

21 世纪电工电子学课程系列教材

DIANGONGDIANZISHIXIJIAOCHENG

电工电子实习教程

主 编 李义府

副主编 蔡 灏 励雅萍 朱利香

中 南 大 学 出 版 社

21 世纪电工电子学课程系列教材

电工电子实习教程

主 编 李义府

副主编 蔡 灏 励雅萍 朱利香

中南大学出版社

2002 · 长沙

21 世纪电工电子学课程系列教材编委会

主 任 陈明义 宋学瑞

成员(以姓氏笔划为序):

文援朝 王英健 李义府 肖梓高 陈明义

宋学瑞 余明扬 罗桂娥 赖旭芝

21 世纪电工电子学课程系列教材

电工电子实习教程

主 编 李义府

副主编 蔡 灏 励雅萍 朱利香

☐责任编辑 肖梓高

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482

电子邮件:csucbs @ public. cs. hn. cn

☐经 销 湖南省新华书店

☐印 装 中南大学印刷厂

☐开 本 787×960 1/16 ☐印张 15.75 ☐字数 291 千字

☐版 次 2002 年 6 月第 1 版 ☐2002 年 6 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 7-81061-552-1/TM·004

☐定 价 17.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

本书是根据普通高等学校本科教学计划中“电工电子实习”课程的教学要求而编写的,旨在增强当代大学生的工程知识,培养工程观念和团队协作精神以及创新能力,提高大学生的综合素质。本书包括电工电子元器件知识、焊接技术、印刷板的制作、室内照明线路的安装、继电接触控制线的安装、电子产品的安装与调试、电子产品的结构设计和安全用电、实用文档与考核方法等9章。

本书主要特点是:

(1)实用性强。本书以突出工程意识、增强工程观念、注重工程实践能力的培养为主线,以工程实践内容为重点。如电工电子元器件着重介绍特点、检测和选用。印刷板制作以计算机绘图和排版设计为主要内容。

(2)体现先进性。该书注重新器件、新技术的介绍。如焊接技术中的表面安装(SMT),元件中的表面安装元件,印刷制作中的计算机绘图与排版设计。

(3)可操作性强。为便于师生使用,本书编写了实习文档与考核方法,可方便教师制定实习大纲,安排实习计划和实习考核,又方便学生书写实习报告。同时为巩固实践训练成果和理解知识,各章附有复习思考题。具体教学安排上该书以自学为主,讲授为辅,结合实际边干边学,各实习内容均写有详细的安装调试方法,使用方便。

本书可作为普通高等学校本科和专科学生进行“电工实习”和“电子实习”课程的教材,亦可作为高等职业技术学院相关实习的教材,同时也可作相关专业“生产实习”的教材。

本书由电工电子学系列课程教材编委员组织集体编写和审定,由李义府任主编,蔡灏、励雅萍、朱利香任副主编。主编负责全书大纲的制定以及全书内容的修改和定稿。本书第1章和第5章(5.1~5.3)由蔡灏负责编写;第2章(2.1, 2.3),第3章由励雅萍负责编写;第2章(2.2),第4章和第5章(5.4)由李传蜀负责编写;第6章、第7章由朱利香负责编写;第8章、第9章由李义府负责编写。本书在编写过程中得到罗桂娥、吕向阳、余明扬等同志的热情帮助,并得到中南大学、长沙交通学院和湖南工程学院许多老师的大力支持和帮助,在此向他们表示衷心的感谢。

