

建筑电气专业系列教材

建筑电工学实验指导

刘炳朝 于归飞 陈建伟 主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

建筑电气专业系列教材

建筑电工学实验指导

刘炳朝 于归飞 陈建伟 主编



内容简介

本书是按照高等学校工科电工学课程教学的基本要求,并结合建筑类院校的特点编写的实验教材,共分为10章。

第1、2、8、9章为实验技术基础,主要介绍基本测试技术及测量数据处理方法;第3、4、5、6、7章为实验项目,主要包含电工与建筑电气技术、电动机及其控制技术、模拟电子技术、数字电子技术、仿真技术实验。第10章介绍 Multisim 9 的使用方法。

本书的特点是实验内容丰富,有难有易,贴近实际,除少数基础实验外,大部分实验都具有设计型和开放型的特征,能较好地体现行业特点,更好地锻炼学生的实践能力。

本书可作为建筑类本科电工学或电工电子学(含少学时)的实验教材,也可作为高等工程专科学校电工学或电工技术、电子技术的实验教材,特别适合于独立设课实验和开放实验,并可供从事电工及电子技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电工学实验指导/刘炳朝等主编. —天津:天津大学出版社,2010.7

ISBN 978-7-5618-3556-2

I. ①建… II. ①刘… III. ①建筑工程—电工—实验
IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 121497 号

出版发行	天津大学出版社
出版人	杨欢
地址	天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电话	发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网址	www.tjup.com
印刷	河北省昌黎县第一印刷厂
经销	全国各地新华书店
开本	185mm×260mm
印张	14.25
字数	356 千
版次	2010 年 7 月第 1 版
印次	2010 年 7 月第 1 次
印数	1—5 000
定价	26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

随着当今科学技术的飞速发展,在现代生产、工作和生活中,电能的应用十分广泛,已渗透到非电类专业的各个领域,尤其与建筑类专业交叉融合更加紧密。这对工程技术人员的电能应用技术与专业技术相结合的能力的要求不断提升,并且对电工电子基本理论、工程能力以及基本技能提出更高的要求。为了适应科学技术的发展和建筑类专业对电能应用的潜在需求,根据“电工学”课程的特点,我们编写了建筑电工学实验指导一书。

编写本书遵循的原则是力求适应当前社会对人才的需要,强化工程实践训练,培养创新意识和提高学生的综合素质。本教材的特点重在突出行业特色、突出基础训练和综合能力、培养创新能力以及计算机应用能力。在实验手段与方式上,既重视硬件调试能力的基本训练,又融入了 Multisim 9 软件的仿真,使学生学会用传统方式和现代手段分析和验证电路。本书在内容的组织和编写上具有如下特点。

1. 以基本理论为体系编写基础性实验、综合训练性实验。对于理论教材中的重要定律、定理和分析方法,都配有相应的实验,实验的内容和难易程度划分为若干层次,逐步由熟悉实验仪器、设备器件到掌握科学实验方法,综合应用知识,满足不同层次的教学要求。

2. 根据电工、电子技术的发展,突出行业特点。在传统实验方法的基础上,增加了虚拟实验,通过 Multisim 9 仿真软件的使用,让学生了解仿真实验在电子设计中的应用。此外,为满足建筑类专业学生的需要,增加了房屋建筑的小型供电系统的安装和供水装置控制等综合训练课题,生动再现了对一个虚拟房屋建筑的布线和虚拟建筑设备的有效控制。这样,学生可以直接应用这部分知识为实际服务;同时,也培养了学生的工程意识,锻炼了学生通过查阅工具书和手册、参照示例等进行设计的能力,加大了学生自学的空间。

3. 强调能力培养。为满足不同专业、不同层次学生的要求,为学生进行开放性实验和个性培养创造条件。教材除在部分实验中安排自选仪器设备、自拟实验步骤、设计实验电路等实验任务来提高学生的实验设计能力外,还精选了部分难度适中的模拟电路及数字电路的综合训练课题,用实验承担起拓宽学生知识面的责任,使学生了解和掌握一些新器件的特性和应用。

本教材按总学时 20~50 学时编写,全书共分 10 章。第 1、2 章为实验技术基础,可作为学生预习的参考或自学教材。第 3、4、5、6、7 章为实验项目,主要含电工与建筑电气技术基础实验、电机控制、模拟电子技术、数字电子技术和仿真实验。一般每次实验为 2 学时,设计性实验为 3 学时,综合训练课题为 8~15 学时。各学校可根据本校的教学条件、教学基本要求和学时多少选做,建议使用多学时教材的实验课时约为 40 学时,少学时教材的实验课程约为 20 学时。

本书由刘炳朝、于归飞、陈建伟主编,刘炳朝、于归飞负责全书的策划、组织工作,并编写第 4、5、6 章;陈建伟对全书进行统稿,并编写第 3 章;王英红编写第 1、2、8、9 章;范文编写第 7、10 章。天津城市建设学院设计院王叔敏工程师提供了宝贵的资料,苏刚、高瑞、潘雷、彭桂力、王贝贝、王秀丽、顾贵芬、陈伟芬、吴景海等老师在教材编写过程中给予大力的支持。在此对他们表示衷心的感谢。

