

普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材



11010.....
0010101
1001.....
101012

主编 黄 瑞
主审 袁桂慈



中国电子教育学会高教分会推荐

普通高等学校电子信息类“十三五”课改规划教材

电工学实践与仿真教程

主 编 黄 瑞

副主编 丁守成 刘 婕 余 萍

参 编 杨世洲 肖利梅 杜先君 曹 正

主 审 袁桂慈

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书从 21 世纪人才培养的要求出发,结合多年教学改革与实践的经验和成果编写而成,是一本集基础性、应用性、综合性于一体的实践性教材。全书共分 6 章,主要内容包括常用电工电子仪器仪表的使用、电工技术实验、PLC 控制实验、电子技术实验、PSoC 开放实验和 Multisim 11 软件的设计与仿真。

本书可作为普通高等学校理工院校电类、非电类专业的电工学实验及相关电工电子仿真训练等课程的实践教材,也可作为高等职业技术学校相关工科专业的实践教学用书,还可供相关的工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工学实践与仿真教程/黄瑞主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2016.3

普通高等学校电子信息类“十三五”课改规划教材

ISBN 978-7-5606-4061-7

I. ① 电… II. ① 黄… III. ① 电工技术—高等学校—教材 IV. ① TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 051554 号

策 划 刘统军

责任编辑 买永莲

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 15.5

字 数 365 千字

印 数 1~3500 册

定 价 32.00 元

ISBN 978-7-5606-4061-7/TM

XDUP 4353001-1

如有印装问题可调换

前 言

从 21 世纪大学生培养的总体要求出发, 编者在分析了当前教学现状和社会需要的基础上, 为贯彻和适应素质教育与创新教育的精神, 根据普通高等院校电工学课程教学大纲的基本要求, 以加强基础、重视工程应用、更新内容体系作为编写的基本依据编写了本书。

本书是高等院校理工类专业电工类基础实践性教材, 可培养学生掌握理论指导下的实验方法, 掌握常用电工仪表的正确使用方法, 锻炼学生的实际操作能力和创新能力, 从而实现提高学生的基础实践能力和综合素质的教育目标。本书是搭建基础扎实的集基础性、综合性、设计性实验及电工仿真训练于一体的电工学实践教学大平台的一部分。

本书为兰州理工大学电子电气实验中心建设项目, 是“实验中心”实践课建设规划教材, 得到了兰州理工大学实验室管理处的大力资助。本书吸取了兰州理工大学电工电子实验教学中心所有老师的实践教学经验, 并在大家的支持与指导下完成。

本书由黄瑞担任主编, 负责全书的统稿和校阅, 丁守成、刘婕和余萍担任副主编。第 1、2 章由黄瑞、丁守成和曹正编写, 第 4、5 章由黄瑞、刘婕、杨世洲和肖利梅编写, 第 6 章由余萍和杜先君编写。各章实验内容经过了各位实验老师的精心测试, 再次表示感谢。

本书实验内容丰富, 不同院校教师可根据学生专业等实际情况选用和参考。

本书由兰州理工大学电气工程与信息工程学院袁桂慈教授主审, 袁教授不辞劳苦认真地审阅了全书, 提出了不少宝贵的意见和建议, 在此谨致以诚挚的谢意。同时, 感谢兰州理工大学电气工程与信息工程学院领导的支持, 感谢兰州理工大学电信学院电工电子教研室老师们的大力支持, 感谢张世军老师的建议和帮助。

本书在编写过程中, 参考了大量的国内外著作和资料, 在此向相关作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限, 书中不足之处在所难免, 敬请各位读者批评指正。

