

中专技工学校试用教材

电工学实验与习题

孙亦祥 主编
欧阳轩昂

中国商业出版社

中专技工学校试用教材

电工学实验与习题

江苏工业学院图书馆

孙亦祥

欧阳轩昂

藏书章

中国商业出版社

(京)新登字 073 号

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验与习题/孙亦祥,欧阳轩昂等编著. —北京:中国商业出版社,1995.2

ISBN 7-5044-2322-X

I. 电… I. ①孙… ②欧… III. ①电工—理论—实验 ②电工—理论—习题 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 13136 号

责任编辑:金 贤 张 辉

责任校对:刘培刚

中国商业出版社出版发行

(100053 北京广安门内报国寺1号)

新华书店总店北京发行所经销
蚌埠中发书刊发行有限责任公司激光照排
安徽省蚌埠市红旗印刷厂印刷

1995年2月第1版 1995年2月第1次印刷

787×1092毫米 32开 5.75印张 124千字

印数:1—5000册 定价:5.95元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

推荐说明

本书根据部颁全日制普通中专、技工学校教学计划和理工科非电类专业《电工学教学大纲》，由原商业部系统中专教材委员会组织全国部分中专、技校电工学教师编写而成。经审定，特向各校推荐，以满足教学急需。本书可作为全日制普通中专、技校理工科非电类专业各种版本《电工学》的配套教材，亦可供工矿企业工人技术培训参考。

全书分实验和习题两部分，全部按《电工学》的一般章节顺序编排。实验部分安排了 11 个实验。每个实验都扼要地介绍了实验内容、实验原理、实验器材、实验步骤及实验中应注意的事项。通过实验可以验证并巩固所学理论知识，培养学生自己动手连接线路，使用仪表进行电气测量的技能，提高学生运用基础理论知识分析、概括实验结果的能力，书中还列出了实验器材的型号、规格等，以利于各校根据具体情况选用；习题部分编写了 116 个思考题和 126 个习题，还编写了相应的例题和自测题。所编题目紧扣教材内容，理论联系实际，循序渐进，综合性强，力求新颖实用，有助于培养学生分析问题、解决问题的能力。

参加实验部分编写的有黄超美、贺才良、刘竞成、白蕊等，插图由张云生绘制。参加习题部分编写的有曹继龄、任桂兰、张善湛，插图由龚进军绘制。本书由孙亦祥、欧阳轩昂主编，由牛兆元主审。参加本书审稿会的有原教材委员会秘书长齐允

尊、教材委员毛新成、赛纯序、《电工学》教材主编周世国和刘锡章等同志。

由于编者水平有限,书中难免有缺点错误,恳请读者批评指正,以便进一步修订完善。

国内贸易部教育司

1995 年元月

目 录

上篇 电工实验

一、电工实验	(1)
二、实验报告	(2)
三、电工测量和电工仪表	(3)
3—1 基础知识	(3)
3—2 磁电式仪表	(9)
3—3 电磁式仪表	(12)
3—4 电动式仪表	(14)
3—5 感应式仪表	(21)
3—6 兆欧表	(25)
3—7 万用表	(27)
实验一 直流电路工作状态分析及电源外特性	(36)
实验二 验证克希荷夫定律和戴维南定理	(38)
实验三 电阻 电感 电容串联电路	(42)
实验四 电感性负载与电容器并联电路	(48)
实验五 三相交流电路	(51)
实验六 单相变压器	(55)
实验七 三相异步电动机直接起动及运行	(59)
实验八 三相异步电动机直接起动 及点动控制线路	(62)
实验九 三相异步电动机正、反转控制线路	(65)
实验十 三相异步电动机的限位控制线路	(68)
实验十一 三相异步电动机 Y— Δ 降压起动	(71)

下篇 电工习题

第一章	思考题	(75)
	习题	(80)
第二章	思考题	(89)
	习题	(92)
第三章	思考题	(94)
	习题	(99)
第四章	思考题	(106)
	习题	(109)
第五章	思考题	(111)
	习题	(112)
第六章	思考题	(115)
	习题	(117)
第七章	思考题	(119)
	习题	(123)
第八章	思考题	(131)
	自测题一	(132)
	自测题二	(134)
	自测题三	(138)
	自测题四	(140)
	自测题五	(141)
	自测题六	(143)
	例题	(146)
	习题答案	(167)