电工电子技术发展迅速,电工电子实习内容广泛,由于编者经验和水平有限,书中错误难免,肯请使用本书的师生和同仁指正。

作者 2002.5

目 录

第1章 安全用电	(1)
1.1 触电及其对人体的危害	(1)
1.1.1 触电形式	(1)
1.1.2 触电电流对人体的伤害及有关因素	(3)
1.2 接地与接零	(4)
1.3 安全用电常识	(8)
1.3.1 安全常识	(8)
1.3.2 常见安全因素及防护	(9)
复习思考题	(11)
第2章 常用电工、电子元器件知识	(12)
2.1 电路元件	(12)
2.1.1 电阻器	(12)
2.1.2 电容器	(18)
2.1.3 电感器	(23)
2.1.4 变压器	(25)
2.2 常用低压电器	(28)
2.2.1 常用低压电器的分类及选用原则	(28)
2.2.2 常用开关型低压电器	(28)
2.2.3 接触器	(33)
2.2.4 继电器	(34)
2.2.5 主令电器	(38)
2.2.6 熔断器	(40)
2.2.7 电磁铁	(41)
2.3 半导体元器件	(42)
2.3.1 分立元件的选择与测试	(42)
2.3.2 集成电路的选择与测试方法	(48)
2.4 表面安装元件	(54)
2.4.1 表面安装无源元件(SMC)	(54)
2.4.2 表面安装有源元件(SMD)	(55)

复习思考题	(58)
第3章 焊接技术	(59)
3.1 焊接工具和材料	(59)
3.1.1 焊接工具	(59)
3.1.2 焊接材料	(61)
3.2 焊接工艺与方法	(63)
3.2.1 焊接工艺	(63)
3.2.2 手工焊接工艺和方法	(71)
3.3 工业焊接技术简介	(74)
3.3.1 浸焊、波峰焊、再流焊	(74)
3.3.2 表面焊接工艺(SMT)	(76)
复习思考题	(78)
第4章 电工基本技能及室内照明线路的安装	(80)
4.1 导线的连接、焊接及绝缘的恢复	(80)
4.1.1 导线线头绝缘层的剖削	(80)
4.1.2 导线的连接	(83)
4.1.3 导线的封端	(91)
4.1.4 导线绝缘层的恢复	(92)
4.2 墙孔的凿打及木樅的制作和安装	(93)
4.3 室内配线	(95)
4.3.1 室内配线的一般技术要求	(95)
4.3.2 配线步骤	(96)
4.3.3 室内配线操作工艺	(96)
4.4 室内照明线路的安装	(103)
4.4.1 白炽灯照明线路	(104)
4.4.2 荧光灯照明线路	(107)
4.4.3 高压汞灯照明线路	(108)
4.4.4 碘钨灯照明线路	(109)
4.4.5 霓虹灯照明线路	(109)
复习思考题	(110)
第5章 继电接触控制线路的安装与调试	(111)
5.1 继电接触控制线路元件的选择	(111)
5.1.1 开关	(111)
5.1.2 交流接触器	(112)

5.1.3 热继电器	(113)
5.1.4 三相交流异步电动机	(114)
5.2 继电器接触控制线路的安装与调试	(114)
5.2.1 点动控制线路	(114)
5.2.2 正反转控制	(115)
5.2.3 Y-D 控制	(117)
5.2.4 异步电动机线路的安装	(118)
5.2.5 控制装置配电板的安装和接线	(120)
5.2.6 电动机的调试	(122)
5.3 故障测量	(123)
5.3.1 电压测量法	(123)
5.3.2 电阻测量法	(125)
5.4 机床电气的安装与调试	(126)
5.4.1 电气图的绘制原则	(126)
5.4.2 机床电气线路的安装步骤及要求	(127)
5.4.3 电气控制柜的安装配线	(129)
5.4.4 机床控制线路的检修	(131)
5.4.5 X62W 万能铣床电气线路的安装与调试	(134)
复习思考题	(142)
第6章 印制电路板的制作	(143)
6.1 印制电路板的特点与种类	(143)
6.2 电路原理图的计算机绘制	(143)
6.3 Protel 99 之 Sch 基本使用方法	(145)
6.3.1 原理图的设计步骤	(145)
6.3.2 步入原理图设计系统	(145)
6.3.3 画面管理	(145)
6.3.4 设置图纸样本文件	(149)
6.3.5 在工作平面上放置元器件	(153)
6.3.6 绘制电路原理图	(158)
6.3.7 建立网络表文件	(159)
6.4 印制电路板的计算机排版设计	(162)
6.4.1 设计印制电路板的准备工作	(163)
6.4.2 印制电路板的排版布局	(166)
6.4.3 Protel 99 之 PCB	(167)

