



高等院校电子信息类“十三五”规划教材

电工技术实验

李文联 李 杨 李 凯 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

内容简介

高等院校电子信息类“十三五”规划教材

电工技术实验

主 编 李文联 李 杨 李 凯

西安电子科技大学出版社

常州大学图书馆
藏书章

内 容 简 介

本书是根据当前高等学校电工技术实验教学的需要编写而成的。全书包括三部分内容：第一部分为电工技术实验基础知识，第二部分为电工技术基础性实验，第三部分为电工技术设计和研究性实验。

本书可作为高等学校电子信息工程、通信工程、电子科学与技术、自动化、机械电子工程等理工科相关专业本科和高职、高专学生电工技术实验的教材或参考用书。

电工技术实验

李文联 李杨 李凯 主编

图书在版编目(CIP)数据

电工技术实验/李文联, 李杨, 李凯主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2017.12

高等院校电子信息类“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4741 - 8

I. ① 电… II. ① 李… ② 李… ③ 李… III. ① 电工技术—实验—高等学校—教材

IV. ① TM—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 274425 号

策 划 杨丕勇

责任编辑 杨 薇 杨丕勇

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 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 5.5

字 数 123千字

印 数 1~2000册

定 价 18.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4741 - 8/TM

XDUP 5033001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

前言

本书是根据当前高等学校的电工技术实验教学的需要编写而成的。

编写本书的目的是为实验指导教师提供一个参考,使他们在开设实验项目时有所借鉴。因此,指导教师应结合各校的教学及实验要求选用合适的项目和内容或在此基础上设计自己的实验。

本书由湖北文理学院组织编写,主编为李文联、李杨、李凯(襄阳职业技术学院),参加编写的还有吴学军、胡晗、刘向阳、沈鸿星(襄阳职业技术学院)、燕鸿(襄阳技师学院)、蔡兵、孙艳玲、吴何畏、王正强、王培元、李敏(湖北文理学院理工学院)等。

本书参考了许多同仁的编写经验和资料,在此向参考文献中的所有作者表示感谢。限于编者的水平,本书一定还存在着许多问题和错误。恳请广大读者和专家、学者批评指正,以便再版时得以修正和完善,在此向您致谢!

作者

2017年7月

目 录

第一部分 电工技术实验基础知识	1
一、实验的基本过程	3
二、安全用电的基本知识	5
三、实验操作规范和常见故障检查方法	12
四、常用电工仪器与仪表	14
第二部分 电工技术基础性实验	17
实验一 基本电工仪表的使用及测量误差的计算	19
实验二 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	24
实验三 电路元件伏安特性的测绘	27
实验四 基尔霍夫定律的验证	31
实验五 叠加原理的验证	33
实验六 电压源与电流源的等效变换	36
实验七 戴维南定理和诺顿定理的验证	40
实验八 RC 一阶电路的响应测试	45
实验九 RLC 元件阻抗特性的测试	48
实验十 单相铁芯变压器特性的测试	51
实验十一 三相电路功率的测量	54
实验十二 功率因数及相序的测量	58
第三部分 电工技术设计和研究性实验	61
实验一 二阶动态电路响应的研究	63
实验二 RLC 串联谐振电路的研究	65
实验三 正弦稳态交流电路相量的研究	69
实验四 RC 选频网络特性测试与研究	73
实验五 互感电路研究	77
参考文献	81

随着科学技术的发展,电工技术在各科学领域中得到了广泛的应用,掌握电工技术方面的基本知识、基本理论和基本技能对于学生的应用能力培养是非常必要的。“电工技术实验”是配合“电工技术”课程而开设的一门实践性很强的技术基础课程。在学习电工技术中不仅要掌握电工技术的基本原理和基本方法,更重要的是学会实际应用。因此,在理论学习中需要配合一定数量的实验,才能掌握电工技术的基本内容,从而有意识地培养和提高联系实际和解决实际问题的能力。

一、实验的基本过程

实验的基本过程应包括确定实验内容、选择最佳的实验方法和实验线路,画出逻辑的实验步骤,合理选择仪器设备和元器件,进行连接安装、调试和测试,最后写出完整的实验报告。

第一部分 电工技术实验基础知识

从预习开始做好实验的关键,预习好坏,不仅关系到实验能否顺利进行,而且直接影响到实验效果。预习应参照本教材的原理说明,认真复习有关实验的基本原理,熟悉有关器件使用方法,对如何动手实验做到心中有数。通过预习还应做好实验前的准备,写出一份预习报告,其内容包括:

