



职业技术教育规划教材——高职·机械类

电工实验

刘建军 ◎主编



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

职业技术教育规划教材——高职·机械类

电 工 实 验

主 编 刘建军

主 审 刘艳侠

武汉理工大学出版社

武 汉

内 容 提 要

本书共分4章。第1章介绍电工实验的基本知识;第2章介绍实验基本内容,包括12个实验;第3章为综合实训内容;第4章介绍了常用软件。

本书编写过程中注重简单明了,突出实用够用,强化了动手能力,同时考虑学生的个性差异,为学生的自主创新留下一定的空间。

本书是高职高专院校电工基础课程的实验教材,也可以作为职业教育和职业培训的教材,或作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工实验/刘建军主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2009.8
职业技术教育规划教材——高职·机械类
ISBN 978-7-5629-3009-9

I. 电… II. 刘… III. 电工学—实验 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 147833 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路122号 邮政编码:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:7.5

字 数:192千字

版 次:2009年8月第1版

印 次:2009年8月第1次印刷

印 数:1—3000册

定 价:12.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

E-mail:quswwutp@163.com wutp2005@126.com



根据高职教育改革发展特点,为了适应社会发展对应用型技术人才的要求,配合相应电工基础课程理论教学编写了本教材。教材以提高学生的动手实践能力为目的,注重实用够用。通过本课程的学习,加强学生对电工基本理论的理解和巩固,使学生掌握电路基本参量的测量方法,常用电工仪表的使用方法,掌握基本的电工测量技术。

本教材在编写过程中,注重实践教学与理论教学内容紧密结合,通过动手增强学生对知识的感性认识。强调学生主体地位,注重实验内容的提高与拓展,多数实验都给学生留有研究、拓展和自主创新的空间。对部分实验要求学生自主设计电路、表格和自主处理实验数据等,为全面提升学生的理论水平和综合实践能力做好铺垫。

本书第3章安排了综合性实训内容,各专业可根据教学计划和实训条件进行灵活选择。

本书由辽宁铁道职业技术学院刘建军老师编写,由辽宁大学刘艳侠教授主审。

由于编者水平有限,书中不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

1 电工实验基本常识	(1)
1.1 电工实验概述	(1)
1.2 安全用电常识	(5)
1.3 绘制实验曲线和有效数字处理	(11)
1.4 怎样认识和使用电表	(13)
1.5 测量误差的概念	(17)
1.6 常用元件的识别	(23)
2 实验	(36)
2.1 电阻的测量及仪表的使用	(36)
2.2 电流、电压、电位的测量及基尔霍夫定律的验证	(39)
2.3 电压源与电流源的等效变换	(41)
2.4 受控源研究	(45)
2.5 戴维南定理及负载获得最大功率条件验证	(50)
2.6 交流电路 R、L、C 元件阻抗特性的测定	(54)
2.7 串联谐振电路的研究	(57)
2.8 三相交流电路电压、电流的测量	(62)
2.9 日光灯安装及功率因数提高	(66)
2.10 RC 一阶电路的响应测试	(70)
2.11 互感电路测量及同名端判断	(74)
2.12 单相铁芯变压器特性的测试	(78)
3 综合实训	(82)
3.1 实训——简易万用表的组装	(82)
3.2 实训——常用照明电路的安装	(93)
4 常用软件简介	(100)
4.1 EWB 简介	(100)
4.2 Matlab 简介	(105)
4.3 ANSYS 简介	(109)
参考文献	(112)

1.1 电工实验概述

1.1.1 电工实验课的性质和任务

电工实验课是一门以实验为主的技术基础课。其任务是验证电工基础中的部分理论,使学生掌握工程技术人员所必须具备的电工测量的基本知识和基本技能,掌握常用电工仪器、仪表的使用方法及操作规范。培养学生实事求是的科学态度、勇于创新的科学作风,提高学生的职业能力和职业素质,为今后的实际工作打下良好的基础。

1.1.2 电工实验课的目的和要求

电工实验课是电工基础教学的实践环节,是实验技能的基本训练部分,它的目的要求主要是:

