力为目标,进一步优化实验内容;引入新的教学理念,使学生能在实验中感悟电路理论的精髓和乐趣,能在实验中发现、解决问题。

本书的特色与创新点主要表现在:对实验内容进行了精心编排,实验内容分为电路基础实验、电路时域特性研究、电路频域特性研究、电工基础实验等几部分。使实验课程与理论课程相比既有联系,又有扩展,形成一个独立、系统的教学体系。

针对学生在实验预习中存在的不知道如何预习、预习什么问题,加强了“预习思考和要求”环节,将要预习的内容和要求具体化,并以思考题的形式列出来,为学生更好地完成实验、理解实验所表达的内涵打好基础。

增加了“实验研究与思考”环节,根据平时老师积累的教学经验,对学生在实验中可能出现的问题进行预测,作为实验后的思考题,以激发学生发现问题、解决问题的兴趣和能力。

本书共分为7章,第1章主要介绍了实验基础知识,包括实验室供电系统和安全用电常识、电工电子实验中常用的测量方法、测量误差分析;第2章主要介绍了常用的实验测量仪表;第3章主要介绍了常用的电子元器件;第4章为电路基础实验;第5章为动态电路的时域特性研究;第6章为电路的频域特性研究;第7章为电工基础实验。其中第1、2、7章由李玲远编写,第3、4、5、6章由田化梅编写。

由于作者水平有限,不足之处在所难免,在此恳请各位读者批评指正。

编 者

2006年2月

目 录

前言

第1章 实验基础知识	1
1.1 实验室供电系统与安全用电常识	1
1.1.1 实验室供电系统	1
1.1.2 安全用电常识	3
1.1.3 实验注意事项	4
1.2 电工电子技术实验中的常用测量方法	5
1.2.1 测量的基本概念	5
1.2.2 电流和电压的测量	7
1.2.3 功率的测量	9
1.2.4 频率时间测量	11
1.2.5 相位差的测量	13
1.2.6 幅频特性的测量	15
1.3 测量误差分析.....	16
1.3.1 测量误差的定义	16
1.3.2 测量误差分类	17
1.3.3 测量的准确度、精密度及精确度	18
1.4 实验测量数据处理.....	18
1.4.1 有效数字.....	18
1.4.2 实验测量数据处理	19
第2章 常用实验测量仪器	21
2.1 常用电工仪表基础知识.....	21
2.1.1 常用电工仪表的基本知识.....	21
2.1.2 常用电工仪表的选择	22
2.2 常用电工仪表.....	23
2.2.1 兆欧表	23
2.2.2 数字兆欧表	26
2.2.3 数字钳形表	27
2.2.4 功率表	29
2.2.5 单相相位表	30

2.2.6	模拟式万用表	32
2.2.7	数字万用表	33
2.3	常用电子测量仪器	35
2.3.1	直流稳压电源	35
2.3.2	电子示波器	38
2.3.3	信号发生器	44
2.3.4	电子电压表	45
第3章	常用电路元器件的识别与测量	48
3.1	电阻元件	48
3.1.1	电阻器	48
3.1.2	电位器	52
3.1.3	特殊电阻器	53
3.1.4	电阻元件的一般检测方法	56
3.2	电容元件	58
3.2.1	电容器的定义、功能及分类	58
3.2.2	电容器的主要技术指标	59
3.2.3	电容器的标注方法	59
3.2.4	电容器的一般检测方法	60
3.3	电感器与变压器	62
3.3.1	电感器	62
3.3.2	变压器	63
3.3.3	电感器和变压器的一般检测方法	64
3.4	开关与继电器	66
3.4.1	开关	66
3.4.2	继电器	67
3.5	晶体二极管	69
3.5.1	二极管的结构与符号	69
3.5.2	二极管的伏安特性	70
3.5.3	二极管的主要参数	71
3.5.4	二极管的分类和型号命名方法	71
3.5.5	常用的各种二极管	72
3.5.6	一般二极管的识别与检测方法	74
3.6	晶体三极管	74
3.6.1	晶体三极管的结构和符号	75
3.6.2	晶体三极管的电流分配关系和放大原理	75