编 者

2015 年 10 月于兰州理工大学

目 录

概述	1
第 1 章 常用电工电子仪器仪表的使用	4
1.1 电工电子仪表的分类与误差	4
1.1.1 电工电子仪表的分类	4
1.1.2 误差与准确度	5
1.1.3 仪表的选择	8
1.2 电压表、电流表和功率表	8
1.3 万用表	12
1.4 钳形电流表	20
1.5 兆欧表	22
1.6 交流毫伏表	24
1.7 直流单臂电桥	26
1.8 示波器	27
1.9 常用仪器使用注意事项	32
第 2 章 电工技术实验	34
2.1 电阻元件伏安特性的测定	34
2.2 叠加定理	36
2.3 电压源、电流源及其电源等效变换的研究	39
2.4 戴维宁定理	41
2.5 最大功率传输条件的测定	44
2.6 常用典型信号的测量方法	46
2.7 RC 一阶电路	49
2.8 二阶动态电路响应的测试	52
2.9 三表法测定交流电路等效参数	55
2.10 感性负载电路及其功率因数提高的研究	57
2.11 RLC 串联谐振电路	60
2.12 互感电路	62
2.13 单相电度表	64
2.14 三相电路电压、电流及功率的测量	67
2.15 直流他励电动机	69
2.16 单相变压器	72
2.17 三相异步电动机的参数测定	75
2.18 三相同步发电机的并网运行	79
2.19 三相异步电动机在各种运行状态下的机械特性研究	83

2.20	基本继电接触控制电路	87
2.21	三相异步电动机的正反转控制	89
2.22	三相异步电动机的星形-三角形降压起动控制	90
2.23	常用机床和电动葫芦的控制	92
2.24	典型 C6150 车床的电气控制	94
第 3 章 PLC 控制实验		97
3.1	FX 系列可编程控制器	97
3.1.1	FX 系列可编程控制器简介	97
3.1.2	PLC 基本指令	100
3.1.3	PLC 编程语言	103
3.2	GX Developer 编程软件操作简介	105
3.3	PLC 控制舞台灯光	114
3.4	PLC 控制小车自动往返运动	117
3.5	PLC 控制喷泉的模拟实验	118
3.6	PLC 交通灯控制	120
3.7	PLC 控制数码显示	122
3.8	PLC 控制天塔之光	126
3.9	PLC 控制温度液位	129
3.10	PLC 控制三相步进电动机	131
3.11	PLC 控制三相异步电动机正反转和 Y- Δ 降压起动的设计与调试	134
3.12	PLC 控制三层电梯的模拟实验	134
3.13	PLC 控制抢答器的设计与调试	140
3.14	PLC 控制系统的施工设计总结	140
第 4 章 电子技术实验		144
4.1	单管共射极放大电路	144
4.2	负反馈放大电路	148
4.3	集成运算放大器的应用(基本运算电路)	151
4.4	低频功率放大电路	154
4.5	整流、滤波和稳压电路	156
4.6	波形产生电路	159
4.7	简易音频功率放大电路	161
4.8	基本逻辑门电路的应用	164
4.9	中规模组合逻辑器件的应用	166
4.10	触发器	170
4.11	计数器	173
4.12	移位寄存器的应用	177
4.13	集成定时器的应用	181
4.14	简易电子秒表	184

第 5 章 PSoC 开放实验	187
5.1 PSoC 实验平台简介	187
5.1.1 实验平台综述	187
5.1.2 技术性能及特点	187
5.1.3 实验平台全貌	188
5.2 PSoC 实验平台使用说明	189
5.2.1 实验平台布局	189
5.2.2 数字输入区	190
5.2.3 模拟输入区	190
5.2.4 数字输出区	191
5.2.5 CapSense 实验区	192
5.2.6 音频区	192
5.2.7 串口	192
5.2.8 USB 口	193
5.2.9 无线接口区	193
5.2.10 扩展接口	194
5.3 PSoC 实验软件	194
5.3.1 实验综述	194
5.3.2 软件概述	194
5.4 可编程增益放大器 PGA	198
5.5 电压比较器 Comparator 实验	204
5.6 定时器 Timer 实验	209
5.7 计数器 Counter 实验	213
5.8 模数转换器 Delta Sigma ADC 实验	218
5.9 数模转换器 Voltage DAC 实验	222
5.10 单路温度测量显示实验	226
第 6 章 Multisim 11 软件的设计与仿真	229
6.1 Multisim 11 软件简介	229
6.2 积分电路的设计与仿真	230
6.3 二极管的单向导通特性的设计与仿真	231
6.4 场效应管及其放大电路的设计与仿真	232
6.5 RC 移相式振荡器的设计与仿真	233
6.6 三角波及锯齿波波形产生电路的仿真	234
6.7 74LS148D 测试电路的设计与仿真	236
6.8 555 定时器构成多谐振荡器电路的设计与仿真	237
6.9 交通灯电路的综合设计与仿真	238
参考文献	240