6.5 印制电路板的制作方法和实习	(178)
6.5.1 印制电路板制作工艺介绍	(178)
6.5.2 印制电路板制作方法和实习	(178)
复习思考题	(181)
第7章 电子产品的结构设计	(182)
7.1 电子产品机箱结构设计	(182)
7.2 操作面板的设计与布局	(184)
7.3 电子产品的设计文件	(186)
复习思考题	(188)
第8章 电子产品的安装与调试	(189)
8.1 半导体收音机	(189)
8.1.1 半导体收音机工作原理简介	(189)
8.1.2 收音机的装配技术	(191)
8.1.3 收音机的调试	(194)
8.1.4 收音机主要技术指标的测试	(206)
8.1.5 收音机故障的判断与修理	(210)
8.2 镍镉电池自动充电器	(212)
8.2.1 工作原理	(212)
8.2.2 元件的选择	(214)
8.2.3 电路的调试	(214)
8.2.4 充电注意事项	(215)
8.3 小型直流稳压电源	(215)
8.3.1 固定输出小型直流稳压电源	(215)
8.3.2 可调小型稳压电源	(217)
8.3.3 直流稳压电源性能指标的测试方法	(221)
8.4 其他小电子产品	(223)
8.4.1 HA885(Ⅱ)T型双音频电话机	(223)
8.4.2 公共汽车语言报站器	(225)
8.4.3 对讲音乐门铃	(227)
8.4.4 液化气熄灭报警线路	(228)
8.4.5 趣味电子鸟	(229)
8.4.6 红外线遥控控制器	(230)
复习思考题	(232)

第9章 实习文档与考核方法	(234)
9.1 实习大纲的制定	(234)
9.1.1 实习大纲	(234)
9.1.2 实习任务的安排	(236)
9.2 实习报告与书写格式	(237)
9.2.1 实习报告的写作特点	(237)
9.2.2 实习报告的基本要求	(237)
9.2.3 实习报告的一般格式	(237)
9.3 实习考核和成绩评定	(238)
复习思考题	(238)
参考文献	(239)

第 1 章 安全用电

随着现代工业的发展,电力已经发挥出越来越重要的作用,用电安全问题也为越来越多的人所关注。除了少量大功率电动机使用 3 kV 和 6 kV 交流电源外,绝大多数工业、农业和日常生活中都使用低压三相四线制交流电源,其线电压 380 V,相电压 220 V。使用上述电源及电器设备时应特别重视安全用电。如果使用不当,安装不合理等都可能造成设备事故及人身伤害。掌握安全用电的常识、触电的形式及急救方法,正确使用各种电器设备是工程技术人员的基本要求。

1.1 触电及其对人体的危害

人体是导体,能通过电流。当人体直接接触带电体或者碰了漏电的电器设备,以及处在发生接地故障点附近,使人体受到电流伤害,这种现象叫做触电。

1.1.1 触电形式

常见的人体触电形式有以下几种:

1. 单相触电。人体的一部分接触了三相导线中任意一根相线,电流就从一根相线通过人体流入大地接触,称为单相触电。它的危险程度根据电压的高低、绝缘情况、电网的中性点是否接地和每相对地电容的大小等而定。

在中性点不接地电网中的单项触电,如图 1-1 所示。触电时电流经过人体通过与其他两相对地绝缘电阻而成通路。人处在线电压之下,通过人体的电流不仅决定于人体电阻,也决定于线路绝缘电阻大小。如线路对地绝缘电阻很大,人又穿橡胶底鞋时,可能不致发生危险。但若线路较长、电压较高、线路对地电容相当大时,也可能发生危险。