电工实验

电工实验是学生验证和巩固所学电工知识的重要手段。通过电工实验培养学生严肃的科学态度和严谨求实的工作作风;培养学生正确地使用各种仪器、仪表、电机和电器等设备,观察和测量实验数据,分析和处理实验结果,书写实验报告的能力。为了达到上述目的,获得良好效果,在思想上必须重视实验课教学。实验前必须预习。通过预习弄清实验目的、内容、实验电路图和实验步骤,并初步了解有关仪器设备的性能、用途、使用方法及注意事项。实验过程中,必须严格要求自己,全神贯注,严肃认真,决不能有丝毫的草率、马虎。实验后要写实验报告,对实验数据进行整理,对实验中出现的問題进行分析。为了使學生受到电工实验的基本训练,达到电工实验的目的,必须严格遵守实验室规则。

一、实验室规则

(一)实验前必须认真预习,明确实验目的、步骤和实验中应注意事项。

(二)按时进入实验室指定位置。保持实验室严肃认真的气氛,不得大声喧哗,不得交谈与实验无关的话题,保持实验室肃静。

(三)注意人身安全。不得擅自接通电源,不触及带电部分。并养成“先接线后合电源,先断电源后拆线”的操作习惯。

(四)根据实验要求查看实验仪器,了解其使用方法和注意事项。接线完毕,要仔细检查线路,经实验指导教师检查确认无误后方可通电实验。

(五)实验中发生事故或仪器设备发生故障时,应立即切断电源,停止实验。在教师指导下查找原因,以便继续实验。

(六)爱护仪器设备,严格按操作规程操作。不得动用与实验无关的仪器。未经管理人员同意,各实验小组不得私自调换实验设备及用品,不准把仪器设备搬出室外,不准拆开仪器设备。

(七)实验完毕,经检查记录数据齐全后再拆除线路。整理清点仪器、工具并放回原处。打扫卫生,经教师同意后方可离开实验室。

(八)凡损坏仪器、设备器材、工具,应及时报告教师。根据情况作出书面说明和检查,按学校规定赔偿和处理。

二、实验报告

实验报告是科学实验的全面总结。通过实验来验证学过的理论知识,同时增强动手能力。因此,在做实验报告时,要进一步对实验全部内容进行思考、综合分析。用简明扼要的形式将实验过程和结果真实地表达出来。

实验报告的内容包括实验目的、实验原理、实验步骤、实验线路图、实验数据、有关图表以及计算过程和结果。并对实验结果进行分析和讨论得出正确的结论。最后回答问题。

实验报告要求文理通顺、叙述简明、字迹工整、图表直观清晰、分析合理、结论正确。

三、电工测量和电工仪表

3—1 基础知识

一、电工测量和电工仪表

将未知量与单位量进行比较的过程叫作测量。运用电磁学的基本规律对电磁量或非电磁量(后者要通过转换器)进行测量叫作电工测量。对电压、电流、电功率、电能和一些重要电参量测量时所用的工具叫作电工仪表。

在工农业生产和科学研究中,电工技术的应用正日益发展,电工测量及电工仪表的应用十分广泛。电工测量技术在各种测量技术中占有重要的地位,这是因为电工仪表构造简单,测量精确且能解决远距离测量,这为生产过程中的集中管理和遥控提供了条件。

二、常用电工仪表分类

所有电工仪表可分为直读式和比较式两大类。

直读式仪表:能够直接指示出被测量的大小,这类仪表构造简单,读数迅速,使用方便,所以多数电工测量仪表都是直读式的,如电流表、电压表等。

直读式仪表种类繁多,可根据不同特征进行分类。

(一)按被测量的种类,可分为电流表、电压表、功率表、相位表等。

(二)按仪表的作用原理,可分为磁电式、电磁式、感应式、

整流式等。

(三)按电流的种类,可分为直流、交流、交直流两用表。

(四)按仪表的准确度,可从 0.05 至 5.0 级别共分八个等级。通常 0.1 至 0.2 级的仪表用作标准表及作精密测量用; 0.5 至 1.5 级的仪表用于实验室一般测量; 1.0 至 5.0 级的仪表用于一般工业生产中的测量。

(五)按使用条件,可分为 A、B、C 三级,见表 1。

(六)按放置方法,可分为水平放置、垂直放置、斜放。

(七)按防御外磁场能力,可分 I、II、III、IV 等级,其中 I 级防御能力最好。

表 1 仪表的使用条件

级别	环境温度	相对湿度	使用场合
A	0~40℃	85%以下	室内
B	-20~+50℃	85%以下	室内
C	-40~+60℃	98%以下	室外、船舰、飞机等