概 述

“电工学实践与仿真”是高等工科院校本科专业的一门技术基础实践课。该课程的任务是：通过实验操作使学生巩固、理解、加深“电工学”和“电路”的基本理论、基本知识和基本技能；掌握安全用电知识，养成良好的安全用电习惯；培养学生分析处理实际问题的能力和创新意识；提高学生的动手操作能力和综合应用素质。该课程的目的是培养学生理论联系实际的能力，掌握电工电子技术基础性、综合性和设计性实验的实验方法，熟悉常用电工电子仪器仪表的使用方法，了解开放性和创新性仿真实验的一般方法。

一、实验训练的培养目标

(1) 学会使用电工电子实验台，掌握电压表、电流表和功率表等常用仪表的使用方法，学会使用示波器、电压源、信号源等仪器设备。

(2) 能正确按电路图连接实验线路，能初步分析并排除故障，培养良好的实验习惯和实事求是的科学作风。

(3) 认真观察实验现象，正确读取实验数据并进行处理，正确书写实验报告和分析实验结果，总结实验体会。

(4) 正确地运用实验手段先来验证一些定理和结论，然后做一些综合性实验，最终达到设计为主的目标，为理论联系实际打下基础，为后续课程的学习奠定基础。

二、实验课的要求

1. 实验课的预习(课前)

学生在每次实验课前必须认真预习实验，复习相关理论知识，否则，实验的进行将事倍功半，而且有损坏仪器和发生人身事故的危险。凡没有达到预习要求的学生，均不得参加本次实验。

(1) 明确实验内容，掌握与实验有关的基本理论，了解实验仪器和设备的使用方法，知道实验的操作程序以及注意事项等。

(2) 简要写出实验预习报告，内容包括：实验目的、实验电路、数据记录表、思考题的解答等。

(3) 记住操作上需特别注意的问题和预习中尚欠理解、需在实验中弄清的问题。

2. 实验的进行(上课)

良好的上课习惯、工作方法和正确的操作程序是实验顺利进行的有效保证。为此，可参照下列程序进行实验。

(1) 学生上实验课时不得无故迟到。以一人或两人为一个小组，分组对号入座。为了

便于管理,要求小组成员及其实验台号在整个电工学实验中保持不变(为便于检查和临时计算实验数据,实验时应自带计算器)。同组合作者要团结协作、共同探讨,认真仔细地进行实验。

(2) 接线前,应先按设备清单清点设备,并了解各仪器设备和元器件的额定值、类型、使用方法和电源设备情况。

(3) 实验中所用的仪器、仪表、实验板以及开关等,应根据连线清晰、调节顺手和读数观察方便的原则合理布局。

(4) 接线应遵循“先串联后并联”、“先接主电路后接辅助电路”的原则(检查电路时,也应按这样的顺序进行),先接无源部分再接有源部分。不得带电接线,因而接线前,应先将所有电源开关断开;为避免过电流、过电压损坏设备和元件,接线前应将可调设备的旋钮、手柄置于最安全的位置。

(5) 接线时电路的走线位置要合理,导线的粗细长短要合适,接线柱要接触良好并避免连接三根以上的导线(可将其中的导线分散到等电位的其他接线柱上)。接好线路后,应先行自行检查,再经教师复查后才能接通电源。闭合电源开关时,要告知同组同学,并注意各仪表的偏转是否正常。改接线路时,必须先断开电源。

(6) 实验中要胆大心细,一丝不苟,认真观察现象,同时分析研究实验现象的合理性。若发现异常现象,应及时查找原因。如果需要绘制曲线,则至少要读取 10 组数据,而且在曲线的弯曲部分应多读几组数据,这样得出的曲线就比较平滑准确。

(7) 实验完毕,先切断电源,再根据实验要求核对实验数据,然后请指导教师审核或签字通过后再拆线,整理好导线并将仪器设备摆放整齐,做好值日工作。

(8) 爱护公物,注意仪器设备及人身安全。

3. 实验数据的整理工作(课后)

数据整理工作主要是实验报告的编写(续预习报告),其内容应包括:

(1) 数据处理,即实验数据及计算结果的整理、分析,并找出误差原因。

(2) 曲线绘制,选择适当大小的坐标纸,分度应使图纸上任一点的坐标容易读数,且使所得曲线占满全幅坐标纸而不偏集于某一小块地方。描出的曲线应当光滑匀称,不必强使曲线通过所有的实验数据点,但应使曲线未经过的点大致均匀分布在曲线的两侧。在每个曲线图的下面,应将曲线所代表的意义清楚明确地标出,阅读时能一目了然。

(3) 完善预习思考题。

(4) 了解主要仪器设备的型号、参数、额定值等。

三、故障的检查

实验中常会遇到因断线、接错线、接触不良等原因造成的故障,使电路工作状态异常,严重时还会损坏设备,甚至危及人身安全。

实验所用电源一般都是可调的,实验时电压应从零缓慢上升,同时注意仪表指示是否正常,有无冒烟、焦臭味、异常声及设备发烫等现象。一旦发生上述异常现象,应立即切断电源,然后报告老师,一起分析原因,查找故障。

四、安全及注意事项

实验证明,人体触电时,通过的电流超过 50 mA 就有生命危险,超过 100 mA 则在极短的时间内就能致人于死地。电工学实验经常使用 220 V 和 380 V 电源,而人体电阻在 1000 Ω 左右,实验中如有不慎,就可能发生触电和损坏仪器设备的严重事故。因此,实验中必须严格遵守安全操作规程,以确保实验过程中的人身安全和设备安全。

(1) 不得擅自接通电源,不触及带电部分,严格遵守“先接线后通电”、“先断电后拆线”的操作顺序。

(2) 使用电子仪器时应先熟悉仪器使用方法,了解各种旋钮的作用;使用仪表时应选择适当量程;使用电动机与电器设备时应符合其铭牌上的额定值。

(3) 调压器等可调设备的起始位置要放在最安全位置,仪表挡位、量程、指零应预先调好。

(4) 接通电源或起动电机时,应先告知全组人员。

(5) 发现异常现象(设备发热,有焦味,电机转动声音不正常,以及电源短路保险丝熔断发出响声等)应立即断开电源,保持现场,立即报告指导教师。造成仪器设备损坏者,需如实填写事故报告单。

(6) 注意仪器设备的规格、量程和操作规程。不了解性能和用法时,不得使用该设备。

(7) 移动仪器设备时,必须双手轻拿轻放。

第1章 常用电工电子仪器仪表的使用

电工电子仪器仪表是工程技术人员常用的基本工具,在实际工作中经常涉及其使用、维修和校准。通过本章的学习,可正确掌握常用仪器仪表的使用方法;熟悉常用仪器仪表的工作原理和基本特点;了解现代仪器仪表的新技术和新工艺,及仪器仪表的智能化技术与自动测量系统的发展;认识仪器仪表的功能,做好日常维护保养,掌握科学测量方法;重视仪器仪表的使用注意事项,防止由于使用不当,造成人为故障和测量事故,甚至财产损失。所以,正确使用电工电子仪器仪表对延长其使用寿命,减少故障发生,保证安全生产和实验教学工作的顺利开展都具有十分重要的意义。

1.1 电工电子仪表的分类与误差

在电能的生产、输送、分配、应用的各个环节中,都离不开电工电子仪表。电工电子仪表是保证电器设备安全、经济运行和系统电能质量的重要计量设备。

1.1.1 电工电子仪表的分类

电工电子仪表有不同的分类方法。

按仪表的工作原理分,有磁电系仪表、电动系仪表、电磁系仪表、磁铁电动系仪表、整流系仪表、感应系仪表、磁电系比率表等。

按工作电流分,有直流电工仪表,交流电工仪表和交、直流两用电工仪表等。

按测量对象分,有电流表、电压表、欧姆表、兆欧表、接地电阻测量仪、功率表、功率因数表(相位表)、频率表、电能表等。

按使用方式分,有指示仪表和安装式仪表。指示仪表指固定安装在开关板、控制屏及电器设备面板上使用的仪表。安装式仪表可用来测量交、直流电路中的各种电气量。

按照外形还可分为圆形仪表(I型)、矩形仪表(II型)、方形仪表(III型)、槽形仪表(IV型)和广角度仪表(V型)。

按仪表准确度分,通常可分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0等七级仪表。其中0.1、0.2级用作标准表,用以校验准确度较低的仪表。0.5、1.0级仪表一般用于实验室。1.5、2.5、5.0级仪表一般安装在现场,作开关板指示仪表。