3.6.3	三极管的三种工作状态	76
3.6.4	三极管的三种接法及特性	76
3.6.5	三极管的主要参数	76
3.6.6	三极管管脚和类型的检测	78
3.7	场效应管	78
3.7.1	场效应管的分类	79
3.7.2	场效应管的偏置条件和基本接法	79
3.7.3	场效应管的主要参数	80
3.7.4	使用场效应管的注意事项	80
3.8	晶闸管	81
3.8.1	晶闸管的作用和分类	81
3.8.2	普通晶闸管的结构与工作原理	81
3.8.3	晶闸管的主要参数	82
3.9	集成运算放大器	82
3.9.1	集成运算放大器的组成及电路符号	82
3.9.2	集成运算放大器的分类	83
3.9.3	集成运算放大器的主要参数	83
3.9.4	集成运算放大器的应用	84
第4章	电路基础实验	85
实验 4.1	电信号参数测量及常用电子仪器的使用	85
实验 4.2	元件的识别与检测	87
实验 4.3	元件伏安特性的测试及电压源外特性的研究	88
实验 4.4	受控源特性研究	92
实验 4.5	基尔霍夫定律	96
实验 4.6	叠加定理	98
实验 4.7	戴维南定理	100
第5章	动态电路的时域特性研究	104
实验 5.1	一阶 RC 电路研究	104
实验 5.2	二阶动态电路研究	109
第6章	电路的频域特性研究	113
实验 6.1	一阶 RC 电路频域特性研究	113
实验 6.2	RC 串并联电路频域特性研究	117
实验 6.3	RC 双 T 带阻电路频域特性研究	119
实验 6.4	RLC 串联谐振电路特性研究	122
实验 6.5	LC 并联谐振电路特性研究	126

实验 6.6 信号波形失真的时频分析	130
第 7 章 电工基础实验	133
实验 7.1 交流电路参数的测定	133
实验 7.2 功率因数的提高	137
实验 7.3 三相交流电路负载的连接方法	139
实验 7.4 三相负载功率的测量	143
实验 7.5 单相变压器	146
实验 7.6 三相异步电动机的检测起动与正反转控制	151
实验 7.7 三相异步电动机的继电-接触器控制	155
参考文献	159

第 1 章 实验基础知识

1.1 实验室供电系统与安全用电常识

1.1.1 实验室供电系统

1. 实验室供电系统

实验室有各种电工仪表和电子仪器设备,它们都是在动力电(或称“市电”)下工作的。因此,有必要了解实验室的供电系统及一些安全用电常识,以便正确合理的安装使用这些仪器设备,避免用电事故发生。

实验室通常使用的动力电是频率为 50Hz、线电压 380V、相电压 220V 的三相交流电源。由于在实验室里很难做到三相负载平衡工作,因此常采用 Y-Y 型连接。从配电室到实验室的供电线路如图 1-1 所示。

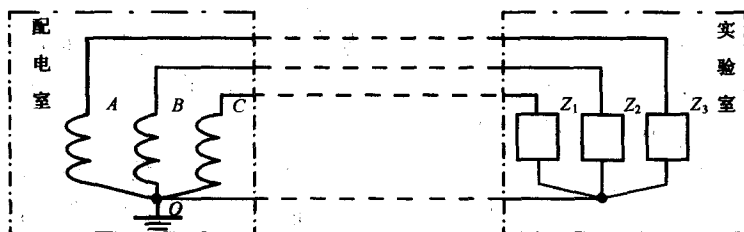


图 1-1 实验室供电系统

A、B、C 为三条火线, O 为回流线。回流线通常在配电室一端接地, 因此又称零线, 其对地电位为 0。该供电系统称为三相四线制供电系统。

实验室的仪器通常采用 220V 供电, 并经常是多台仪器一起使用。为了保证操作人员的人身安全, 使其免遭电击, 需要将多台仪器的金属外壳连在一起并与大地连接, 因此在使用端的实验室需要引入一条与大地连接良好的保护地线。从实验室配电盘(电源总开关)到实验台的供电线路如图 1-2 所示。