- (1) 通过实验获得感性知识,验证和巩固电工基础课程中的基本概念和基本定律。
- (2) 通过上课讲解和动手实验,对于常用的电工仪表和设备能够选样、调整和熟练使用,提高动手能力。
- (3) 培养分析问题和解决问题的能力。要求能根据实验目的和实验电路,选用合适的仪器设备,合理布线,进行实验。能观察现象和描绘原始图像,测出需要的数据,并用基本理论分析其是否正常合理,找出产生误差的原因,从而做出正确的实验结论,写出完整的实验报告,对于实验中出现的故障或偶然错误,应能及时分析和排除,保证实验完成。
- (4) 培养理论联系实际、实事求是的科学态度。
- (5) 培养安全用电、节约用电、爱护公物的良好习惯。
- (6) 培养严肃认真、踏实细致的工作作风和团结互助的思想品德。

1.1.3 实验课的步骤

(1) 课前预习

在实验课前要进行认真预习,必须仔细阅读有关理论知识和实验指导书,看懂(或自行拟订)实验电路图,明确本次实验的目的、任务,熟悉实验步骤和操作流程,了解实验设

备及所需仪器的技术性能,准备好记录实验数据的表格。要牢记实验中应注意的问题,以防在实验中损坏仪表和设备。

(2) 检查仪器设备

实验时首先检查本次实验所需仪器设备是否齐全完好。

(3) 连接线路

按实验电路和实验要求接线。接线是很重要的一步,往往电路中的短路事故、仪表反偏、设备损坏,都由这一步的错误造成,所以仪器设备布局要清楚合理,既便于读数又安全;接线要牢靠。连接导线的长短、粗糙程度,以及屏蔽线等均应合理使用,便于检查,避免短路。接线时首先不要接通电源,一般先连接主要的串联电路,后连接分支电路。同组实验者既不可争先恐后也不能袖手旁观,要分工合作、依次轮换。

(4) 检查线路

线路接好后应由别人检查连接是否正确,仪表量程及极性是否正确,调压仪器是否在零位。最后还要经指导老师检查。

(5) 接通电源

线路经检查无误后方可接通电源。为了防止人身事故、损坏设备,合闸时必须通知在场人员知道。同时注意观察仪表、设备,若有异常情况立即切断电源,查出原因。操作时绝不可用手触及带电部分。改接线路、变换仪表量程都要切断电源。

(6) 读取数据

读取仪表示数,绘制示波器显示的曲线等均应事先准备好记录表格、坐标纸。然后做好记录,描出曲线,写明现象,这就是原始数据。在实验过程中操作人员要互相配合,读数后要断开电源但不拆线,以备重做。

(7) 审查数据

对于测得的数据、曲线或观察到的现象,要用所学的理论知识去分析是否合理。同时检查有无遗漏,以便在未拆线时及时补测。所测数据最后要经教师检查。

(8) 拆除线路

当审查数据齐全、曲线完整、现象合理之后,可以拆除线路,仪器、设备归放原处。清理导线,报告指导教师实验完毕。

1.1.4 故障检查法

在实验中有时会遇到故障,例如断线、接触不良等,使电路不能正常工作,甚至损坏仪器设备,危及人身安全。遇到故障一般应切断电源,检查线路。

(1) 用欧姆表检查法

必须在切断电源后,用欧姆表检查连接导线和接头是否断线或接触不良,检查元件是否完好。

(2) 用电压表检查法

如果不是短路故障,可以降低电源电压后,用电压表分段检查电压的大小和有无来判断故障点。

1.1.5 编写实验报告

每次实验后,要写出实验报告,以实验数据和观测到的曲线及现象为基础,按照实验目的和实验内容的要求,认真分析,如有误差要分析原因,不要轻易否定测量结果,作结论时要尊重实验事实。最后写出实验报告。

1.1.5.1 实验报告的主要内容

- (1) 实验目的。
- (2) 仪器设备(要记录规格、型号、编号、量程等)。
- (3) 实验原理、方法简要说明。
- (4) 实验电路。
- (5) 实验数据及曲线图。

根据实验内容测得的原始数据、曲线及计算数据等经整理之后,分别填写清楚,要作出曲线图及矢量图。

(6) 实验结论

根据实验目的和实验内容,对实验数据、曲线和现象进行分析,作出结论。

(7) 问题讨论

写出心得体会和改进意见并回答实验指导书和指导教师提出的问题。

1.1.5.2 实验报告的一般格式

电工实验报告

____专业____班级 姓名____学号____同组实验者____
实验题目____日期____

- (1) 实验目的
- (2) 实验原理
- (3) 仪器设备
- (4) 实验步骤
- (5) 实验数据和曲线图
- (6) 结论
- (7) 问题讨论

1.1.6 实验注意事项

在实验操作过程中,必须注意安全,特别是要防止人体触电事故,为此应当遵守下面的规定:

- (1) 要分清直流电源和交流电源,弄清电压数值。对直流电源还要分清正、负极性。
- (2) 对仪器设备要清楚规格、型号、额定值,并熟悉其用法。
- (3) 线路接好后,必须由教师检查,并通知在场人员知道后,才能接通电源。接通电源后不许离开实验台。
- (4) 不许带电操作,大于 24 V 的电压就有可能导致触电事故。
- (5) 操作前必须考虑好步骤,不得盲目乱动。在实验过程中调节电压、电流或其他参



数时,要仔细按操作规则进行。

(6) 做完实验后应立刻断开电源。电容器用后要放电。

(7) 与本实验无关的其他开关、设备、电表等不许乱动。

(8) 保持室内安静,注意用电安全。

实验中如果实验者忽视安全用电制度或粗心大意,例如,由于疏忽未将电源闸刀开关拉开就接线或拆线往往容易触电。如果是三相电源就容易造成双线触电,实验者人体承受电压,危险很大。万一遇到触电事故时,首先应迅速切断电源,或用绝缘的器具迅速将电源线断开,使触电者脱离电源。

1.2 安全用电常识

电的发明使人类社会产生了革命性的进步,人类的生产、生活已经离不开电了,但是如果使用不当,就会对人身、设备或电力系统造成危害。在用电过程中,掌握安全用电常识非常重要。为了防止触电事故发生,在实验前应熟悉安全用电常识,在实验过程中必须严格遵守安全用电制度和操作规程。

人体是导体,当人体不慎触及电源或带电导体时,电流流过人体,因而使人受到伤害,这就是电击。这种电击对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、通电时间的长短、电流流过人体的途径、电流的频率以及触电者的健康状况等都有关系。实验前了解安全用电常识是非常必要的。

1.2.1 电流对人体的危害

电流对人体的危害程度与多种因素有关,如电流的大小、频率、通电时间长短、电流经过人体时的流通过程等。

(1) 电流大小对人体的影响

有电流通过人体并达到一定值时,人体就会产生反应,通过的电流越大,人体的生理反应就越明显,反应就越强烈,引起心室颤动所需的时间就越短,致命的危险就越大。工频交流电是比较危险的,当人体有 1 mA 工频交流电流通过时就有不舒服的感觉;当人体通过的电流在 30 mA 以上时,就会造成呼吸困难,肌肉痉挛,甚至更严重的危害;50 mA 电流流过人体时就可能发生痉挛,心脏麻痹;如果时间过长就会有生命危险。所以一般认为 30 mA 以下的电流是安全电流。

(2) 频率影响

电流频率不同,对人体的危害程度也不一样,一般认为 40~60 Hz 的交流电对人体最危险。随着频率的增加,危险性将降低。当电源频率大于 20000 Hz 时,所产生的损害明显减小,但高压高频电流对人体仍然是十分危险的。

(3) 通电时间的影响

通电时间长短也是影响电流危害的主要因素之一,通电时间越长,人体电阻因出汗等原因降低,导致通过人体的电流增加,触电的危险性亦随之增加。引起触电危险的工频电流和通过电流的时间关系可用下式表示

$$I = \frac{165}{\sqrt{t}}$$

式中, I 表示引起触电危险的电流(mA); t 表示通电时间(s)。

(4) 电流路径

电流通过头部可使人昏迷;通过脊髓可能导致瘫痪;通过心脏会造成心跳停止,血液循环中断;通过呼吸系统会造成窒息。因此,从左手到胸部是最危险的电流路径;从

手到手、从手到脚也是很危险的电流路径；从脚到脚的电流路径的危险性要小一些。

1.2.2 人体电阻及安全电压

一般人体的电阻分为皮肤的电阻和内部组织的电阻两部分。由于人体皮肤的角质外层具有一定的绝缘性能，因此，决定人体电阻的主要是皮肤的角质外层。人的皮肤角质外层的厚薄不同，电阻值也不相同；人体与导体的接触面积及压力不同，皮肤电阻也不同；电流通过人体的路径不同，人体的电阻也不一样。通常，由一只手臂到另一只手臂或由一条腿到另一条腿的通路电阻在 1000Ω 左右，对不同体质的人和不同的环境，人体电阻变化范围较大。

