



高等学校电气信息类规划教材

总主编 王耀南

电路测试技术

张颖 主编

湖南大学出版社

TN707
Z232:2

高等学校电气信息类规划教材

总主编 王耀南

电路测试技术

主 编 张 颖

副主编 熊芝耀 王 晖

编 著 彭寒梅 罗 兵 王丽娟

邱 飙 兰 浩 雷 敏

- [4] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [5] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [6] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [7] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [8] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [9] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [10] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [11] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [12] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [13] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [14] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [15] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [16] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [17] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [18] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.
- [19] 熊芝耀, 王耀南, 王 晖, 等. 电路测试技术. 长沙: 湖南大学出版社, 2004.

湖南大学出版社

ISBN 7-5717-1093-1
2004年·长沙

湖南大学出版社

内 容 提 要

本书是根据电路测试技术课程教学基本要求编定的高等学校电气信息类专业电路测试技术课程教学用书。全书共分八章及两个附录。第1、2章是学生学习电路测试技术课程的必备知识,很有必要了解。第3~5章是与电路测试技术相关的基本知识,需要逐步了解直至熟练掌握。第6章包括了18个电路基本实验,是全书的重点内容。第7章属于提高部分,供各高校参考选用。第8章电路的计算机仿真实验,是近年来各高校将计算机辅助分析(CAA)引进课程教学的内容之一,很有必要学习。

本书既可作为本、专科电气信息类电路测试技术课程的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路测试技术/张颖主编. —长沙:湖南大学出版社,2004.8
(高等学校电气信息类规划教材).

ISBN 7-81053-775-X

I. 电... II. 张... III. 电路—测试技术—高等学校—
教材 IV. TN707

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 063308 号

电路测试技术

Dianlu Ceshi Jishu

主 编:张 颖

责任编辑:李继盛 张建平

封面设计:张 毅

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山 邮 编:410082

电 话:0731-8821691(发行部),8821315(编辑室),8821006(出版部)

传 真:0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱:press@hnu.net.cn

网 址: <http://press.hnu.net.cn>

印 装:湖南新华印刷集团有限责任公司(邵阳)

总 经 销:湖南省新华书店

开本:787×1092 16开 印张:10.75 字数:248千

版次:2004年8月第1版 印次:2004年8月第1次印刷 印数:1~3000册

书号:ISBN 7-81053-775-X/TN·16

定价:16.00元

高等学校电气信息类规划教材 编辑委员会

主任:章 兢

(湖南大学副校长,教授,博士生导师)

总主编:王耀南

(湖南大学电气与信息工程学院院长,教授,博士生导师)

常务副主任:彭楚武 罗 安 何怡刚 黄辉先 黎福海 黄守道 王英健

副主任:(按姓氏笔画为序)

王新辉 邓曙光 朱荣辉 刘志壮 陈日新 杨家红 张万奎

张忠贤 周少武 贺达江 黄绍平 彭解华 瞿遂春

委员:(按姓氏笔画为序)

丁跃浇 方厚辉 王 辉 王 群 王建君 田学军 包 艳

刘祖润 肖强晖 李益华 李正光 李茂军 李春树 李欣然

余建坤 汪鲁才 张学军 金可音 孟凡斌 欧青立 唐勇奇

康 江 黄智伟 揭 屿 曾喆昭 熊芝耀 戴瑜兴

参编院校

(排名不分先后)

湖南大学

国防科学技术大学

湘潭大学

湖南师范大学

长沙理工大学

湖南科技大学

湖南农业大学

南华大学

株洲工学院

湖南工程学院

吉首大学

湖南商学院

湖南理工学院

湖南文理学院

湖南城市学院

邵阳学院

怀化学院

零陵学院

长沙学院

湖南工学院(筹)

序

我国高等教育已经发展到大众化教育的新阶段。随着国家工业化建设迅猛发展,电气信息类专业技术人才的需求也日益增大。为了适应人才培养的这种新形势,跟踪科学技术的前沿进展,我们根据教育部面向21世纪电气信息类课程改革的要求,结合湖南大学和兄弟院校长期教学教改的经验,为大学电气信息类本科生编写了这套教材。

电气信息类课程是培养电类专业人才的基础课程,大量概念、理论、方法和工程案例构成了一个完整的技术知识体系。学生要开启心智、培育形成电类专业思维、打下电类专业人才的技术知识基础,必须系统地扎实地学好这些课程。为此,我们在组织编写这套教材时,特别注意了以下几个方面:

一是保证基础。作为大学基础课程,应确保基本概念、基本原理和基本方法的学习。只有透彻地理解和掌握了基础知识,才能顺利地进入电气信息技术领域的大门,才有可能进一步深造。

二是跟踪新技术。电气信息技术发展日新月异,大学教材必须及时吸纳最新技术,使学生了解学科发展动态。本套教材一方面注意反映学科各方面的最新进展,安排了扩充阅读的相关文献题录,指引学生直接接触学科前沿;另一方面还根据学科与技术的发展趋势,对经典知识进行重新组织编排。本套教材还将及时再版,及时更新内容,确保与时俱进,始终处于技术发展的最前沿。

三是注重应用。电气与信息理论源于工程实践,源于科学发现和技术发明,就像艺术源于生活一样。本套教材在讲述基本理论的同时,注重联系工程实际,并把作者的研究成果应用到其中。在正文、例题和习题中,特意安排了大量工程实用问题,通过理论和工程实际的结合,使学生学到知识并掌握方法。

四是文理渗透、启发诱导。为了提升素质,开阔视野,培养科学创新意识,理工科学生应适当了解与学科相关的课程外知识。为此,在许多教材中精心安排了“扩展与思考”的内容,以使学生从中体会科学思想、科学方法以及科技与人文、科学与艺术相互交融的精神和境界。

五是部分教材以多媒体CAI课件配合。这样可以将重要的知识点以生动形象的画面表现出来,深化认识,提高学习效果,也便于课堂教学。

本套教材经过充分研讨和论证,聘请各院校教学经验丰富、科研基础深厚的教授和副教授担任主编和编写者,是湖南所有电气信息类院校团结协作的成果,是全省最优秀的电气信息工程学科专家学者集体智慧的结晶。

本套教材的编写和出版,得到了湖南大学、国防科学技术大学、湘潭大学、湖南师范大学、长沙理工大学、湖南农业大学、湖南科技大学、南华大学、株洲工学院、湖南工程学院、吉首大学、湖南商学院、湖南理工学院、湖南城市学院、湖南文理学院、邵阳学院、怀化学院、零陵学院、长沙学院、湖南工学院(筹)等高校的通力合作,得到了湖南大学出版社的支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

王耀南

2004年6月于岳麓山

前 言

《电路测试技术》是根据高等学校电气信息类规划教材编委会 2003 年 12 月长沙会议的决定,为电气信息类本、专科电路测试技术课(或电路实验课)编写的教学用书。本书是按照电工课教学指导委员会制定的电路测试技术课程教学的基本要求编写的。本书综合了作者近年来在电路测试技术教学改革和教学研究方面的成果,并吸收了参加编写的兄弟院校的许多成功经验和做法。

本书具有以下几个特色:①注重对学生基本实验技能的素质训练。如第 1~5 章内容实际上是学习电路测试技术必不可少的知识,其中第 2 章和第 4 章内容在以前教学中是很容易被忽视的。②注重计算机软件工具的应用。本书加入了计算机辅助分析电路的内容,简单介绍了电路分析软件 OrCAD PSpice 9.1,并通过 1 个实例和 3 个仿真实验,使学生在由浅入深地掌握软件使用方法的同时,培养利用计算机仿真进行电路分析的综合能力。③注重对学生创新能力的培养。本书精心编制了 8 个综合设计型实验,让学生利用电路理论、计算机仿真以及实验室提供的实验设备,设计实验方案,分析实验数据,并提交完整的实验报告。相信经过这一整套的设计训练,一定会大大提高学生的动手能力和创新能力。另外,在教学思想上,本书符合学生的认识规律,我们努力使教材既成为教学内容的载体,也成为思维方法和认识过程的载体。在体系上,本书较为完整地建立了电路实验课程体系,突出了课程的内在联系,体现微观与宏观、局部与整体的辩证统一;在内容上体现了现代与经典、软件与硬件的辩证关系,内容阐述深入浅出,详略得当。

本书共 8 章。第 1 章绪论介绍电路实验课程的意义、学习方法及要求。第 2 章作为进入电路实验室的必备知识,可安排学生自学,内容不难但很重要。第 3~5 章都是与测试技术相关的一些基本知识,要求学生了解和掌握,这部分内容可选讲。第 6 章基本电路实验是全书的重点内容,可根据学时情况予以选做。第 7 章提供了 8 个综合设计型实验,属于提高部分,适应了当前实验教学改革的潮流。第 8 章电路仿真软件作为新的实验手段引入了本教材,力图利用它搭建一种新的“虚拟”实验平台,建立电路理论分析与实验之间的联系。另外,附录 A 介绍了一种电工电子实验台,附录 B 介绍了电路仿真软件 OrCAD PSpice 9.1 的使用。

