



普通高等教育
“十一五”规划教材

EXPERIMENTAL COURSE OF ELECTRIC CIRCUIT

电路实验教程

主 编 毕卫红

副主编 张燕君 金海龙



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”规划教材

电 路 实 验 教 程

主 编 毕卫红
副主编 张燕君 金海龙
参 编 常丹华 吴国庆
主 审 陈希有



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据国家教学指导委员会 2004 年修订的“电路教学基本要求”，并结合作者多年教学和实验经验编写而成的。

本书主要内容为仪表的使用与减小误差的方法、直流电路测量、动态电路测量、正弦稳态电路测量、非正弦周期电路测量、双口网络参数测定及计算机辅助分析等。此外，还有三个附录，介绍电工测量直读仪表基本知识、电子元器件的识别与应用和常用仪器仪表的使用说明。

本书可供高等院校自动化、电气工程及其自动化、电子信息工程、通信工程、生物医学工程、电子科学与技术等专业使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路实验教程/毕卫红主编. —北京: 机械工业出版社, 2009.10
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-111-28302-7

I. 电… II. 毕… III. 电路—实验—高等学校—教材 IV. TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 164089 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王保家 责任编辑: 王雅新 版式设计: 张世琴

封面设计: 王洪流 责任校对: 刘怡丹 责任印制: 杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm • 9 印张 • 214 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-28302-7

定价: 15.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

全国高等学校电气工程与自动化系列教材 编 审 委 员 会

主任委员 汪樾生 浙江大学

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

王兆安 西安交通大学

王孝武 合肥工业大学

田作华 上海交通大学

刘 丁 西安理工大学

陈伯时 上海大学

郑大钟 清华大学

赵光宙 浙江大学

赵 曜 四川大学

韩雪清 机械工业出版社

委 员 (按姓氏笔画排序)

戈宝军 哈尔滨理工大学

王钦若 广东工业大学

吴 刚 中国科技大学

张纯江 燕山大学

张晓华 哈尔滨工业大学

邹积岩 大连理工大学

陈庆伟 南京理工大学

夏长亮 天津大学

萧蕴诗 同济大学

韩 力 重庆大学

熊 蕊 华中科技大学

方 敏 合肥工业大学

白保东 沈阳工业大学

张化光 东北大学

张 波 华南理工大学

杨 耕 清华大学

陈 冲 福州大学

范 瑜 北京交通大学

章 兢 湖南大学

程 明 东南大学

雷银照 北京航空航天大学

序

随着科学技术的不断进步，电气工程与自动化技术正以令人瞩目的发展速度，改变着我国工业的整体面貌。同时，对社会的生产方式、人们的生活方式和思想观念也产生了重大的影响，并在现代化建设中发挥着越来越重要的作用。随着与信息科学、计算机科学和能源科学等相关学科的交叉融合，它正在向智能化、网络化和集成化的方向发展。

教育是培养人才和增强民族创新能力的基础，高等学校作为国家培养人才的主要基地，肩负着教书育人的神圣使命。在实际教学中，根据社会需求，构建具有时代特征、反映最新科技成果的知识体系是每个教育工作者义不容辞的光荣任务。

教书育人，教材先行。机械工业出版社几十年来出版了大量的电气工程与自动化类教材，有些教材十几年、几十年长盛不衰，有着很好的基础。为了适应我国目前高等学校电气工程与自动化类专业人才培养的需要，配合各高等学校的教学改革进程，满足不同类型、不同层次的学校在课程设置上的需求，由中国机械工业教育协会电气工程及自动化学科教育委员会、中国电工技术学会高校工业自动化教育专业委员会、机械工业出版社共同发起成立了“全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会”，组织出版新的电气工程与自动化类系列教材。这类教材基于“**加强基础，削枝强干，循序渐进，力求创新**”的原则，通过对传统课程内容的整合、交融和改革，以不同的模块组合来满足各类学校特色办学的需要。并力求做到：

