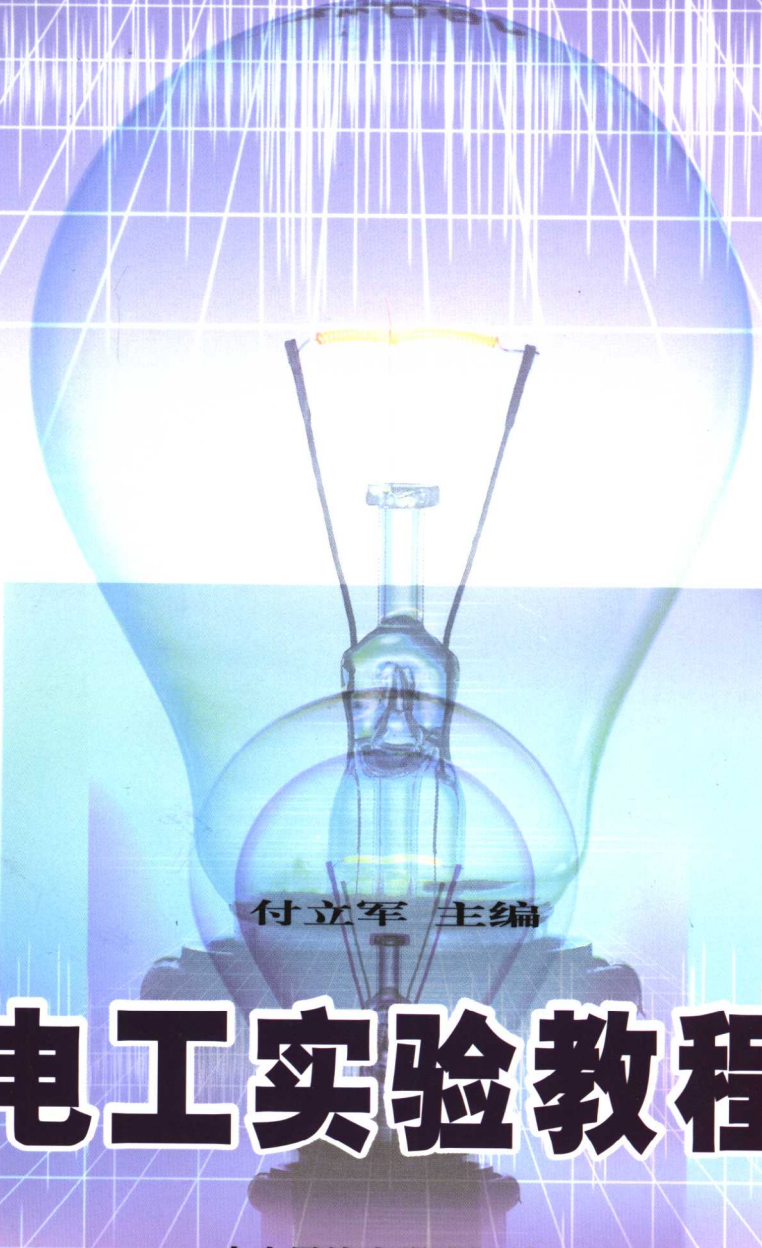


大连民族学院规划教材



付立军 主编

电工实验教程

中央民族大学出版社

大连民族学院规划教材

电工实验教程

付立军 主编

陈晓云 苏 航 副主编

中央民族大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工实验教程/付立军主编. —北京: 中央民族大学出版社, 2006.10

ISBN 7-81108-245-4

I. 电… II. 付… III. 电工技术-实验-高等学校-教材 IV. TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 114498 号

电工实验教程

主 编 付立军

责任编辑 李苏幸

封面设计 赵秀琴

出 版 者 中央民族大学出版社

北京市海淀区中关村南大街 27 号 邮编:100081

电话:68472815(发行部) 传真:68932751(发行部)

68932218(总编室) 68932447(办公室)

