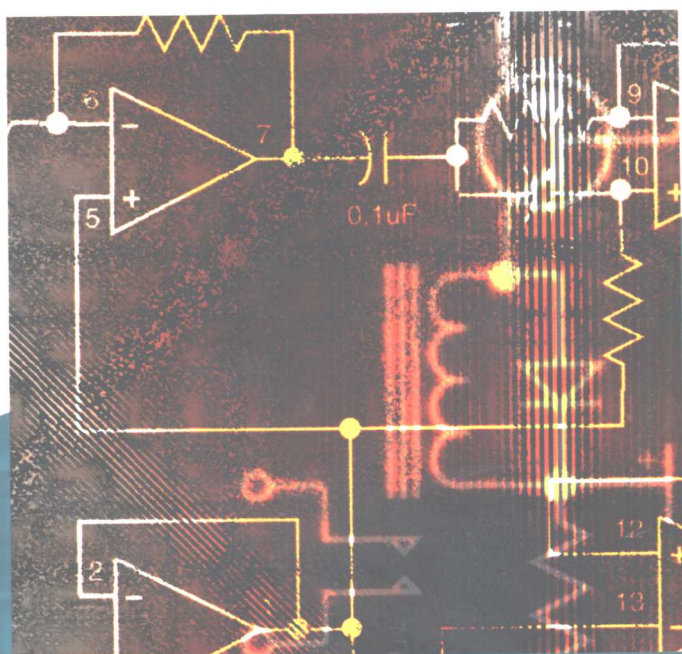


高职高专系列教材

电工实验

王林根 主编

哈尔滨工业大学出版社



TM-33

7

电工实验

王林根 主编

申汴丽 李斌 杨木超 王勤 编

哈尔滨工业大学出版社

哈尔滨

内 容 简 介

本书主要作为高职高专各专业有关电工课程实验的教材,也可作为其他行业及中等职业学校有关专业的实验课教材和教学参考书。为满足不同学校、不同专业的不同要求,本书介绍的 54 个实验,包括直流电路、交流电路、磁路、电机与拖动、电气控制系统、电子技术、变流技术和供电系统等内容,以及有关常用电工电子测量仪器仪表的基本知识和使用方法,各有关学校和专业可根据本专业要求、实验条件和实际情况选用相应的实验内容。

本书也可作为电气实验人员的培训教材、工程技术人员的参考书和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工实验/王林根主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002.5

ISBN 7-5603-1707-3

I. 电… II. 王… III. 电工学-实验-高等学校:技术学校-教材 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 008553 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451—6414749
印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 16 字数 392 千字
版 次 2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5603-1707-3/TM·36
定 价 19.20 元

前 言

根据国家大力发展职业技术教育的方针,确立以能力为本位的教育教学改革思想,树立新型的职业教育观念,因此在对技能培养特别是实践技能培养方面提出了更高的要求。但随着电工与电子技术日新月异的发展,电工电子实验(试验)的仪器设备也在不断更新,其实验项目、方法、手段也在不断发展,由于本书篇幅有限,无法一一介绍。本书根据建设类各专业特点,仅以电工与电子技术的基本实验进行介绍。

本书主要作为高职高专各专业有关电工类课程电工实验的教材,也可作为其他行业有关专业及中等职业学校的实验教材和教学参考书,亦可作为电气实验人员的培训教材、工程技术人员的参考书和自学参考书。为满足不同学校、不同专业的不同要求,本书介绍了包括直流电路、交流电路、磁路、电机与拖动、电气控制系统、供电系统、电子技术和变流技术等内容的 54 个电工电子实验,同时也介绍了有关常用电工电子测量仪器仪表的基本知识和使用方法。各有关学校和专业可根据本专业要求、实验条件和实际情况选用相应的实验内容和项目。

本书在编写过程中,注意体现职业学校的教学特点,在简要介绍有关电工电子实验计量与测量的基本知识以及常用电工电子实验仪器仪表使用方法的基础上,着重介绍了电工基本实验的一般原理、线路连接、仪器仪表接线、实验方法与步骤以及实验注意事项,并对实验报告提出一定的要求,为以后的专业实验打下必要的基础。