- (1) 绘出设计好的实验电路图,并在图上标出器件型号、使用的引脚号及元件参数,必要时还须用文字说明。
- (2) 拟定实验方法和步骤。
- (3) 拟好记录实验数据的表格和波形坐标。
- (4) 列出元器件清单。

(二) 实验记录

实验记录是实验过程中获得的第一手资料,测试过程中所画出的数据曲线等必须与基本一致,记录必须清楚、合理、正确,若不正确,则应及时纠正或重新测试。实验记录应包括如下内容:

- (1) 实验任务、名称及内容。
- (2) 实验原理、波形以及实验中出现的现象,从记录中应能初步了解实验的完成情况。
- (3) 记录波形时,应注意输入、输出波形的时间相位关系,在波形图上要标出。
- (4) 实验中实际使用的仪器型号和编号以及元器件的使用情况。
- (5) 实验结论。

其中,编写实验报告是培养学生科学实验的基本技能和分析解决问题的能力的重要手段,也

東 日

將味調基礎実術対工事 合膳一第



随着科学技术的发展,电工技术在各个科学领域中都得到了广泛的应用,掌握电工技术方面的基本知识、基本理论和基本技能对于学生的应用能力培养是非常必要的。“电工技术实验”是配合“电工技术”课程而开设的一门实践性很强的技术基础课程,在学习电工技术中不仅要掌握电工技术的基本原理和基本方法,更重要的是学会实际应用。因此,在教学中需要配有一定数量的实验,才能掌握电工技术的基本内容,从而有效地提高自身理论联系实际和解决实际问题的能力。

一、实验的基本过程

实验的基本过程应包括确定实验内容,选定最佳的实验方法和实验线路,拟出较好的实验步骤,合理选择仪器设备和元器件,进行连接安装、调试和测试,最后写出完整的实验报告。

在进行电工技术实验时,应充分掌握电路的形式和工作原理。在完成每一个实验时,应做好实验预习、实验记录和实验报告等环节。

(一) 实验预习

认真预习是做好实验的关键,预习好坏,不仅关系到实验能否顺利进行,而且直接影响实验效果。预习应参照本教材的原理说明,认真复习有关实验的基本原理,掌握相关器件使用方法,对如何着手实验做到心中有数。通过预习还应做好实验前的准备,写出一份预习报告,其内容包括:

(1) 绘出设计好的实验电路图,并在图上标出器件型号、使用的引脚号及元件参数,必要时还须用文字说明。

(2) 拟定实验方法和步骤。

(3) 拟好记录实验数据的表格和波形坐标。

(4) 列出元器件清单。

(二) 实验记录

实验记录是实验过程中获得的第一手资料,测试过程中所测试的数据和波形应和理论基本一致,记录必须清楚、合理、正确,若不正确,则要现场及时重复测试,找出原因。实验记录应包括如下内容:

(1) 实验任务、名称及内容。

(2) 实验数据、波形以及实验中出现的现象,从记录中应能初步判断实验的正确性。

(3) 记录波形时,应注意输入、输出波形的时间相位关系,在坐标中上下对齐。

(4) 实验中实际使用的仪器型号和编号以及元器件的使用情况。

(5) 实验报告。

其中,编写实验报告是培养学生科学实验的总结能力和分析思维能力的有效手段,也

是一项重要的基本功训练,它能很好地巩固实验成果,加深对基本理论的认识和理解。

实验报告是一份技术总结,要求文字简洁,内容清楚,图表工整。报告内容应包括实验目的、实验内容和结果、实验使用仪器和元器件以及分析讨论等,其中实验内容和结果是报告的主要部分,它应包括实际完成的全部实验,且应按实验任务逐个书写,每个实验任务应有如下内容:

① 实验课题的方框图或电路图以及文字说明等。对于设计性课题,还应有整个设计过程和关键的设计技巧说明。

② 原始的实验记录和经过整理的数据、表格、曲线和波形图。其中表格、曲线和波形图应充分利用专用实验报告简易坐标格,并用三角板、曲线板等工具描绘,力求画得准确,不得随手画出示意图。