限于编者水平,加之编写时间仓促,书中存在错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

目 录

第1章 建筑电工学实验基本知识	(1)
1.1 建筑电工学实验课学习的目的和意义	(1)
1.2 建筑电工学实验课的一般要求	(2)
1.3 建筑电工学实验课学习方法指导	(3)
1.4 建筑电工学实验中常见故障的分析与处理	(6)
第2章 电工电子测量基础	(8)
2.1 基本电量的测量	(8)
2.2 测量误差及数据处理	(16)
第3章 电工与建筑电气技术基础实验	(21)
3.1 电工基础测量知识与直流电路的测量	(21)
3.2 电位测量和电路故障的处理	(24)
3.3 日光灯电路及功率因数的提高	(26)
3.4 三相交流电路	(29)
3.5 三相电路功率的测量	(32)
3.6 单相变压器特性测试	(34)
3.7 房屋建筑中的小型供电系统安装和简单计算	(38)
第4章 电动机及其控制技术实验	(44)
4.1 三相异步电动机的使用	(44)
4.2 继电器接触器控制电路的认识及基本操作	(47)
4.3 可编程序控制器系统及其基本操作	(50)
4.4 可编程序控制器的基本控制练习	(55)
4.5 综合训练	(57)
第5章 模拟电子技术基础实验	(65)
5.1 常用电子仪器的使用和电子器件的检测	(65)
5.2 三极管及其单级共射放大电路	(70)
5.3 共射-共集放大电路的研究	(76)
5.4 集成运算放大器的基本应用	(79)
5.5 集成运算放大器的非线性应用	(84)
5.6 集成稳压电源	(86)
5.7 综合训练	(89)
第6章 数字电子技术基础实验	(92)
6.1 逻辑门电路功能及参数的测试	(92)

6.2	OC 门和三态门的应用	(95)
6.3	组合逻辑电路分析——全加器和加法器	(99)
6.4	MSI 数字集成电路的功能测试及应用	(103)
6.5	锁存器、触发器功能测试及应用	(107)
6.6	十进制计数译码及显示电路	(112)
6.7	任意进制计数器的设计	(117)
6.8	555 时基电路及其应用	(121)
6.9	D/A 数据转换器	(124)
6.10	综合训练	(128)
第 7 章	仿真实验	(136)
7.1	一阶电路的时域响应	(136)
7.2	OTL 功率放大电路的综合研究	(139)
7.3	集成运算放大器应用	(140)
7.4	多路信号显示转换器	(144)
7.5	计数器电路设计与应用	(146)
7.6	555 定时器的应用	(151)
7.7	DAC/ADC 电路设计与应用	(154)
第 8 章	常用电工测量仪表	(158)
8.1	电工仪表的基本知识	(158)
8.2	电流表、电压表、功率表的原理和使用	(159)
8.3	现代电工仪表	(160)
第 9 章	常用电子测量仪器	(163)
9.1	DS1000CA 系列数字示波器	(163)
9.2	F20 型数字合成函数信号发生器/计数器	(176)
9.3	DH1718G-2 型直流稳压电源	(183)
9.4	UT58C 数字万用表	(184)
9.5	YB2172F 智能数字交流毫伏表	(187)
第 10 章	Multisim 9 的使用	(189)
10.1	Multisim 9 元器件库的基本应用	(189)
10.2	Multisim 9 仪器库的基本应用	(209)
10.3	Multisim 9 基本应用示例——单级放大电路	(216)
参考文献		(221)

第1章 建筑电工学实验基本知识

1.1 建筑电工学实验课学习的目的和意义

1.1.1 目的和意义

建筑电工学基础实验是土木工程、给排水工程、建筑设备工程、机电一体化以及管理工程等非电类本科专业的一门重要的技术基础课,主要包括电工与建筑电气技术、电动机与控制技术、模拟电子技术和数字电子技术等内容。它涵盖了电气工程专业多门技术基础课的内容,具有很强的工程性、技术性、实践性特征,是理论教学体系中不可或缺的重要教学环节。加强工程训练,特别是实验技能的培养,对于培养工程技术人员的素质具有十分重要的作用。

通过实验课程的学习应使学生掌握电工与电子技术方面的基本实验知识、实验理论和实验技能,使他们爱实验、敢实验,进而会实验,善于把理论知识和实践相结合,促进动手能力和创新意识的培养,有效地提高把电能应用技术与本专业相结合的能力和素质,使他们成为在实践中创新和发展理论知识的专业技术人才。具体要完成以下任务:

- ①能正确地选择和使用常用的电工仪表、电子仪器和电工设备;
- ②掌握基本的电量和非电量的测试技术、实验方法和数据的分析处理;
- ③能独立地连接实验电路和查线,学习检查和排除简单的故障;
- ④能应用已学的理论知识设计简单的应用电路,并通过实验验证所设计的电路;
- ⑤培养严肃认真、实事求是、细致踏实的科学作风和良好的实验习惯;
- ⑥初步掌握电子电路仿真软件的应用。