本书第 1 章、第 7 章由长沙理工大学张颖编写;第 3 章由湖南农业大学罗兵编写;第 4 章由湖南大学熊芝耀编写;第 5 章由湘潭大学彭寒梅编写;第 6 章实验 1~5 由湖南文理学院王丽娟编写,实验 6~10 由湖南城市学院邱飙编写,实验 12~14 由长沙学院雷敏编写,实验 11、15~18、附录 A 由长沙理工大学王晖编写;第 8 章及附录 B 由湖南师范大学兰浩编写。全书由张颖任主编并统稿,熊芝耀、王晖任副主编。

本书在编写过程中得到了湖南大学电气与信息学院、长沙理工大学电气与信息工程学院领导的指导和帮助。湖南大学何怡刚教授、黎福海副教授对本书的编写体例提出了宝贵的指导意见。谨向他们表示诚挚感谢。

编 者

2004 年 8 月

目 次

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 本课程开设的意义及目的	(1)
1.2 本课程的学习方法及要求	(2)
1.2.1 实验要求	(2)
1.2.2 本课程与《电路》课程的联系和区别	(2)
1.2.3 实验课进行方式	(3)
1.2.4 几个值得注意的问题	(3)
1.3 预习报告及实验报告的编写及要求	(4)
1.3.1 预习报告的编写及要求	(4)
1.3.2 实验报告的编写与要求	(4)
第 2 章 进入电路实验室的必备知识	(5)
2.1 供电系统与安全知识	(5)
2.1.1 实验室供电系统	(5)
2.1.2 零线与保护地线的区别	(6)
2.2 电子仪器的动力电接入及其信号输入输出线连接	(6)
2.2.1 电子仪器的动力电引入	(6)
2.2.2 信号输入输出线的连接	(6)
2.3 安全用电	(7)
2.3.1 人身安全	(7)
2.3.2 设备安全	(7)
2.4 元器件的安装固定与连接	(8)
2.4.1 电子仪器内部元器件的安装与固定	(8)
2.4.2 电路实验中元器件的连接与固定	(8)
2.5 排除电路故障的一般方法	(9)
第 3 章 基本电子仪器与使用	(10)
3.1 电子仪器概述	(10)
3.1.1 测量仪器的功能	(10)
3.1.2 测量仪表的主要性能指标	(11)
3.1.3 电子测量仪器的分类	(13)
3.2 稳压稳流电源及信号源	(14)
3.2.1 直流稳压稳流电源	(14)
3.2.2 信号发生器	(17)

3.3	测量仪器仪表	(20)
3.3.1	万用表	(20)
3.3.2	晶体管毫伏表	(29)
3.3.3	示波器	(32)
第4章	常见电工电子元件的认知与应用	(42)
4.1	无源器件	(42)
4.1.1	电阻器	(42)
4.1.2	电位器	(45)
4.1.3	电容器	(46)
4.1.4	电感器与互感器	(49)
4.1.5	继电器	(52)
4.1.6	二极管	(53)
4.1.7	数码管	(55)
4.1.8	开关	(56)
4.2	有源器件	(57)
4.2.1	双极型三极管	(57)
4.2.2	场效应管	(58)
4.2.3	晶闸管	(59)
4.2.4	运算放大器	(60)
4.3	表面安装元件	(62)
4.3.1	概述	(62)
4.3.2	表面安装无源元件	(62)
4.3.3	表面安装有源元件(SMD)	(63)
4.4	单相调压器	(64)
4.4.1	单相调压器的结构原理	(64)
4.4.2	自耦调压器的使用	(64)
第5章	电路测量的基本知识	(65)
5.1	电路测量与测量误差的基本概念	(65)
5.1.1	测量与电路测量的概念	(65)
5.1.2	测量的分类	(65)
5.1.3	测量误差的定义与分类	(66)
5.1.4	误差的表示方法	(67)
5.2	测量数据的处理	(69)
5.2.1	测量结果的数据处理	(69)
5.2.2	测量结果的图解分析	(70)
5.3	电工测量指示仪表的一般知识	(71)