1. 适用性：结合电气工程与自动化类专业的培养目标、专业定位，按技术基础课、专业基础课、专业课和教学实践等环节，进行选材组稿。对有的具有特色的教材采取一纲多本的方法。注重课程之间的交叉与衔接，在满足系统性的前提下，尽量减少内容上的重复。

2. 示范性：力求教材中展现的教学理念、知识体系、知识点和实施方案在本领域中具有广泛的辐射性和示范性，代表并引导教学发展的趋势和方向。

3. 创新性：在教材编写中强调与时俱进，对原有的知识体系进行实质性的改革和发展，鼓励教材涵盖新体系、新内容、新技术，注重教学理论创新和实践创新，以适应新形势下的教学规律。

4. 权威性：本系列教材的编委由长期工作在教学第一线的知名教授和学者组成。他们知识渊博，经验丰富。组稿过程严谨细致，对书目确定、主编征集、资料申报和专家评审等都有明确的规范和要求，为确保教材的高质量提供了有

力保障。

此套教材的顺利出版，先后得到全国数十所高校相关领导的大力支持和广大骨干教师的积极参与，在此谨表示衷心的感谢，并欢迎广大师生提出宝贵的意见和建议。

此套教材的出版如能在转变教学思想、推动教学改革、更新专业知识体系、创造适应学生个性和多样化发展的学习环境、培养学生的创新能力等方面收到成效，我们将会感到莫大的欣慰。

全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会

汪植生 陈树明 郑大钟

前 言

本书是根据国家教学指导委员会 2004 年修订的“电路教学基本要求”，为电类专业本科、专科学生进行电路实验而编写的。各院校可以根据不同专业和实际情况决定内容的取舍和学时安排。

本书主要内容为仪表的使用与减小误差的方法、直流电路测量、动态电路测量、正弦稳态电路测量、非正弦周期电路测量、双口网络参数测定及计算机辅助分析等。在内容安排上的特点是：增加每个实验的任务，减少实验个数；拓宽实验范围，减少重复性实验；将计算机辅助分析引入实验，使全书更加合理、科学。在编写过程中，既考虑了实验教学与理论教学的相关性，又注意了使其具有相对的独立性、直观性以及实用性；同时注重了经典实验内容与当前的新技术、新设备的结合。

本书是燕山大学信息学院和电子实验中心的教师在总结多年实验课教学经验的基础上编写的。其中第 1 章和第 8 章由毕卫红编写，第 2 章由常丹华编写，第 3 章、第 4 章以及附录由张燕君编写，第 5 章由金海龙编写，第 6 章和第 7 章由吴国庆编写。全书由毕卫红统稿并作了部分调整。本书由陈希有教授审阅，并提出了宝贵的修改意见。在此，我们表示最诚挚的谢意。

由于作者水平有限，难免有不妥和疏漏之处，望同行专家和读者批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第 1 章 绪论..... 1