从安全的角度看，通常不采用安全电流而采用安全电压，因为影响电流变化的因素很多，而电力系统的电压是较为恒定的。当人体接触电压后，随着电压的升高，人体电阻会有所降低。若接触高电压，则因皮肤受损破裂而会使人体电阻下降，通过人体的电流也就会随之增大。在高压情况下，即使不接触高电压，接近时也会产生感应电流的影响，因而也是很危险的。一般认为，人体的安全电压为 36 V ，大于这个值，就会给人体带来危害甚至有生命危险。

《电流通过人体的效应 第一部分：常用部分》GB/T 13871—92 阐明了 $15\sim 100\text{ Hz}$ 的正弦交流电流、直流电流通过生理状况正常的成人和儿童人体引起的生理效应曲线，是制定电气安全规范、设计电击防护装置和分析电气事故的基本依据。

1.2.3 有关触电的基本知识

1.2.3.1 触电的类型

触电是指人体触及带电体后，电流对人体造成的伤害。它有两种类型，即电击和电伤。

(1) 电击

电击是指电流通过人体内部，破坏人体内部组织，影响呼吸系统、心脏及神经系统的正常功能，甚至危及生命。

(2) 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用造成的人体伤害。电伤会在人体皮肤表面留下明显的伤痕，常见的有灼伤、熔伤和皮肤金属化等现象。在触电事故中，电击和电伤常会同时发生。

1.2.3.2 常见的触电形式

(1) 单相触电

当人站在地面上或其他接地体上，人体的某一部位触及一相带电体时，电流通过人体流入大地（或中性线），称为单相触电，如图 1-2-1 所示。

(2) 两相触电

两相触电是指人体两处同时触及同一电源的两相带电体，以及在高压系统中，人体距离高压带电体小于规定的安全距离，造成电弧放电时，电流从一相导体流入另一相导体的触电方式，如图 1-2-2 所示。两相触电加在人体上的电压为线电压，因此不论电网

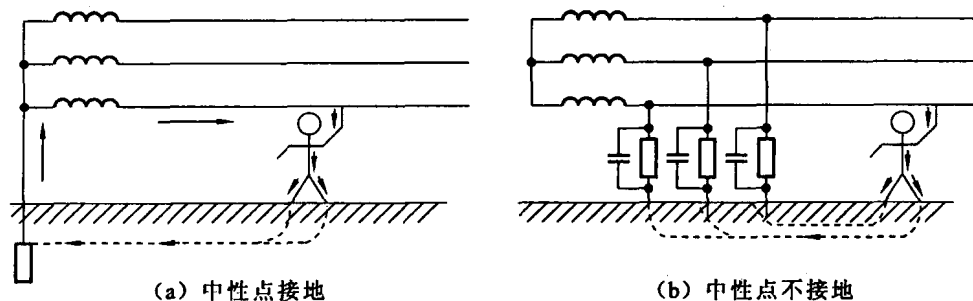


图 1-2-1 单相触电

的中性点接地与否，其触电的危险性都最大。

(3) 跨步电压触电

当带电体接地时有电流向大地流散，在以接地点为圆心，半径 20 m 的圆面积内形成分布电位。人站在接地点周围，两脚之间（以 0.8 m 计算）的电位差称为跨步电压 U_k ，如图 1-2-3 所示，由此引起的触电事故称为跨步电压触电。

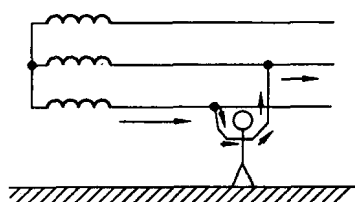


图 1-2-2 两相触电

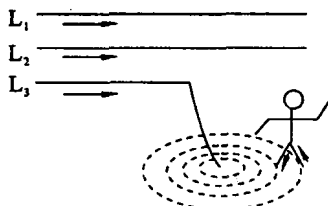


图 1-2-3 跨步电压触电

(4) 接触电压触电

运行中的电气设备由于绝缘损坏或其他原因造成接地短路故障时，接地电流通过接地点向大地流散，会在以接地故障点为中心，20 m 为半径的范围内形成分布电位，当人触及漏电设备外壳时，电流通过人体和大地形成回路，造成触电事故，这称为接触电压触电。这时加在人体两点的电位差即接触电压 U_j 。