5.3.1	电工测量指示式仪表的基本组成和工作原理	(71)
5.3.2	电工测量指示仪表的分类	(71)
5.3.3	电工测量指示仪表的主要技术要求	(72)
5.3.4	电工测量数字仪表	(74)
5.4	电流、电压和功率的测量	(74)
5.4.1	电流、电压的测量	(74)
5.4.2	功率表的工作原理	(75)
5.4.3	功率的测量	(75)
第 6 章	基本电路实验	(77)
实验一	基本电工仪表的使用及减小测量误差的方法	(77)
实验二	元件伏安特性的测量	(79)
实验三	基尔霍夫定理和功率平衡的验证和探讨	(82)
实验四	线性有源一端口网络等效参数的测定与等效电路	(85)
实验五	运算放大器与受控源的实验研究	(87)
实验六	正弦交流电路参数 RLC 元件阻抗特性研究	(90)
实验七	正弦交流电路基本参数测量	(92)
实验八	互感的测定	(94)
实验九	串联谐振电路特性的研究	(96)
实验十	多量程电压表、电流表的设计	(99)
实验十一	提高功率因数的实验研究	(101)
实验十二	一阶电路暂态过程的研究	(104)
实验十三	二阶电路响应与状态轨迹的研究	(107)
实验十四	三相电路的电流、电压测量	(110)
实验十五	三相电路的功率测量	(112)
实验十六	单相电度表的使用与校验	(115)
实验十七	二端口网络参数的测定	(117)
第 7 章	综合设计型实验	(121)
7.1	概述	(121)
7.2	完成综合设计型实验学习方法指导	(121)
7.2.1	研究验证	(121)
7.2.2	测试方案设计	(121)
7.2.3	电路设计	(121)
7.2.4	故障诊断	(121)
7.3	综合设计型实验	(122)
7.3.1	证明线形电路中 Guillemin 准正交性	(122)
7.3.2	测量空芯电感线圈的交流参数 $(r+jx_L)$	(123)

7.3.3	简单波形转换电路方案设计	(123)
7.3.4	设计直流稳压电源	(123)
7.3.5	555 芯片输出波形的观测及振荡频率的确定	(124)
7.3.6	运算单元电路——加读器的设计与实现	(124)
7.3.7	负阻抗变换器及其应用研究	(125)
7.3.8	感性负载断电保护电路的设计	(127)
第 8 章	电路的计算机仿真实验	(129)
8.1	绘制第一张电路图	(129)
8.1.1	实验目的	(129)
8.1.2	实验步骤	(129)
8.2	直流电阻电路的分析计算	(133)
8.2.1	实验目的	(133)
8.2.2	实验步骤	(134)
8.3	利用 PSpice 测试一阶 RC 电路和二阶 RLC 电路的时域响应	(138)
8.3.1	实验目的	(138)
8.3.2	实验步骤	(138)
8.4	无源滤波器的频率特性分析	(142)
8.4.1	实验目的	(142)
8.4.2	实验步骤	(142)
附录 A	EEL- II 型电工电子教学实验台	(145)
A.1	概述	(145)
A.2	实验台特点	(145)
A.3	实验项目	(145)
A.4	EEL- II 型电工电子教学试验台的配置	(147)
A.5	技术条件	(148)
A.6	实验台配置的性能说明	(148)
附录 B	PSpice 简介	(151)
B.1	PSpice 的组成部分	(151)
B.2	PSpice 的应用范围及分析功能	(152)
B.3	PSpice Student 9.1 系统需求	(152)
B.4	PSpice Student 9.1 环境	(153)
B.5	PSpice Student 9.1 提供常用的运算函数	(156)
B.6	直流电阻电路执行偏压点分析仿真输出文件	(156)
参考文献		(159)

第 1 章 绪 论

1.1 本课程开设的意义及目的

《电路测试技术》课程是进入基础课学习阶段的第一门实验课。它是一门以理论为基础,以专业技术为指导且操作性很强的课程。旨在将所学理论过渡到应用,为后续实验课、技术基础课、专业课的学习乃至今后的工作打下一个良好的基础。

任何自然科学理论离不开实践,“没有测量就没有科学”。科学实验是科学技术得以发展的重要保证,是研究自然科学的基本手段。对于《电路测试技术》课程来说,要在系统学习本学科基础理论知识的基础上,加强基本实验技能的训练,实验课则是这种技能训练的重要环节。

以前大家都习惯了上课听老师讲,课中跟着老师思维走,课后消化、完成作业这么一种学习方法,具备了理论知识的求知欲和接受知识的主动性、自觉性。但理论学习的最终目的在于应用,很多同学在学完许多课程后,不禁会提出这样一个问题:现在所学的知识究竟用在哪里?有什么用途?《电路测试技术》课程的开设,其目的就是为大家提供一把打开这些疑惑之门的钥匙,同时为将来走向实际工作岗位,开拓未来的事业打下坚实的基础。