220V 的交流电从配电盘分别引到各个实验台的电源接线盒上, 电源接线盒上有两芯插座和三芯插座供仪器设备及用电器使用。按照电工操作规程的要求, 两芯插座与动力电的连接是左孔接零线, 右孔接火线。三芯插座除了按左孔接零线, 右孔接火线连接之外, 中间孔接的是保护地线(GND)。因此, 实验室的供电系统比较

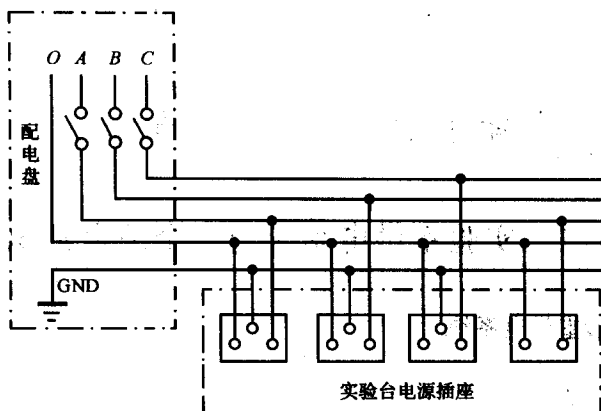


图 1-2 实验室供电线路

确切的叫法应该是三相四线一地制,即三条火线、一条零线、一条保护地线。

2. 零线与保护地线的区别

零线与保护地线虽然都与大地相接,但它们之间有着本质的区别。

(1) 接地的地点不同。零线通常在低压配电室即变压器次极端接地,而保护地线则在靠近用电器端接地,两者之间有一定距离。

(2) 零线中有电流。即零线电压为 0、电流不为 0,且零线中的电流为三条火线中电流的矢量和。保护地线在一般情况下电压为 0、电流也为 0,只有当漏电产生时或发生对地短路故障时,保护地线中才有电流。

(3) 零线与火线及用电负载构成回路,保护地线不与任何部分构成回路,只为仪器的操作者提供一个与大地相同的等电位。因此零线和保护地线虽说都与大地相接,但不能把它们视为等电位,在同一幅电路图中不能使用相同的接地符号,在实验室里更不能把零线作为保护地线、测量参考点,了解这一点非常重要,否则会造成短路,在瞬间产生大电流,烧毁仪器、实验电路等。

了解零线与保护地线的区别是有实际意义的,因为在实验室内,要求所有一起使用的电子仪器,其外壳要连在一起并与大地相接,各种测量也都是以大地(保护地线)为参考点的,而不是零线。

3. 如何识别零线和火线

如何识别零线和火线呢?最简便的方法是用试电笔。试电笔是由金属探头、氖管、大电阻(大于 $1M\Omega$)、金属尾组成。使用时只要手指与金属尾接触,金属探头放到电源插孔里即可,这样,电源从金属探头、氖管、大电阻、金属尾及人体到大地构成回路。若是火线,氖管就会发光;若是零线,氖管就不发光。使用时,一定要注意

手指不能与试电笔的金属探头接触。

为了防止触电,对使用动力电的仪器设备、用电器要经常检查电源插头有无松动,导线是否破损,外壳接地是否良好等。

1.1.2 安全用电常识

1. 电流对人体的危害

人体直接接触带电体,或者通过其他导电途径触及带电体而引起的病理、生理效应,称为触电。触电可使人体受到伤害,根据其伤害程度不同分为电击和电伤两种。电击是指电流触及人体而使内部器官受到损害,轻者肌肉痉挛,产生麻电感觉,重者会造成呼吸困难,心脏麻痹,甚至导致死亡。电伤是由于电流的热效应、化学效应、机械效应以及在电流的作用下使熔化或蒸发的金属微粒等侵入人体肌肤而造成的创伤,严重时也可危及生命。

电流对人体危害程度与通过人体的电流强度、持续时间和通过人体电流的途径以及触电者的健康状况等因素有关。

50~60Hz 的 110~220V 交流电,对心脏有很强的作用,一般使人体有麻电感觉的交流电流为 0.7~1.1mA,人体难以摆脱的交流电流为 10~16mA,儿童能摆脱电流的数值远比 10 mA 小。在较短时间内使人致命的电流为 50~100mA,其实,当电流流经人体的时间达到 1s,即已造成危险。电流流经人的头部、心脏、脊髓和中枢神经等重要部位,危害最大,极易导致死亡。