本书由河南省建筑职工大学王林根主编,申汴丽、李斌、杨木超、王勤参编。王林根编写绪论、第 1、2、3、4、5、6、11 章;王勤编写第 2 章;李斌编写第 7、9 章;申汴丽编写第 8 章;杨木超编写第 10 章。本书在编写过程中得到河南省建筑工程学校、河南省建筑职工大学、杭州天科技术实业有限公司等单位及领导的关心和大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限和时间仓促,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2001 年 11 月于郑州

目 录

绪 论	1
第 1 章 电工仪表与测量的基本知识	4
一、指示仪表基本知识	4
二、电工测量基本知识	7
第 2 章 直流电路	11
实验 1 认识实验	11
实验 2 直流电阻及电源伏安特性的测定	18
实验 3 基尔霍夫定律的验证	21
实验 4 叠加原理的验证	23
实验 5 戴维南定理	25
实验 6 接地电阻的测试	29
第 3 章 交流电路	32
实验 7 RL 交流参数测量	32
实验 8 RLC 并联电路的研究	35
实验 9 感性电路及功率因数提高(荧光灯电路)	38
实验 10 RLC 串联电路及谐振	41
实验 11 周期性非正弦电压分解	44
实验 12 RC 电路的过渡过程	47
实验 13 三相负载的星形(Y)连接	52
实验 14 三相负载的三角形(Δ)连接	55
实验 15 三相电路的功率测量	58
第 4 章 磁路	64
实验 16 自感、互感及同名端的测定	64
实验 17 交流铁心线圈的研究	68

实验 18 磁滞现象研究及磁滞回线观察	70
第 5 章 电机与拖动	74
实验 19 单相变压器变比的测定	74
实验 20 单相变压器的空载实验和短路实验	76
实验 21 三相变压器绕组极性和连接组别测定	81
实验 22 他励直流电动机的机械特性	85
实验 23 三相异步电动机的参数测定	91
实验 24 三相异步电动机的工作特性	95
实验 25 三相异步电动机的起动	99
第 6 章 电气控制	105
实验 26 三相异步电动机的单向直接起动控制	105
实验 27 三相异步电动机的正反转控制	108
实验 28 三相异步电动机的 Y- Δ 变换降压起动控制	111
实验 29 三相异步电动机的能耗制动控制	115
实验 30 绕线式异步电动机转子电路串电阻起动控制电路	118
实验 31 水泵液位自动控制起动电路	124
第 7 章 模拟电子技术	129
实验 32 半导体二极管和三极管的测试	129
实验 33 单管放大电路的测试	134
实验 34 两级阻容耦合放大电路的测试与调整	139
实验 35 具有电压负反馈的两级阻容耦合放大电路的测试	143
实验 36 集成运算放大器的基本运算功能测试	146
实验 37 RC 桥式振荡器的测试	151
实验 38 集成功放的测试与调整	153
第 8 章 数字电子技术	157
实验 39 与非门逻辑功能测试	157
实验 40 组合逻辑线路的设计与测试	160
实验 41 R-S 触发器的逻辑功能测试	161
实验 42 J-K 触发器的逻辑功能测试	163
实验 43 移位寄存器的功能测试	165
实验 44 计数、译码、显示综合应用	167

第 9 章 变流技术	171
实验 45 晶闸管测试、导通与关断条件	171
实验 46 单晶管触发电路及单相半波、单相全波整流电路	174
实验 47 正弦波同步触发电路	180
实验 48 三相半波整流电路	184
实验 49 三相桥式全控整流电路	189
实验 50 三相桥式有源逆变电路	193
第 10 章 供电系统	196
实验 51 电磁型继电器的特性测试	196
实验 52 时间继电器的特性测试	199
实验 53 单端电源的定时限过流保护	201
实验 54 单端电源的反时限过流保护	208
第 11 章 常用电工电子仪器仪表及使用	211
1. 滑线电阻器及使用	211
2. 电流表和电压表及使用	211
3. 万用表及使用	212
4. 直流稳压电源及使用	214
5. 直流单臂电桥及使用	216
6. 直流双臂电桥及使用	218
7. 交流调压器及使用	221
8. 信号发生器及使用	221
9. 数字万用表及使用	223
10. 电动系功率因数表及使用	224
11. 电动系功率表及使用	226
12. 钳形电表及使用	228
13. 示波器的使用	229
14. 兆欧表的使用	234
15. 测功器的使用	236
16. 测速表的使用	239
17. 接地电阻测试仪及使用	241