1.1 实验课的意义和目的 1

1.2 实验课的学习方法及要求 1

1.2.1 实验课的学习方法 1

1.2.2 实验课的要求 3

1.2.3 实验课注意事项 3

1.3 实验基础知识 3

1.3.1 实验室供电系统 3

1.3.2 安全用电 4

1.4 故障检查与排除的一般方法 5

1.4.1 常见故障 5

1.4.2 故障排除的一般方法 6

思考题 7

第 2 章 仪表的使用与减小误差的方法..... 8

2.1 基本仪表的使用与测量误差的计算 8

2.1.1 实验目的 8

2.1.2 实验原理 8

2.1.3 实验内容 9

2.1.4 注意事项 10

2.1.5 实验报告内容 10

2.1.6 预习思考题 11

2.1.7 实验设备 11

2.2 减小仪表测量误差的方法 11

2.2.1 实验目的 11

2.2.2 实验原理 11

2.2.3 实验内容 14

2.2.4 注意事项 15

2.2.5 实验报告内容 15

2.2.6 实验设备 15

第 3 章 直流电路测量 16

3.1 电路元件伏安特性的测绘 16

3.1.1 实验目的 16

3.1.2 实验原理 16

3.1.3 实验内容 17

3.1.4 注意事项 18

3.1.5 实验报告内容 19

3.1.6 预习思考题 19

3.1.7 实验设备 19

3.2 基尔霍夫定律和叠加定理 19

3.2.1 实验目的 19

3.2.2 实验原理 20

3.2.3 实验内容 21

3.2.4 注意事项 22

3.2.5 实验报告内容 22

3.2.6 预习思考题 22

3.2.7 实验设备 22

3.3 戴维南定理和诺顿定理 23

3.3.1 实验目的 23

3.3.2 实验原理 23

3.3.3 实验内容 25

3.3.4 注意事项 26

3.3.5 预习思考题 26

3.3.6 实验报告内容 26

3.3.7 实验设备 26

3.4 受控源特性 27

3.4.1 实验目的 27

3.4.2 实验原理 27

3.4.3 实验内容 29

3.4.4 注意事项 31

3.4.5 实验报告内容 31

3.4.6 预习思考题 32

3.4.7 实验设备 32

第 4 章 动态电路测量 33

4.1 一阶 RC 电路的响应 33

4.1.1 实验目的 33

4.1.2 实验原理 33

4.1.3 实验内容 36

4.1.4 注意事项 36

4.1.5 实验报告内容 36

4.1.6 预习思考题 36

4.1.7 实验设备 37

4.2 二阶 RC 电路的响应	37	5.5.3 实验内容	52
4.2.1 实验目的	37	5.5.4 注意事项	53
4.2.2 实验原理	37	5.5.5 实验报告内容	53
4.2.3 实验内容	39	5.5.6 预习要求	53
4.2.4 注意事项	39	5.5.7 实验设备	53
4.2.5 实验报告内容	39	5.6 负载星形联结的三相电路测量	54
4.2.6 预习思考题	39	5.6.1 实验目的	54
4.2.7 实验设备	39	5.6.2 实验原理	54
第 5 章 正弦稳态电路的测量	40	5.6.3 实验内容	54
5.1 交流参数的测定	40	5.6.4 注意事项	55
5.1.1 实验目的	40	5.6.5 实验报告内容	55
5.1.2 实验原理	40	5.6.6 预习要求	55
5.1.3 实验内容	41	5.6.7 实验设备	55
5.1.4 注意事项	42	5.7 负载三角形联结的三相电路测量	55
5.1.5 实验报告内容	42	5.7.1 实验目的	55
5.1.6 预习要求	42	5.7.2 实验原理	56
5.1.7 实验设备	43	5.7.3 实验内容	56
5.2 互感电路的测量	43	5.7.4 注意事项	57
5.2.1 实验目的	43	5.7.5 实验报告内容	57
5.2.2 实验原理	43	5.7.6 预习要求	57
5.2.3 实验内容	45	5.7.7 实验设备	57
5.2.4 注意事项	45	第 6 章 非正弦周期电路的测量	58
5.2.5 实验报告内容	46	6.1 实验目的	58
5.2.6 实验设备	46	6.2 实验原理	58
5.3 功率因数的提高	46	6.3 实验内容	59
5.3.1 实验目的	46	6.4 实验报告内容	60
5.3.2 实验原理	46	6.5 预习思考题	60
5.3.3 实验内容	47	6.6 实验设备	60
5.3.4 注意事项	47	第 7 章 双口网络参数的测定	61
5.3.5 实验报告内容	47	7.1 实验目的	61
5.3.6 预习要求	48	7.2 实验原理	61
5.3.7 实验设备	48	7.3 实验内容	62
5.4 RLC 串联电路的频率特性	48	7.4 实验报告内容	63
5.4.1 实验目的	48	7.5 预习思考题	63
5.4.2 实验原理	48	7.6 实验设备	63
5.4.3 实验内容	50	第 8 章 电路的计算机辅助分析与设计	64
5.4.4 注意事项	50	8.1 实验目的	64
5.4.5 实验报告内容	51	8.2 计算机辅助分析与设计	64
5.4.6 预习要求	51	8.2.1 常用软件 PSPICE 功能介绍 及使用	64
5.4.7 实验设备	51	8.2.2 PSPICE 的功能	64
5.5 正弦稳态电路相量的研究	51		
5.5.1 实验目的	51		
5.5.2 实验原理	51		