1.1.2 实验类型

本实验课按性质可分为基础性和设计性实验、综合性实验。

基础性和设计性实验主要进行电工电子本门学科范围内理论验证和实际技能的培养,着重奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论之外,主要在于帮助学生认识现象,掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。

综合性实验属于应用性实验,实验内容侧重于某些理论知识的综合应用,目的是培养学生综合运用所学理论的能力和解决较复杂实际问题的能力。

随着电子电路设计自动化软件的不断发展,利用计算机进行仿真实验也是实验课的重要内容之一。

总之,本课程突出基本技能、应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养,以适应新时代的要求。

1.2 建筑电工学实验课的一般要求

为了培养学生良好的实验习惯,培养他们分析问题和解决问题的能力,充分发挥他们的主观能动性,提高实验效果和质量,对实验的每个阶段提出以下要求。

1.2.1 课前预习要求

课前预习要求如下。

①认真阅读实验指导,明确实验目的与要求,结合基础知识要点复习有关理论知识,掌握与实验有关的基本原理。

②根据实验要求,画好实验电路和实验所需的数据记录表格,拟好主要的实验步骤(对于设计型实验,则需要依据设计要求完成设计任务)。

③根据理论知识,对实验电路进行理论分析,作必要的理论计算,并对实验可能产生的结果进行预估。

④理解并记住实验指导中提出的注意事项,了解本实验所要使用的仪器设备的作用和使用方法。

⑤在做好预习的基础上写出预习报告,预习报告一般包括实验目的、实验原理简述、实验电路、实验所用设备、实验步骤、实验数据记录表格以及必要的理论计算和实验预期结果。

1.2.2 实验操作

实验操作要求如下。

①参加实验者必须自觉遵守实验室规则。

②接线前熟悉所选仪器设备额定值及正确使用方法,将仪器的可调旋钮置于最安全位置,并检查实验器件的性能。

③根据实验内容合理布局仪器仪表和实验对象的位置,按实验方案合理安装实验电路,检查电路无误后才能通电实验。

④每次测量后,立即记录实测数据和波形于预习报告的表格中,并分析、判断所得数据及波形是否正确。对认为错误的的数据,可暂不要擦去或修改,经过对比再确定是否合理。如果比较证实数据不合理,应尽量独立分析原因并排除,同时记录整个过程。

⑤对待实验中的故障现象,应积极独立思考,耐心排除,并记录故障现象及排除方法。

⑥如发现有不正常现象(光、热、声、味、烟及表针指示异常等),应立即断开电源,报告实验指导教师,并及时查找原因。

⑦实验结束,先断电源,暂不拆线。待认真检查实验结果没有遗漏和错误,请指导教师验收签字后再拆除线路,关闭仪器设备电源,整理好实验台。

1.2.3 实验报告

实验后的主要工作是编写完整的实验报告,对整个实验过程进行全面总结,这也是实验的重要环节之一。

实验报告要求文理通顺、简明扼要、字迹端正、数据和图表齐全,且结论正确、分析合理、讨

论深入。实验数据可以共享,但实验报告不可雷同。实验报告在预习报告的基础上完成,需要再加入以下内容。

①对原始实验数据进行整理和处理,绘制必要的图表曲线。

②对实验结果进行分析处理,包括结论、问题讨论、收获体会和意见建议等,如果实验中有故障和问题发生,要说明出现故障的原因和排除的方法。

③回答实验指导中提出的问题。

1.2.4 实验室安全用电常识

为了防止发生触电事故,实验前应学习安全用电常识。实验过程中,须严格遵守安全用电制度和操作规程。

用电常识和注意事项如下。

①人体是导体,人体不慎触及带电导体或电源时,电流流过人体,会使人体受到伤害,这就是电击。电击时人体的伤害程度与流过人体电流的大小、通过人体时间的长短、流过人体的途径、电流的频率以及触电者的健康状况等有关。

②触及工频交流电是很危险的,当人体通过 1 mA 工频交流电时就会有麻木的感受。通过 50 mA 电流时,就可能发生痉挛和心脏麻痹,如果时间过长则有生命危险。

③学生在实验时,如果粗心大意忽视安全用电制度,未切断电源就改接线路或拆线,往往易触电。如是三相电源,触及线电压时的危险更大。

④测量电压时,电压表的测试笔必须接在电压表的接线柱上,不得接在电源的接线柱上。若测试笔接在电源板的接线柱上,当两支带电的测笔相碰时则造成短路事故,拿着带电的测笔测电压,易造成双线触电。

⑤同组实验者必须配合默契,否则也容易造成触电事故。如一同学手持导线正在接线,另一同学又去接电源,就将造成触电事故。线路接好后,先自我检查,再经指导教师检查,才能接通电源。接通电源者,必须先通知同组人员。