绪 论

科学实验是研究自然科学的极其重要的手段,也是自然科学不可缺少的组成部分。它既是理论的验证,又是理论的实践,同时还是理论的探讨。

电工实验课是以实验及实验指导为主的基础课程。它的主要作用是对学生进行电工实验基本技能以及电路连接、仪器仪表使用、参量测试等的训练,培养学生运用所学知识进行分析和解决问题的能力,为今后的学习、工作和生产实践打下坚实的基础。

一、课程的目的

电工实验课主要有以下目的:

- ①获得电工仪表和电工测量的基本知识。
- ②通过实验,使学生学会使用常见的电工电子实验仪表和实验仪器,能按电路图正确连接实验线路。
- ③能认真观察和分析实验现象,具有分析和排除简单故障的能力,能正确记录和处理实验数据,会分析实验结果和估算测试误差。
- ④能理论联系实际,培养分析问题和解决问题的实际能力,巩固和加深理解所学的基本理论知识。
- ⑤培养实事求是、严肃认真的科学作风和良好的实践工作习惯。

二、课程的要求

由于实验既有一定的理论性又有较强的实践性,因此,为使实验课程得到预期的效果,在实验前应认真预习有关内容;在实验中应认真仔细实施实验,并准确记录实验数据;在实验结束后应认真完成实验报告。参加实验的人员应分工明确、配合默契、齐心协力完成实验工作。

(一)预习及要求

为保证实验能顺利进行和实验结果的正确性,要求学生在实验前一定要认真预习有关内容。

- ①实验前应认真阅读实验指导书或拟写实验方案、方法、步骤,明确实验的目的和要求,了解实验原理、线路组成、实验方法与操作步骤。
- ②学习电工仪表与电工测量的有关知识,复习与实验有关的课程内容和基本理论知识。
- ③预习与实验有关的仪器及仪表的线路连接,了解其使用的方法和操作步骤。
- ④对实验中需要观察的实验现象、需要记录的实验参数、需要注意的注意事项应做到心中有数。

(二)实验及实施

学生进入实验室后,应认真听取指导教师对本次实验的有关说明和简要讲解,然后到指定位置做好准备工作和实验实施工作。

1. 实验准备工作

①清点实验仪器与仪表。在实验现场应先清点实验指导书所列的本次实验所用的仪器、仪表和实验物品,根据要求记录实验设备的名称、型号、规格以及使用方法。

②实验仪器使用。实验前应明确实验仪器的接线方法、操作步骤和如何读数,并检验仪器仪表的初始状态正确无误。

③实验小组人员分工。由组长统一负责,对本组参加实验的人员应做好线路连接、线路换接、仪器仪表操作、参数记录、停送电及监护等项工作的分工,并注意在各次实验中轮换。

④熟悉实验电路。根据实验指导书或其他有关教材及参考书仔细阅读实验电路图。

2. 实验线路连接工作

①熟悉实验电路。在实验线路连接前,应进一步熟悉实验电路图,一定要做到心中有数。

②实验设备安放。所有实验仪器、仪表、元器件的安放,应做到安全、方便、易于读数、整齐和减少相互影响。

③实验线路连接。当连接实验线路时,一般可按照电路的结构特点,先连接主要线路或串联电路,再连接分支线路或并联电路;线路复杂时,可先进行分部连接,再进行组合连接。

④连接导线选用。连接导线应根据实验电路的要求选用。选用时应特别注意导线的长短和粗细要求;对于一般导线应尽可能采用多色导线,以便检查和寻找故障。

⑤换接实验线路。当需要改换线路的连接时,切记要先断开实验电源,再进行实验线路的换接。

3. 接通实验电源

①实验线路检查。实验线路连接完成后,实验小组人员应先进行自检,再进行互检,以确保实验仪器仪表的量程、极性、仪器初始位置、接线端子符合要求和实验线路连接正确。

②指导教师检查。实验小组自检正确后,必要时应经指导教师检查无误方可接通实验电源。

③接通实验电源。接通电源前应通知全体实验人员,根据分工由停送电人员接通实验电源,同时,实验小组有关人员应密切监视仪器、仪表和线路的通电情况,如有异常现象应立即停电。