8.2.3 PSPICE9 的构成.....	64	B1 电阻器	93
8.2.4 PSPICE9 的使用.....	65	B2 电位器	98
8.2.5 电路分析与波形显示	69	B3 电容器	100
8.3 逻辑仿真	75	B4 电感器	104
8.3.1 逻辑仿真的概念	75	B5 半导体二极管	106
8.3.2 逻辑仿真中的激励信号源	76	附录 C 常用仪器仪表的使用说明	108
8.3.3 逻辑电路仿真	78	C1 MF30 型万用表	108
8.4 数模混合仿真	79	C2 DT930FD 型万用表	110
8.4.1 数模接口电路	79	C3 ZX21a 型旋转式电阻箱	113
8.4.2 数模混合电路模拟步骤	80	C4 YB1731 型直流稳压电源	114
附录	83	C5 SR-8 型二踪示波器	115
附录 A 电工测量直读仪表基本知识	83	C6 功率表	124
A1 直读仪表的分类和符号	83	C7 调压器	126
A2 直读仪表的组成及工作原理	87	C8 XD22 型低频信号发生器	127
A3 仪表的误差及准确度	88	C9 DA-16FS 双路晶体管毫伏表	129
附录 B 电子元器件的识别与应用	92	参考文献	131

第1章 绪 论

1.1 实验课的意义和目的

任何自然科学理论都离不开实践，科学实验是科学技术得以发展的重要保证，是研究自然科学的手段。

电路实验是一门技术基础课，具有很强的实践性，是必不可少的教学环节。电路实验有别于中学及大学物理中的实验，不再是只为了巩固理论知识、验证某个定理，或者观察几个电路的功能是否与理论一致，而是侧重于在实验室这个模拟现场的环境里，逐步培养学生运用书本中学到的知识去分析、解决实际问题的能力。

在本课程的学习中接触到的多为一些简单、基本的内容，但是对初学者来说，这些却是非常重要的，是今后学习、工作的基础。通过本课程的学习，对树立学生严肃认真的科学作风和理论联系实际工程观点，培养学生的科学思维能力、分析计算能力、实验研究能力和科学归纳能力都有重要的作用。

本课程的目的是培养学生独立做实验和初步设计实验的能力，提高实际动手能力；培养学生良好的实验习惯，树立实事求是和严肃认真的科学作风；培养学生的创新能力，启发学生的创新思维。

1.2 实验课的学习方法及要求

实验课的学习有别于理论课。掌握好的学习方法、养成良好的学习习惯、遵守规章制度都是非常必要的。要认识到作为工科学生，不仅需要扎实的理论知识，还需要有较强的实际动手能力。因此在实验课的学习过程中，要真正理解开设实验课的意义，积极主动，认真的做好每一个实验。

1.2.1 实验课的学习方法

实验课的学习一般分为三个环节：课前预习、进行实验、课后书写实验报告，每一个环节都有其明确的任务和目的。

1. 课前预习

实验能否顺利进行并收到预期的效果，很大程度上取决于预习准备是否充分。预习的任务就是要清楚实验内容、实验目的、实验方法、实验要求及注意事项。根据实验要求制订出实验方案、实验步骤、测量数据的记录格式，还应通过理论分析、仿真，对实验结果做到心中有数，以便在实验中能及时发现问题以保证实验结果的正确性及理论与实际之间的“一致性”。

