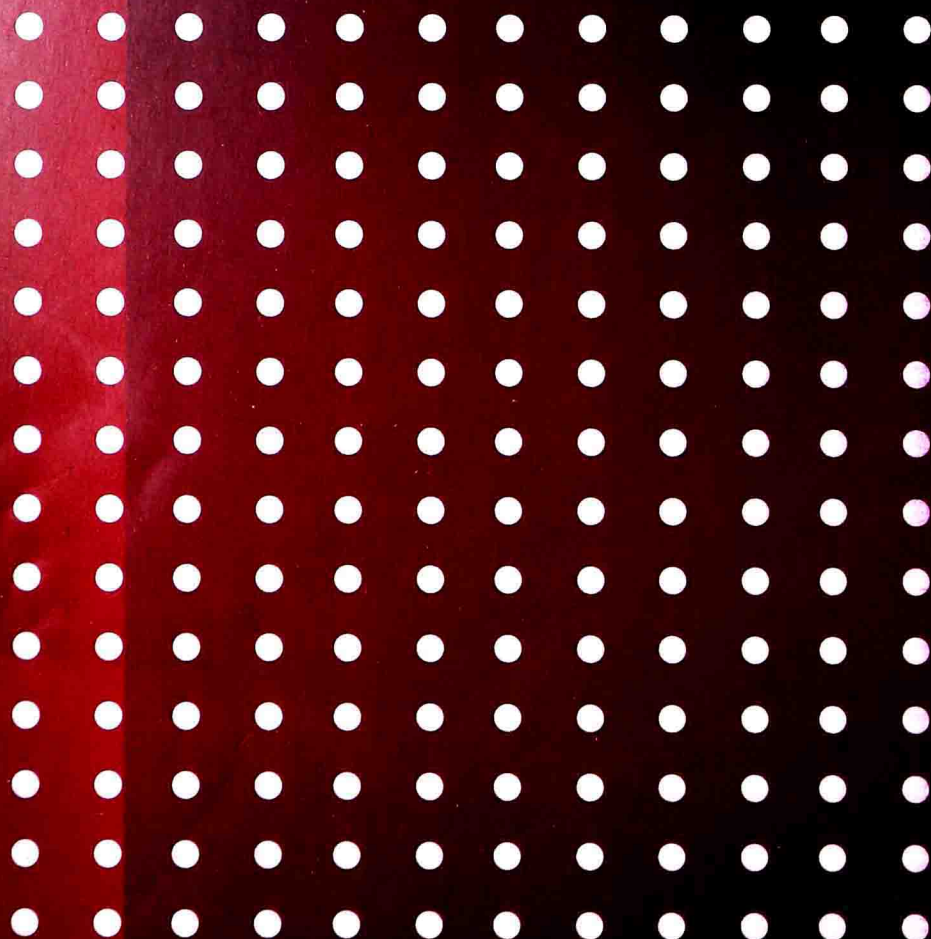


21世纪高等学校电子信息工程规划教材

电路原理实验教程

刘玉成 编著

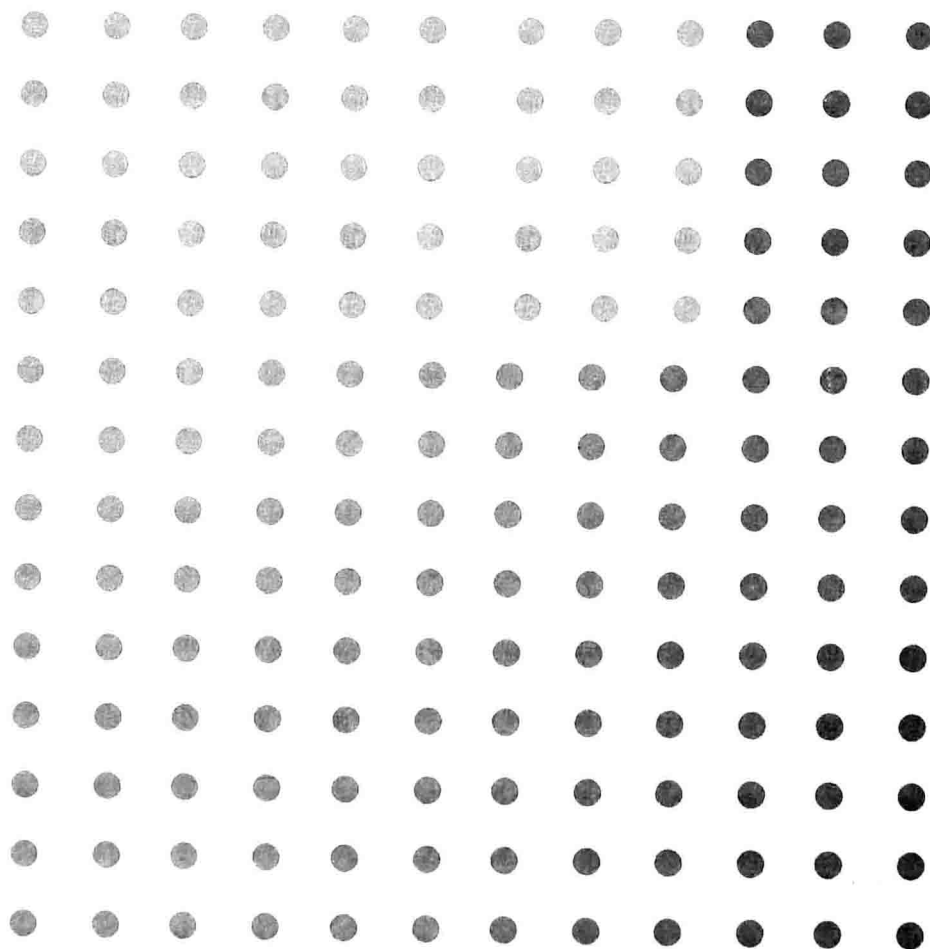


清华大学出版社

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材

电路原理实验教程

刘玉成 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

《电路原理实验教程》是一本密切配合电路基础课程教学的实验教材,目的是培养学生的实验基本技能和动手能力,帮助学生巩固和加深理解所学的基本理论知识。

全书实验内容包括基本电工仪表的使用及测量误差的计算,减小仪表测量误差的方法,电路元件伏安特性的测绘,电位、电压的测定及电路电位图的绘制,基尔霍夫定律的验证,叠加原理的验证,电压源与电流源的等效变换,戴维南定理和诺顿定理的验证,最大功率传输条件的测定,受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究,典型电信号的观察与测量,RC 一阶电路的响应测试,二阶动态电路响应的研究,R、L、C 元件阻抗特性的测定,用三表法测量交流电路等效参数,正弦稳态交流电路相量的研究,RC 选频网络特性测试,R、L、C 串联谐振电路的研究,双口网络测试,负阻抗变换器,回转器,互感电路测量,单相铁芯变压器特性的测试,三相交流电路电压、电流的测量,三相电路功率的测量,单相电度表的校验,功率因数及相序的测量。为培养学生独立实验的能力,书中有些实验内容写得比较简略,留有部分内容让学生自己完成。书的最后以附录的形式对于实验设备与主要的实验仪器仪表进行了介绍。

本书可作为高等学校工科电类专业电路原理、电工基础课程的实验教材,也可作为单列的电路基本实验课教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电路原理实验教程/刘玉成编著.--北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材

ISBN 978-7-302-35248-8

I. ①电… II. ①刘… III. ①电路理论—实验—高等学校—教材 IV. ①TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 014305 号

责任编辑:付弘宇 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:10.25 字 数:253 千字

版 次:2014 年 3 月第 1 版 印 次:2014 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:19.50 元

产品编号:057793-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用的培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,而是大量使用软件和硬件相结合的方法,使产品性价比很高。如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程

设计。

(5) 21 世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI 课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络和实验室为载体,配有多种辅助学习资料,可提高学生学习兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