④故障检查与处理。当接通实验电源或在实验中发生故障时,应立即断开实验电源,然后根据故障现象进行分析查找,故障排除后方可再行送电和继续进行实验。

4. 仪器仪表操作和观察记录

①仪器仪表的操作。在实验中应认真仔细实施实验,在操作前应做到心中有数、目的明确,仪器仪表的操作应缓慢进行,同时,应认真观察实验现象和确认实验现象合理,发现异常现象时应立即停止实验,待查明原因处理后再行实验。

②观察与数据记录。实验操作中,一方面应密切观察实验现象;另一方面应在实验数据表格内准确、完整、清晰地记录实验数据和实验要求的有关实验现象。

5. 实验结束工作

①实验数据检查。完成全部实验项目和内容后,应根据所学知识及时检验实验数据的完整性与合理性。

②实验线路拆除。确认实验数据完整与合理后,经指导教师允许方可拆除实验线路,并注意不得在拆线时损坏实验设施。

③清理实验现场。线路拆除后应清理实验现场,并将仪器和仪表等实验物品按规定位置

安放整齐,必要时由指导教师查验。

(三)编写实验报告

实验报告是对实验进行分析讨论和全面总结的书面报告,因此,在实验结束后应认真完成实验报告。实验报告内容要求实验情况和内容完整,实验数据真实和准确,字迹清晰和条理分明,图表清晰和分析合理,讨论深入和结论正确。其主要内容有以下几个方面:

- ①实验时间、班级、组别、人员、姓名、学号等;
- ②实验名称和实验目的;
- ③实验设备名称、型号、规格和数量等;
- ④实验原理、实验任务、实验电路图、实验方法和实验步骤等;
- ⑤数据图表及分析计算;
- ⑥实验结论、问题讨论、心得体会等。

三、电工实验室安全规则

为顺利完成实验工作,确保实验仪器仪表设备和人身安全,学生进入实验室后必须遵守电工实验室安全规则:

- ①学生进入电工实验室后不得做与实验无关的事情,进行电工实验时必须严肃认真、用心专一,不得有其他杂念。
- ②学生在实验前应熟知安全用电常识,在实验中应严格遵守安全用电制度和操作规程。
- ③学生应熟悉电工实验室的电源配置和操作方法,了解电源配置的参数和控制方式,对于直流电源应正确区分电源的正负极。
- ④实验操作和接通电源前应规划好操作步骤,不得盲目乱动实验装置和电源设备,送电和操作时应按实验指导书或产品说明进行操作和调节参数,且调节速度应缓慢、动作应轻柔,同时应密切注意仪表设备通电情况和实验现象,发现异常(如指针偏转过度、声响、冒烟、焦臭、弧闪等现象)应立即切断实验电源,待故障排除后方可重新接通电源和实验操作。
- ⑤使用和移动仪器仪表等实验设备时,应轻拿轻放、安放稳妥,不清楚使用方法和操作步骤时,不得使用,以免损坏实验设备。
- ⑥实验中不得用手触摸线路中的裸漏带电体,以防止电击和触电事故发生(当电流大于 50 mA、电压高于 60 V 时,人体就有被电击的危险)。如有触电事故,则应立即切断电源,并及时用人工呼吸方法或其他方法进行抢救。
- ⑦在电气设备带电运行状态下,设备的金属外壳应有保护接地或接零的措施,以防人员触及外壳后发生触电事故。
- ⑧未经允许不得随意改动实验室的电器配置和更换熔断器熔丝等配件,不得擅自拆卸仪表和实验装置。
- ⑨实验接线时,应先连接实验仪表设备连接线路,而后再接通电源;实验完毕后,应随即切断实验电源,并先拆除电源线路,而后再拆除实验仪表设备连接线路。

第 1 章 电工仪表与测量的基本知识

一、指示仪表基本知识

(一)指示仪表及性能

1. 指示仪表的分类

①按仪表的工作原理分类。按仪表的工作原理可分为磁电系、整流系、电磁系和电动系等。

②按仪表测量的物理量分类。按仪表测量的物理量可分为电压表、电流表、功率表、相位表(功率因数表)、欧姆表、兆欧表、电容表和电感表等。

③按仪表测量的电流种类分类。按仪表测量的电流种类可分为直流表、交流表和交直流两用表等。

④按仪表测量的使用方式分类。按仪表测量的使用方式可分为便携式和开关板式两种。

⑤按仪表测量的准确度分类。按仪表测量的准确度可分 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 级表。