发 行 者 全国各地新华书店

印 刷 者 北京华正印刷有限公司

开 本 880×1230(毫米) 1/32 印张:6.25

字 数 160 千字

版 次 2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-81108-245-4/TM·2

定 价 18.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

实验教学是高等教育的基本教学内容，是帮助学生理解和巩固基本理论，获得实验技能和基本的科学研究方法的重要环节。

本书是根据电类专业电工类课程对实验的要求，吸收了多所院校在电工实验教学方面的经验编写而成的，既包括验证性实验，又包括设计性实验，将理论知识和实验有机的结合起来。

全书共分7章：第1章实验概述，第2章测量的基本知识，第3章直流电路实验，第4章交流电路实验，第5章变压器及交流电动机控制实验，第6章设计性实验，第7章常用仪表的使用。

本书由付立军主编，陈晓云、苏航任副主编，第1章、第2章和第7章由陈晓云编写，第3章和附录由苏航编写，第4章、第5章和第6章由付立军编写。全书由付立军策划和统稿。

在编写过程中，参考了《电路》等教材及相关实验，由于编者水平所限，书中如有错误和不妥之处，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2006年3月

目 录

第 1 章 实验概述	(1)
1.1 电路实验课的目的	(1)
1.2 电路实验课的要求	(2)
1.3 电路实验课的注意事项	(4)
第 2 章 测量的基本知识	(6)
2.1 测量的基本概念	(6)
2.2 测量的误差	(9)
2.3 有效数字与计算规则	(13)
第 3 章 直流电路实验	(16)
3.1 电路元件的伏安特性	(16)
3.2 基尔霍夫定律和迭加原理	(21)
3.3 戴维南定理实验	(23)
3.4 电压源与电流源的等效变换	(29)
3.5 受控源特性的研究	(32)
3.6 一阶电路实验	(38)
3.7 二阶电路响应	(42)
第 4 章 交流电路实验	(47)

4.1	交流电路的测量	(47)
4.2	电阻、电感和电容的串、并联实验	(49)
4.3	日光灯电路的联接及功率因数的提高	(52)
4.4	串联谐振	(55)
4.5	RC 选频网络特性测试	(59)
4.6	三相电路的研究	(63)
4.7	三相电路相序及功率的测量	(68)
4.8	互感电路实验	(71)
4.9	双口网络实验	(76)
4.10	负阻抗变换器	(80)
4.11	单相电度表的校验	(84)
第 5 章	变压器及交流电动机控制实验	(88)
5.1	单相变压器实验	(88)
5.2	三相异步电动机实验	(91)
5.3	异步电动机点动和自锁控制	(99)
5.4	异步电动机的正反转控制	(104)
5.5	三相异步电机的延时控制及顺序控制	(107)
第 6 章	设计性实验	(112)
6.1	电源等效变换	(112)
6.2	最大功率传输	(116)
6.3	受控源变换	(120)
6.4	交流参数的测定	(125)
6.5	功率因数的提高	(128)
6.6	RLC 串联谐振电路	(133)
6.7	三相电路功率的测量	(137)
6.8	双口网络设计	(141)
6.9	电动机控制	(146)

第 7 章 常用仪表的使用	(150)
7.1 MS8215 型数字多用表简介	(150)
7.2 VP-5020D/C 模拟双通道示波器	(154)
7.3 数字交流毫伏表	(160)
7.4 函数发生器	(163)
附录 SAC-DGII 电工实验装置使用维护说明	(169)
参考文献	(189)

第 1 章 实验概述

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验。科学实验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。

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，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教学过程的基本组成部分，是电类学科专业学生的主要实验课之一，它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能力的高低，而实际能力则关系到学生今后的工作与发展。所以对于实验课应该给予足够的重视。

1.1 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、功率表、调压器、变阻器等常用仪表和设备；掌握直流稳压电源、信号发生器、示波器等常用电子仪器的操作方法。