实验是为了认识世界或事物,为了检验某种科学理论或假定而进行的操作或活动,任何自然科学理论都离不开实践。科学实践是研究自然科学极为重要的环节,也是科学技术得以发展的重要保证。

本书是根据教育部《关于加强高等学校本科教育工作提高教学质量的若干意见》文件精神 and 《高等学校国家级实验教学示范中心建设标准》而编写的一套适应 21 世纪教学改革要求的实验教程。本实验教程适用于电类本科专业,在内容安排上注重对学生基本实验技能的训练。旨在通过实验,使学生掌握连接电路,电工测量,故障排除等实验技巧,掌握常用电工仪器仪表的基本原理、使用方法以及数据采集、数据处理和各种故障现象的观察分析方法,培养学生用基本理论分析问题、解决问题的能力,培养学生严肃认真的科学态度、踏实细致的实验作风,增强学生的动手能力。

本书可作为高等学校工科电类专业电路原理、电工基础课程的实验教材,也可作为单列的电路基本实验课教材,是按照模块化、网络化这一新的教学理念和教学体系而编写的。具有以下特点。

1. 引进新技术,教学灵活多样

紧密配合课程体系改革和实验教学改革的需要,引入计算机虚拟实验和网络化管理技术,将计算机虚拟实验与传统的实际工程实验有机地结合,提供学生先进的实验技术以及充分发挥创新思维能力的空间。在教材编写中体现了将过去的单纯验证性实验转变为基础强化实验、将过去的小规模综合性实验,转变为中规模应用性实验、将过去在实验室进行的单一化实验,转变为不受时间、地点、内容限制的多元化的开放性实验。

2. 内容充实,注重实际技能训练

书中实验的选择本着既能够验证理论、巩固加深理论知识,又能够使学生得到实际技能训练的原则。每个实验都经过编者的实际验证,保证了实验的合理性、可操作性和知识点的深度与广度。在实验任务的设计中,要求学生尽量多而反复地使用电压表、电流表、功率表、稳压电源、信号发生器、示波器等各种常规电工仪器仪表,目的是使学生在反复使用的过程中真正掌握这些仪器仪表的使用,使其在后续课程乃至未来的工程实践中能够得心应手地应用这些仪器仪表。

3. 通用性强

能与高校的电工电子实验教学中心的实验设备配套使用,满足教学大纲要求,适应性强。使用本教材的教师,可根据各院校的实际情况和教学大纲来实施计划,酌情选择全部或

部分内容。

本书由重庆科技学院电子信息工程学院的刘玉成教授编写,李太福教授主审并提出了宝贵的意见。在编写过程中,得到了电工电子实验教学中心电路实验室黄勤易老师、梁文涛老师的大力支持,在此致以深切的谢意!

要达到实验课教学目的并提高实验教学质量,需要有适用的实验教材,本书是编者的一次尝试。由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

目 录

绪论	1
实验一 基本电工仪表的使用及测量误差的计算	6
实验二 减小仪表测量误差的方法	10
实验三 电路元件伏安特性的测绘	15
实验四 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	19
实验五 基尔霍夫定律的验证	21
实验六 叠加原理的验证	24
实验七 电压源与电流源的等效变换	27
实验八 戴维南定理和诺顿定理的验证	31
实验九 最大功率传输条件测定	36
实验十 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	39
实验十一 典型电信号的观察与测量	46
实验十二 RC 一阶电路的响应测试	54
实验十三 二阶动态电路响应的研究	58
实验十四 R、L、C 元件阻抗特性的测定	60
实验十五 用三表法测量电路等效参数	63
实验十六 正弦稳态交流电路相量的研究	67
实验十七 RC 选频网络特性测试	71
实验十八 R、L、C 串联谐振电路的研究	74
实验十九 双口网络测试	78
实验二十 负阻抗变换器	82
实验二十一 回转器	85
实验二十二 互感电路观测	89
实验二十三 单相铁芯变压器特性的测试	93
实验二十四 三相交流电路电压、电流的测量	96
实验二十五 三相电路功率的测量	99
实验二十六 单相电度表的校验	103
实验二十七 功率因数及相序的测量	106
附录 A TKDG-2 型电工实验装置	109
附录 B TFG1905B 型函数发生器	118
附录 C DS5000 系列示波器简介	123
参考文献	153