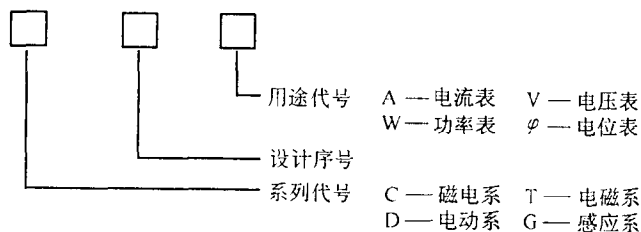
⑥按仪表防御外磁场干扰的能力分类。按仪表测量防御外磁场干扰的能力可分 I、II、III、IV 四级。

⑦按仪表使用的气温、湿度等环境条件可分为 A、B、C 三组。

2. 指示仪表的型号

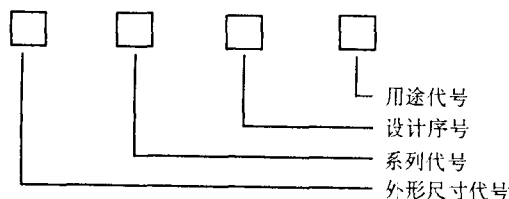
指示仪表的型号一般均标注在仪表表面或刻度盘上。

①便携式仪表。便携式仪表的型号主要由系列代号、设计序号、用途代号等部分组成,其型号表示如下:



例如:T19 - V 表示便携式电磁系电压表。

②开关板式仪表。开关板式仪表的型号主要由尺寸代号、设计序号、用途代号等部分组成,其型号表示如下:



其用途代号和系列代号的含义与便携式仪表相同。例如:1C2V表示开关板式磁电系电压表。

3. 指示仪表的表面标记

指示仪表的表面标记主要用来表示该仪表的工作原理、测量对象、测量范围、准确度等级、正常摆放位置、防御外磁场能力、使用环境等技术特性,以便在电工测量中正确选用仪表并符合仪表正常工作条件。

电工仪表常用的标记符号如表1.1所示。

表 1.1 指示仪表表面标记

分 类	符 号	名 称	分 类	符 号	名 称
电流种类	—	直流	外界条件		I级防外磁场 (如磁电系)
	~	交流			I级防外电场 (如静电系)
	≈	直流和交流			II级防外磁场及电场
测量单位	A	安			III级防外磁场及电场
	V	伏			IV级防外磁场及电场
	W	瓦			A组仪表
	var	乏			B组仪表
	Hz	赫			C组仪表
工作原理		磁电系仪表	绝缘强度		不进行绝缘强度 试验
		整流系仪表			绝缘强度试验 电压为 2 kV
		磁电系比率计 (流比计)	端钮与 调零器	+	正极端钮
		电磁系仪表		-	负极端钮
		电动系仪表		*	公共端钮
		铁磁系仪表			与屏蔽相连的端钮
准确度等级	1.5	以标尺量限的 百分数表示			调零器
		以指示值的 百分数表示			
工作位置		标尺位置垂直			
		标尺位置水平			
		标尺位置与水平 夹角 60°			

(二) 仪表误差

1. 仪表基本误差

在电气测量中,指示仪表在规定的条件下进行测量时所具有的误差,称为仪表的基本误差。它主要是由于仪表的结构性能和制作性能不完善而产生的,是仪表本身固有的误差。而仪表的正常工作条件有以下几个方面:

- ①指针该调零的应调到零位;
- ②仪表按规定的工作位置安放;
- ③仪表在规定的温度和湿度下工作;
- ④没有超过规定强度的外来磁场干扰;
- ⑤对于交流仪表,一般应为正弦电量,频率在规定的范围内。

2. 仪表附加误差

指示仪表不在规定的条件下进行测量,除了上述基本误差之外出现的误差,称为仪表的附加误差。如温度、湿度、外磁场干扰等外界因素不符合仪表正常工作条件时,均会引起附加误差。

(三) 仪表准确度

1. 仪表准确度的概念

仪表的准确度等级主要取决于仪表的最大引用误差,用 $\pm K\%$ 表示。即仪表在规定的工作条件下使用,仪表准确度 $K\%$ 应大于或等于仪表的最大引用误差,即

$$\pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} 100\% \quad (1.1)$$

式中 $\pm K\%$ ——仪表准确度;