(3) 掌握一些基本的电工及电子测试技术。

(4) 训练学生选择实验方法、整理实验数据、分析误差、绘制曲线、判断实验结果、编写实验报告的能力。

(5) 培养学生实事求是、严肃认真、细致踏实的科学作风和

独立工作的能力。

1.2 电路实验课的要求

一般实验课分为课前准备、进行实验和课后完成实验报告三个阶段，各个阶段的要求如下：

1.2.1 课前准备

(1) 阅读实验指导书，明确实验目的、实验的任务与要求，了解完成实验的方法和步骤；并结合实验原理复习相关的理论知识，完成必要的理论估算；设计好实验数据的记录表格，认真思考并解答预习思考题。

(2) 理解并牢记指导书中提出的注意事项，了解仪器、仪表的使用方法，防止实验过程中损坏仪器仪表。

(3) 完成报告中的预习部分，应有实验目的、所用仪器设备、原理图及数据记录表格，课前交指导老师检查后才能进行实验。

(4) 做计算机应用实验，应该预先完成程序的编制。

1.2.2 进行实验

(1) 实验者应按预先安排好的顺序到相应的试验台上做实验。先了解仪器、设备的规格、量程和性能等，检查仪器、设备是否齐全、完好，如发现问题应及时提出。

(2) 合理布局。合理安排仪器、仪表的位置，使之符合安全、方便、整齐的原则。还要连线清晰、调节顺手、读数方便。

(3) 在连接实验线路时，可以按照“先串后并”、“先主后辅”的原则接好无源部分，后接电源部分；接电源的时候应该将

电源开关处于断开状态,并将可调设备的旋钮、手柄、触头等置于最安全或者要求置放的位置。还应该注意正确连接电子仪器的接地线。整个实验线路要求走线整齐,线路松紧适当,接线点不要过于集中于一点。

(4) 实验进行中要胆大心细,一丝不苟。对实验中出现的现象和所得数据应做好记录。随时分析、研究实验结果的合理性,如果发现异常现象,应及时查找原因,如遇到事故发生,应立即切断电源,并报告指导老师。

(5) 为了测取准确的数据,在选择测试点时应注意使其分布合理。如曲线的弯曲段应多取几个测试点;读数前要认清仪表量程值与标尺刻度值,合理选择量程。读数时要眼、针、影成一线;记录的数据应是依所选量程经换算后的值,应合理地读取有效数据(最末一位数为估计的存疑数)。每测试完一项任务,暂不要拆线,分析判断一下数据是否正确,若有错误可重新进行测试。要求对测量的数据,测前有预见,测后有判断。

(6) 实验内容全部完成后,原始记录经教师审查后方可拆除实验线路。拆线前应先切断电源,拆完线后将仪器设备复归原位,清理好导线,经教师验收后才可离去。

1.2.3 编写实验报告

(1) 编写实验报告是将实验结果进行归纳总结、分析与提高的阶段。实验报告应文理通顺、简明扼要、字迹端正、图表清晰、分析与论证得当。写实验报告应采用学校统一的实验报告纸,画曲线、波形应采用坐标纸。

(2) 实验报告应包括以下内容:

实验目的:填写实验目的和意义。

实验仪器设备:填写实验实际使用的设备名称、型号和数量。

实验原理图：绘制实验原理电路及实验线路图。

实验内容：填写必要的实验步骤、实验方法，列表记录实验数据，写出必要的数据处理过程。

总结：对实验现象、数据进行分析处理，得出理论。实验中若有故障发生，应分析故障的原因，简述排除故障的方法。回答问题，总结本次实验的心得体会并提出有关建议。

1.3 电路实验课的注意事项

1.3.1 人身安全

实验证明，人体触电时，通过的电流为 50mA 就有生命危险，通过 100mA 则能致人于死地。电工实验的电源电压有 220V 及 380V，均非安全电压，人触电有生命危险。同时，有些设备在实验中需要运行旋转，如有不慎，就有可能发生触电、受伤和损坏仪器、设备的严重事故。因此，在实验中要求切实遵守实验室的各项安全操作规程，严肃认真，细致踏实，确保实验的顺利完成。实验过程中应注意以下几点：