当人体触及的电压不变时,若人体电阻越小,则流过电流越大,越危险。而人体电阻大小与湿度成反比,因此,在潮湿场所触电是非常危险的。

2. 安全电流

人体触电伤害程度与通过人体的电流大小及触电时间长短有关。我们把人体触电后最大的摆脱电流称为安全电流。我国规定的安全电流为 30 mA(触电时间不超过 1s)。研究证明,在触电时间不超过 1s 时,如果流经人体电流不超过 30 mA,对人身肌体无损伤,不会引起心室纤维性颤动和器质性损伤;如流经人体电流达到 50 mA,对人体有致命危险;如达到 100mA 时,一般要致人死亡。

3. 安全电压

加在人体上一定时间内不使人直接致命或致残的电压称为安全电压。通常人体电阻随干、湿情况约在数万到 800Ω 不等,如果人体电阻以 800Ω 计算,通过 50 mA 的电流,所加 $0.05 \times 800 = 40V$ 的电压,因此规定安全电压为 36V 以下。一般情况下,人体触电时,如果接触电压在 36V 以下,通过人体的电流就不致超过 30 mA,但在潮湿闷热的环境中,安全电压则规定为 24V 或 12V。

1.1.3 实验注意事项

1. 电工实验操作规则及安全用电规则

进入电工实验室参加实验的学生除了理解安全用电的重大意义外,在实验过程中还必须严格遵守实验室规程。

(1) 严禁带电接线、拆线或改接线路。

(2) 不准擅自接通电源。学生连接好实验线路后,必须经过指导教师检查后才能接通电源。接通电源或启动运转类设备时,应告知同组同学。

(3) 通电后不允许人体触及任何带电部位,不得带电操作,以防发生触电事故。严格遵守“先接线后通电”、“先断电后拆线”的操作规程。

(4) 学生上实验课时不允许赤脚或穿拖鞋,最好穿胶底鞋。

(5) 实验前应检查运转设备的螺栓是否已拧紧。设备运转时,要防止人体碰到旋转部分。应当心衣角、围巾、辫子等被旋转部分绞住。不得用手或脚去制动设备,以免发生意外。

(6) 实验过程中如果发生事故,应立即关断电源,保持现场,报告指导老师。

(7) 不准任意搬动或调换实验室的仪器设备。非本次实验所用仪器设备,未经教师允许不能动用。没有弄懂仪器设备的使用方法前,不得贸然使用。若损坏仪器设备,必须立即报告教师,并填写责任事故表。

2. 连接线路

(1) 根据实验项目,合理选择仪表种类、量程和等级。

(2) 连线前先弄清楚电路图与实物接头之间的对应关系。

(3) 根据电路的结构特点,采取合理的接线步骤。一般按先串联后并联、先主电路后辅电路的操作顺序进行,以免遗漏和重复。

(4) 电路走线合理,导线粗细长短适宜,接线柱的插接应拧紧,保证接触良好。多根导线不宜过于集中接在某一点,可分接在等电位的其他接线柱上。

3. 电子技术实验中的“共地”问题

在弱电系统中,为避免外界干扰,大多数电子仪器用单端输入和单端输出,在输入(输出)的两个端点中,有一个端点与仪器外壳相连,并与输入(输出)电缆线的外层屏蔽线连接在一起。仪器外壳通过带接地线的电源插头与地相通。接地处标有“⏏”的记号,接外壳的端点标有“⏏”的记号。测量时所有“⏏”的记号都必须直接连接在一起,即所谓的“共地”,连接线路如图 1-3 所示。单端输入(输出)的测量仪器的两个端点是不能互换的。