③ 实验结果分析、讨论及结论。对于讨论的范围,没有严格要求,一般应对重要的实验现象、结论加以讨论,以使进一步加深理解。此外,对实验中的异常现象,可作一些简要说明;实验中有何收获,可谈一些心得体会。

(三) 实验规则

- (1) 严禁带电接线、拆线或改接线路。
- (2) 接线完毕后,要认真复查,确认无误后,经教师同意,方可接通电源进行实验。
- (3) 实验过程中如果发生事故,应立即关断电源,保持现场,报告指导教师。
- (4) 实验完毕后,先由本人检查实验数据是否符合要求,然后再请教师检查,经教师认可后才可拆线,并将实验器材整理好。
- (5) 实验室内仪器设备不准任意调换,非本次实验所用的仪器设备,未经教师允许不得动用。未看懂仪表、仪器及设备的使用方法前,不得贸然使用。若损坏仪器设备,则必须立即报告教师,作书面检查,责任事故要酌情赔偿。
- (6) 要以严肃认真的态度对待实验,保持安静、整洁的学习环境。

(四) 使用设备的一般方法

- (1) 了解设备的名称、用途、铭牌规格、额定值及面板旋钮情况。
- (2) 了解清楚设备的使用极限值。
 - ① 要注意设备最大允许的输出值,如调压器、稳压电源有最大输出电流限制;电机有最大输出功率限制;信号有最大输出功率及最大信号电流限制。
 - ② 要注意测量仪表仪器最大允许的输入量。如电流表、电压表和功率表要注意最大的电流值或电压值。万用表、数字万用表、数字频率计、示波器等输入端都规定有最大允许的输入值,不得超过,否则会损坏设备。多量程仪表(如万用表)要正确使用量程,千万不可用欧姆表测电压,或用电流挡测电压。
- (3) 了解设备面板上各旋钮的作用。使用时各旋钮应放在正确位置,禁止乱拨动旋钮。
- (4) 正式使用设备时须判断设备是否正常工作。有自校的可通过自校信号对设备进行检查,如示波器有自校正弦波或方波,频率计有自校标准频率。

二、安全用电的基本知识

安全用电知识是关于如何预防用电事故及保障人身、设备安全的知识。在电子设备的安装调试中,要使用各种工具、电子仪器等设备,同时还要接触危险的高电压,如果不掌握必要的安全用电知识,缺乏足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。因此,必须在熟悉触电对人体的危害和触电原因的基础上,了解一些安全用电知识,做到防患于未然。

(一) 触电对人体的危害

触电是从事电类工作时,时刻需要警惕的危险事件。触电是电流的能量直接作用于人体或转换成其他形式的能量作用于人体所造成的伤害。触电对人体的危害主要有电伤和电击两种。

1. 电伤和电击

1) 电伤

电伤是由于发生触电而导致的人体外表的创伤,通常有以下三种。

(1) 灼伤。这是由于电的热效应而灼伤人体皮肤、皮下组织、肌肉,甚至神经。灼伤会引起皮肤发红、起泡、烧焦、坏死。

(2) 电烙印。电烙印是由电流的机械和化学效应造成人体触电部位的外部创伤,通常表现为皮肤表面的肿块。

(3) 皮肤金属化。皮肤金属化是由于带电体金属通过在触电点蒸发进入人体造成的,局部皮肤呈现相应金属的特殊颜色的现象。

2) 电击

电击是指电流流过人体,严重影响人体心脏、呼吸和神经系统,造成肌肉痉挛(抽筋)、神经紊乱,导致呼吸停止、心脏室性纤颤,严重危害生命的触电事故。电伤对人体造成的危害一般是非致命性的,真正危害人体生命的是电击。

2. 影响触电危险程度的因素

1) 电流的大小

人体内存在生物电流,一定限度之内的电流不会对人造成损伤。一些电疗仪器就是利用电流刺激达到治疗的目的。但若流过人体的电流达到一定程度,就有可能危及生命。

2) 电流的种类

不同种类的电流对人体的损伤也有所不同。直流电一般引起电伤,而交流电则可能同时引发电伤与电击,特别是 40 Hz~100 Hz 交流电对人体最危险。而人们日常使用的工频市电(50 Hz)正是在这个危险频段。当交流电频率达到 20 kHz 时对人体危害很小,用于理疗的一些仪器采用的就是这个频段。危险频段的交流电其不同电流大小对人体的作用如表 1-2-1 所列。