⑥接通或断开闸刀(电源)时,往往会产生电弧,各种形式的短路也会产生电弧,电弧会对人体产生灼伤,故通断电源须小心谨慎。

⑦万一发生触电事故时,应首先急速切断电源或用绝缘器具使电源线与触电者脱离。

⑧实验完毕,首先应切断电源,然后拆开电源线,再拆实验设备和仪表间的连线。

1.3 建筑电工学实验课学习方法指导

1.3.1 建筑电工学实验课课程特点

1. 建筑电工学实验课与相关理论课程的关系

电路分析、模拟电路和数字电路理论课程与建筑电工学实验课有着密切的关系,这几门课是建筑电工学实验课的基础。二十多年前,我国多数大学都将这门实验课作为相应理论课的附属部分处理,实验成绩只作为部分成绩计入这几门理论课的总成绩,实验课的目的也只是用来验证理论的正确性。实践证明,将实验作为从属课程的做法是不正确的。这样做有两个弊端:一是实验教学的目的是教会学生应用电路理论设计并调试出满足实际需要的电路,而将实

验定位于验证电路的正确性则显然是不够的;二是实验技术需要仪表知识、测量原理、器件知识、装配知识、调测方法等较为系统的知识来指导,实验技术本身就含有多方面的理论问题,需要系统学习。因此,许多学校将这类实验独立设课。

目前,理论课和实验课在教学大纲上就有明确分工。电路分析主要学习电路的分析方法。而实验课主要是让学生熟练掌握各种仪表的使用方法、运用软件分析和仿真电路系统和验证相关理论。模拟电路课讲述电路的基本原理和分析估算方法,实验课则负责讲述电路的设计和调测方法。通过实验,不但要巩固和深化模拟电路课所学的知识,同时还要掌握模拟电路的设计和调测方法。数字电路课已经讲述了数字电路的设计方法,在数字电路实验中主要讲述如何利用标准器件实现逻辑设计以及怎样装配和调测的问题。

2. 知识学习和技能培养并重

建筑电工学实验课中既有知识学习又有技能训练。知识学习方面有单元电路设计方法、电路调测方法、器件选用方法、Multisim 9 仿真软件使用方法等;技能训练方面有电路装配、仪表使用、电路调测、电路图的绘制、实验数据处理、实验报告撰写等。两者不可偏废。从教育心理学的角度划分,不只是与解决实际问题有关的活动才称为技能,技能还包括某些智力活动,如速算是一种技能,可称为心智技能。在建筑电工学实验中,仪表操作、电路分析同样需要一些心智技能的支持。因此,对技能训练应有全面的理解。

3. 科技素质的培养贯穿课程的始终

实验是培养学生科技素质的重要环节。所以,在建筑电工学实验课的教学中不但要考虑知识的传授、技能的培养,更重要的是要考虑学生科技素质的培养。因此,在实验任务的难度、实验方式、实验要求等诸多方面都体现了对素质培养的要求。

1.3.2 怎样才能学好建筑电工学实验课

学好建筑电工学实验课除必须了解教学目的、要求以及课程本身的内容和特点外,还应注意以下几点。

1. 明确几个观点

(1) 软件与硬件能力的关系

教学中发现,不少学生存在重视软件轻视硬件的倾向,有些同学甚至错误地认为软件能力是一种“高级”能力,硬件能力则是一种“低级”能力。这种观点的依据是:编写软件使用的是高科技产品计算机,应用的是高级语言,使用计算机和语言能力自然是高级的;而在硬件实施中要使用简单基本器件(如电阻、电容),装配时焊接、连线的技术含量低,硬件能力自然是低级的。

这种认识的错误在于,将解决问题时使用的材料和工具的先进性与处理技术问题的能力混为一谈。一个人的能力最终体现在他是否能解决问题以及他如何解决问题。使用计算机和某种语言的能力只是一方面,这种能力与硬件中掌握了某种仪表的使用是等同的。软件与硬件能力的培养都需付出艰苦的努力,而丝毫不能成为忽视硬件学习的理由。

(2) 模拟电路与数字电路的关系

随着电子信息技术的飞速发展,许多领域都采用数字处理技术,数字系统取代模拟系统已经成为一种趋势。因此,有人认为,数字电路正在取代模拟电路,模拟电路的作用将逐步消亡。这种观点是错误的,它把模拟系统与模拟电路混为一谈,混淆了两者的区别。事实是模拟系统

中并非只有模拟电路,数字电路也是模拟系统中的重要部分。现在多数数字系统中并非只有数字电路,同样也要用到模拟电路。

模拟电路与数字电路的器件和设计方法都在不断地发展,不存在孰重孰轻的问题,因此,对这两种电路的学习都必须重视。实践证明,没有扎实的模拟电路基础,学习数字电路的能力是很难提高的。

(3) 物理概念、分析计算方法与设计方法并重

在电路设计和实现时首先应该明确模拟电路中各种电路特点、放大倍数、输入阻抗、输出电压动态范围、幅频特性等概念的物理含义以及对实际应用的影响。

模拟电路课中给出的公式大多是分析、估算用的,不能不加分析地直接套用。

(4) 掌握先进的电子电路自动化设计软件与基础训练的关系

目前,电子电路自动化设计已经达到了相当高的水平,尤其是在数字电路设计过程中,从系统描述、系统划分、电路设计到印刷电路板设计,整个过程可在计算机上完成。但是这并不意味着采用人工设计、装配、调试等基本训练已经过时。目前,大多数设计师设计数字电路的工具不外乎电路图描述、硬件描述、语言描述或状态机描述。这三种设计方法仍然是以单元电路为基础,而电路设计水平,仍然要取决于设计师的电路知识和经验。模拟电路的结构确定、器件参数设计仍然由设计师完成。