此外,还有实验室仪表和携带式仪表及有功电能表与无功电能表。

实验室仪表,指实验室用精密仪表,可用作精密测量和校准较低精度电表的标准表。

携带式仪表,指便于携带到生产现场进行各种电工测量的仪表,如兆欧表、接地电阻测量仪、万用电表、钳形电流表等。

除了上面提到的七级仪表外,有功电能表还有 2.0 级,无功电能表还有 2.0、3.0 级。对于 320 kVA 以下变压器低压计费用户和非计费的计量,有功电能表可为 2.0 级,无功电能表为 3.0 级。

1.1.2 误差与准确度

1. 误差

不论仪表制造得多么精确,测量时仪表的读数和实际值之间总会有差异,这些差异称为仪表的误差。

1) 产生误差的原因

误差产生的原因主要有两种:一种是由于仪表结构和制作工艺方面的原因而引起误差,这种误差为基本误差;另一种是由于仪表在非规定条件使用而引起误差,这种误差为附加误差。

2) 误差的表达形式

(1) 绝对误差 Δ : 指仪表测量指示值 A_X 与被测量的实际值 A_0 之间的差值。(绝对误差 Δ 有正、负之分, Δ 正时,测量值偏大; Δ 负时,测量值偏小。)

$$\Delta = A_X - A_0$$

(2) 相对误差 γ : 指绝对误差 Δ 与被测量实际值 A_0 之比的百分数。

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

(3) 引用误差 γ_m : 是仪表的绝对误差 Δ 与该仪表的最大量程值 A_m 之比的百分数。

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

2. 准确度

用引用误差来反映仪表的基本误差,用最大引用误差来表示仪表的准确度。通常以正常工作条件下出现的最大引用误差来表示仪表的准确度等级:

$$\pm K = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\%$$

式中: K ——仪表的准确度等级;

Δ_m ——仪表在量程范围内可能产生的最大绝对误差(对同一仪表,其最大绝对误差是固定不变的);

A_m ——仪表的最大量程值。

仪表的准确度等级是指仪表的最大绝对误差与仪表最大量程值比值的百分数。仪表的准确度等级是由其基本误差大小决定的,根据国家标准 GB 776 的规定分为七个等级,见表 1-1-1。

表 1-1-1 仪表的准确度等级

准确度等级 K	0.1 级	0.2 级	0.5 级	1.0 级	1.5 级	2.5 级	5.0 级
基本误差/(%)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

使用仪表时应按仪表规定的位置(垂直、水平等)放置好,要远离外磁场、电场。使用

前, 应调节表壳上的调零器, 使指针处于“零”的位置。测量时, 应注意读数的准确性, 使视线与仪表刻度尺的平面垂直。如果仪表刻度尺带有镜子, 在读数时, 应使指针盖住镜子中指针的影子, 这样可减小和消除读数误差。

3. 减小误差的方法

减小因仪表内阻而引起的测量误差有不同量程两次测量计算法和同一量程两次测量算法两种方法。

1) 不同量程两次测量算法

当电压表的内阻不够高或电流表的内阻太大时, 可利用多量程仪表对同一被测量用不同量程进行两次测量, 所得读数经计算后可得到准确的结果。

(1) 电压表不同量程两次测量算法。电压表不同量程测量电路如图 1-1-1 所示, 欲测量具有较大内阻 R_0 的电源 U_S 的开路电压 U_0 时, 如果所用电压表的内阻 R_V 与 R_0 相差不大, 将会产生很大的测量误差。

设电压表有两挡量程, U_1 、 U_2 分别为在这两个不同量程下测得的电压值, 令 R_{V1} 和 R_{V2} 分别为这两个相应量程的内阻, 则由图 1-1-1 可得出

$$U_1 = \frac{R_{V1}}{R_0 + R_{V1}} \times U_S$$

$$U_2 = \frac{R_{V2}}{R_0 + R_{V2}} \times U_S$$

整理上述两式, 消去电源内阻 R_0 , 化简得

$$U_S = \frac{U_1 U_2 (R_{V2} - R_{V1})}{U_1 R_{V2} - U_2 R_{V1}} = U_0$$

由上式可知: 通过上述的两次测量结果 U_1 、 U_2 , 可准确地计算出开路电压 U_0 的大小(已知电压表两个量程的内阻 R_{V1} 和 R_{V2}), 而与电源内阻 R_0 的大小无关。