进入 21 世纪,随着知识经济时代的到来,特别是在市场经济的条件下,人们的人才观发生了重大变化,人才的竞争也异常激烈,对一个人的综合能力、创新意识和创新能力的要求越来越高。实际上,近几年社会用人单位反馈的信息告诉我们,只重视理论而轻视实验,放松能力的培养,往往不能适应社会的需求。同学们将来要在社会上取得施展才华、获得成功的一席之地,单凭扎实的理论知识还不够,还必须具备一定的实践经验和解决问题的能力,而这种能力在进入社会之前就应打下一定基础。令人欣慰的是,近年来,加强学生动手能力和创新能力的培养这一问题已逐渐被高等学校所重视,并采取了相应措施,制定了全方位的配套改革方案,不断改进和加强实践教学环节,使同学们的动手能力、创新意识得到了更好的培养。

《电路测试技术》实际上是一门培养实际能力和技能的入门课程,它的开设有别于从中学到大学所开的物理学中的实验,已不再只是为了巩固理论知识,验证某个定理或结论,而是侧重于在实验室这个模拟现场的环境里,逐步学会通过从书本中学到的理论知识,去培养提出问题、分析问题、解决问题的能力,了解将理论转化为生产力的各个环节和过程。

通过本课程的学习,可获得以下几个方面的能力和素质的培养:

- (1) 实验基本常识;
- (2) 常见电工电子仪器设备的选择与使用;
- (3) 根据实验任务确定实验方案,设计正确的电路;
- (4) 基本的电路测量方法;

- (5) 实验结果的分析和数据处理;
- (6) 实验报告的撰写;
- (7) 相关计算机辅助分析软件的应用;
- (8) 良好的科学实验习惯和实事求是的科学作风。

1.2 本课程的学习方法及要求

本课程的学习有别于理论课。为了学好本课程,必须掌握一个好的学习方法,养成良好的学习习惯,并且要按照一定的要求去做。

1.2.1 实验要求

本课程与理论课相比,具有其特殊性,大部分时间都在实验室度过。一是受环境的制约。该环境是由实验室空间、室内相关设备和实验秩序等方面构成,实验环境的好坏,直接影响着实验课的开设及教学效果,同学们在比理论课堂相对宽松的环境里应更具有自觉性。二是操作性强。同学们除了面对课堂和书本外,还要面对各种仪器设备。想要顺利完成实验任务,首先需要了解这些仪器的功能、特点,熟悉它们的操作规程,掌握正确的使用方法。要做到这点,同学们必须多动脑、多动手,用心观察,通过实际操作,不断积累经验,以掌握正确的使用方法及测量技巧。

基于上述这些特点,同学们在学习本课程时要做到:能自觉地维持实验室秩序,保持良好的实验室环境;在实验过程中既动手又动脑,避免盲目操作;应胆大心细,不断积累实践经验;认真对待实验课的各个教学环节,养成良好的实验习惯。

1.2.2 本课程与《电路》课程的联系和区别

本课程与《电路》课程有着密切的联系。《电路》是《电路测试技术》的理论基础,一般为选修课。但前者的逻辑思维方式、处理问题的方法及解决问题的手段与后者有很大的不同。

一般理论课采用的思维方式、研究对象是探讨问题在理论上的可行性及实现方法,往往是借助数学工具将研究对象抽象化并建立一定的数学模型,考虑问题时,突出主要矛盾,忽略次要矛盾。

实验课用的思维方式、研究对象则是如何把一个成熟的理论、一个设计方案付诸实施,注重的是系统的实用性、可靠性。处理问题时要考虑各种因素的共同影响,追求的是整体效果,面对的是问题的客观性、具体性,解决问题的工具是各种仪器设备。目前更为关注的是利用实验来分析问题、处理问题的过程和方法。

比如,在理论上将两个阻值为 $10\ \Omega$ 的电阻串联到某一电压 V 上,其中任何一个电阻上的压降应为 $0.5\ V$,但一旦将图中的元件换成与之对应的器件,并用仪表测量可得其电压为 $0.5\ V \pm \Delta V$ 。这里 $\pm \Delta V$ 的出现除了仪表的测量误差之外,还在于理论计算时元件的值为“真值”,而在实验室中所用器件值只是它的“标称值”,标称值与真值之间总是有误差的。这一例子说明,在理论上两个事件可以做到完全相等,但在客观现实中完全相等的