三、仪表的误差及准确度

电工测量和其他各种测量一样,由于仪表本身制造上和结构上存在的问题,或由于测量方法、测量电路不合理及外界因素对仪表读数的影响,因此在测量过程中总会出现一些误差。

仪表的误差可用绝对误差和相对误差来表示。

(一)绝对误差

仪表的指示值 A_x 与被测量的实际值 A_0 之间的差额叫测量的绝对误差以 ΔA 表示,即

$$\Delta A = A_x - A_0$$

绝对误差的单位与被测量的单位相同,例如实际值是220V的电压,电压表A的测量值 $U_{x1}=220.5\text{V}$,电压表B的测量值 $U_{x2}=218\text{V}$,则测量的绝对误差分别是:

$$\Delta U_1 = U_{x1} - U_0 = 220.5 - 220 = 0.5\text{V}$$

$$\Delta U_2 = U_{x2} - U_0 = 218 - 220 = -2\text{V}$$

显然,A表的测量值比实际值大0.5V,而B表的测量值比实际值小2V,故用A表测量比用B表测量准确。因此,对同一个实际值来说,测量的绝对误差(绝对值)越小,准确度就越高。但是,测量不同的实际值,就不能凭绝对误差来衡量它们的准确度,而应考虑绝对误差占实际值的百分数。

(二)相对误差

绝对误差 ΔA 与被测量的实际值 A_0 之比(用百分数表示)叫测量的相对误差,用 β 表示,即

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\%$$

在相对误差的实际计算中,有时难于求得被测量的实际值,这时也可以用测量结果 A_x 来代替,而近似求得,即

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_x} \times 100\%$$

相对误差由于给出了测量误差的清晰概念,便于对不同测量结果的误差进行比较,所以它是误差计算最常用的一种方法。

如实际值 $I_{01}=100\text{A}$ 的电流,绝对测量误差是 $\pm 0.1\text{A}$,

则相对误差为：

$$\beta_1 = \frac{\Delta I_1}{I_{01}} = \frac{\pm 0.1}{100} \times 100\% = \pm 0.1\%$$

另一个实际值是 $I_{02} = 1\text{A}$ 的电流，绝对测量误差仍为 $\pm 0.1\text{A}$ ，则这时的相对误差为：

$$\beta_2 = \frac{\Delta I_2}{I_{02}} = \frac{\pm 0.1}{1} \times 100\% = \pm 10\%$$

从测量准确度来看，后者比前者要差得多，但是它们的绝对误差却是相同的。因此，相对误差越小，测量的准确度越高，即测量的结果更为准确。

(三) 准确度

仪表可能发生的最大绝对误差 $\Delta A_{\max}$ 与仪表的量程(满刻度值) A_s 的比值的百分数叫作仪表的相对额定误差，或叫仪表的基本误差，也叫仪表的准确度，用 β_s 表示，即

$$\beta_s = \frac{\Delta A_{\max}}{A_s} \times 100\%$$

仪表的准确度等级就是根据准确度的大小来确定的。例如 1.5 级的仪表，即表示该表在正常情况下使用时，其基本误差不超过 $\pm 1.5\%$ 。

四、仪表表面符号及其意义

在实际工作中所遇到的电工仪表的种类是较多的，不同的仪表适用于不同的情况，要做到正确选用仪表，首先应了解仪表表面上一些常用的符号及其意义，表 2、表 3 和表 4 列出了一些仪表表面常见的符号及其意义。

表 2 常用仪表的表面符号

符号	符号的意义	符号	符号的意义
	交直流电		2 级防外磁场, 允许产生误差 1.0%
3~	三相交流电		3 级防外磁场, 允许产生误差 2.5%
~50	50 周/秒		4 级防外磁场, 允许产生误差 5.0%
	仪表绝缘试验电压 2000 伏		工作环境: 0~40℃, 湿度 85% 以下
	仪表绝缘试验电压 5000 伏		工作环境 -20~50℃, 湿度 85% 以下
⊥ 或 ↑	仪表垂直放置		工作环境: -40℃~60℃, 湿度 98% 以下
∠60°	仪表倾斜 60° 放置		20℃, 位置正确, 没有外磁场影响, 准确度 0.1 级, 相对额定误差 ±0.1%
或 →	仪表水平放置		20℃, 位置正确, 没有外磁场影响, 准确度为 1.0 级, 相对额定误差 ±0.1%
	1 级防外磁场允许产生误差 0.5%		