(5) 感应电压触电

当人触及带有感应电压的设备和线路时所造成的触电事故称为感应电压触电。

(6) 剩余电荷触电

剩余电荷触电是指当人触及带有剩余电荷的设备时，带有电荷的设备对人体放电造成的触电事故。设备带有剩余电荷，通常是由于检修人员在检修中摇表、测量停电后的并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等设备时，检修前、后没有对其充分放电所造成的。

1.2.3.3 触电事故产生的原因

产生触电事故有以下原因：

- (1) 缺乏用电常识，触及带电的导线。
- (2) 没有遵守操作规程，人体直接与带电体部分接触。



- (3) 由于用电设备管理不当,使绝缘损坏,发生漏电,人体碰触漏电设备外壳。
- (4) 高压线路落地,造成跨步电压引起对人体的伤害。
- (5) 检修中,安全组织措施和安全技术措施不完善,接线错误,造成触电事故。
- (6) 其他偶然因素,如人体受雷击等。

1.2.3.4 安全用电的措施

(1) 组织措施

① 在电气设备的设计、制造、安装、运行、使用和维护以及专用保护装置的配置等环节中,要严格遵守国家规定的标准和法规。

② 加强安全教育,普及安全用电知识。

③ 建立健全安全规章制度,如安全操作规程、电气安装规程、运行管理规程、维护检修制度等,并在实际工作中严格执行。

(2) 技术措施

① 停电工作中的安全措施。

在线路上作业或检修设备时,应在停电后进行,并采取下列安全技术措施:

a. 切断电源。b. 验电。c. 装设临时地线。

② 带电工作中的安全措施。

在一些特殊情况下必须带电工作时,应严格按照带电工作的安全规定进行。

a. 在低压电气设备或线路上进行带电工作时,应使用合格的、有绝缘手柄的工具,穿绝缘鞋,戴绝缘手套,并站在干燥的绝缘物体上,同时派专人监护。

b. 对工作中可能碰触到的其他带电体及接地物体,应使用绝缘物隔开,防止相间短路和接地短路。

c. 检修带电线路时,应分清相线和地线。

d. 高、低压线同杆架设时,检修人员离高压线的距离要符合安全距离。

此外,对电气设备还应采取下列一些安全措施:

a. 电气设备的金属外壳要采取保护接地或保护接零。

b. 安装自动断电装置。

c. 尽可能采用安全电压。

d. 保证电气设备具有良好的绝缘性能。

e. 采用电器安全用具。

f. 设立屏护装置。

g. 保持人或物与带电体的安全距离。

h. 定期检查用电设备。

1.2.4 触电急救方法

1.2.4.1 脱离电源

人在触电后可能由于失去知觉或超过人的摆脱电流而不能自己脱离电源,此时救援人员不要惊慌,要在保护自己不被触电的情况下使触电者脱离电源。

(1) 如果接触电器触电,应立即断开近处的电源,可就近拔掉插头、断开开关或打开保险盒。

(2) 如果碰到破损的电线而触电,附近又找不到开关,可用干燥的木棒、竹竿、手杖等绝缘工具把电线挑开,挑开的电线要放置好,不要使人再触到。

(3) 如一时不能实行上述方法,触电者又趴在电器上,可隔着干燥的衣物将触电者拉开。

(4) 在脱离电源过程中,如触电者在高处,要防止脱离电源后跌伤而造成二次受伤。

(5) 在使触电者脱离电源的过程中,抢救者要防止自身触电。

1.2.4.2 脱离电源后的判断

触电者脱离电源后,应迅速判断其症状,根据其受电流伤害的不同程度,采用不同的急救方法。

(1) 判断触电者有无知觉。

(2) 判断触电者呼吸是否停止。

(3) 判断触电者脉搏是否搏动。

(4) 判断触电者瞳孔是否放大。

1.2.4.3 触电的急救方法

(1) 口对口人工呼吸法

人的生命的维持,主要靠心脏跳动产生血液循环,通过呼吸而形成氧气与废气的交换。如果触电者受伤较严重,失去知觉,停止呼吸,但心脏微有跳动,就应采用口对口的人工呼吸法。具体做法是:

① 迅速解开触电者的衣服、裤带,松开上身的衣服、护胸罩和围巾等,使其胸部能自由扩张,不妨碍呼吸。

② 使触电者仰卧,不垫枕头,头先侧向一边清除其口腔内的血块、假牙及其他异物等。

③ 救护人员位于触电者头部的左边或右边,用一只手捏紧其鼻孔,不使漏气,另一只手将其下巴拉向前下方,使其嘴巴张开,嘴上可盖上一层纱布,准备接受吹气。

④ 救护人员作深呼吸后,紧贴触电者的嘴巴,向他大口吹气。同时观察触电者胸部隆起的程度,一般应以胸部略有起伏为宜。

⑤ 救护人员吹气至需换气时,应立即离开触电者的嘴巴,并放松触电者的鼻子,让其自由排气。这时应注意观察触电者胸部的复原情况,倾听口鼻处有无呼吸声,从而检查呼吸是否阻塞。

(2) 人工胸外挤压心脏法

若触电者受伤相当严重,心跳和呼吸都已停止,完全失去知觉,则需同时采用口对口人工呼吸和人工胸外挤压心脏两种方法。如果现场仅有一个人抢救,可交替使用这两种方法,先胸外挤压心脏4~6次,然后口对口呼吸2~3次,再挤压心脏,反复循环进行操作。人工胸外挤压心脏的具体操作步骤如下:

① 解开触电者的衣裤,清除口腔内异物,使其胸部能自由扩张。

② 使触电者仰卧,姿势与口对口吹气法相同,但背部着地处的地面必须牢固。

③ 救护人员位于触电者一边,最好是跨跪在触电者的腰部,将一只手的掌根放在触电者心窝稍高一点的地方(掌根放在胸骨的下三分之一部位),中指指尖对准锁骨间凹陷处边缘,另一只手压在那只手上,呈两手交叠状(对儿童可用一只手)。

④ 救护人员找到触电者的正确压点，自上而下，垂直均衡地用力挤压，压出心脏里面的血液，注意用力适当。

⑤ 挤压后，掌根迅速放松(但手掌不要离开其胸部)，使触电者胸部自动复原，心脏扩张，血液又回到心脏。

1.2.5 保护接地与保护接零

接地，是利用大地为正常运行、发生故障及遭受雷击等情况下的电气设备提供对地电流构成回路，从而保证电气设备和人身的安全。保护接地和保护接零的方式有下面几种，如图 1-2-4 所示，它们的具体作用也有所不同。

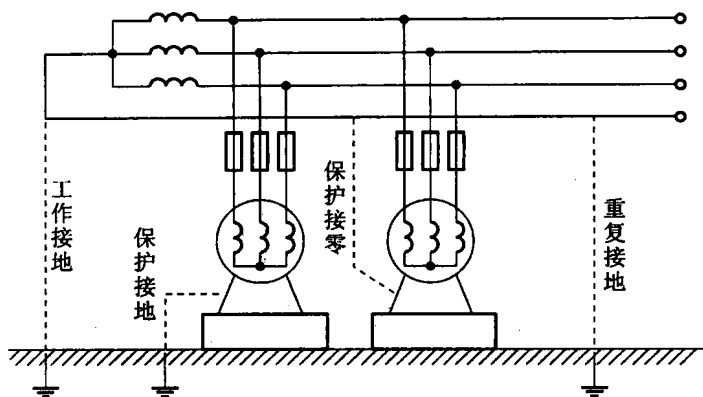


图 1-2-4 保护接地、工作接地、重复接地及保护接零示意图

(1) 保护接地

保护接地方式将电气设备不带电的金属外壳和同金属外壳相连接的金属构架用导线与接地体电器可靠连接在一起。

(2) 工作接地

为了保证电气设备的正常工作，将电力系统中的某一点(通常是中性点)直接用接地装置与大地可靠连接起来就称为工作接地。

(3) 重复接地

三相四线制的零线(或中性点)一处或多处经接地装置与大地再次可靠连接，称为重复接地。

(4) 保护接零

在中性点接地的三相四线制系统中，将电气设备的金属外壳、框架等与中性线可靠连接，称为保护接零。

1.3 绘制实验曲线和有效数字处理

绘制好实验曲线,处理好有效数字,是编写实验报告的重要环节。

1.3.1 怎样绘制曲线

(1) 选择坐标纸

当绘制曲线时,我们应当根据数据的特点来选择合适的坐标纸。当确定自变量与因变量的关系是线性关系时,可采用直角坐标。当变量之一在所研究的范围内有若干数量级变化,或当自变量在起始段的少许变化引起因变量有剧烈变化,以及需将非线性函数关系变换成直线函数关系时,采用单对数坐标。而当自变量和因变量都有若干数量级变化时,采用双对数坐标。当实验中有周期性重复的变量时,采用极坐标。