两个事件是不可能存在的。所谓相等,只是它们在某种程度上的近似。

1.2.3 实验课进行方式

实验课的学习一般分为三个环节:课前预习、课上操作、课后总结。每一环节都有其明确的任务和目的。

1. 课前预习

实验能否顺利进行和收到预期效果,很大程度上取决于课前预习是否充分。预习的任务就是要弄清实验目的、内容、方法、要求及注意事项。根据实验要求进一步制定实验方案、步骤、测量数据的记录格式。清楚实验中要观察哪些现象、记录哪些数据等。总之,课前预习就是要求学生做到实验结果心中有数。

2. 课上操作

课上操作的任务就是将预定方案付诸实施的过程。良好的工作方法和操作程序是使实验顺利进行的有效保证。在此过程中,一是完成实验任务,二是锻炼动手能力,养成一个良好的实验习惯,积累实践经验。因此在这一过程中要勤于动手,乐于思考,善于发现问题、思考问题并解决问题,对于实验中出现的各种问题不要急于问老师寻求答案。另外还应该认识到:课上操作某一实验项目只是一种手段,提高分析问题、解决问题的能力 and 临场应变能力以及培养创新精神才是本课程的真正目的。

3. 课后总结

实验报告是课后总结的主要体现形式,是实验工作的全面总结,要用简要的形式将实验结果完整和真实地表达出来。报告要求文理通顺,简明扼要,字迹端正,图表清楚,分析透彻,结论合理,讨论深刻。因此,总结是一个收获的环节,它能促使同学们提高撰写实验报告或科技论文的能力。

1.2.4 几个值得注意的问题

1. 人身安全和设备安全

要求切实遵守实验室的各种安全操作规程,以确保实验过程的安全。严格遵守“先接线后合电源,先关电源后拆线”的操作规程。发现异常现象(声响、发热、焦臭等)应立即断开电源,保护现场,报告指导老师。造成仪器设备损坏者,应如实填写事故报告单。

2. 合理连接线路

首先注意正确选择仪表类型、参数及容量,尽可能做到测量仪表对被测线路工作状态影响最小。然后按照“先串后并”、“先分后合”或“先主后辅”的原则合理搭接线路,弄清楚电路图上结点与实验电路中各元件接头之间的对应关系。导线长短粗细选择应适当,接线叉不宜过于集中于某一点,接线松紧要适当。最后仔细检查线路,同学之间应相互审查,然后找指导教师复查确认,方可合闸供电进行实验。

3. 操作、观察、读数和记录

注意同组之间的分工配合,操作前要做到心中有数,目的明确。操作时要做到手合电源,眼观全局,先看现象,再读数据。

读数前要弄清仪表量程及刻度,读数时注意姿势正确,要求“眼、针、影成一线”。

记录要求完整清晰,图示表格化,一目了然。合理取舍有效数字(最后一位为估计数字)。

数据必须记在规定格式的“原始记录纸”上,要尊重原始记录。交报告时须将“原始记录纸”一并附上。

4. 在实验中注意发挥理论知识的指导作用

毫无疑问,理论知识的指导作用贯穿于实验的全过程,因为进行的每个实验都有其理论基础和目的。实验前应对实验原理、电路的工作特性进行理论分析,制定合理的实验方案。在实验出现问题时,应静下心来用所学的理论知识去解释分析实验现象,从而找到解决问题的措施。在原因未查明之前,不要盲目操作。虽然盲目操作有时也可能得到实验结果,但这样不利于经验的积累及能力的提高。

1.3 预习报告及实验报告的编写及要求

实验课表面上是一门实际操作为主的课程,但课前的准备和课后的总结是不容忽视的。准备充分,实验才能顺利进行;认真总结才能得到最大收获。

1.3.1 预习报告的编写及要求

为了做好课前预习,最好的方式是写出预习报告。

预习报告的编写应包含如下内容:实验目的及内容、使用仪器与设备、实验原理及实验电路、实验步骤及方法、注意事项、记录表格和疑点标记等。

预习报告的功能有两个:一是通过预习使实验者了解实验目的,为本次实验制定出合理方案,进入实验室后能按预习报告有条不紊地进行实验;二是为实验后的总结提供原始资料。

对于那些设计型或综合型实验项目,在提供预习报告的同时,也可利用 CAA (computer aid analysis) 软件在计算机上进行试做(原则上所有设计电路都可事先在计算机上事先进行仿真分析),验证自己的实验方案,记录实验现象和测试数据。

因此,编写预习报告不要流于形式,应认真严肃地对待每一项内容,编写出有价值的预习报告。力戒太笼统、太简单,要具体完整,突出其实用性、可操作性,便于实验完成后与实验报告进行对比和总结。