2. 提高解决实际问题的能力

(1) 什么是解决实际问题的能力

解决实际问题的能力反映的是一个人的综合能力。这种能力包括对问题的观察力、解决问题的策略、丰富的想象力和创造力、掌握知识的广度和深度、能否自觉运用所学的理论分析问题、实验能力、与他人的合作能力和实践经验的多少等方面。

一位教育家说过,一个教师的水平不只是他的学识与教学方法之和,而是两者的乘积。我们认为,一个人的解决实际问题的能力同样也是各个能力因素的乘积。其中一个因素为零,解决实际问题的能力亦为零。在实验教学中常见到理论课学习成绩优秀,但实验课的成绩却很差。而一些同学学习成绩一般,但实验成绩较好,这就是解决实际问题的能力是各种因素综合作用的体现。

(2) 提高解决实际问题的能力

从教的方面来看,教学大纲中在教学内容、实验方式、难度安排、教学指导方法等各个方面已经充分考虑了对学生解决实际问题能力的培养。

从学的方面来看,仅靠课堂听课和书本学习是远远不够的,还需要多方面的学习和大量艰苦的训练。与其他课程相比,建筑电工学实验课更多的是依靠学习者自身的努力。

为了帮助同学们学好建筑电工学实验课,提高解决实际问题的能力,特提出以下建议。

①了解本课程的教学目的、任务和要求,自觉地根据教学要求去学习。

②学习本课程时,首先要建立正确的观念。

③独立完成实验,自己解决实验中的各种问题。实验的过程就是解决问题的过程,只有经历这一过程才能逐步具备解决实际问题的能力。一些同学不明白这个道理,遇到问题不加思考就向老师和同学们求助,这无疑是放弃了训练的机会,尽管在他人帮助下完成了实验任务,但并未达到学习的目的。

④做好实验预习。实验预习一般包括电路设计、指标核算、拟订实验方案、准备原始数据

表等,没有这些预习将无法按要求达到实验目的。举例来说,某个学生如果未能在预习时核算所设计电路的各项技术指标,在实验中测量出相关数据后就无法判断数据的正确或错误,就无从发现问题,更谈不上分析和解决问题,这样的实验充其量只能作为仪表操作练习。

⑤解决实际问题的能力需要多练才能形成。解决实际问题的能力包括知识、经验和技能等诸多方面,而知识和经验的积累需要较长的过程,技能的训练则更需要时间。一般说掌握了某项技能,并不是说懂得了如何去做,而是指已经达到了自动化操作的熟练程度。应该明确的是,在学校期间的实验课只是打下一个基础,距实际工作的要求还有相当的距离。

1.4 建筑电工学实验中常见故障的分析与处理

由于种种原因,实验中难免会出现这样或那样的故障,从而使实验不能顺利进行,达不到预期的结果。在教师的指导下逐步掌握分析、查找和排除故障的方法,是实验教学环节的有机组成部分。实验者应该把实验时查找和排除故障作为一次学习实验技术、提高实验能力的机会,要尽可能利用自己已经掌握的理论知识 and 实践知识,认真分析故障现象,查找故障所在点及造成故障的确切原因,进而采取措施。

1.4.1 常见故障类型以及引起故障的原因

1. 实验故障的类型

根据严重性,实验故障一般可分为破坏性故障和非破坏性故障。破坏性故障可以造成元器件以及仪器设备等损坏,现象常常是某些元器件过热并有烧焦味、局部冒烟、发出吱吱声或爆竹似的爆炸声等。非破坏性故障由于暂时未造成元器件的损坏,一般较难发现。非破坏性故障常常使电路中电量(如电压、电流或功率)的数值不正常,或者使信号波形发生畸变等。如果不能及时发现并排除故障,会影响实验的正常进行,甚至造成损失。

2. 故障原因

引起故障的原因大致有以下几种。

①电路连接错误。这种故障主要是由于实验人员粗心造成的,所以连接电路时要认真细致,连接完成后要仔细检查,不可马虎。

②元器件接错或参数选择不当。实验人员对所有元件的特性及性能不熟悉,往往会引起此类故障。

③仪器仪表损坏或者使用不当(如测量模式、量程等不准确)。

④电源接错。这是由于实验人员对实验室的供电系统不熟悉所致,故实验前要先了解实验室的供电系统,选择合适的电源,不能见电源就接。

⑤电源、实验电路和仪器仪表之间公共参考点连接错误或参考点位置选择不当。

⑥连接导线内部断裂、电路连接点接触不良或电路裸露部分因意外相碰而短路。实验前应检查一下所用连接导线是否有开路等故障,剔除不合格的导线。电路连接完成后,应将不用的导线及其他物品移开,以免造成短路事故。