预习报告的内容一般包括：实验题目及内容、使用仪器与器件、实验原理及实验电路、

实验步骤及方法、注意事项、记录表格等。预习报告可以为实验后的总结提供原始资料,在实验中出现的一些问题也应在预习报告中及时记录下来(如实验中对原定方案的修改,具体操作后的新方法、新体会,所犯错误、失败原因等),以便课后很好地总结。

学生只有认真做好预习后才能到实验室做实验,预习不合格者,不得进行实验。

2. 进行实验

课上操作的任务是将预定方案付诸实施的过程。在此过程中,一是完成实验任务,二是锻炼实验能力并养成一个良好的工作习惯,同时逐渐积累实践经验。因此在该过程中,要做到脑勤、手勤,善于发现问题、思考问题并解决问题;对实验中出现的(成功或失败)、原始测量数据应做详细记录。

实验过程中应注意以下几个方面:

(1) 合理选择、使用仪器仪表。注意根据预算值,合理选择仪表量程,不能预估被测值时,应先选择高量程。使用变压器及直流稳压电源时,接通电源前,要将其起始位置置于零位。注意仪器是交流还是直流供电,若用直流供电,除电压幅度满足要求外,还要注意电源的正、负极性。

(2) 接线时,要合理布局,保持上进下出、左进右出的顺序。电路接线时,可先接外回路,然后分步完成各支路的接线。每个接线柱上的导线头不宜超过3个。接好线路并确认无误后,方能接通电源。

(3) 测量点的数目和间隔要合理选择。如果被测物理量是一条曲线,则在曲线转折处应多选几个测试点,线性处则可少测几个点。一般情况下,读取三位有效数字,填入表格的数据不要涂改,重新测量的数据可写在原数据旁边,以便分析、比较。

(4) 实验过程中,如果发生烧断熔丝、不正常声响、冒烟、有焦味等异常现象,应立即关断电源,并报告指导教师。待检查线路、排除故障后方可继续实验。

(5) 完成实验任务后,认真检测所测数据有无错误或遗漏,然后关闭仪器,切断电源,拆开线路,整理好实验台。经教师检查后再离开实验室。

3. 实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,也是工程技术报告的模拟训练,要用简明的形式将结果完整和真实地表达出来。一份好的实验报告应该是:内容具体完整,观点明确,叙述条理清晰,层次布局合理,书写工整,实验结果的表达方式明了有效(采用数据表格方式表示,或采用图形、曲线表示),可读性强、可信度高等。不要把实验报告写成空洞的、宏观的总结,或是一些电路图、数据表格、图形、曲线等材料的罗列。

实验报告的内容一般应包括:实验题目,实验内容,实验原理(包括实验电路),注意事项,整理后的实验结果,对实验结果的分析结论,实验后的体会、经验与教训及对实验的建议等。书写方式一般可根据实验的具体内容和要求,经过适当的选择或补充,斟酌各项目的轻重程度后编排写出。

为了使实验报告可读性强、具有保存价值,除了内容丰富、语句流畅外,还应注意以下几点:

- (1) 书写格式规范,上下、左右要留有适当的空白;
- (2) 字体工整,排列整齐,不得涂抹、删改等;
- (3) 报告中的表格、坐标系等线条要用尺画,图形、曲线最好不用铅笔,以便于保留;

(4) 数据表格、图形、曲线的大小要适中,并和相关的文字放在一起,不要制成附页夹在中间或放在最后;

(5) 一份报告要用同一种颜色的笔来完成;

(6) 报告可以重复预习报告中的内容,但不应出现“见预习报告”、“见教材”这样的文字。

写好实验报告,是同学们完成实验任务、提高分析问题和解决问题能力的不可缺少的环节,不要轻视实验报告的撰写。

1.2.2 实验课的要求

实验课与其他理论课相比,具有自己的特殊性。一是受环境的限制,实验环境是由实验室空间、室内设备及实验秩序构成,实验环境的好坏,直接影响实验课的开设及教学效果。二是操作性强,实验课除了面对课堂和书本外,还要面对各种各样的仪器。要想完成学习任务、达到实验目的,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,同学们必须多接触仪器,通过实际操作,不断地积累经验,以掌握正确的使用(测量)方法和技巧。

