



高职高专电子类专业“十二五”规划教材

电工电子 技术应用基础

DIANGONGDIANZIJIISHUYINGYONGJICHU

GAOZHIGAOZHUANDIANZILEIZHUANYESHIERWUGUIHUAJIAOCAI

主编 王少华

主审 熊小艳 高岳民



中南大学出版社
www.csupress.com.cn





高职高专电子类专业“十二五”规划教材

电工电子 技术应用基础

DIANGONGDIANZIJIISHUYINGYONGJICHU

主 编 王少华

副主编 李 浩 刘丽敏 王朝红

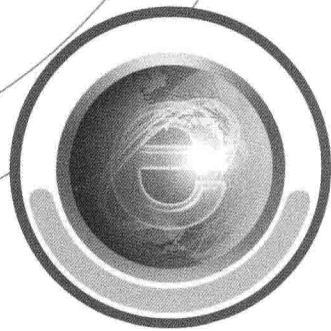
吴沁园 董学义 刘红武

李 果 姜世杰 肖美根

主 审 熊小艳 高岳民



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术应用基础/王少华主编. —长沙:中南大学出版社,
2012. 8

ISBN 978-7-5487-0600-7

I. 电... II. 王... III. ①电工技术—高等职业教育—教材
②电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 179652 号

电工电子技术应用基础

王少华 主编

☐责任编辑 陈应征

☐责任印制 文桂武

☐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:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 20 ☐字数 496 千字☐插页 2

☐版 次 2012 年 8 月第 1 版 ☐2012 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0600-7

☐定 价 38.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

“电工电子技术”是一门重要的应用技术基础课程，其目的是培养学生具备较高水平的电工电子应用技术理论基础及基本技能。

本书从高等职业教育人才培养目标出发，贯彻“理论与实践”并重的高职教育教学理念，采取精简理论讲解、介绍必备知识、注重技能应用、提高职业素养的课程开发思路，以“应用知识+任务实施+作品检验(考核评价)”的课程结构和理实一体化的教学设计，运用讲练结合的方法，让学生在体验中学习，在实践中提高，突出学生职业素养培养，是一本以学生为主体、以技能为核心、以职业素养为目标，理实一体、深浅合适、颇具高职特色的规划教材。

编者根据自己多年的教学经验，结合职业教育的特点和要求，对教学内容进行了精选，对书中的实施任务做了合理安排。全书共分电工技术、电子技术上下两篇，九个模块，特别是在上篇中适当增加了常用低压电器、基本电气控制线路知识，为非电类专业学生通过本书的学习具备中级电工基本技能提供了帮助。在编写过程中，力求叙述清楚，分析准确，尽量减少数理论证，做到深入浅出，通俗易懂，理论联系实际。书中带*号的内容可根据学时数的多少和专业需要进行选修。

本书由湖南生物机电职业技术学院王少华任主编，负责全书统稿。上篇中的模块一由湖南生物机电职业技术学院李果编写，模块二由长沙航空职业技术学院王朝红编写，模块三由河南周口职业技术学院董学义编写，模块四由湖南生物机电职业技术学院姜世杰编写，模块五由湖南生物机电职业技术学院王少华编写；下篇中的模块一由湖南生物机电职业技术学院刘丽敏编写，模块二由湖南生物机电职业技术学院李浩编写，模块四由湖南化工职业技术学院吴沁园编写，郴州市第一人民医院刘红武参加附录编写及协助统稿工作。

本书由熊小艳、高岳民主审，主审对书稿进行了认真的审阅，并提出了很多宝贵的意见和建议，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中不足和疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2012年7月

目 录

上篇 电工技术部分

模块一 电工技术基本技能	(3)
一、模块描述	(3)
二、知识准备	(3)
1 电力系统概述	(3)
1.1 发电厂和电力系统概述	(3)
1.2 工厂供电系统概述	(5)
1.3 用电负荷与低压供配电系统	(7)
2 常用电工仪表的使用	(9)
2.1 万用表	(9)
2.2 兆欧表	(10)
2.3 钳形电流表	(11)
2.4* 接地电阻测试仪	(11)
3 电工安全必备知识	(12)
3.1 电流对人体的伤害	(12)
3.2 触电方式	(12)
3.3 触电预防措施	(14)
3.4 触电急救	(15)
3.5* 雷电概念及防护知识	(18)
三、任务实施	(20)
任务1 常用电工仪表的使用	(20)
四、模块习题	(21)
模块二 直流电路	(22)
一、模块描述	(22)
二、知识准备	(22)
1 电路的基本概念及基本定律	(22)
1.1 电路的基本概念	(22)
1.2 电路中的工作状态	(27)
1.3 电路的基本元件	(28)