1.3.2 实验报告的编写与要求

实验后撰写实验报告,是对实验收获的总结,这是一项有价值的工作。它主要包括实验目的、原理、内容,实验所用设备的名称、型号、规程等,实验结果及分析。实验报告最重要的部分是实验结论;其次,就是把上述内容、资料、数据进行有机组织。

撰写实验报告,首先要对实验数据进行整理和有关计算,数据处理过程要充分发挥图表和曲线的作用。绘制曲线必须用坐标纸,曲线名称、坐标分度及单位要完整。实验结论的表达方式应明了有效,可读性强,可信度高。不要把实验报告写成空洞的、宏观的总结,或一些材料的简单罗列。

此外,还应对实验中发现的问题、现象及事故进行分析,并认真回答有关的思考题。

第 2 章 进入电路实验室的必备知识

2.1 供电系统与安全知识

2.1.1 实验室供电系统

在实验室中要用到各种各样的电子仪器或测量设备,它们本身都要在动力电下才能工作。平时,它们的电源插头直接插在移动式的多位插座板上或实验桌的固定电源板上。因此,实验前了解实验室的供电系统及一些安全用电常识是很必要的。

在实验室中采用的动力电通常是线电压 380 V、相电压 220 V,50 Hz 的三相四线交流电,也就是三条火线、一条零线、一条保护地线,如图 2.1 所示。当三相电源的中性点和负载侧的中性点连接在一起就构成了电源系统的中线(或称零线),其对地电压为 0,一般用于低压三相供电系统,中线实际上形成了各相电流的公共回路。零线的作用是当用电系统的设备某一相绝缘损坏而与设备外壳相通时,该相就可以通过机壳和中线形成单相短路,因而三相电路中的自动开关或熔断器能迅速断电,消除危险,确保人身安全。

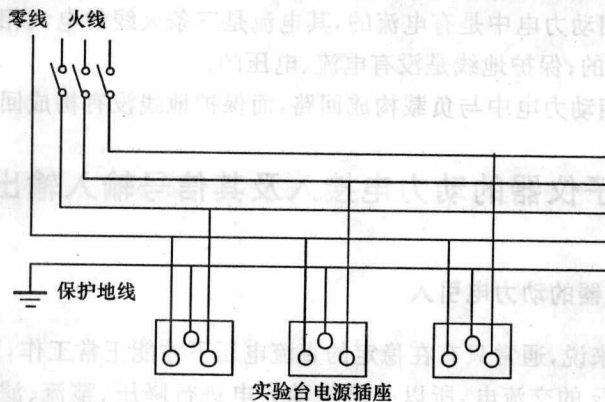


图 2.1 实验室供电线路

交流电源 220 V(即相电压)从配电盘(板)分别引至各实验台电源接线盒(板)上,电源接线盒(板)上有两孔插座或三孔插座供用电器使用。按照电工操作规程规定,两孔插座与动力电的连接是左孔接零线,右孔接火线,即“左零右火”;三孔插座除了按“左零右火”连接之外,中间孔接的是保护地线(GND)。同时,为了满足需要使用三相电的要求,有时把三根火线、零线和地线同时引至实验台固定电源板的接线柱上,并用三相开关控制其通断。

2.1.2 零线与保护地线的区别

保护地线是为了保证实验人员的人身安全,将用电设备也就是多台仪器的金属部分与大地做良好的金属连接。如图 2.2 所示,设 Z_1 为机壳与电路中的杂散阻抗, Z_2 为机壳与地之间的杂散阻抗, U_1 为实验电路相对于地的电压, U_2 为机壳与地之间的电压,而此时机壳未接地,根据电路串联的原理,则有 $U_2 = (Z_2 \cdot U_1) / (Z_1 + Z_2)$ 。若 Z_1 很小或击穿时 $U_2 \approx U_1$,此时人与仪器接触就有触电的危险,但有了保护地线后,机壳直接与地相接, Z_2 很小,则 U_2 也很小,而人体的电阻一般比 Z_2 大数百倍,因此流过人体的电流比流过 Z_2 的电流小得多,当接地电阻极为微小时,即 $Z_2 \approx 0$,则 $U_2 \approx 0$,这样实验工作人员就不会有触电危险。

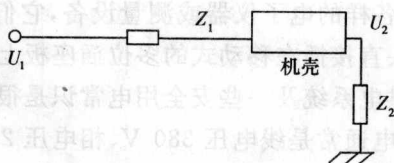


图 2.2

综上所述,虽然零线与保护地线都是与大地相接的,可它们之间有着本质的区别:

- (1) 它们接地的地点各不相同,零线是对于动力电而言,也就是在低压配电室的配电变压器的中性点处接地;而保护地线则是在实验室中对于电子仪器而言的。
- (2) 零线在三相动力电中是有电流的,其电流是三条火线的电流相量和,但是其电压是对地而言,是为 0 的;保护地线是没有电流、电压的。
- (3) 零线在三相动力电中与负载构成回路,而保护地线没有构成回路。

2.2 电子仪器的动力电接入及其信号输入输出线连接

2.2.1 电子仪器的动力电引入

对于电子仪器来说,通常只有在稳定的直流电压下才能正常工作,而实验室常用的动力电是 220 V、50 Hz 的交流电,所以必需将动力电进行降压、整流、滤波、稳压后才能使电子仪器工作。

一般情况下,实验室中的具有金属外壳的电子仪器都是三眼插头的,共有三根引出线,其中中间位置的插脚与仪器金属外壳相连,这是保护地线。另两个插脚分别与动力电的火线和零线连接,在仪器内部,它们接在变压器的初级线圈上,通过变压器的降压、整流、滤波、稳压达到仪器工作所需电压,使仪器运行。所以,一般电子仪器和测量设备本身都配有这种工作电源。

2.2.2 信号输入输出线的连接

实验室仪器中有一些电子仪器的插孔写有输入或输出的字样。一般来说,输入插孔

指的是外界对仪器输入信号,此时仪器所显示的是外界信号源的参考值;输出插孔是指电子仪器对外输出信号源或电源,这时仪器本身就是信号源或电源。它们一般用 Q9 型带夹子的电缆线作为输入或输出信号的连接线。

对于实验室中一般的接线,黑色表示负极接地,红色表示正极接信号源或电源。在电子测量中,通常要求将电子仪器的输入或输出线的黑色端子与被测电路的公共端相连叫做“共地”,公共端指的是直流电源的某一极作为参考零电位点,这样做是为了防止外界干扰。在交流电路中存在电磁感应现象,电磁波经过各种途径可以干扰电子仪器的线路,使电子仪器不能正常工作,但是共地后,干扰信号被外壳短接到地,就不会产生影响了。

在实验室接线中要特别注意,当被测电路直接接地时,仪器中所有黑色端子只能接在被测电路的接地端,否则会造成被测电路短路而烧毁元器件。

2.3 安全用电

在日常生活中,高电压、高电流会对人、仪器产生危害,这是众所周知的,其实在实验室中进行实验时,除了动力电以外,低电压、低电流也会对人及仪器设备产生伤害,因此在进行实验之前,我们必须了解实验室中安全用电的常识,确保人身和设备安全。

2.3.1 人身安全

人体触电有电击和电伤两种。电击就是通常所说的触电,他是电流通过人体所造成的内伤。由于电流大小不同,使人体肌肉抽搐、内部组织损伤、发热等的程度也不同,严重的会引起窒息、心脏停止跳动而致死亡。电伤则是由电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用所造成的人体外伤,表现为灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象。通过人体电流的大小一般与触电电压和人体电阻有关。人体电阻不仅与身体自然状况和人体部位有关,而且还与环境条件等因素以及接触电压有很大的关系。通常人体电阻可按 $1\ 000\sim 2\ 000\ \Omega$ 考虑,人体电阻越大,受电流伤害越轻。细嫩潮湿的皮肤,电阻可降至 $800\ \Omega$ 以下。接触的电压升高时,人体电阻会大幅度下降。当电压低于某一定值后,就不会造成触电了。这种不带任何防护设备,对人体各部分组织均不造成伤害的电压值,称为安全电压。

世界各国对于安全电压的规定不尽相同。我国规定 $12\ \text{V}$ 、 $24\ \text{V}$ 、 $36\ \text{V}$ 三个电压等级为安全电压级别,不同场所选用的安全电压等级不同。可见做实验前我们必须做好用电安全检查。

2.3.2 设备安全

每次实验前,首先应对仪器的测试线、仪表插头等进行认真仔细的检查,看其是否有异常的松动、损伤,因为实验室所用动力电是 $220\ \text{V}$ 、 $50\ \text{Hz}$ 的交流电,当人体直接与动力电的火线接触就会被电击而产生伤害;其次在不能确定被测电量的大小范围时,请将量程置于最大量程的位置,因为测量电量若太大超过测量量程,有可能损坏仪表或伤害人身安全;再者对仪器的熔断器需用配套的熔断丝更换,从而保护仪器,也不能对仪器中的电池