绪 论

实验是帮助学生学习和运用理论处理实际问题,验证、消化和巩固基本理论,培养学生的实验技能、动手能力和分析问题及解决问题的能力,获得创新思维潜力和科学研究方法训练的重要环节。

对于电路课程来说,在系统学习了本学科理论知识的基础上,还要加强基本实验技能的训练,电路实验课即为这种技能训练的重要环节。电路实验是工科院校电类专业学生的主要实验课之一,属于专业基础实验课。实验质量的高低将直接影响学生实际动手能力的高低,而实际动手能力则关系到学生今后的工作和发展。因此,对电路实验课应该给予足够的重视。

一、电路实验课的目的

- (1) 通过实验,巩固、加深和丰富电路理论知识。
- (2) 学习正确使用电流表、电压表、变阻器等常用仪表和设备的方法,掌握并熟悉毫伏表、直流稳压电源、函数信号发生器、示波器等常用电子仪器的操作方法。
- (3) 掌握一些基本的电子测试技术。
- (4) 训练选择实验方法、整理实验数据、分析误差、绘制曲线、判断实验结果、写电类实验报告的能力。
- (5) 培养实事求是、严肃认真、细致踏实的科学作风和独立工作的能力。

二、电路实验课的基本要求

1. 实验仪器与仪表

正确使用电压表、电流表和万用表,会使用常用的一些电工设备;初步会用功率表和一些电子仪器、仪表及电子设备,如示波器、直流稳压电源、晶体管毫伏表。

2. 测试方法

电压、电流的测量,信号波形的观察方法,电阻器、电容器、电感器参数和电压、电流特性的测量及功率的测量。

3. 实验操作

能正确布局 and 连接实验电路,认真观察实验现象和正确读取数据,并有初步分析判断能

力；能初步分析和排除实验故障，要求具有实事求是的科学态度。

4. 实验报告

能写出符合规格的实验报告，正确绘制实验曲线，做出初步的分析、解释。

三、电路实验课的进行

1. 课前预习

实验效果的好坏与实验的预习密切相关。学生应事先认真阅读实验指导书，经过思考后，写出预习报告（也是正式报告的一部分），做到对每个实验心中有数。只有心中有数，才能做到有条不紊，主动观察实验现象，发现并分析问题，取得最佳实验效果。心中无数，必然手忙脚乱，完不成任务，达不到实验的目的与要求，甚至发生事故。预习重点如下。

- (1) 明确实验目的、任务与要求，估算实验结果。
- (2) 复习有关理论，弄懂实验原理、方法，熟悉实验电路。
- (3) 了解所需的实验元件、仪器设备及其使用方法。

2. 熟悉设备和接线

在接线之前应了解第一次使用的仪器、设备的接线端、刻度、各旋钮的位置及作用、电源开关位置，确定所用仪表及极性等。

应根据实验线路合理布置仪表及实验器材，以便接线、查对，便于操作及读数。对初学者来说，首先应按照电路图一一对应地进行布局与接线。较复杂的电路应先串联后并联，同时确认元件、仪器仪表的同名端、极性和公共参考点等与电路设定的方位一致，最后连接电源端。

接线时，应避免在同一端子上连接三根以上的连线（应分散接），减少因牵动（碰）一线而引起端子松动、接触不良或导线脱落的情况。电表的端子原则上只接一根线。改接线路时，应力求改动量最小，避免拆光重接。