必须指出,电路中的公共参考点(共地点、等电位点)有时并不与地相连,但必

须注意,测量时,所有仪器标有“⊥”的端点应与公共参考点相接。

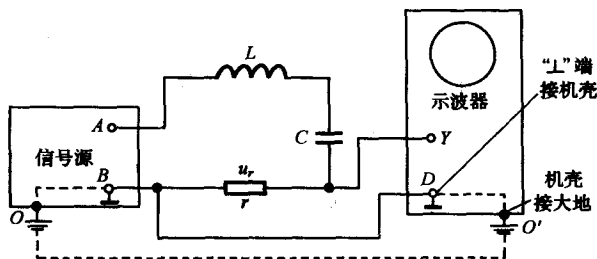


图 1-3 共地连接示意图

1.2 电工电子技术实验中的常用测量方法

1.2.1 测量的基本概念

1. 测量的概念

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程,是人们借助专门的设备,将被测量与作为测量单位的已知量相比较的过程。在比较的过程中,可以确定被测量的量是已知量的几倍或几分之几。测量的结果由两部分组成:一是比较的数量,二是比较的单位。

电工测量仪表中,有些电工仪表可以将比较的结果直接指示出来,如电流表、电压表、功率表等这类仪表称为电工测量指示仪表。除了电工测量指示仪表外,还有电桥、电位差计等仪表,它们是将被测量与同类单位量直接进行比较。

电子测量是指以电子技术为基本手段的一种测量技术。电子测量除具体运用电子科学的原理、方法和设备对各种电量、电信号及电路元器件的特性和参数进行测量外,还可以通过各种传感器对非电量进行测量。

2. 测量单位制

测量时采用国际单位制(也称作 SI 制),国际单位制以实用单位制为基础,包括七个基本单位、两个辅助单位和其他导出单位。

七个基本单位是:长度单位米(m)、质量单位千克(kg)、时间单位秒(s)、电流单位安培(A)、热力学单位开尔文(K)、物质的量单位摩尔(mol)、发光强度单位坎德拉(cd)。

两个辅助单位是:平面角单位弧度(rad)和立体角单位球面度(sr)。

其他所有物理单位都可以由七个基本单位导出,称为导出单位。电工电子测量常用的国际单位有:电流(A)、电压(V)、功率(W)、频率(Hz)、电阻(Ω)、电感(H)、

电容(F)、时间(s)。

3. 电工电子测量的范围

电工电子的测量可以分为下列几个方面的测量:

- (1) 电量的测量。如电流、电压及功率的测量。
- (2) 电路参数的测量。如电阻、电容、电感、阻抗、品质因数、损耗的测量。
- (3) 电信号波形的测量。如频率、周期、相位、失真度、调幅度、调频指数的测量。
- (4) 电路性能的测量。如放大量、衰减量、灵敏度、频率特性等的测量。
- (5) 半导体器件的测量。如二极管、三极管、场效应管、集成电路组件的测量。

4. 测量方法分类

一个物理量的测量,可以通过不同的方法实现。测量方法的选择正确与否,直接关系到测量结果的可信赖程度,也关系到测量工作的经济性和可行性。不当和错误的测量方法,除了得不到正确的测量结果外,甚至会损坏测量仪器和被测量设备。有了先进精密的测量仪器设备,并不等于就一定能获得准确的测量结果。必须根据不同的测量对象、测量要求和测量条件,选择正确的测量方法、合适的测量仪器,构成实验测量系统,进行细心的操作,才能得到理想的测量结果。

1) 按测量方法分类

(1) 直接测量。直接测量是直接从测量的实测数据中得到被测量结果的方法。如用交流电流表直接测量三相电路的电流,用功率表直接测量三相电路负载消耗的功率,用万用表直接测量放大电路的直流工作电压,欧姆表测量电阻等。

用交流电流表、电压表、功率表进行测量时,当指针偏转少于上量限的 50% 时,可减小被测值到零,将转换开关转到较小的量限上,再增大被测量值重新测量。

用万用表可直接测量直流电压。测量时尽可能使电压表的量程与被测的电压接近,以提高数据的有效位数。用万用表也可直接测量 50Hz 交流电压。

用毫伏表可直接测量信号电压的有效值。测量时应尽量选择适合的量程使被测电压的指示值超过满刻度的 2/3,以便减小测量误差。

(2) 间接测量。间接测量是指利用测量的量与被测量之间的函数关系(公式、曲线、表格等),间接得到被测量值的测量方法。如测量电阻上的功率 $P=U \cdot I=U^2/R$,可以通过测量电阻上的电压和电阻,计算其电阻上的功率。又如测量放大电路的电压放大倍数 $A_u=U_o/U_i$,分别测量输出电压和输入电压,计算其电压放大倍数。