Δ_m ——仪表标尺工作部分所出现的最大绝对误差;

A_m ——仪表量程。

例 1.1 检定某仪表,其量程 A_m 为 300 V,该仪表在 100 V 处误差为最大,其值为 $\Delta_m = 3$ V,则

$$\pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} 100\% = \frac{3}{300} \times 100\% = 1\%$$

即该仪表的准确度为 1.0 级。

2. 仪表准确度的等级

根据国家标准规定,目前我国生产的电气测量指示仪表的准确度共分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 等七个等级,当仪表在规定的工作条件下使用时,相应的基本误差不应超出表 1.2 所规定的数值。

表 1.2 仪表的准确度

仪表的准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
仪表的基本误差 (以最大引用误差表示)	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 2.5\%$	$\pm 5.0\%$

(四) 常用指示仪表

1. 磁电系指示仪表

由永久磁铁的磁场与通有直流电流的可动线圈相互作用而产生偏转力矩,使可动线圈(简称动圈)发生偏转(先磁后电)的仪表,称为磁电系仪表。一般主要作为直流电流表和电压表使用。使用时应按极性进行连接,否则指针会反向偏转,并且过载能力较低。注意不要过载。

磁电系仪表的测量机构和指示原理如图 1.1 所示。

2. 电磁系指示仪表

由通电线圈产生磁场,线圈内被磁化的两金属片(一为固定铁片,一为可动铁片)间相互作

用而产生排斥力,而可动铁片有转动动力矩后带动转轴与指针偏转(先电后磁)的仪表,称为电磁系仪表。由于可动铁片的偏转力矩与通入电流的平方成正比,所以仪表的标尺刻度是不均匀的(即非线性指示)。电磁系仪表可作为交直流电表使用,其结构简单、坚固耐用,但灵敏度较低、功耗较大。

电磁系仪表的测量机构和指示原理如图 1.2 所示。

3. 电动系指示仪表

由通电的两线圈(定圈与动圈)共同产生磁场,动圈装在定圈内的转轴上(动圈可在定圈内自由偏转),因此动圈与磁场间相互作用而产生偏转力矩,使动圈带动转轴与指针偏转的仪表,称为电动系仪表。而动圈的偏转力矩不仅与通入的电流成正比,还与定圈与动圈电流的相位差成正比;所以可制成功率表和相位表,用以测量电路的功率和功率因数。

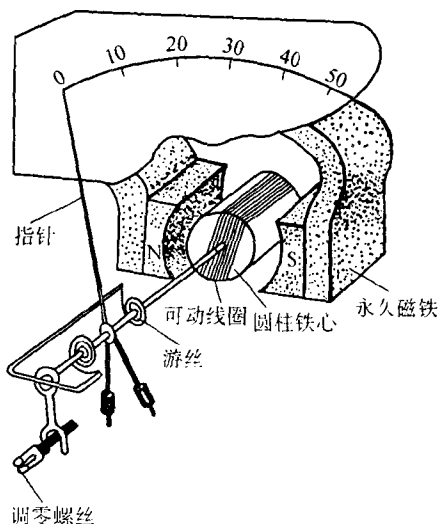


图 1.1 磁电系仪表测量机构

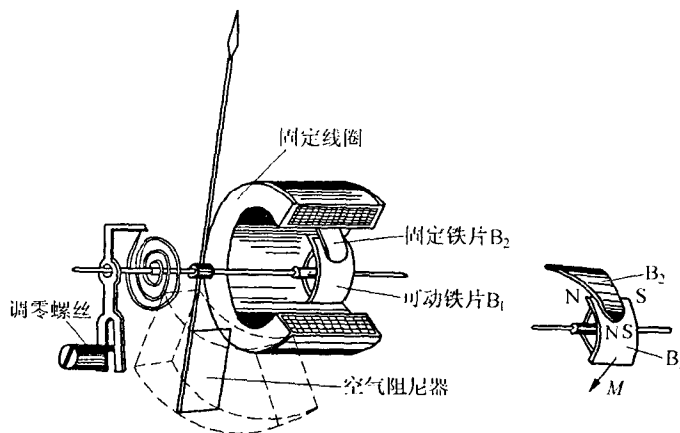


图 1.2 电磁系仪表测量机构

电动系仪表的测量机构和指示原理如图 1.3 所示。

二、电工测量基本知识

(一) 计量误差

计量结果与被计量物理量实际值的差异称为计量误差(又称测量误差),它主要由绝对误差、相对误差和引用误差等组成。

1. 绝对误差 Δ

测量仪表的指示值 A_x 与被测物理量实际值 A_0 的差值就称为绝对误差,用 Δ 表示,即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1.2)$$