3. 通电操作及读数

线路接好后，经检查无误，并请指导教师复查后方可接通电源。通电操作时必须集中注意力观察电路的变化，如有异常，如声响、冒烟等现象，应立即断开电源，检查原因。接通电源后将设备检查一遍，观察一下实验现象，判断结果是否合理。若不合理，则线路有误，立即切断电源重新检查线路并修正；若结果合理，则可正式操作。读数时姿势要正确，思想要集中，以防止误读。数据要记录在事先准备的表格中，凌乱和无序的记录常常是造成错误和失败的原因。为了获得正确的数据，有时需要重新读取数据。要养成科学的态度，尊重原始数据，在写试验报告时若发现原始数据不合理，不得任意涂改，应当分析问题的原因。当需要读数的分布情况时，可随曲线的曲率的不同来选择读数点的数目，曲率较大处可多读几点。

4. 实验结束

完成全部内容后，不要急于拆除线路，应先检查实验数据有无遗漏或不合理的情况，经

指导教师同意方可拆除线路,整理桌面,摆放好各种实验器材、用具,方可离开实验室。

5. 安全操作问题

实验过程中应随时注意安全,包括人身与设备的安全。除以上提到的一些注意事项外,还须特别注意以下几点。

(1) 当电源接通进行正常实验时,不可用手触及带电部分,改接或拆除电路时必须先断电。

(2) 使用仪器仪表设备前必须了解其性能和使用方法。切勿违反操作规范乱拨乱调旋钮,尤其注意不得超过仪表的量程和设备的额定值。

(3) 如果实验中用到调节器、电位器以及可变电阻器等设备,在电源接通前,应将其调节位置放在使用电路中的电流最小的地方,然后接通电源,再逐步调节电压、电流,使其缓慢上升,一旦发现异常,应立即切断电源。

四、电路实验故障的分析和处理

1. 故障的类型与原因

实验课中出现各种故障是难免的。学生通过对电路简单故障的分析、具体诊断和排除,逐步提高分析问题和解决问题的能力。在电路实验中,常见的故障多属开路、短路或介于两者之间这三种类型。无论何种类型,如不及时发现并排除,都会影响实验进行或造成损失。

故障原因大致有以下几种。

- (1) 实验线路连接有错误或实验者对实验供电系统设施不熟悉。
- (2) 元器件、仪器仪表、实验装置等使用条件不符或初始状态值设定不当。
- (3) 电源、实验电路、测试仪器之间公共参考点连接错误或参考点位置选择不当。
- (4) 接触不良或连接导线损坏。
- (5) 布局不合理。电路内部产生干扰。
- (6) 周围有强电设备,产生电磁干扰。

2. 故障检测

故障检测的方法很多,一般是根据故障类型确定部位,缩小范围,再在范围内逐点检查,最后找出故障点并予以排除。

1) 检测方法

简单实用的检测方法就是万用表(电压挡或电阻挡)在通电或断电状态下去检查电路故障。

(1) 通电检测法。用万用表电压挡(或电压表)在接通电源的情况下进行故障检测,根据实验原理,电路中某两点应该有电压而万用表测不出电压;或某两点不应该有电压而万用表测出了电压,那么故障必在此两点间。

(2) 断电检查法。用万用表电阻挡在断开电源的情况下进行故障检测。根据实验原理,电路中某两点应该导通(或电阻极小),万用表测出开路(或电阻很大);或两点间应该开

路(或电阻很大),但测得的结果为短路(或电路很小),则故障在此两点间。

有时电路中有多种或多个故障,并且相互掩盖或影响,但只要耐心细致去分析查找,就一定能够检测出来。

在选择检测方法时,要针对故障类型和电路结构情况选用。如短路故障或电路工作电压较高(200V 以上),不宜用通电法(电阻挡)检测。因为这两种情况存在时,有损坏仪表、元件和触电的可能。