而在中性点接地电网中的单项触电,人接触电网中的任何一根相线,人处在电网的相电压之下,电流经过人体、大地和中性点的接地电阻形成通路而触电,如图 1-2 所示。

在触电事例中,发生单相触电的情况最多,如检修带电线路和设备时,不做好防护或接触漏电的电器设备外壳及绝缘损坏的导线,都会造成单相触电。

2. 两相触电。人体同时接触带电设备或线路中的任意两根相线时,电流从

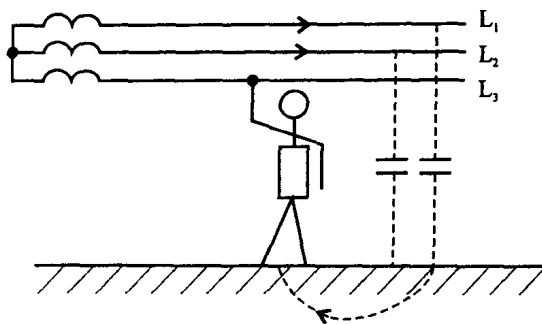


图 1-1

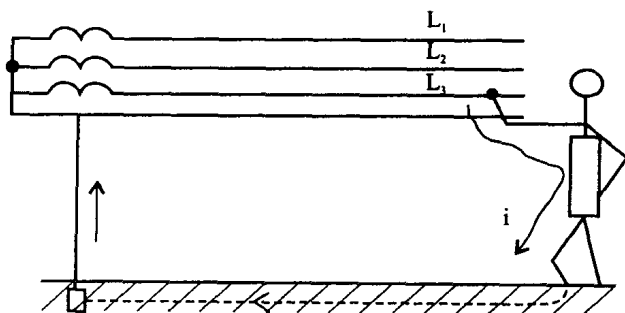


图 1-2

一根相线通过人体流入另一根相线,形成回路,这种触电方式称为两相触电,如图 1-3 所示。在这种情况下,加在人体上的电压为线电压,即比相电压大 $\sqrt{3}$ 倍,危险性极大。在高压系统中,人体同时接近两条不同相的导线时,会发生电弧放电,也属于两相触电。

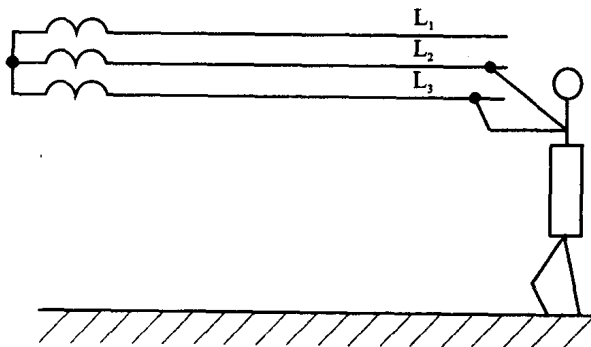


图 1-3

3. 跨步电压触电。当电器设备发生接地故障(如绝缘损坏或架空线断落于地面)或在避雷针接地体附近(正在雷击时),由于接地电流或雷击放电电流通过接地体向大地流散,在其周围形成一个强电场,其电位分布是电位从接地点向周

围扩散,逐步降低,当有人跨进这个区域时,分开的两脚间有电位差,电流从一只脚流进,从另一只脚流出而造成的触电,叫跨步电压触电,如图 1-4 所示。

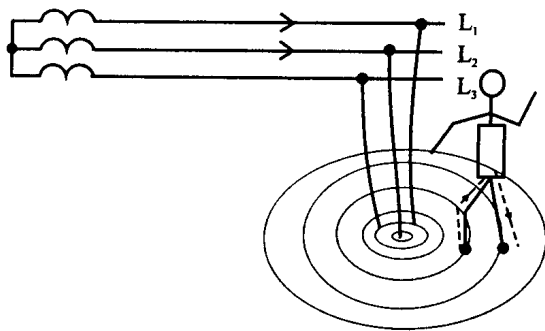


图 1-4

4. 悬浮电路上的触电。市电通过有初次级线圈相互绝缘的变压器后,从次级输出的电压零线不接地,相对于大地处于悬浮状态,若人站在地面上接触其中一根带电导线,一般没有触电感觉。但在大量的电子设备中,它是以金属底板或印刷电路板做公共接“地”端,如果操作者身体的一部分接触底板(接“地”点),另一部分接触高电位端,就会造成触电。所以在这种情况下,一般都要求单手操作。