式中 Δ —— 绝对误差;

A_x —— 测量仪表指示值;

A_0 —— 被测物理量实际值。

因为被测物理量的实际值 A_0 一般很难得到,所以工程上一般由准确度较高的标准表的指示值来近似替代实际值。

例 1.2 采用一只电流表,测量实际值为 100 mA 的电流时,仪表指示值为 99 mA,求测量的绝对误差。

解 由式 1.2 可知

$$\Delta = A_x - A_0 = 100 - 99 = 1 \text{ mA}$$

答: 电流测量的绝对误差为 1 mA。

2. 相对误差 λ

当测量不同大小的被测物理量时,用绝对误差难以比较测量结果的准确程度,这时常采用相对误差表示。

绝对误差 Δ 与实际值 A_0 的百分比就称为相对误差,用 λ 表示,即

$$\lambda = \frac{\Delta}{A_0} 100\% \quad (1.3)$$

式中 λ —— 相对误差;

Δ —— 绝对误差;

A_0 —— 被测物理量实际值。

例 1.3 求例 1.2 题中测量的相对误差。

解 由式 1.3 可知

$$\lambda = \frac{\Delta}{A_0} 100\% = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$$

答: 电流测量的相对误差为 1%。

3. 引用误差 λ_n

当被测物理量的测量指示值在仪表的不同部位时,由于仪表指示各部位的绝对误差近似为常数(但不完全相等);因此,由式 1.3 计算出来各部位的相对误差有所差异,这时可采用引用误差来表示。

绝对误差 Δ 与仪表量程 A_m 的百分比就称为引用误差,用 λ_n 表示,即

$$\lambda_n = \frac{\Delta}{A_m} 100\% \quad (1.4)$$

式中 λ_n —— 引用误差;

Δ —— 绝对误差;

A_m —— 仪表量程。

有时采用最大引用误差来表示仪表的允许误差,即

$$\lambda_n = \frac{\Delta_m}{A_m} 100\% \quad (1.5)$$

式中 Δ_m —— 仪表标尺工作部分所出现的最大绝对误差。

例 1.4 采用量程为 50 V(准确度为 1.0 级)和量程为 100 V(准确度为 0.5 级)的直流电压表,在规定的工作条件下去测量实际值为 48 V 的直流电压,求测量可能产生的最大绝对误

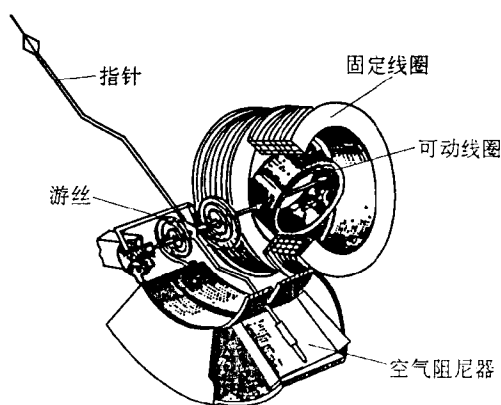


图 1.3 电动系仪表测量机构

差和相对误差(忽略仪表内阻产生的影响)。

解 量程为 50 V 测量时,由式 1.4 和式 1.5 可知,最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K\% \cdot A_m = \pm 1\% \times 50 = \pm 0.5 \text{ V}$$

而最大相对误差为

$$\lambda_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.5}{48} \times 100\% \approx \pm 1\%$$

量程为 100 V 测量时,最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K\% \cdot A_m = \pm 0.5\% \times 100 = \pm 0.5 \text{ V}$$

而最大相对误差为

$$\lambda_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.5}{48} \times 100\% \approx \pm 1\%$$

答:量程为 50 V 和 100 V 测量时,测量的最大绝对误差为 0.5 V,相对误差为 $\pm 1\%$ 。

由上例可知,要想采用 100 V 量程仪表测量时,只有采用 0.5 级表才能使测量最大误差与 50 V 量程 1.0 级表基本相同,说明仪表准确度和同一仪表的不同量程对测量结果会产生较大的误差。