2) 检测顺序

一般情况下,按故障部位直接检测,当故障原因和部位不易确定时,按下列顺序进行。

(1) 检查电路接线有无错误。

(2) 检查电源供电系统,从电源进线、熔断器、闸刀开关至电路输入端子,依次检查各部分有无电压,是否符合标准。

(3) 主、副电路中元件、仪器仪表、开关连接导线是否完好且接触良好。

(4) 检测仪器部分,供电系统、输入、输出调节,显示及探头、接地点等。

五、数据整理与实验报告

1. 数据整理与曲线绘制

整理实验结果是实验的重要环节,通过整理及编写报告可以系统地理解实验教学中所获得的知识,建设清晰的概念。实验结果有数据、波形曲线、现象等。整理数据一般通过计算、描绘曲线、分析波形及现象,找出其中典型的、能说明问题的特征,并找到条件(参数)与结果之间的联系,从而说明电路的性质。整理数据时必须注意误差的判别。

实验曲线是以图形形式更直观地表达实验结果的语言,作好实验曲线的基本要点如下。

(1) 图纸选择要恰当。本实验课主要采用毫米方格纸,频率特性曲线采用对数坐标绘制效果更好。除特殊要求外,一般按照 1 : 1.5 矩形图面来作图。比例尺以处理后的实验数据为根据做合理选择。

(2) 坐标的分度要合理。坐标轴以 X 轴代表自变数,Y 轴代表应变数,坐标的分度就是坐标轴上每一格代表值的大小。分度的选择应使图纸上任一点的坐标容易读数。为了便于阅读,应将坐标轴的分度值标记出来,每个坐标轴必须注明名称和单位。

(3) 曲线绘制要细心。一般情况下把实验数据在坐标纸上用“O”、“*”或“△”符号标出即可。按照所描的点作曲线应使用曲线板、曲线尺等作图仪器。描出的曲线应光滑匀整,不必强使曲线通过所有的点,但应与所有的点接近,同时使未被曲线经过的点大致均匀地分布在曲线的两侧。

(4) 加上必要的注释说明。在每一图形下面将曲线经过的意义清楚明确地写出,使阅读者一目了然。

2. 实验报告的要求和内容

实验报告是根据实测数据以及在实验中观察和发现的问题,经过自己的分析研究或分析讨论后写出的心得体会。实验报告应是学生进行实验的全过程总结。它既是完成教学

环节的凭证,也是今后编写其他工程(实验)报告的参考资料。因此,要求文字简洁、工整,曲线图表清晰,实验结论要有科学根据和分析。实验报告应包括以下内容。

- (1) 实验名称、专业班级、学号、姓名、实验日期。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验原理与说明。
- (4) 实验任务。列出具体的任务与要求,画出实验电路图,拟定主要步骤和数据记录表格。
- (5) 实验仪器与设备。记录实验中使用的仪器与设备的名称、型号、规格和数量。
- (6) 数据的整理和计算。
- (7) 按记录及计算的数据用坐标纸画出曲线,图纸尺寸不小于 $8\text{cm} \times 8\text{cm}$,曲线要用曲线尺或曲线板连成光滑曲线,不在曲线上的点仍按实际数据标出。
- (8) 根据数据和曲线进行计算和分析,说明实验结果与理论是否符合,可对某些问题提出一些自己的见解并最后写出结论。
- (9) 回答提出的思考题。

实验报告中的第(1)~第(5)项,应在预习时完成,实验中补充完善;第(6)~第(9)项应在实验中基本形成,实验结束后整理完善。

六、实验安全操作规程

为了按时完成电路实验,确保实验时的人身安全与设备安全,要严格遵守以下安全操作规程。

- (1) 实验时,人体不可接触带电线路。
- (2) 接线或拆线都必须在切断电源的情况下进行。
- (3) 学生独立完成接线或改接线路后必须经指导教师检查和允许,并引起组内其他同学注意后方可接通电源。实验中如发生事故,应立即切断电源,查清问题并妥善处理故障后,才能继续进行实验。
- (4) 应先检查功率表及电流表等仪表的量程是否符合要求,是否有短路回路存在,以免损坏仪表或电源。
- (5) 总电源或实验台控制屏上的电源接通应在实验指导人员允许后方可操作,其他人员不得自行合闸。

实验一 基本电工仪表的使用及测量误差的计算

一、实验目的

- (1) 熟悉实验台上各类电源及各类测量仪表的布局和使用方法。
- (2) 掌握指针式电压表、电流表内阻的测量方法。
- (3) 熟悉电工仪表测量误差的计算方法。