1.1.2 触电电流对人体的伤害及有关因素

人体触电时电流对体会造成两种伤害:一种是电击,一种是电伤。电击是指电流通过人体,使内部组织受到损伤,这种伤害会造成全身发热、发麻、肌肉抽搐、神经麻痹,会引起室性纤颤(室颤)、昏迷,以致呼吸窒息,心脏停止跳动而死亡。电伤是指电流对人体外部造成的局部伤害。它是由于在电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身的作用下,使熔化和蒸发的金属微粒侵入人体皮肤局部受到灼伤、烙伤和皮肤金属化的损伤,严重的也能致命。

人体对电流的反应是非常敏感的。触电时,电流对人体的伤害程度与下列因素有关。

1. 不同强度电流对人体的危害程度。通过人体的电流愈大,人体的生理反应愈明显,感觉愈强烈,致命的危险性愈大。

按照通过人体的电流大小,并根据人体此时呈现出的生理反应,将电流大致分为以下三种。

(1)感觉电流。使人体有感觉的最小电流称为感觉电流。一般人体通过工频电流 1 mA 或 5 mA 直流电时就会使人有麻木的感觉。

(2)摆脱电流。人体触电后能自主摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。一

一般为 10 mA 左右。

(3)致命电流。在较短的时间内,危及生命的最小电流称为致命电流。在一般情况下,人体通过 50 mA 的工频电流一定时间就可使人致命。工频 100 mA 的电流通过人体时,心脏就会停止跳动,发生昏迷,很快使人致命。

2. 电流通过人体的持续时间对人体的危害程度。电流通过人体的伤害与电流作用于人体时间的长短有密切的关系。通电时间愈长,触电的伤害程度就愈严重。

3. 电流频率对人体的危害程度。直流电流、高频电流、冲击电流和静电电荷对人体都有伤害作用,其伤害程度一般较工频电流轻。实践证明,频率为 25~300 Hz 的电流最危险,随着频率的升高危险性将愈小。常用的 50~60 Hz 的工频交流电对人体的伤害最为严重。

4. 不同电流途径对人体的危害程度。电流通过心脏会引起心室颤动,电流较大还会使心脏停止跳动而导致死亡;电流通过中枢神经或有关部位,会引起中枢神经系统强烈失调而导致死亡;电流通过头部会使人昏迷甚至死亡;电流通过脊髓,会使人截瘫。其中以对心脏的危害最严重,因此,从左手到前胸的途径最短,也最危险。从脚到脚则是危险性相对较小的电流途径。

5. 不同电压的电流对人体的伤害程度。当人体电阻数值一定时,作用于人体的电压愈高,则通过人体的电流就愈大。如果作用于人体的电压随着升高,人体电阻将会急剧下降,于是通过人体的电流即迅速增加,对人体的危害程度更严重。

1.2 接地与接零

1. 接地概念。电力系统为了保证电气设备的可靠运行和人身安全,不论在发电、供(输)电、变电、配电,都需要有符合规定的接地。所谓接地就是将供、用电设备、防雷装置等的某一部分通过金属导体组成接地装置与大地的任何一点进行良好的连接。与大地连接的点在正常情况下均为零点位。