(二) 电工测量误差及估算

在电工测量中,无论使用何种仪表和采用何种方法进行测量,测量结果与被测物理量实际值之间的差异,均称为测量误差。它一般由仪表误差、环境误差、方法误差、人员误差和偶然误差等组成。

1. 仪表误差与环境误差

① 仪表误差。计量装置本身结构、工艺、准确度、调整以及磨损、老化或故障等所引起的测量误差,称仪表误差,如前述的仪表基本误差。

② 环境误差。计量环境的各种条件,如温度、湿度、气压、电场、磁场等引起的测量误差,称环境误差,如前述的仪表附加误差。

2. 方法误差

电工测量方法就是利用测量仪表或被测物理量间的关系直接或间接得到测量结果,但由于计量方法(或理论)不十分完备,特别是忽略和简化等引起的误差,称方法误差。

① 直接测量。在电气测量中,直接由电工测量指示仪表所得的测量结果,称为直接测量方法(简称直接测量)。

如分别用电压表、电流表、欧姆表直接测量电压、电流、电阻等。

② 间接测量。在电气测量中,先直接由电工测量指示仪表测量与被测物理量有一定函数关系的中间物理量,再利用中间物理量的数值与被测物理量的函数关系来计算确定被测物理量,称为间接测量方法(简称间接测量)。

如先测出电阻上的电压 U 和电流 I ,再由欧姆定律 $R = U/I$ 的关系计算确定被测电阻 R 的值。

3. 人员误差与偶然误差

① 人员误差。由于计量人员的技术水平、个性、生理特点或习惯等引起的测量误差,称人员误差。

② 偶然误差。在同一物理量的多次计量过程中,以不可预知方式变化的测量(计量)误差称偶然误差(又称随机误差)。偶然误差很难消除,一般可采用增加测量次数的方法加以限制和

减小。

4. 测量误差估算

在应用仪表进行测量时,主要是根据仪表的准确度来估算测量结果的误差。由式 1.4 与式 1.5 可知,测量时可能产生的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K\% \cdot A_m \quad (1.6)$$

如仪表的读数为 A_x ,则测量结果可能出现的最大相对误差为

$$\lambda_n = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \pm \frac{K\% \cdot A_m}{A_x} 100\% \quad (1.7)$$

例 1.5 使用量程为 5 A,准确度为 0.5 级的电流表在规定的条件下测量某一电流,其读数为 2 A,求测量结果可能出现的相对误差。

解 由式 1.5 可得出可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K\% \cdot A_m = (\pm 0.005) \times 5 = \pm 0.025 \text{ A}$$

由式 1.6 可得出可能出现的最大相对误差为

$$\lambda_n = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \pm \frac{0.025}{2} \times 100\% = \pm 1.25\%$$

答:此时测量结果可能出现的最大相对误差为 $\pm 1.25\%$ 。解毕。

例 1.6 如图 1.4 所示电路,用 100 mA 量程、0.5 级的毫安表在正常工作条件下测得, I_1 的指示值为 85.0 mA, I 的指示值为 90.0 mA,试求由 $I_2 = I - I_1$ 的间接测量 I_2 所得结果误差多大?(毫安表内阻产生的误差影响略去不计)

解:可能产生的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K\% \cdot A_m = (\pm 0.005) \times 100 = \pm 0.5 \text{ mA}$$

所以

$$I = 90.0 \pm 0.5 \text{ mA}$$

$$I_1 = 85.0 \pm 0.5 \text{ mA}$$

则

$$I_2 = I - I_1 = (5 \pm 1) \text{ mA}$$

答:由 $I_2 = I - I_1$ 的间接测量 I_2 所得结果,其误差为 1 mA。解毕。

由此说明,大小相近的两个中间物理量相减的间接测量的误差较大;因此,应另外寻找方法去测量(如采用适当量程的电流表直接去测量 I_2)。

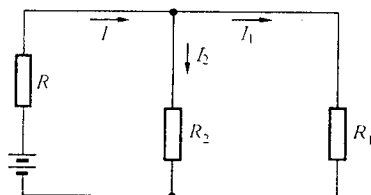


图 1.4 电路电流间接测量的误差