表 1-2-1 交流电对人体的作用

电流/mA	对人体的作用
<0.7	无感觉
1	有轻微感觉
1~3	有刺激感,一般电疗仪取此电流
3~10	感到痛苦,但可自行摆脱
10~30	引起肌肉痉挛,短时间无危险,长时间有危险
30~50	强烈痉挛,时间超过 60 s 即有生命危险
50~250	产生心脏室性纤颤,丧失知觉,严重危害生命
>250	短时间内(1 s 以上)造成心脏骤停,体内造成电灼伤

3) 电流作用时间

电流对人体的伤害与作用时间密切相关。可以用电流时间乘积(又称电击强度)来表示电流对人体的危害。触电保护器的一个主要指标就是额定断开时间与电流乘积小于 $30 \text{ mA} \cdot \text{s}$,实际产品可以达到小于 $3 \text{ mA} \cdot \text{s}$,故可有效防止触电事故。

4) 电流的途径

如果电流不经过人体的脑、心、肺等重要部位,则除了电击强度较大时可造成内部烧伤外,一般不会危及生命。但如果电流流经上述部位,就会造成严重的后果。这是由于电击会使神经系统麻痹而造成心脏停搏,呼吸停止。例如,电流从一只手到另一只手,或由手流到脚,就是这种情况。

5) 人体的电阻

人体是个阻值不确定的电阻。皮肤干燥时人体的电阻可呈现 $100 \text{ k}\Omega$ 以上,而一旦潮湿,电阻可降到 $1 \text{ k}\Omega$ 以下。我们平常所说的安全电压 36 V ,就是对人体皮肤干燥时而言的,倘若用湿手接触 36 V 电压,同样会受到电击。

人体还是一个非线性电阻,随着电压的升高,电阻值减小。

(二) 触电原因

人体触电的主要原因有直接、间接接触带电体以及跨步电压,直接接触又可分为单相触电和双相触电两种。

1. 直接接触

1) 单相触电

一般工作和生活场所的供电系统为 $380/220 \text{ V}$ 中性点接地系统,当处于地电位的人体接触带电设备或线路中的某一相导体时,一相电流通过人体经大地回到中性点,人体承受

相电压。这种触电形式称为单相触电，如图 1-2-1 所示。

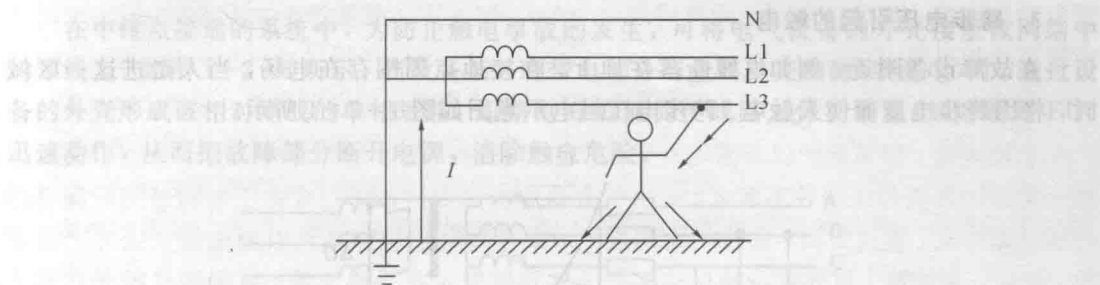


图 1-2-1 单相触电示意图

由于电源插座安装错误以及电源导线绝缘损伤而导致金属外露时，极易引起单相接触触电。图 1-2-2 所示的是有人在实验室用自耦调压器取得低电压做实验而发生触电的示例。分析电原理图可以看出，触电原因是错误地将端点 2 接到了电源相线 L 上，而端点 1 接到零线 N 上，从而导致 3、4 端电压只有十几伏，但 4 端对地的电压却高达 220 V，那么，一旦碰到与 4 端相连的元器件或印制导线，自然免不了触电。