由于电力系统的中性点运行方式不同,接地可分两类:一类是三相电网中性点直接接地系统,另一类是中性点不接地系统。

2. 接地种类。接地种类主要有四种,工作接地、保护接地、重复接地和保护接零。

(1)工作接地。通常为了用电安全,电力系统均将中性点接大地,称之为工作接地。接地电阻一般小于 $4\ \Omega$ 。

(2)保护接地。为防止电气设备因绝缘损坏使人体遭受触电危险而装设的

接地体,称为保护接地。如电气设备正常情况下不带电的金属外壳机构等的接地即属于保护接地。

(3)重复接地。当电源变压器离用户较远时,为防止中线断线或线路电阻过大,应在用户附近将中线再接地(图 1-5)。

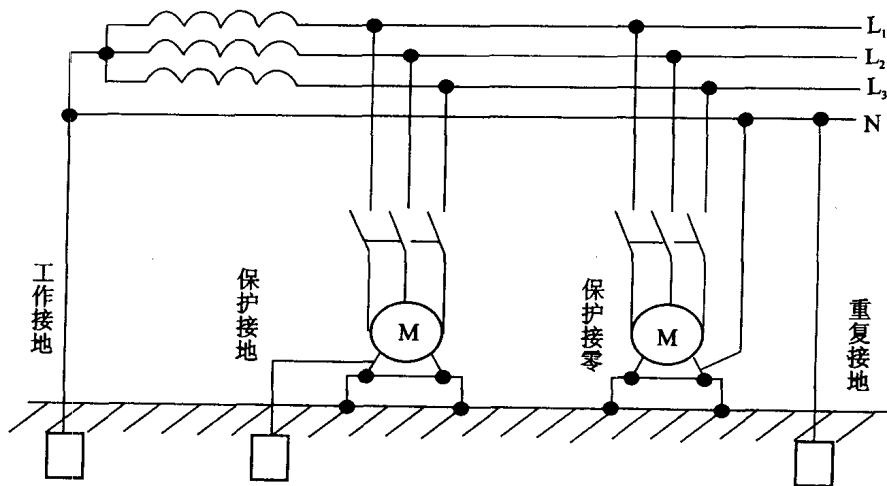


图 1-5 工作接地、保护接地、保护接零、重复接地

(4)保护接零。为防止电气设备因绝缘损坏而使人体遭受触电危险,将电气设备在正常情况下不带电的金属部分与电网的零线相连接,称为保护接零。

3. 接地方式的应用。在 10 kV、0.4 kV 供、用电系统中,为了保证电力系统及电气设备的正常运行和人身安全的防护接地措施,如保护接地、保护接零等。

(1)接地的应用。保护接地是一种重要的技术安全措施,无论在高压或低压系统、交流或直流系统以及在防止静电方面等,都得到了广泛的应用。在电力系统中,保护接地主要应用于三相三线制电网,在三相三线制中性点不接地系统中,如电气设备因绝缘损坏而使金属外壳带电时,人体误触及该设备外壳,电流就会通过人体与大地和电网之间的阻抗(对地电容和绝缘电阻并联阻抗)构成回路,造成触电危险,在 1000 V 以下三相中性点不接地系统中,一般情况时,这个回路电流不大,但是如果电网对地绝缘电阻过低或电网系统很大、线路较长(电容电流大),也可能造成触电致命的危险。

当漏电设备采用了保护接地措施(图 1-6),漏电设备对地电压主要决定于保护接地电阻的大小,只要适当控制接地电阻的大小,就能将漏电设备的对地电压限制在安全范围以内。此时,当人体与机壳相接触时,因接地电阻很小,远小于人体电阻,电流绝大部分通过接地线入地,从而保护了人身安全。