表 3 常用仪表表面符号

被测量的种类	仪表名称	仪表符号	被测量的种类	仪表名称	仪表符号
电 流	安培表		电 功率	瓦特表	
	毫安表			千瓦表	
	微安表		电 能	电度表 (千瓦时)	
	检流计				
电 压	伏特表		电 阻	欧姆表	
	千伏表			兆欧表	
	毫伏表				

表 4 常用仪表的表面符号

序号	型 式	符 号	序 号	型 式	符 号
1	磁电式 (永磁式)		6	铁磁电动式	
2	整流式 (检波式)		7	感 应 式	
3	热 电 式		8	静 电 式	
4	电 磁 式		9	振动式(谐振式)	
5	电 动 式				

3—2 磁电式仪表

磁电式测量仪表(又称永磁式测量仪表)是利用载流线圈在磁场中受到力矩作用而产生偏转这一原理制成的。其测量机构是由固定的磁路系统和可动部分组成,如图 1 所示。

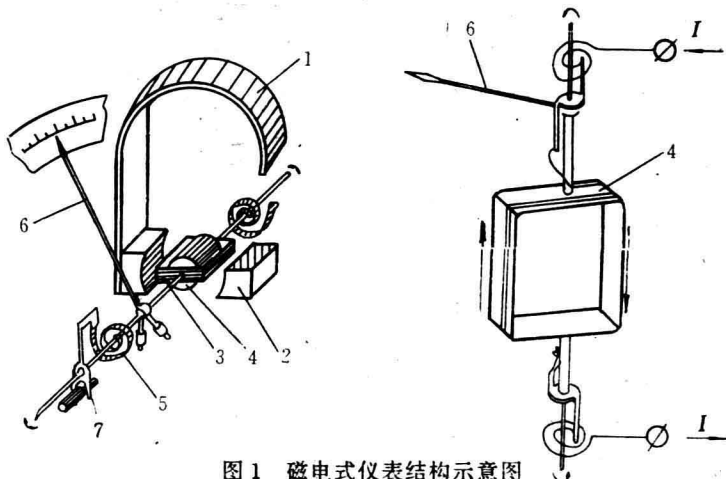


图 1 磁电式仪表结构示意图

1—永久磁铁 2—磁极 3—圆柱形铁芯 4—活动线圈 5—游丝 6—指针
7—零点调整器

仪表的磁路系统包括永久磁铁,极掌以及处于两个极掌之间的圆柱形铁芯。圆柱形铁芯固定在仪表支架上,用来减小磁阻,并使极掌和铁芯间的空气隙产生均匀辐射形磁场。可动线圈用很细的漆包线绕在铝框上,转轴分成前后两部分,每个半轴的一端固定在动圈铝框上,另一端支承于轴承中,在前半轴还装有指针,当可动部分偏转时用来指示被测量的大小。绕向相反的两盘游丝,当线圈转动时会发生形变,产生机械反作

用转矩,线圈两端的出线头通过游丝与外电路相接。

由于空气隙中磁场呈辐射状,沿着圆柱形表面,且垂直于圆柱形表面。如图 2 所示。当被测电流通过线圈时,线圈两边将受到磁场力的作用,此力对转轴形成力矩 M ,由电磁学知识可知:

$$M = BNIS$$

式中 B 表示磁感应强度, N 表示线圈匝数, S 表示线圈面积。

转轴在力矩 M 作用下转动,使固定在轴上的游丝形变,产生一个与偏角 α 成正比的反作用力矩 M' ,即:

$$M' = K'\alpha$$

K' 决定于弹簧的扭转常数,当平衡时, $M = M'$, 即

$$BNIS = K'\alpha$$

于是

$$\alpha = \frac{BNS}{K'} I$$

对于一个成形电表 B 、 N 、 S 、 K' 均为常数,令 $K = \frac{BNS}{K'}$ 则

$$\alpha = KI$$

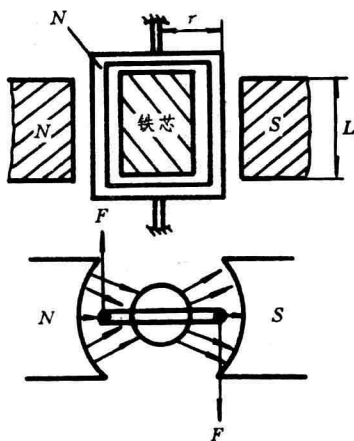


图 2