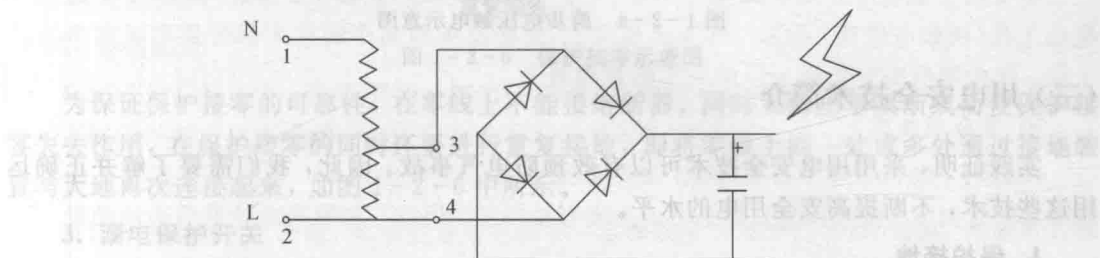


图 1-2-2 错误使用自耦调压器的电路

2) 双相触电

人体同时接触电网的两根相线，电流从一相导体通过人体流入另一相导体从而发生触电，这种触电形式称为双相触电，如图 1-2-3 所示。双相触电时人体承受的电压很高 (380 V)，而且一般保护措施不起作用，因而危险极大。