此外,为了进一步减少故障的发生率,在有条件的情况下,应事先在计算机上进行仿真实验,对实验数据做到心中有数。对设计性实验,仿真实验是不可缺少的。

1.4.2 故障的预防

为了在实验中减少故障,使实验能安全、准确地进行,需要对电路及仪器设备进行检查和调试。

1. 通电前的检查

在电路连接前,先对所用元器件、导线等进行检测,保证各部件完好无损。电路安装连接完成后,在通电实验之前,再对电路进行以下几方面的检查。

(1) 对电路所用设备和元器件进行检查

检查所用设备和元器件是否符合要求,连接是否正确,极性元件(如二极管、晶体管、电解电容等)是否接反。

(2) 对电路的连接线进行检查

检查电路的接线是否正确,检查电源线、地线、信号线的连接是否正确,电路中有无短路或接触不良的情况,电路中有无多接或漏接的情况。检查电源线是否短路,可用万用表的欧姆挡测量电源线和地线之间的电阻值。若电阻为零或很小,说明电路中可能有短路现象,此时应从最后一部分断开电源,逐级向前检查,找出短路点并加以排除。

(3) 对所用仪器仪表进行检查

检查各仪器仪表的工作模式、量程等是否正确。

(4) 检查电源是否正常

用电压表测量电源电压,检查是否符合实验电路的要求。

2. 通电后的检查

在上述检查无误后,根据要求接入电压相符的电源。接通电源后,首先要观察电路有无异常现象,如元器件是否有打火、冒烟等现象,是否有异常气味,是否有异常的声响等。如果发现异常情况,应立即关断电源,检查故障原因,故障排除后方可重新接通电源。

1.4.3 故障的检测

故障检测的方法很多,但主要任务是要确定发生故障的原因和发生故障的部位,只有找到故障部位才能排除故障。故障检测一般采用以下两种方法。

1. 通电检测法

用电压表或示波器等仪器对电路中的某部分的电压或波形进行测量。若发现异常,要进一步分析引起异常的原因,找出故障点并排除。

2. 断电检测法

当发生了破坏性故障时,要采用断电检测法。首先切断电源,然后用万用表的欧姆挡检查电路中有无短路、开路、元器件损坏等情况。当发生破坏性故障后,在排除故障之前,不可轻易进行通电检查,以免引起更大的损失。电路中常常同时存在多个故障,它们相互影响,故在检查的过程中一定要耐心细致,将它们逐个排除。

第2章 电工电子测量基础

2.1 基本电量的测量

电工测量的任务是测量电流、电压、电功率、电阻等电量。电工测量大多采用直接测量,就是将待测量直接与同一类的已知量进行比较的测量方法。用这种方法,测量结果可以由一次测量的实验数据得到,例如用电流表测量电流。

电子测量除了要测量电压、电流、功率外,还要测量增益、频率特性等其他电子电路性能指标。电子测量往往采用间接测量法,即不是直接测量被测量,而是根据其他量的测量结果以及这些量与未知量的关系,用计算的方法决定。在电子电路中,电压是最基本的参数之一,很多物理量都可以通过测量电压间接得到;而且数字电压表头已是成型的产品,只要把其他量转换成标准的电压,接到数字表头就可以显示测量结果,非常方便。所以电压测量是许多电参数测量的基础,如放大电路的输出电阻就可以通过测量其开路电压和负载电压得到。

2.1.1 电工基本电量的测量

1. 电压的测量

测量电压的仪表,称为电压表。传统上,测量直流电压采用磁电系电压表,而测量交流电压采用电磁系电压表。也可以用万用表测量电压。但注意不能用万用表测量非正弦电压,也不能测量超出其频率范围的交流电压,否则都会产生较大误差。

测量电压时,必须把电压表与被测电路并联,还要注意直流电压表的“+”、“-”端钮一定要和被测电压的“+”、“-”极性对应相接,不能接反。

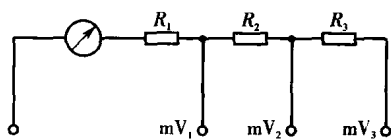


图 2.1.1 三量程电压表

因电压表与被测电路并联,所以为了避免对电路的影响,电压表内阻必须尽可能高。一般模拟式的测量机构内阻都不大,所以必须将它串联一个称为“倍压器”的高阻值电阻来扩大量程,如图 2.1.1 所示。采用倍压器扩大量程,需要扩大的量程越大,则降压电阻的阻值越高。

当测量几百伏以上的交流高电压时,通常需要用电压互感器扩大电压表的量程。其电路如图 2.1.2 所示。电压表的一次绕组并联于被测电路的两端,二次绕组接电压表。测量时将电压表的实际读数乘以互感器的变压比,就可得到被测电压 U 的值。一般电压互感器二次侧额定电压设计为 100 V。使用时注意电压互感器的二次侧不能短路,同时二次侧的一端必须接地。

2. 电流的测量

测量电流的仪表,称为电流表。通常测量直流电流、交流电流可分别采用磁电系、电磁系电流表,也可用万用表测量。测量电流时,电流表应串联在被测电路中。若是直流电流表还要注意“+”、“-”极性,应保证电路的电流从电流表标有“+”极性的端钮流入。因为电流表串联在电路中,所以其内阻应尽可能小,才不会使电路受到影响。因为电流表的内阻很小,所以