二、实验原理

(1) 为了准确地测量电路中实际的电压和电流,必须保证仪表接入电路后不会改变被测电路的工作状态。这就要求电压表的内阻为无穷大;电流表的内阻为零。而实际使用的指针式电工仪表都不能满足上述要求。因此,测量仪表一旦接入电路,就会改变电路原有的工作状态,这就导致仪表的读数值与电路原有的实际值之间出现误差。误差的大小与仪表本身的内阻大小密切相关。只要测出仪表的内阻,即可计算出由其产生的测量误差。以下介绍几种测量指针式仪表内阻的方法。

(2) 用“分流法”测量电流表内阻。

如图 1-1 所示,Ⓐ为被测内阻(R_A)的直流电流表。测量时先断开开关 S,调节直流电源的输出电流 I 使Ⓐ表指针满偏转。然后合上开关 S,并保持 I 值不变,调节电阻箱 R_B 的阻值,使电流表Ⓐ的指针指在 $1/2$ 满偏转位置,此时有 $I_A = I_S = I/2$,因此 $R_A = R_B // R_1$ 。 R_1 为固定电阻器之值, R_B 可由电阻箱的刻度盘上读得。

(3) 用“分压法”测量电压表内阻。

如图 1-2 所示,Ⓥ为被测内阻(R_V)的直流电压表。测量时先将开关 S 闭合,调节直流稳压电源的输出电压,使电压表 Ⓥ的指针为满偏转。然后断开开关 S,调节 R_B 使电压表 Ⓥ的指示值减半,此时有

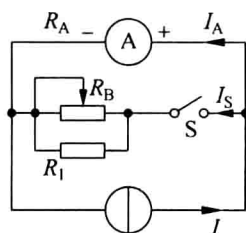


图 1-1 用“分流法”测量电流表内阻

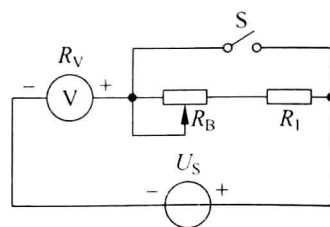


图 1-2 用“分压法”测量电压表内阻

$$R_V = R_B + R_1$$

电压表的灵敏度为

$$S = R_V / U_S (\Omega/V)$$

式中 U 为电压表满偏时的电压值。

(4) 仪表内阻引起的测量误差(通常称为方法误差,而仪表本身结构引起的误差称为仪表基本误差)的计算。

以如图 1-3 所示电路为例, R_1 上的电压为 $U_{R_1} = R_1 U / (R_1 + R_2)$, 若 $R_1 = R_2$, 则 $U_{R_1} = U/2$ 。

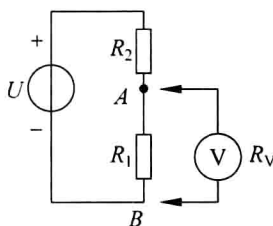


图 1-3 方法误差的测量

现用一内阻为 R_V 的电压表来测量 U_{R_1} 值, 当 R_V 与 R_1 并联后, $R_{AB} = R_V R_1 / (R_V + R_1)$, 以此来替代上式中的 R_1 , 则得

$$U'_{R_1} = \frac{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1}}{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1} + R_2} U$$

绝对误差为

$$\Delta U = U'_{R_1} - U_{R_1} = \left[\frac{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1}}{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1} + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] U$$

化简后得

$$\Delta U = \frac{-R_1^2 R_2 U}{R_V (R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2) + R_1 R_2 (R_1 + R_2)}$$

若 $R_1 = R_2 = R_V$, 则得 $\Delta U = -U/6$ 。

相对误差为 $\Delta U\% = [(U'_{R_1} - U_{R_1}) / U_{R_1}] \times 100\% = [(-U/6) / (U/2)] \times 100\% = -33.3\%$ 。