(2) 电流表不同量程两次测量算法。

对于电流表, 当其内阻较大时, 也可用类似的方法测得准确的结果。如图 1-1-2 所示电路, 设电流表有两挡量程, I_1 、 I_2 分别为在这两个不同量程下测得的电流值, 令 R_{A1} 和 R_{A2} 分别为这两个相应量程的内阻, 则由图 1-1-2 可得出

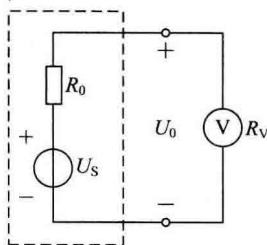


图 1-1-1 电压表不同量程测量电路

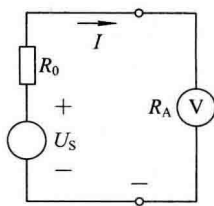


图 1-1-2 电流表不同量程测量电路

$$I_1 = \frac{U_S}{R_0 + R_{A1}}$$

$$I_2 = \frac{U_S}{R_0 + R_{A2}}$$

解得

$$I = \frac{U_S}{R} = \frac{I_1 I_2 (R_{A1} - R_{A2})}{I_2 R_{A1} - I_1 R_{A2}}$$

由上式可知：通过上述的两次测量结果 I_1 、 I_2 ，可准确地计算出被测电流 I 的大小(已知电流表两个量程的内阻 R_{A1} 和 R_{A2})。

2) 同一量程两次测量计算法

如果电压表(或电流表)只有一挡量程，且电压表的内阻较小(或电流表的内阻较大)时，可用同一量程两次测量计算法减小测量误差。其中，第一次测量与一般的测量并无两样，只是在进行第二次测量时必须要在电路中串入一个已知阻值的附加电阻。

(1) 电压测量。同一量程电压测量电路如图 1-1-3 所示。第一次测量，电压表的读数为 U_1 (设电压表的内阻为 R_V)；第二次测量时应为电压表串接一个已知阻值的电阻 R ，电压表读数为 U_2 ，由图可知

$$U_1 = \frac{R_V}{R_0 + R_V} \cdot U_S$$

$$U_2 = \frac{R_V}{R_0 + R_V + R} \cdot U_S$$

解以上两式，可得

$$U_S = U_0 = \frac{R U_1 U_2}{R_V (U_1 - U_2)}$$

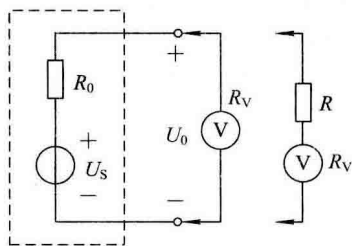


图 1-1-3 同一量程电压测量电路

(2) 电流测量。同一量程电流测量电路如图 1-1-4 所示。第一次测量，电流表的读数为 I_1 (设电压表的内阻为 R_A)；第二次测量时应与电流表串接一个已知阻值的电阻 R ，电流表读数为 I_2 ，由图可知

$$I_1 = \frac{U_S}{R_0 + R_A}$$

$$I_2 = \frac{U_S}{R_0 + R_A + R}$$

解得

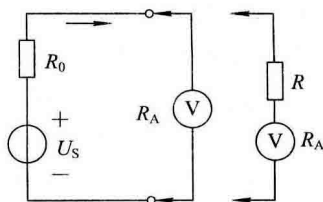


图 1-1-4 同一量程电流测量电路

$$I = \frac{U_S}{R_0} = \frac{I_1 I_2 R}{I_2 (R_A + R) - I_2 R_A}$$

由上面分析可知：采用多量程仪表测量法或单量程仪表两次测量法，不管电表内阻如何，总可以通过两次测量和计算得到比单次测量准确得多的结果。

1.1.3 仪表的选择

在使用仪表时，应注意从以下几方面进行选择：

(1) 仪表的类型。根据被测量的性质选择仪表的类型。(交流或直流，测交流时是工频还是高频)