(2)保护接零的应用。保护接零在中性点直接接地,电压为 380/220 V 的三

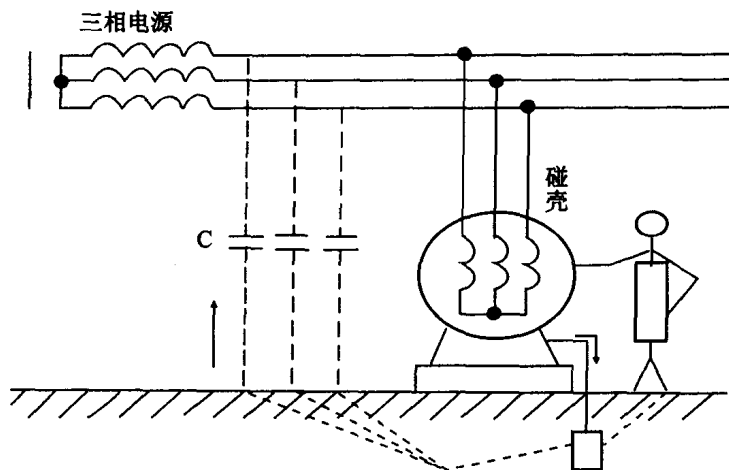


图 1-6

相四线制配电系统中,得到广泛的应用。它是一种重要的安全技术措施。设计规范规定,在电压为 1000 V 以下的中性点直接接地的电气装置中,电气设备的外壳,除另有规定者外,一定要使电气设备的接地中性点有金属连接,即保护接零。当电气设备在运行中意外发生某相带电部位碰连设备外壳时,通过设备外壳形成相线对零线的单相短路,短路电流瞬间使保护装置(熔断器、自动空气断路器)动作,切断故障设备电源,消除了触电的危险。为确保接零保护的安全可靠,在实施中应满足下列技术要求:

①保护接零措施只适用于三相四线制中性点直接接地系统(图 1-7)。

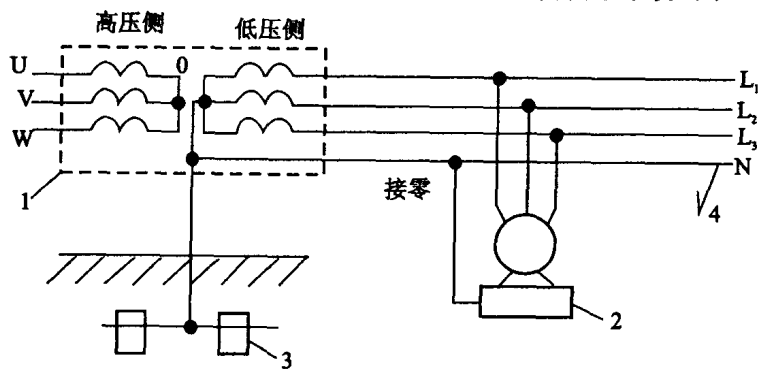


图 1-7

1——变压器;2——电动机;3——接地装置;4——零线;0——零点。

②采用保护接零时,零线在规定的位置必须进行重复接地。

③采用保护接零时,应确保零线连接不中断,零线上不得装接开关或熔断器。

④采用保护接零时,为保证自动切除线路故障段,接地线和零线的界面应保证在发生单相接地短路时,低压电网任意一点的最小短路电流,不应小于最近处熔断器熔体额定电流的4倍或不应小于自动开关瞬时或短延时动作电流的1.5倍。接地线和零线在短路电流下,应符合热稳定的要求。三相四线系统主干零线的截面,不得小于相线截面的二分之一。

⑤接至用电设备的保护零线应有足够的机械强度,应尽量按IEC标准选择零线的截面和材质,架空敷设的保护零线应选用截面不小于 10 mm^2 的铜芯线,穿管敷设的保护零线应选用截面不小于 4 mm^2 的铜芯线。若采用铝芯线,截面应按高一个等级选择。

⑥为提高保护接零的可靠性,有条件的应采用IEC标准中的TN-S系统接零保护方式,即将380/220 V供电系统中的工作零线 and 保护零线分开,采用三项五线制供电方式,将电气设备的外壳和专用保护零线相连接。

⑦在同一台变压器供电的三相接零保护系统中,不允许将一部分电气设备的接地部位采用保护接零,而将另一部分电气设备的接地部位采用保护接地。因为,在同一个接零系统中,若采用保护接地的电气设备,一旦发生绝缘损坏而漏电时,接地电流通过大地与变压器工作接地形成回路,使整个零线上出现危险电压,从而使采用保护接零的电气设备的接地部位电位升高,威胁人身的安全。