(1) 不得擅自接通电源，接通电源或启动运转类设备时，应先告知全组同学。

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

(3) 实验前应检查各种设备是否放好，设备旋转时，要防止人体碰到旋转部分。要当心衣角、围巾、辫子等不要被旋转部分绞入。不要用手或脚去直接制动设备，以免发生危险。

1.3.2 仪器设备的保护

(1) 实验课时认真听取指导教师讲解仪器仪表的使用方法及注意事项,对实验台加倍爱护。这样既能保证实验课的正常开设,也培养了个人爱护公共财产的品德。

(2) 取、放电工实验模块时要小心,移动仪器设备时要轻拿轻放。电器设备应按铭牌上规定的额定值使用。使用仪表时应选择适当的量程。使用电子仪器时应阅读有关说明书,熟悉使用方法,了解每个旋钮的作用。

(3) 在实验过程中应注意仪器设备的运行情况,随时注意有无异常现象。例如短路、过热、绝缘烧焦发出异味、声音不正常、电源保险熔断发出响声或合上电源而不工作等。出现上述情况时不要惊慌失措,应立即拉开电源开关,防止事故扩大,保持现场,报告实验老师共同分析原因,排除故障。如果实验仪器和设备损坏,应如实填写事故报告单,以便处理。

(4) 不得脚踏或坐在设备上,不得用粉笔在仪表和实验台上写字,不得将导线和工具乱扔乱抛,也不要擅自取用其他电工实验台上的实验模块和仪器设备。

(5) 导线、工具及其他仪器设备不要靠近运动物体,如电动机,以免发生意外。

第 2 章 测量的基本知识

2.1 测量的基本概念

2.1.1 测量的概念

测量是人们借助专门设备,通过实验的方法,将被测的量与作为测量单位的已知量相比较的过程。在比较过程中,可以确定被测量的量是已知测量单位的几倍或者几分之几。通过测量,我们可以获取到所研究对象的各种有关信息,从而总结出客观规律,得出正确的结论。测量的结果由两个部分组成,一是比较的数量,二是比较的单位。

2.1.2 测量的单位

关于测量单位,世界各国曾经用过不同的制式。如电磁单位制(CGSM)、静电单位制(CGSE)和实用单位制(MKSA)等。目前,我国均采用国际单位制。表 2.1-1 列出了电路分析中常用的国际单位制。

表 2.1-1

常用国际单位制

量	单位名称	代 号	
		中 文	国 际
电 流	安 培	安	A
电 压	伏 特	伏	V
频 率	赫 兹	赫	Hz

续表

量	单位名称	代 号	
		中 文	国 际
电 阻	欧 姆	欧	Ω
电 感	亨 利	亨	H
电 容	法 拉	法	F
时 间	秒	秒	s

在实际使用中,对太大或太小单位,要在前面加上词头,用以表示这些单位被一个以 10 为底的正次幂或负次幂相乘后所得到的辅助单位。如表 2.1-2。

表 2.1-2 SI 词 头

名 称	代 号		因 数
	中 文	国 际	
吉 咖	吉	G	10^9
兆	兆	M	10^6
千	千	k	10^3
毫	毫	m	10^{-3}
微	微	μ	10^{-6}
纳 诺	纳	n	10^{-9}
皮 可	皮	p	10^{-12}

2.1.3 测量的方法

一个物理量的测量可以通过不同的方法来实现。在测试方案确定之后,选择合理的测量方法就是至关重要的了。测量分直接测量、间接测量和组合测量。

(1) 直接测量。它是指使用预先按已知标准定度的电工仪表或电子仪器对被测量直接进行的测量。如电压表测某元件两端的

电压, 电流表测某支路的电流。根据读取数据方式的不同, 直接测量又分为直读式测量和比较式测量。

直读式测量: 直接从仪表、仪器刻度上读取测量结果称为直读式测量。

比较式测量: 通过被测量与标准量进行比较后而获得测量结果。如常见的电桥测量。

(2) 间接测量。它是指利用当前直接测试的量与被测量之间的已知函数关系或某种约定关系所进行的测量。如测量电阻元件消耗的功率, 可用测量其端电压及其流过它的电流来测定元件消耗的功率。常常用于缺少直接测量条件, 或者直接测量不便和误差较大等情况。