2) 按被测量性质分类

(1) 时域测量。时域测量也称作瞬态测量,主要测量被测量随时间变化的规律,被测量是时间的函数。如电压信号,可以用示波器观察其波形、测量瞬态量、测量其幅值。可用毫伏表测量其稳态量、测量其有效值。

(2) 频域测量。频域测量也称作稳态测量,主要测量被测量的幅频特性和相频特性,被测量是频率的函数。如用频率特性测试仪测量放大电路的幅频特性、相频特性。

(3) 数据域测量。数据域测量也称作逻辑量测量,是指用逻辑分析仪等设备测量数字量或电路的逻辑状态。

(4) 随机测量。随机测量又称作统计测量,主要对各类噪声信号进行动态测量和统计分析。

1.2.2 电流和电压的测量

1. 电流的测量

测量直流电流通常采用磁电式电流表。测量电流时,电流表必须串联在电路中,为了不使电路的工作状态因接入电流表而受影响,电流表的内阻都很小。如果不慎将电流表并联在电路两端,电流表将因电流过大而烧坏。

电流表表头允许流过的电流都很小,一般在几十微安到几十毫安范围内。测量大电流时都采用分流的方法,如图 1-4(a)所示。分流电阻有内附和外接两种,较大的分流器采用外接方式。内附方式中,有些电流表的正端有好几个接线端钮,分别测量不同量程的电流。有些电流表采用闭路抽头式插拔铜塞的方法选用量程,选用时要注意铜塞的位置,铜塞插入不同的插孔,分流器阻值不同,因而有不同的量程。电路原理图如图 1-4(b)所示。需要变换电流表量程时,必须在电流表不通电的前提下进行,以免烧坏电流表。

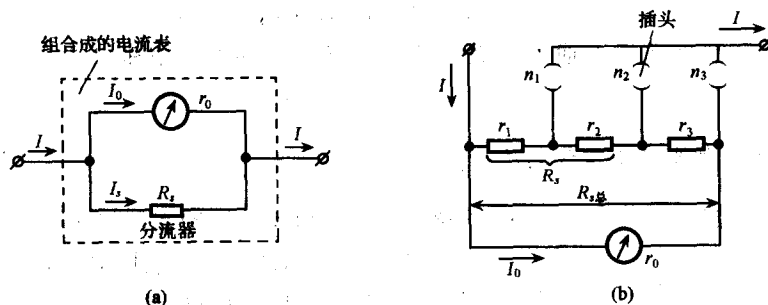


图 1-4

(a)分流器电路原理图;(b)抽头式分流器电路原理图

测量交流电流通常采用电磁式电流表,若进行精密测量时使用电动式电流表。由于电流表线圈绕组既有电阻又有电感,若用并联分流的方法扩大量程,分流器很难做到与线圈配合准确,因此一般不采用并联分流器的方法,而是把固定线圈分成几段,用线圈绕组的串并联方式改变量程。当被测电流很大时,用电流互感器作电流变换,扩大电流表量程。电流表的端子分为零线端和相线(俗称火线)端。

2. 电压的测量

测量直流电压常用磁电式电压表,测量交流电压常用电磁式电压表。电压表测量电源、负载或某段电路两端的电压,测量时电压表必须和被测电路并联连接。为了使工作电路不因接入电压表而受到影响,电压表的内阻必须很高。而测量机构的电阻 R_0 是不大的,因此必须串联一个称之为倍压器的高值电阻 R_f 来扩大电压表的量程,如图 1-5 所示。多量程的电压表标明了不同量程的接头,这些接头分别与相应阻值的倍压器相连。