由于上述这些特点,同学们在学习本课时要做到:

- (1) 不缺勤、不迟到;
- (2) 自觉地维护实验室秩序,保持一个良好的实验环境;
- (3) 脑勤、手勤,既动手又动脑,要先想到、后手到,避免盲目操作;
- (4) 实验中要胆大心细,不断积累实践经验;
- (5) 认真对待实验课的各个教学环节,养成良好习惯;
- (6) 遵守实验室的一切规章制度。

1.2.3 实验课注意事项

实验中要注意两点:一是要先熟悉实验仪器,当对仪器的使用还不熟练时,面对着各种仪器和仪器上的各种旋钮、开关、按键,感到无从下手,怕万一操作不当会损坏仪器;或者是调出了一个结果,虽不理想,但不敢进一步做调整,怕把这个不理想的结果丢掉。这些都是对仪器还不熟悉、操作不熟练的表现,此时就需要大胆地按照操作规程及基本要求去进行操作、调整,以便尽快地熟悉并掌握仪器;如有困难,可在指导教师的帮助下进行。二是要心细,就是要求在仪器的调整及实验的操作过程中不要盲动,对每一步操作要有目的,对每项测量要做到心中有数,以免造成不良后果。

1.3 实验基础知识

1.3.1 实验室供电系统

实验室做实验要用到各种电子仪器,这些电子仪器都是在动力电下工作的。因此,了解实验室的供电系统及一些安全用电常识是必要的。

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。

由于实验室里很难做到三相负载平衡工作,因此常采用 Y-Y 联结。实验室供电系统如图 1-1 所示。A、B、C 为三条相线(俗称火线),N 为中性线。中性线通常在配电室一端接地,俗称零线,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,经常是多台仪器并联一起使用。为了保证操作人员的人身安全,需要将多台仪器的金属外壳连在一起并与大地连接,因此在用电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。

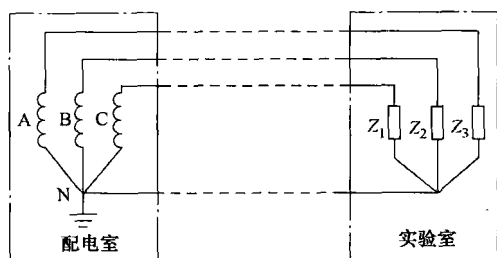


图 1-1 实验室供电系统

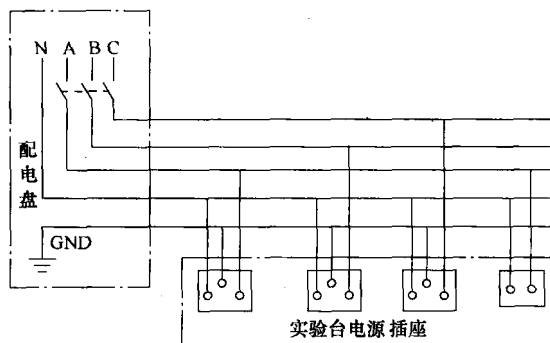


图 1-2 实验台的供电线路

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使用。按照电工操作规程要求,两芯插座与动力电的连接是左孔接中性线,右孔接相线,俗称左“0”右“火”。三芯插座除了按左“0”右“火”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确切的叫法应该是三相四线一地制,即三条相线、一条中性线、一条保护地线。

中性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。首先,中性线与保护地线接地的地点不同。中性线通常在低压配电室即变压器二次端接地,而保护地线则在靠近用电器端接地,两者之间有一定距离。其次,中性线中有电流。即中性线电压为 0、电流不为 0,并且中性线中的电流为三条相线中电流的矢量和。而保护地线在一般情况下电压为 0、电流亦为 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。另外,中性线与相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。

因此中性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中性线作为保护地线、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。了解中性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,而不是中性线。