(2) 选择比例尺

实验得到的一组实验数据所能表示的函数关系是客观存在的,不能因作图方法的不同,而发生改变。为此,在绘制实验曲线时,应保证两个坐标轴各自所取的比例尺遵守一定的比例关系,且所有测试数据易于在图纸上给出确切的坐标点;沿Y轴标示的变量应包括所研究区域间的全部变化值;另外,应使所绘曲线占满坐标纸,如果是直线关系应使其尽量接近一根斜率为1的直线。当标度尺确定后,在绘制图形时,其坐标轴上必须写明标度尺所代表的变量的名称和单位。在轴上标注数字时,应保证与测量准确度相适应,既不能提高测试精度也不能损失其精度。

(3) 通过数据点描绘曲线

通过数据点描绘曲线时,要求所绘曲线与各数据点最接近,并不需要曲线通过所有数据点,而是希望分布在曲线上下的数据点数大致相等。要注意:

- ① 在标绘数据点时,可用各种常用符号;符号的大小与观测值的准确度相当。
- ② 所绘曲线应圆滑,不要强求经过所有的点而连成折线或不连续。
- ③ 当实验点的间隔很大时,采用拉格朗日插值法来补充某些中间的数值。

1.3.2 有效数字的处理

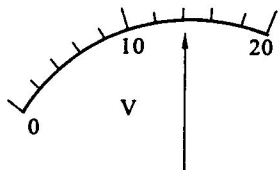


图 1-3-1 有效数字的概念

设用电压表测量电压时其指针位置如图 1-3-1 所示,它的读数是多少呢? 我们把它读成 14.1 V,显然前两位 1 和 4 两个数字是准确的,称为准确数字,而最末的 1 是凭目力和经验估计的,是不准确的,称为欠准确数字。可见仪表指示数的末位数字是根据指针在标尺之最小分格中的位置估计出来的,所以仪表数的末位数字是欠准确数字,超过一位欠准确数字的估计数是没有意义的。准确数字加末位欠准确数字称为有效数字,所以 14.1 V 是 3 位有效数字。

在实验中记录有效数字应按照下面的规定:

- (1) 有效数字的位数与小数点无关,如 32.48 与 3248 都是四位有效数字。

(2)“0”在数字之间或数字之末算作有效数字,在数字之前不算作有效数字。例如 10.4、3.07、400,都是 3 位有效数字,而 0.012、0.12 都是两位有效数字。注意 6.40 和 6.4 的有效数字的位数是不同的。前者是三位有效数字,其中 4 是准确数字,0 是欠准数字;后者是两位有效数字,4 是欠准数字,所以 6.40 中的“0”不能省略。

对于很大的数字和很小的数字,有效数字记法如下:例如 8.3×10^3 , 8.30×10^3 分别为两位及三位有效数字,不可误认为是相同的准确度。如以 kV 为单位的电压表,其读数为 6.25 kV,是三位有效数字,可写成 6.25×10^3 V(三位有效数字),但不能写成 6250 V(四位有效数字)。对于很小的数,如 0.00381 可以写成 3.81×10^{-3} ,都表示三位有效数字。

对有效数字进行运算时,其运算结果的记法,应按有效数字的规定处理,其基本原则是:

(1)只保留一位欠准数字。

(2)去掉第二位欠准数字时用四舍五入法。

当几个数相加或相减时,所得数在小数点以后的位数,应保留与几个数中的小数点后位数最少的一个数相同的位数,例如

$$23.7 + 4.156 = 27.856$$

因为 8 是欠准数字,所以上式应写成

$$23.7 + 4.156 = 27.9$$

几个数字相乘除时,其得数一般只要保留与该几个数中位数最少的一个相同的位数,但有时要多保留一位或少保留一位,这要根据具体数字的演算过程来定,例如:

$$14.21 \times 1.23 = 17.4783$$

因 4 字已是欠准数字,故上式应写成

$$14.21 \times 1.23 = 17.5$$

又如

$$2.568 \times 5.13 = 13.17384$$

其中 7 字已是欠准数字,故上式应写成

$$2.568 \times 5.13 = 13.17$$

总之,关于有效数字的位数,及其运算后得数的位数的确定,其基本原则就是只保留一位欠准数字。如果保留更多的位数,反而会使人错误地认为实验结果的准确度很高,这是不对的。