⑧单相三线式插座上的保护接零端,在接用零线保护时,不准与工作零线端相封接。工作零线与保护零线应分别敷设。这样,可以防止零线与相线偶然接反时发生电气设备金属外壳的带电危险,也可防止零线松脱、断落时使电气设备金属外壳有带电的危险。家用电器的三线插座与插头:配电箱进线处零线接大地,配电箱出线引出火线,工作零线 and 保护零线(也称地线)。插座和插头的正确接法如图(1-8)所示。

4. 接地装置和接零装置。接地装置有接地体和接地线(包括地线网)组成。接零装置有接地体和零线网(不包括工作零线)组成。

凡埋设在地下与土壤有紧密接触的金属管道(流经可燃或爆炸性介质的管道除外)、建筑物的金属桩及直接埋设在地下的电缆金属外皮(铝外皮除外)等,均可作为自然接地体使用。

人工接地体可采用钢管、圆钢、角钢及扁钢等制成。一般情况下,接地体宜垂直埋设,垂直接地体的深度以2.5 m左右为宜。垂直的人工接地体通常不少于两根,相互间的距离以2.5~3 m为宜。多岩石地区,接地体可水平埋设,埋设深度通常不应小于0.6 m。在地下的接地体不应涂漆。

在地下,不得采用裸铝导体做接地体、接地线或接零线。携带式电气设备的接零线及接地线,应采用绝缘多股软铜线,最小截面为 $0.5\sim 1\text{ mm}^2$ 。

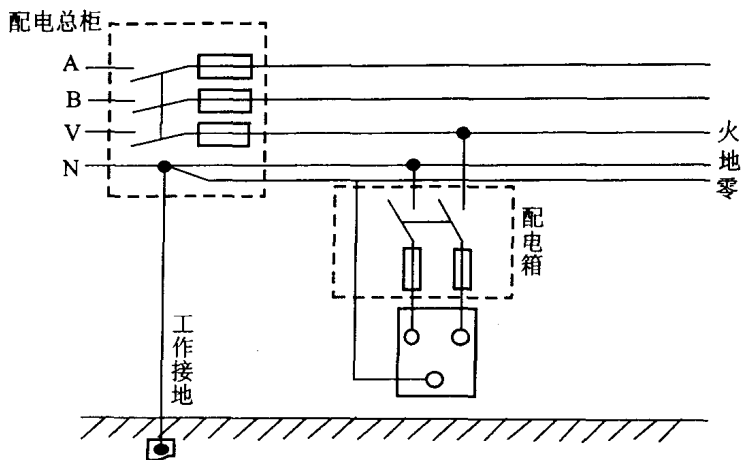


图 1-8

通常,电气设备的接地装置不可与防雷接地装置混用,而且两者应相距 3~5 m 以上,以免雷击时,在电气设备上呈现危险电压。但对于高层建筑物,电气设备的接地装置和防雷接地装置就难于分开,而是连在一起的。这类高层建筑物的柱、梁、板和桩基中的钢筋,可靠连接成一个整体的金属框架,在地面以上的部分宜兼避雷针、带或网的引下线,对雷电流有较好的分流作用。

1.3 安全用电常识

1.3.1 安全常识

1. 安全电流。根据科学实验和事故分析得出不同数值的电流对人体危害的特征,确定额外 50~60 Hz 的交流电 10 mA 和直流电 50 mA 为人体的安全电流。也就是说,人体通过电流小于安全电流时对人体是安全的。

2. 安全电压。从安全角度来看,确定对人的安全条件,不用安全电流而用安全电压,因为影响电流变化的因素很多,而电力系统的电压通常是恒定的。我国确定的安全电压规范是:36、24、12 V。一般 36 V 以下电压不会造成人员伤亡,故称 36 V 为安全电压。

3. 人体电阻。通过人体的电流决定于触电时的电压和人体电阻。影响人体电阻值的因素很多,并因人而异。一般人的表皮角质层电阻约为 $1 \sim 1 \times 10^4 \Omega$,但角质层极易破坏,皮肤潮湿多汗均会降低人体电阻,触点时间越长,发热出汗越多,人体电阻越小。除角质层电阻外,一个正常人的电阻一般在 800~1000 Ω 左右。