(3) 组合测量。兼用直接测量和间接测量的方法就是组合测量。另外根据被测量的性质还可以选择时域测量和频域测量。

时域测量: 是指把被测量作为时间函数进行的一种测量。

频域测量: 是指把被测量作为频率的函数进行的一种测量。

2.1.4 测量的分类

(1) 电路基本电量的测量。电路的电压、电流、功率、电源的电动势、电压、电流的波形、频率、相位等都是电路的电量。通常电量是指有源的量, 具有一定的能量。本节主要叙述电压(电动势)、电流、功率等基本电量的测量。

(2) 电路参数的测量。如电阻、电容、电感、阻抗、品质因数、损耗等的测量。

(3) 电路性能的测量。放大量、衰减量、灵敏度、频率特性等的测量。

(4) 半导体器件的测量。二极管、三极管、场效应管、集成电路组件的测量。

2.2 测量的误差

2.2.1 基本概念

真值：客观事物的绝对真实的值。它是一个理想的概念，一般是未知的，但在某一特定的条件下我们可以认为某些量值代表了客观事物真实值。它具有一定的时间和空间的意义。从相对的意义上来讲我们可以找到真值。

真值的来源：

(1) 理论真值。例如：等边三角形中的一个角是 60° ；又例基尔霍夫电流定律：电路中流入任一节点的电流的代数和为零，即 $\sum i = 0$ 。就是从理论上说必有真值。

(2) 约定真值。平常我们所确定的时间单位“1秒”是根据微观粒子在一定的能级间跃迁所对应的辐射波的周期而定的，因为它非常稳定。1967年，第十三届国际计量大会规定“铯” Cs_{133} 元素的原子在基态的两个超精细能级间跃迁所对应的辐射波的9192631770个周期的持续时间为1秒。

(3) 标准器真值。高一级的标准器与低一级的标准器或普通仪器的精度相比为1/5时。可以认为前者所测得的值相对于后者是真值。

给出值：我们实际测量值也就是指示值。

误差：测量值与真值的差异。

修正值：真值减去测量值。大小与误差相等，方向相反。所以指示值加修正值表格或曲线的形式给出修正值，在自动测量仪表中，还可以把修正值编入程序，储存在仪器中，测量时仪器可以对测量结果自动进行修正。

2.2.2 误差的种类

实验中的误差有多种分类法,随研究的角度不同而异。根据误差的特征规律进行分类可分为系统误差、随机误差和粗大误差;从实验误差的来源分,误差可分为装置误差、环境误差、方法误差、人员误差;从对误差掌握程度来看,可分为已知的和未知的误差,从误差在合成中的计算方法分类,可分为可用统计方法计算的与用其他方法计算的等。

2.2.2.1 系统误差

也称有规律误差,是指在一定条件下,误差的数值是恒定的,或者按照某种已知的函数规律变化的误差。这种误差在测量中因为具有一定的规律性,所以可以采取一定的技术措施设法防止或者削弱。如在正常条件下使用仪表,提高操作技巧,改进测量方法,或者引入校正正值等,都可以减少或者消除系统误差。产生系统误差的原因共有以下五种:

(1) 仪表误差:也称工具误差或者基本误差,这是一种由于仪表结构和制作的不完善而产生的误差。比如仪表零件安装不正确,刻度不够精确,仪表出厂之前没有校准等等,均为仪表所固有的误差。

(2) 使用误差:也称操作误差,是指在使用仪表的过程中,由于安装、调节、布置或者使用不当所产生的误差。比如将水平的仪表垂直放置;接线太长或者没有按照阻抗匹配连接;接地不当;未按照操作规程进行预热、校准及测量等等,都会产生使用误差。

减小这类误差的方法是严格按照技术规程操作,提高实验技巧以及对各种现象的分析能力。

(3) 方法误差:是指由于测量方法不完善或者依据的理论不严密而导致的误差。比如间接测量时所用的公式是近似计算公