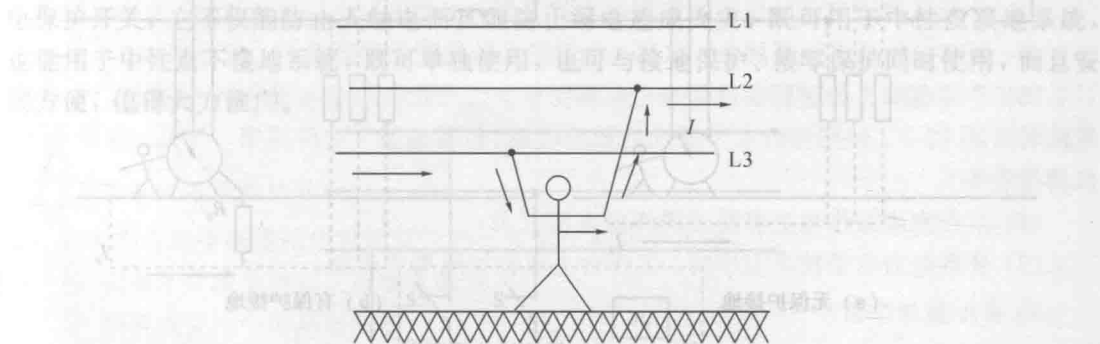


图 1-2-3 双相触电示意图

2. 间接触电

间接触电是指电气设备已断开电源，但由于设备中高压大容量电容的存在而导致在接

触设备某些部分时发生的触电，这类触电有一定危险，容易被忽视，因此要特别注意。

3. 跨步电压引起的触电

在故障设备附近，例如电线断落在地上，在接地点周围存在电场，当人走进这一区域时，将因跨步电压而使人触电。跨步电压触电示意图如图 1-2-4 所示。

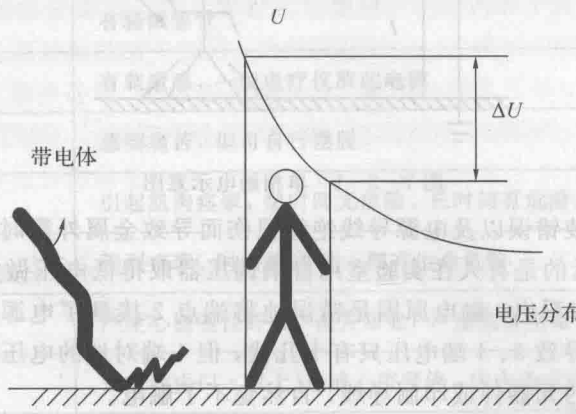


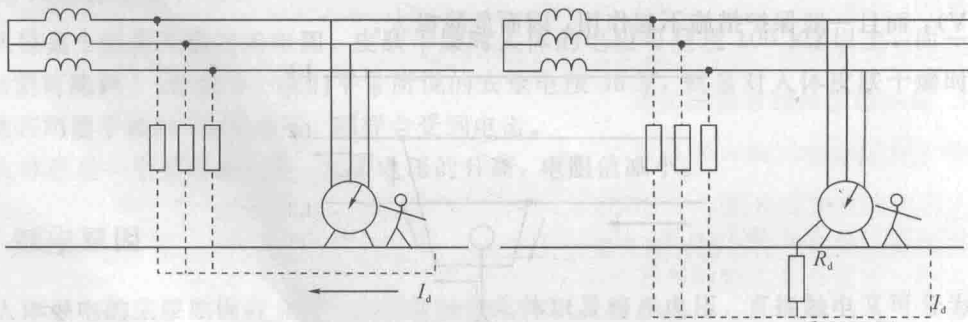
图 1-2-4 跨步电压触电示意图

(三) 用电安全技术简介

实践证明，采用用电安全技术可以有效预防电气事故。因此，我们需要了解并正确运用这些技术，不断提高安全用电的水平。

1. 保护接地

在没有中性点接地的三相三线制电力系统中，把电气设备的金属外壳与大地连接起来，称为保护接地，如图 1-2-5 所示。在设备外壳不接地的情况下，当一相碰壳时，人触及设备外壳，接地电流 I_d 将通过人体和电网对地绝缘电阻形成回路，对人就构成了单相触电，如图 1-2-5(a) 所示。



(a) 无保护接地 (b) 有保护接地

图 1-2-5 保护接地原理图

当采用保护接地时，如图 1-2-5(b) 所示，漏电设备对地电压主要取决于保护接地电阻 R_d 的大小，由于 $R_d < R_r$ ，则大部分电流经过接地装置入地，此时流经人体的电流很小，对人比较安全。

2. 保护接零

在中性点接地的系统中,为防止触电事故的发生,可将电气设备的外壳接至该网络中的零线上,如图 1-2-6 所示。当设备某一相带电部分与金属外壳相碰(或漏电)时,通过设备的外壳形成该相对零线的单相短路,短路电流 I_d 能促使线路上保护装置(如熔断器 FU)迅速动作,从而把故障部分断开电源,消除触电危险。

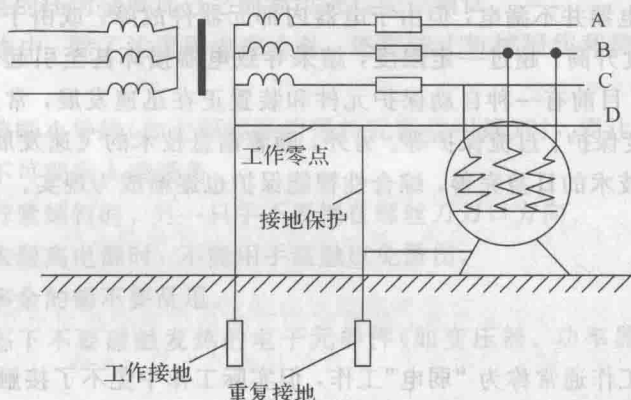


图 1-2-6 保护接零示意图

为保证保护接零的可靠性,在零线上不能接熔断器。同时为防止零线断线而使保护接零失去作用,在保护接零的同时还要进行重复接地,即将零线上的一处或多处通过接地装置与大地再次连接起来,如图 1-2-6 中所示。

3. 漏电保护开关

漏电保护开关也叫触电保护开关,是一种切断型保护安全技术,它比接地保护和接零保护更灵敏、更有效。

漏电保护开关有电压型和电流型两种,其工作原理有共同性,即都可把它看做是一种灵敏继电器,如图 1-2-7 所示,检测器 JC 控制开关 S 的通断。对电压型而言,JC 检测用电器的对地电压;对电流型则检测漏电流。超过安全值 JC 即控制 S 动作来切断电源。

由于电压型漏电保护开关安装较复杂,因此目前发展较快、使用较广泛的是电流型漏电保护开关,它不仅能防止人触电而且能防止漏电造成火灾,既可用于中性点接地系统,也能用于中性点不接地系统,既可单独使用,也可与接地保护、接零保护同时使用,而且安装方便,值得大力推广。