1.3.2 安全用电

根据表皮的潮湿程度,人体的电阻约在 $0.6 \sim 100 \text{k}\Omega$ 之间。通过人体的电流超过 50mA

时,就会危及生命。一般规定 36V 为安全电压,但在实验中常用到 220V 或 380V 电源,所以,实验室必须注意安全。

为防止触电事故发生,必须注意先接线后通电,先断电后拆线。严禁带电接线、拆线及改接电路。实验中,严禁触及带电部位,如果需要接触导线时,双手不要触及线头裸露的金属部分。在拆、接线及测量时,做到同一时间内只用一只手操作。万一发生触电事故,同组同学立即关断电源。

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。

1.4 故障检查与排除的一般方法

对初学或实验经验还不丰富的实验者来说,在实验中出现各种问题和故障在所难免,也很正常。从某种意义上说,这并非坏事,相反,通过解决出现的问题,排除故障,会有更大的收获。如果在实验中(学习阶段)未出现任何问题,自始至终非常顺利,那么该实验也只是起到了对理论、对实验方法进行验证的作用,除此之外不会有其他收获。因此对待实验过程,要辩证地看问题。

1.4.1 常见故障

实验中产生故障的原因有多种,但都会导致实验不能顺利进行,无法得到正确结果。常见故障归纳起来有以下几个方面。

1. 仪器设备

由于仪器设备引起的故障常有以下几种情况:

- (1) 仪器自身工作状态不稳定或损坏;
- (2) 超出了仪器的正常工作范围,或调错了仪器旋钮的位置;
- (3) 测量线损坏或接触不良;
- (4) 仪器旋钮由于松动,偏离了正常的位置。

在上述情况中,测量线损坏或接触不良发生得最多,而仪器工作不稳定或损坏在实验过程中出现的概率要少得多。当对仪器的正确使用还未完全掌握或者粗心大意时常出现第(2)种情况。

2. 器件与连接

这类故障经常有:

- (1) 用错了器件或选错了标称值;
- (2) 连线出错,导致原电路的拓扑结构发生改变;
- (3) 连接线接触不良或损坏;
- (4) 在同一个测量系统中有多点接地,或随意改变了接地位置。

当实验中的仪器都使用三芯电源线时,稍不注意(红夹子和黑夹子的区别)就会在同一个测量系统中造成多点接地故障,这在初学者中常见。

通常说交流信号方向不固定,因此没有正负极,这在理论上是正确的。但在实验室里,由于电子仪器的信号输入/输出线,其中一根(黑夹子线)已经和仪器外壳相连,即已经接

在了以大地为测量参考点的地线上,因此实验时红夹子线和黑夹子线就不能随意乱接,黑夹子必须接在参考点上,即地线上。这样做并不等于说交流信号就有正负极了,它和直流电源的正负极性是不同的两个概念。

3. 错误操作

当仪器设备正常,电路连接准确无误,而测量结果却与理论值不符或出现了不应有的误差时,问题常出在错误的操作上。错误的操作一般有如下情况:

(1) 未严格按照操作规程使用仪器。如读取数据前没有先检查中性点或中性线是否准确,读数的姿势、表针的位置、量程不正确等。

(2) 片面理解问题,盲目地改变了电路结构,未考虑电路结构的改变会对测量结果带来的影响和后果。

(3) 采用不正确的测量方法,选用了不该选用的仪器。

(4) 无根据地盲目操作。

尽管说在实验中出现错误是常有的,但也不应轻率地犯错误,如粗心大意、操作不规范、无条理、漫不经心等。

通过做实验,养成良好的工作习惯很重要,否则可能会造成严重后果,如损坏仪器、烧毁器件乃至整个系统。因此,在实验过程中,除了要学习掌握测量方法、实验技能,不断积累经验,提高分析问题、解决问题的能力外,培养科学的实验态度、养成良好的操作习惯也是非常重要的,这也是提高实验素质不可缺少的一个方面。