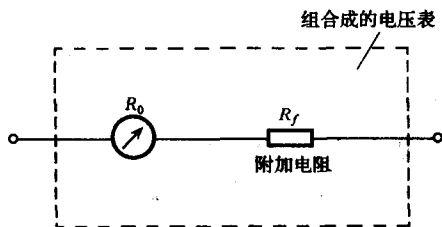


图 1-5 扩大电压表量程的原理图

3. 示波器测直流电压

示波器可以测量直流电压。将示波器“AC-GND-DC”开关置“GND”，并将时基线与荧光屏幕的某水平刻度重合作为参考零电压基准,然后将开关置于“DC”，这时时基线上移或下移,根据偏离值即可算出直流电压值

$$\text{直流电压值} = \text{偏离值}(\text{div}) \times \text{V/div} \quad (1-1)$$

V/div 为示波器面板上通道灵敏度值。时基线上移测出电压值为正,否则为负电压。

4. 示波器测交流信号电压

将示波器幅度微调旋钮置于校准位置(或顺时针旋到底),荧光屏上出现如图

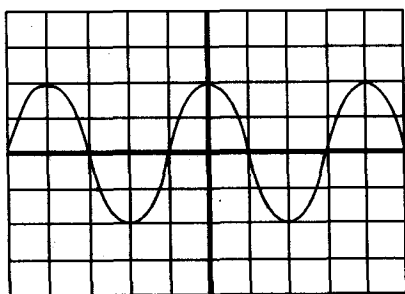


图 1-6 交流电压测试图

1-6 所示波形,若纵轴“V/div”(伏/格)调在 5V/div,则被测量电压值为

$$U_p = 5\text{V/div} \times 2\text{div} = 10\text{V} \quad (1-2)$$

$$U_{pp} = 5\text{V/div} \times 4\text{div} = 20\text{V} \quad (1-3)$$

信号有效值为

$$U = \frac{U_p}{\sqrt{2}} = \frac{U_{pp}}{2\sqrt{2}} \quad (1-4)$$

1.2.3 功率的测量

电路中的功率与电压和电流的乘积有关,所以测量功率的功率表有两个线圈分别反映负载电压和电流。

1. 单相交流和直流电功率的测量

在直流电路中,功率 $P=UI$;在单相交流电路中,功率 $P=UI\cos\varphi$,因此功率表上有4个端钮。用功率表测量功率时,其中两个电压端钮应并接在负载两端,反映电压,两个电流端钮应串接在负载回路中,反映电流。面板上直接按功率刻度,电动式功率表指针的偏转角与电路的平均功率成正比。

功率表系电动式仪表,指针转矩方向与两线圈的电流方向有关。如果将电动式功率表的两个线圈之一反接,指针就会反转而不能读出功率数值。为了保证连接正确,功率表的两个线圈始端标有“*”号。接线时,标有“*”号的两端必须连在电源的同一端,即接在电源的同一极性上,如图1-7所示。

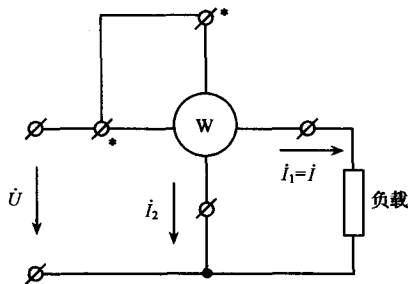


图 1-7 功率表的接线图

功率表的电压线圈与电流线圈各有其量程,选择功率表的量程是要分别选择电压额定值和电流的额定值,要使电压量程能承受负载电压,电流量程大于负载电流。功率表的电流线圈一般是两个相同的线圈组成,当两个线圈并联时,电流量程要比串联时量程大一倍。改变电压量程的方法和电压表的相同,改变倍压器的电阻值。

一般多量程的功率表的标度尺不标瓦特(W)数,只标分格数。功率表测量功率的功率数值应根据使用时实际接入的电压和电流量程按下式计算:

$$\text{功率值} = \text{指针指示刻度} \times \text{电压量程} \times \text{电流量程} / \text{满刻度} \quad (1-5)$$

有的功率表的标度尺直接标出瓦特(W)数,这样的功率表测量的功率数值等于指针指示刻度与满刻度的比值。

2. 三相电路功率的测量

为了合理地分配和利用三相交流电,或者了解负载的工作情况,需要经常测量负载消耗的功率。三相负载消耗的总功率等于各相负载消耗的功率之和。

1) 三相四线制电路三相功率的测量方法

对称三相负载电路中, $P_A=P_B=P_C$,三相负载总功率 $P_{\Sigma}=P_A+P_B+P_C=3P_A$, $P_{\Sigma}=3U_A I_A \cos\varphi$,即可以用一只功率表测量。