由此可见, 当电压表的内阻与被测电路的电阻相近时, 测量的误差是非常大的。

三、实验设备

可调直流稳压电源	0~30V	一台
可调直流恒流源	0~500mA	一台
指针式万用表	MF-47 或其他	一只
元件箱	TKDG-05	一挂箱

四、实验内容与步骤

根据“分流法”原理测定指针式万用表(MF-47 型或其他型号)直流毫安表 0.5mA 和 5mA 挡量限的内阻。线路如图 1-1 所示,测量数据记入表 1-1 中。

表 1-1

被测电流表量限	S 断开时的表读数/mA	S 闭合时的表读数/mA	R_B/Ω	R_i/Ω	计算内阻 R_A/Ω
0.5mA					
5 mA					

(1) 根据“分压法”原理按图 1-2 接线,测定指针式万用表直流电压 2.5V 和 10V 挡量限的内阻。测量数据记入表 1-2 中。

表 1-2

被测电压表量限	S 闭合时的表读数/V	S 断开时的表读数/V	$R_B/k\Omega$	$R_i/k\Omega$	计算内阻 $R_V/k\Omega$	$S/(\Omega/V)$
2.5V						
10V						

(2) 用指针式万用表直流电压 10V 挡量限测量图 1-3 电路中 R_1 上的电压 U'_{R_1} 之值,并计算测量的绝对误差与相对误差。测量数据记入表 1-3 中。

表 1-3

U	R_2	R_1	$R_{10V}/k\Omega$	计算值 U_{R_1}/V	实测值 U'_{R_1}/V	绝对误差/V	相对误差/%
10V	10k Ω	50k Ω					

五、预习要求

(1) 用量程为 10A 的电流表测实际值为 8A 的电流时,实际读数为 8.1A,求测量的绝对误差和相对误差。

(2) 如图 1-4(a)、图 1-4(b)所示为伏安法测量电阻的两种电路,被测电阻的实际阻值为 R_x ,电压表的内阻为 R_V ,电流表的内阻为 R_A ,求两种电路测量电阻 R_x 的相对误差。

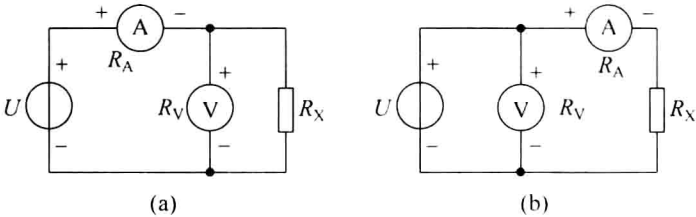


图 1-4 伏安法测量电阻的两种电路

六、注意事项

(1) 在开启 DG04 挂箱的电源开关前,应将两路直流稳压电源的输出调节旋钮调至最小(逆时针旋到底),并将恒流源的输出粗调旋钮拨到 2mA 挡,输出细调旋钮应调至最小。接通电源后,再根据实验需要缓慢调节。

(2) 当恒流源输出端接有负载时,如果需要将其粗调旋钮由低挡位向高档位切换,必须先将其细调旋钮调至最小。否则输出电流会突增,可能会损坏外接器件。

(3) 电压表应与被测电路并联,电流表应与被测电路串联,并且都应注意正、负极性以及量程的合理选择。

(4) 实验内容(1)和(2)中, R_1 与 R_B 并联,可使阻值调节比单只电阻容易。 R_1 的取值应与 R_B 相近。

(5) 本实验仅测试指针式仪表的内阻。由于所选指针表的型号不同,实验中所列的电流、电压量程及选用的 R_B 、 R_1 等均会不同。实验时应按选定的表型自行确定。

七、思考题

根据实验内容(1)和实验内容(2),若已求出 0.5mA 挡和 2.5V 挡的内阻,可否直接计算得出 5mA 挡和 10V 挡的内阻?

八、实验报告要求

- (1) 列表记录实验数据,并计算各被测仪表的内阻值。
- (2) 分析实验结果,总结应用场合。
- (3) 对思考题的计算。