(2) 仪表内阻。根据测量线路及被测量电路的阻抗大小选择仪表的内阻。(电压表的内阻越大越好)

(3) 仪表的准确度。根据实际工程的要求和合理的经济性，合理选择仪表的准确度。(一般要求交流电流表、电压表和功率表的准确度为 0.5~2.5 级，直流电流表、电压表的准确度为 1.5 级，互感器的准确度至少应为 1.0 级)

(4) 仪表的量程。根据被测量的大小，选择适当的量程，应使被测量的大小为仪表测量上限的 1/2~2/3 以上。

(5) 仪表工作条件。对应不同的使用场合、工作条件选择适当组别的仪表。

注意：不同的仪表，接线也不同，不能乱接或错接。直流表要注意+、-端子。电动系仪表要注意端子的极性符号。互感器二次绕组的准确度有两种，应把仪表接在准确度较高一级的端子上，而将继电保护接在准确度较低一级的端子上。

1.2 电压表、电流表和功率表

1. 磁电系直流电流表和电压表

1) 构造

直流电流表和电压表的测量机构属于磁电式，其基本构造由固定部分和可动部分组成。

固定部分包括永久磁铁、极掌、圆柱铁芯，它们组成一个均匀的空气隙，具有较强磁场的磁路。

可动部分包括转动线圈、指针和反作用弹簧，它们固定在同一轴上，属于测量电路部分。

2) 工作原理

当电流通入转动线圈后，线圈在磁场中受到电磁力的作用，力的方向按左手定则确定，可知产生顺时针方向的转动力矩 M ，其大小与通电线圈的电流成正比。在转动力矩 M 的作用下，线圈和转轴上的指针一起转动，当转动力矩与反作用弹簧的反抗力矩平衡时，可动部分即停留在某一位置，指针偏转的角度与通过线圈电流的大小成正比，因此可以制成电流表。

由于线圈的电阻值是固定的，则通过线圈的电流与加在线圈两端的电压成正比。因此

只要把刻度盘的电流刻度值改成对应的电压值,即可构成磁电式电压表。

3) 测量方法

电流表必须串联在被测电路中,正极接在“+”端,负极接在“-”端,即被测电流必须从电流表的正极进入,否则指针要反转。(由于是串联在电路中,电流表的内阻越小越好。)

电压表必须与被测电路并联,并注意正、负极性和量程。由于电压表支路通过电流,减小了负载上的电压降,因此电压表的内阻越大越好。同一个磁电式测量机构串联不同数值的附加电阻,可以制成不同量程的电压表。

2. 电磁系交流电流表和电压表

1) 构造及工作原理

交流电压表和电流表通常采用电磁系仪表,它与磁电系的区别在于其磁场不是由永久磁铁产生,而是由线圈通过电流产生的。

电磁系仪表的测量机构有吸入式和排斥式。

(1) 吸入式(扁线圈式):固定线圈通入电流后产生磁场,并对可动铁片产生吸力,可动铁片偏心地装在轴上,铁片带动转轴和指针偏转。当通入电流的方向改变时,线圈磁场的极性及被磁化铁片的极性同时改变,因此磁场对铁片的吸引力方向不改变。

(2) 排斥式(圆线圈式):固定线圈通入电流后产生磁场,使固定铁片和可动铁片同时被磁化,为同性磁极,因此它们将互相排斥,而带动转轴和指针偏转。如果电流改变方向,则它们同时改变极性,因此可动部分的转动方向不变。

不论是吸入式测量机构还是排斥式测量机构,它们的转动力矩 M 的大小都与通入线圈电流的平方成正比,当转动力矩与弹簧因扭紧而产生的反抗力矩达到平衡时,指针停止在某一位置的偏转弧度,即可表示电流和电压的大小。

2) 交流电流、电压的测量

(1) 低压电路中交流电流、电压的测量与直流电路中的测量方法一样。

(2) 高电压电流或大电流的测量必须通过电压互感器或电流互感器将大电压或大电流转变为低电压或小电流,再进行测量。将高电压电流或大电流经过电压或电流互感器接入电压表或电流表,也可使工作人员与高电压隔离,从而确保安全。