万万不可将电流表并联在被测电路的两端,以免电流表因流过的电流过大而烧毁。

采用磁电系电流表测直流电流时,因测量机构允许流过的电流很小(一般不超过 150 ~ 200 mA),所以测大电流时,常采用给电流表表头并联低值电阻 R_f (称分流器)来分流的方法以扩大量程,如图 2.1.3 所示。显然,需要扩大的量程越大(即待测电流越大),分流器的电阻应越小。

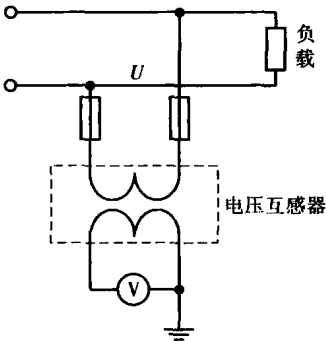


图 2.1.2 用电压互感器测交流高压

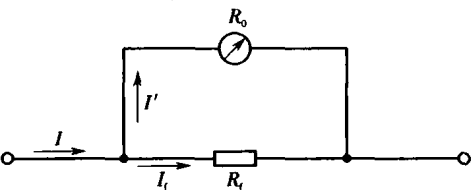


图 2.1.3 用分流器扩大量程

当用电磁系电流表测交流电流时,一般不用分流器扩大量程。这是因为电磁系测量机构的线圈是固定的,可以通过较大的电流;另外,测量交流时分流不仅与电阻,而且还与电感有关,分流器很难制作得精确。通常采用两个方法扩大量程,一是改变固定线圈的连接方法,如图 2.1.4 所示;二是使用电流互感器,如图 2.1.5 所示。

在图 2.1.4 中,固定线圈由两个额定电流均为 1 A 的线圈组成。当被测电流在 1 A 以下时,把两个线圈串联,如图 2.1.4(a) 所示;而当被测电流范围为 1 ~ 2 A 时,则应把两线圈并联,如图 2.1.4(b) 所示。

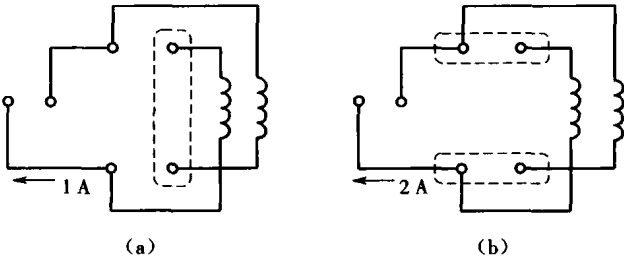


图 2.1.4 改变固定线圈的连接方法
(a) 两线圈串联; (b) 两线圈并联

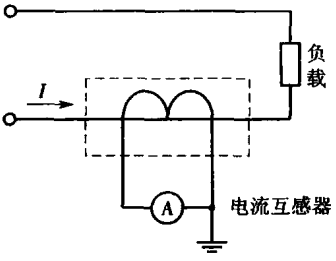


图 2.1.5 用电流互感器
测交流大电流

在图 2.1.5 中,电流互感器的一次绕组串入被测电路,二次绕组与电流表连接。测量时将电流表的实际读数乘以互感器的电流比,就得到被测电流 I 的值。通常电流互感器二次侧的额定电流设计为 5 A。使用电流互感器时切记二次侧绝不能开路,另外二次侧的一端必须接地。

需要指出的是,倍压器、分流器等扩大量程的电路一般都放在仪表内部,成为仪表的一部分,测量时只需在外部转换量程开关就可以改变量程了。而目前新型的万用表大多数具有自动转换量程功能,使得操作更加简单方便。

3. 功率的测量

不管是直流电路,还是交流电路,都可以采用电动式功率表(瓦特计)直接测量功率。

对直流电路,因功率 $P = IU$,所以还可以用间接方法测量。用电压表测电压 U ,用电流表测电流 I ,然后两者相乘得功率 P 。图 2.1.6 是间接法测直流功率的接线图,在负载电阻小(负载电流大)的情况下应采用图 2.1.6(a)接法,因为这时若采用图 2.1.6(b)接法,则电流表内阻上的分压相对较大,会造成误差。图 2.1.6(b)适用于负载电阻大(负载电流小)的情况。若这时采用图 2.1.6(a)接法会因电压表的分流而使误差增大。

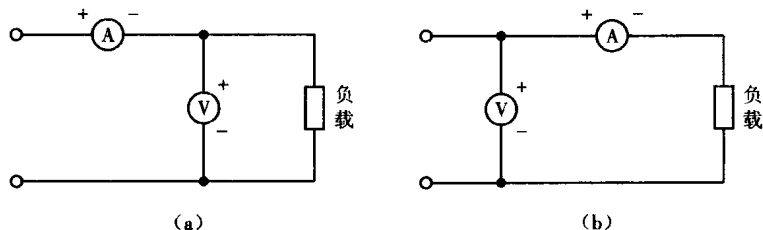


图 2.1.6 用间接法测量直流功率

(a) 负载较小时的接法;(b) 负载较大时的接法

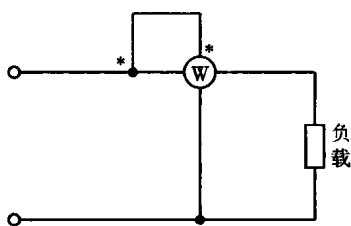


图 2.1.7 测单相交流功率接线图

交流有功功率的测量一般用电动式功率表。接线时,功率表的电压线圈应与负载并联,电流线圈应与负载串联,两个线圈标有“*”标记的一端是同名端,必须把它们接到电源的同一根线,否则指针反转,甚至可能损坏电表。单相交流电路中,用单相功率表测功率,接线图如图 2.1.7 所示。