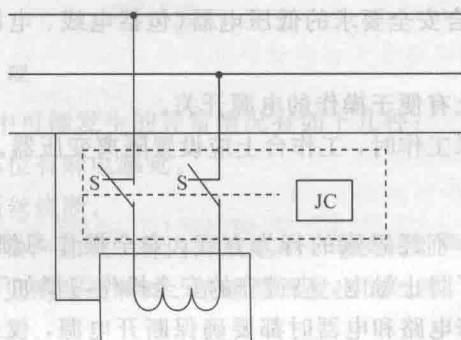


图 1-2-7 漏电保护开关

按国家标准规定,电流型漏电保护开关的电流时间乘积小于等于 $30\text{ mA} \cdot \text{s}$ 。实际产品额定动作电流一般为 30 mA ,动作时间为 0.1 s 。如果是在潮湿等恶劣环境下,可选取动作电流更小的规格。

4. 其他

上述接地、接零保护以及漏电开关保护主要是解决电器外壳漏电及意外触电问题,另有一类故障表现为电器并不漏电,但由于电器内部元器件故障,或由于电网电压升高引起电器电流增大,温度升高,超过一定限度,结果导致电器损坏甚至引起电器火灾等严重事故。对这一种故障,目前有一种自动保护元件和装置正在迅速发展,常用的这种元件和装置有过压保护、温度保护、过流保护等。另外,随着信息技术的飞速发展,传感器技术、计算机技术及自动化技术的日益完善,综合性智能保护也逐渐成为现实。

(四) 安全知识

1. 人身安全

尽管电子装接工作通常称为“弱电”工作,但实际工作中免不了接触“强电”。一般常用电动工具(例如电烙铁、电钻、电热风机等)、仪器设备和制作装置大部分需要接市电才能工作,因此用电安全是电子装接工作的首要条件。

1) 安全用电观念

用电时,侥幸心理万万不可有,必须牢固树立安全用电意识,并使之贯穿于工作的全过程。任何制度、任何措施,都是由人来贯彻执行的,因此,忽视安全是最危险的隐患。

2) 安全措施

预防触电的措施很多,这里提出的几条措施都是最基本的安全保障。

(1) 对于正常情况下的带电部分一定要加绝缘防护,并且置于不容易被人触碰到的地方,例如输电线、配电盘、电源板等。

(2) 所有金属外壳的用电器及配电装置都应该装设接地保护或接零保护。对目前大多数工作生活用电系统而言,应装设接零保护。

(3) 在所有使用市电的场所装设漏电保护开关。

(4) 随时检查所有电器插头、电线,发现破损老化应及时更换。

(5) 手持电动工具应尽量使用安全电压工作。我国规定常用电压为 36 V 或 24 V ,特别危险场所用 12 V 。使用符合安全要求的低压电器(包括电线、电源插座、开关、电动工具、仪器仪表等)。

(6) 工作室或工作台上应有便于操作的电源开关。

(7) 从事电力电子技术工作时,工作台上应设置隔离变压器。

3) 安全操作习惯

习惯是一种下意识的、不经思索的行为方式,安全操作习惯可以通过培养逐步形成,并使操作者终身受益。为了防止触电,应遵守的安全操作习惯如下:

(1) 在任何情况下检修电路和电器时都要确保断开电源,仅仅断开设备上的开关是不够的,还要拔下插头。

(2) 不要用湿手开、关、插、拔电器。

(3) 遇到不明情况的电线先认为它是带电的。

(4) 尽量单手进行电工作业。

(5) 不在疲倦、带病等不良身体状态下从事电工作业。

(6) 遇到较大体积的电容器先进行放电,再进行检修。

(7) 在触及电路的任何金属部分之前都应进行安全测试。

在电子装接工作中,除了注意用电安全外,还要防止机械损伤和烫伤,相应的安全操作习惯如下:

(1) 用剪线钳剪断小导线(如去掉焊好的过长元器件引线)时,要让导线飞出方向朝着工作台或空地,绝不可朝向人或设备。

(2) 用螺丝刀拧紧螺钉时,另一只手不要握在螺丝刀刀口方向。

(3) 烙铁头在未脱离电源时,不能用手碰触以免烫伤。

(4) 烙铁头上多余的锡不要乱甩。

(5) 在通电状态下不要碰触发热的电子元器件(如变压器、功率器件、电阻、散热片等),以免烫伤。

2. 设备安全

在电子工艺实训中,需要用到一些电子仪器(有时用到的电子仪器非常昂贵),因此,除了要特别注意人身安全外,设备安全也不容忽视。

1) 设备接电前检查

将用电设备接入电源前,必须注意用电器不一定是接 AC220V/50Hz 电源。我国市电标准为 AC220V/50Hz,但是世界上不同国家的标准电压是不一样的,有 AC110 V、AC115 V、AC127 V、AC225 V、AC230 V、AC240 V 等电压,电源频率有 50Hz/60Hz 两种。

另外,环境电源输出不一定是 220 V,特别是工厂、企业、科研院所等有些地方需要 AC380 V 或 AC36 V,此外还有一些地方需要 DC12 V。因此,建议设备接电前要进行如下“三查”:

(1) 查设备铭牌。依照国家标准,设备都应在醒目处(如铭牌)标识该设备所要求的电源电压、频率、电源容量;小型设备的说明也可能在说明书中。

(2) 查环境电源。检查环境电源的电压、容量是否与设备吻合。

(3) 查设备本身。检查设备的电源线是否完好,外壳是否可能带电,一般用万用表进行检查。

2) 设备使用异常的处理

(1) 用电设备在使用中可能发生的异常情况有如下几种:

① 设备外壳或手持部位有麻电感觉。

② 开机或使用中熔断丝烧断。

③ 出现异常声音,如噪声加大、有内部放电声、电机转动声音异常等。

④ 散发出异味,最常见的是塑料味、绝缘漆挥发出的气味,甚至烧焦的气味。

⑤ 机内打火,出现烟雾。

⑥ 仪表指示超范围。有些指示仪表数值突变,超出正常范围。

(2) 异常情况的处理办法。

① 凡遇上述异常情况之一，应尽快断开电源，拔下电源插头，对设备进行检修。

② 对烧断熔断丝的情况，不允许换上大容量熔断器工作，一定要查清原因再换上同规格熔断器。

③ 及时记录异常现象及部位，避免检修时再通电。

④ 对有麻电感觉但尚未造成触电的现象不可忽视，这种情况往往是绝缘保护部分未完全损坏，必须及时检修；否则随着时间推移，绝缘部分逐渐完全破坏，危险增大。

3. 触电急救与电气消防

1) 触电急救

发生触电事故，千万不要惊慌失措，必须用最快的速度使触电者脱离电源。要记住当触电者未脱离电源前本身就是带电体，盲目施救同样会使抢救者触电。一旦发现有人触电，应立即按以下步骤施救：

(1) 必须让触电者迅速脱离电源，最有效的措施是拉闸或拔出电源插头。如果不能及时找到电源插头或电闸，则可用绝缘物(如带绝缘柄的工具、木棒、塑料管等)移开或切断电源线。动作要迅速且应注意不要使自己触电。

(2) 脱离电源后，将触电者迅速移到通风干燥的地方仰卧，松开其上衣和裤带，观察触电者是否有呼吸；摸一摸脖子上的动脉，确认触电者是否有脉搏。

(3) 实施急救。若触电者呼吸、心跳均停止，应交替进行口对口人工呼吸和心脏按压，并打电话呼叫救护车。

(4) 尽快送往医院，运送途中不可停止自行施救。

切记：

- 切勿用潮湿的工具或金属物去拨电线。
- 触电者未脱离电源前，切勿用手抓碰触电者。
- 切勿用潮湿的物件搬动触电者。

2) 电气消防

火灾是严重危害人们生命和财产安全的重大灾害，随着现代电气化的日益发展，在火灾总数中，电气火灾所占的比例不断上升。因此，在电子工艺实训中，应注意以下几点，预防电气火灾的发生。

(1) 发现电子装备、电气设备、电缆等冒烟起火，要尽快切断电源。

(2) 灭火时应使用沙土、二氧化碳或四氯化碳等不导电灭火介质，忌用泡沫或水进行灭火。

(3) 灭火时不可用身体或灭火工具触及导线和电气设备。

(4) 迅速拨打“119”电话报警。

三、实验操作规范和常见故障检查方法

1. 实验操作规范

实验操作的正确与否对实验结果影响甚大。因此，实验者在实验过程中需要注意以下