3) 电磁系仪表的主要特征

(1) 电磁系仪表可制成交直流两用表,结构简单,成本低,应用较广。

(2) 由于被测电流不经过可动部分,直接进入固定线圈,因而过载能力强。

(3) 刻度特性不均匀,但经过对铁芯形状、尺寸精心设计制作后,可适当改善。

(4) 线圈磁场虽经屏蔽,但可动部分的电磁力仍易受外磁场的影响,使仪表产生误差。

(5) 电磁系电流表的内阻较大,电压表内阻较小,会对被测量电路产生较大的影响,产生一定的误差。

(6) 电磁系仪表受温度和频率的影响较大。

3. 电动系电流表、电压表和功率表

1) 测量机构和工作原理

电动系仪表的测量机构由建立磁场的固定线圈和在此磁场中偏转的可动线圈组成。工

作原理是当固定线圈上加入电流后,线圈中产生磁场强度,其方向可由右手定则确定,当可动线圈通入电流时,磁场中会受到电磁力的作用,方向可根据左手定则确定;该力产生的力矩可使转轴发生偏转。转动力矩 M 的大小与固定线圈、可动线圈中的电流的乘积成正比。当电流同时改变时,其转矩方向不变。仪表的反作用力矩由游丝或张丝产生。

2) 测量方法

(1) 电流表测试时,量限与固定线圈和可动线圈的连接方法有关。串联时被测电流小,并联时被测电流大。

(2) 电压表测量电路较简单,一般是将固定线圈和可动线圈相串联后,再接入适当的附加电阻。

(3) 功率表测量机构的固定线圈和可动线圈彼此独立,通常把固定线圈作为电流线圈与负载串联。

可动线圈与附加电阻串联后,构成电压回路。由于电动式功率表是单向偏转的,故偏转方向与电流线圈和电压线圈中的电流方向有关。为了使指针不反向偏转,通常把两个线圈的始端都标注“*”或“±”符号,习惯上称之为“同名端”,接线时必须将有相同符号的端钮接在同一根电源线上。当弄不清电源线在负载哪一边时,指针可能反转,这时只需将电压线圈端钮的接线对调一下,或将装在电压线圈中改换极性的开关转换一下即可。

图 1-2-1(a)、(b)所示的两种接线方式,都包含功率表本身的一部分损耗。在图 1-2-1(a)的电流线圈中流过的电流显然是负载电流,但电压线圈两端电压却等于负载电压加上电流线圈的电压降,即在功率表的读数中多出了电流线圈的损耗。因此,这种接法比较适用于负载电阻远大于电流线圈电阻(即电流小、电压高、功率小的负载)的测量。如在日光灯实验中镇流器功率的测量,其电流线圈的损耗就要比负载的功率小得多,功率表的读数就基本上等于负载功率。在图 1-2-1(b)中,电压线圈上的电压虽然等于负载电压,但电流线圈中的电流却等于负载电流加上电压线圈的电流,即功率表的读数中多出了电压线圈的损耗。因此,这种接法比较适用于负载电阻远小于电压线圈电阻及大电流、大功率负载的测量。

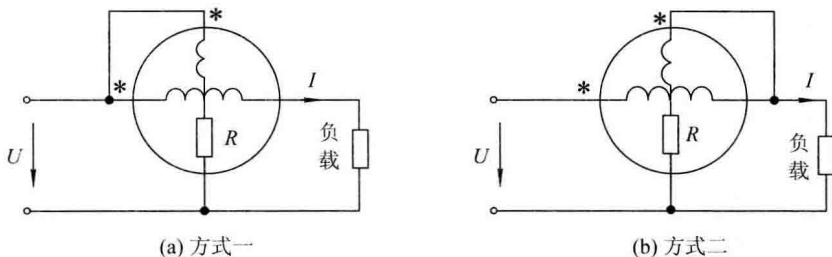


图 1-2-1 功率表的两种接线方式

使用功率表时,不仅要求被测功率数值在仪表量限内,而且要求被测电路的电压和电流值也不超过仪表电压线圈和电流线圈的额定量限值,否则会烧坏仪表。因此,选择功率表量限,就是选择其电压和电流的量限。

电动系电流表、电压表测量时通入固定线圈和可动线圈的电流要相同,且相位相同,仪表的偏转角与线圈中的电流的平方成正比。