三相交流电路中,三相功率可以用单相功率表测量,也可以用直接三相功率表。当用单相功率表测三相功率时,根据三相电路的不同情况(三相制或四线制,对称与不对称),可分为一表法、两表法、三表法等,下面分别说明。

(1) 一表法

若三相负载对称,不论是三线制还是四线制,也不管负载是 Y 连接还是 Δ 连接,只要用一只单相功率表测出某一相的有功功率,乘以 3 就得到三相总功率。接线原理图如图 2.1.8 所示。在图 2.1.8(a)、(b)中,电流线圈流过负载相电流,电压线圈承受负载相电压。

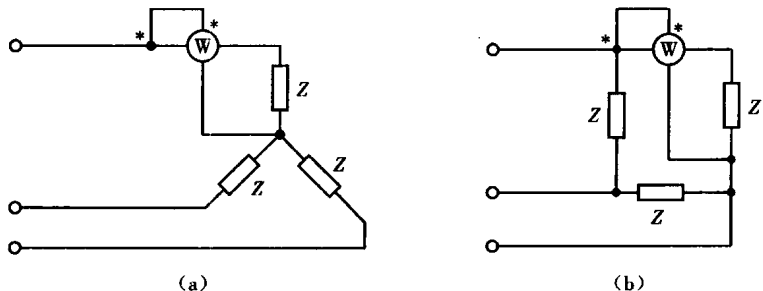


图 2.1.8 一表法测三相对称负载功率

(a) Y 连接对称负载;(b) Δ 连接对称负载

(2) 二表法

若三相负载不对称,就不能采用一表法。在三相三线制中,不论负载对称与否,都可以采用两表法测量三相功率,接线图如图 2.1.9 所示。由图 2.1.9 得

$$P_1 = i_A u_{AC}$$

$$P_2 = i_B u_{BC}$$

$$P_1 + P_2 = i_A u_{AC} + i_B u_{BC} = i_A (u_A - u_C) + i_B (u_B - u_C) = i_A u_A + i_B u_B + (-i_A - i_B) u_C$$

因三相三线制, $i_A + i_B + i_C = 0$, 所以有

$$P_1 + P_2 = i_A u_A + i_B u_B + (-i_A - i_B) u_C = i_A u_A + i_B u_B + i_C u_C = P$$

以上分析表明,两功率表的读数之和,等于三相电路总的有功功率 P ,即

$$P = P_1 + P_2$$

需要注意的是,两表法测三相功率时,单个功率表的读数没有物理意义。

(3) 三表法

若负载不对称,且又是三相四线制,以上两种方法均不能用,这时可以用三个单相功率表分别测出三个相的有功功率,将三表读数相加,就得到三相电路总的有功功率。此即三表法。接线图如图 2.1.10 所示。三个功率表分别接在三个相的相电压和相电流回路上。

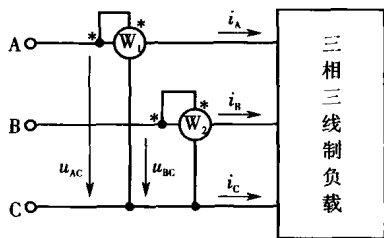


图 2.1.9 两表法测三相三线制电路功率

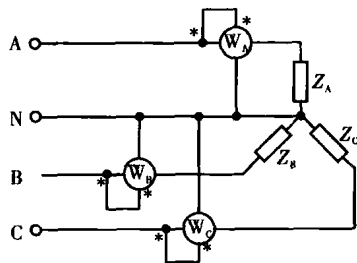


图 2.1.10 三表法测三相四线制电路功率

根据以上两表法或三表法的原理,将两只或三只单相功率表的测量机构有机地组合起来,就构成了三相功率表。三相功率表直接指示三相总功率,结构紧凑,使用方便,广泛应用于工程实际中。

使用功率表时,还要特别注意量程。功率表有电流量程、电压量程、功率量程。其中功率量程是电压量程和电流量程的乘积,相当于负载功率因数等于 1 时的功率值,也是仪表满刻度偏转时的功率值。选择功率表的量程时,不是根据所测功率值来选,而是要保证功率表应容许通过负载的最大工作电流,同时能承受负载电压,按这样的原则选取,功率量程必然也是足够的。如果只注意测量功率的量程是否足够,而忽视电压、电流量程是否和负载电压、电流相适应,就很容易造成单个电压线圈或电流线圈过载而损坏功率表。

另外,还需指出,若交流电路的功率因数较低又需测量其消耗的有功功率时,必须使用专门的低功率因数功率表,此时使用普通功率表将会产生较大的测量误差。低功率因数表的接线和使用方法同普通功率表。