上面列出了一些故障现象,目的是实验时在这些方面引起注意,以避免不应有的错误发生,或能较快地找出故障。

1.4.2 故障排除的一般方法

故障一旦发生,就要想办法排除。通过排除故障,同学们可以从中吸取教训、积累经验,同时这也是锻炼分析问题、解决问题能力的好机会。切不可一出现问题,就既不观察故障现象也不分析故障原因,不分青红皂白一股脑地将实验电路拆掉重来。这样做既不利于问题的解决,也不利于能力的提高。当故障发生后应采取如下措施:

1. 由故障现象确定故障性质

了解故障性质,是为了确定采用什么样的检查手段和方法来排除故障。从故障造成的后果上看,通常有破坏性和非破坏性两种。

(1) 破坏性故障。出现此类故障时经常会有打火、冒烟、发声、发热等现象,会对仪器、电路或器件造成永久性损坏。一旦发现此类故障,应立即关掉实验仪器和被测系统的电源,然后再对其进行检查处理,以免损坏程度进一步扩大。

检查此类故障时,一定要在完全断电的情况下进行。可通过查看、手摸,找出电路损坏的部分或发热器件,进而可仔细检查电路的连接、器件的参数值等。如果还不能发现问题,可借助万用表对电路或器件进行检查。通常多采用测量电阻的方法进行,如电路是否短路、开路,某器件的电阻值是否发生了变化,电容、二极管是否被击穿等。该类故障多发生在具有高电压、大电流及含有有源器件的电路中。

当电路出现短路或负载太重(阻值太小)时,会对信号源、直流稳压电源造成损坏。因此,当发现电源的输出突然下降到零或比正常值下降很多时,应立即关掉电源进行检查。

(2) 非破坏性故障。该类故障只会影响实验结果, 改变电路原有的功能, 不会对电路或器件造成损坏。此类故障虽不具破坏性, 但排除这样的故障一般比排除具有破坏性的故障难度更大。因此, 除采用上述检查方法外, 通常还需加电检查, 即对实验电路加上电源和信号, 然后通过测量电路的节点电位、支路电流来查找故障。在交流电路中, 通常检查的是节点电位或者是支路电压。检查时, 可按照实验电路从信号源输出开始, 逐点向后直至故障点。

2. 由故障性质确定故障位置

根据故障的现象, 可判断故障的性质, 同时可进一步分析故障产生的可能原因。根据不同的原因, 可采用相应的措施去排除。如故障现象为测试点处无信号, 其原因可能有: 该点后面电路短路、前面电路有开路、信号源无输出、信号源输出线开路、测量仪表的输入线断开等。再如, 考察线性电路中某点电位时, 调整信号发生器的输出, 毫伏表的读数不跟随变化, 这时的原因可能有: 信号发生器损坏(幅度电位器失灵)、毫伏表输入线未接地(接触不良或导线损坏)等。

根据这些可能的原因, 然后逐个排除, 最后可找到产生故障的真正原因。

故障位置的确定即找出故障发生点, 采用的方法和手段可多种多样, 但总的指导思想应遵循由表及里、由分散到集中、先假设后确定的原则。

3. 故障的排除

要想尽快地找到故障点并加以排除, 需要有扎实的理论基础和分析问题的能力, 更多的是需要积累丰富的实践经验。

实践经验的积累, 是和平时的努力、善于观察、勤于思考、多动手分不开的。因此, 平时要养成良好的习惯, 实验时不要轻易放过任何一种现象, 并善于发现、观察实验时的一些异常, 自觉地锻炼独立分析问题、解决问题的能力; 不要一出现问题, 就去请求别人帮助或找指导教师, 更不应回避问题。

思 考 题

1. 为什么说实验室中的实验系统是以大地为参考点的测试系统?
2. 中性线的电位一般为 0, 是否可选其作为测量参考点? 为什么?
3. 使用测量仪器时, 在什么情况下可以测量任意两点的端电压? 在什么情况下只能测出对地电位?
4. 如何面对实验中出现的问题? 应该怎样去做?