1.4 基尔霍夫定律	(34)
2 直流电路的分析方法	(36)
2.1 电阻的串、并联	(36)
2.2 支路电流法	(39)
2.3 戴维南定理	(40)
三、任务实施	(42)
任务1 元件的识别与线性电阻伏安特性的测量	(42)
四、模块习题	(44)
模块三 交流电路	(48)
一、模块描述	(48)
二、知识准备	(48)
1 正弦交流电	(48)
1.1 正弦交流电概述	(48)
1.2 单元件正弦交流电路特性	(52)
1.3 正弦交流电路的分析	(57)
2 三相交流电路	(65)
2.1 三相电源	(65)
2.2 三相负载的连接	(67)
三、任务实施	(71)
任务1 日光灯电路	(71)
四、模块习题	(75)
模块四 电动机 变压器	(77)
一、模块描述	(77)
二、知识准备	(77)
1 电动机	(77)
1.1 三相异步电动机	(77)
1.2 单相异步电动机	(88)
1.3 特种电机	(91)
2 变压器	(92)
2.1 变压器的基本结构、类型与工作原理	(93)
2.2 变压器的应用	(97)
2.3 特殊变压器	(97)
三、任务实施	(101)
任务1 三相异步电动机的铭牌识读、拆装、绕组首尾端的判别	(101)
四、模块习题	(105)

模块五 常用低压电器、基本电气控制线路	(106)
一、模块描述	(106)
二、知识准备	(106)
1 低压配电电器	(106)
1.1 低压电器的基本知识	(106)
1.2 开关	(108)
1.3 低压断路器	(111)
1.4 熔断器	(113)
2 低压控制电器	(115)
2.1 主令电器	(115)
2.2 交流接触器	(117)
2.3 继电器	(120)
2.4 热继电器	(124)
2.5 速度继电器	(125)
2.6 主令控制器和凸轮控制器	(126)
3 基本电气控制线路	(127)
3.1 点动与长车控制	(127)
3.2 正反转控制	(129)
3.3 顺序控制	(131)
3.4 两地与多点控制	(132)
3.5 自动往复循环控制	(133)
4 三相异步电动机启动控制电路	(136)
4.1 笼型异步电动机启动控制线路	(136)
4.2* 三相绕线型异步电动机启动控制线路	(143)
三、任务实施	(148)
任务1 常用低压电器的识别与拆装	(148)
任务2 复合连锁正反转控制线路装调	(149)
任务3 Y- Δ 降压启动控制线路安装	(152)
四、模块习题	(154)

下篇 电子技术部分

模块六 半导体器件基本知识	(159)
一、模块描述	(159)
二、知识准备	(159)
1 半导体器件基本知识	(159)
1.1 半导体二极管	(159)

1.2 半导体三极管	(163)
1.3* 特殊半导体器件	(166)
1.4 常用半导体器件的简易测试方法	(167)
三、任务实施	(168)
任务1 常用半导体器件的简易测试	(168)
四、模块习题	(169)
模块七 模拟电路	(171)
一、模块描述	(171)
二、知识准备	(171)
1 基本放大电路	(171)
1.1 基本放大电路的构成与工作原理	(171)
1.2 分压式偏置放大器	(175)
1.3 射极输出器	(176)
1.4 场效应管放大电路	(177)
1.5 多级放大电路	(178)
1.6 差动放大电路	(180)
1.7 互补对称功率放大电路	(182)
2 集成运算放大器及其应用	(187)
2.1 集成运算放大器简介	(187)
2.2 集成运放的理想模型与主要参数	(188)
2.3 放大电路中的反馈	(189)
2.4 集成运放电路的应用	(195)
3 直流稳压电源	(210)
3.1 直流稳压电源的组成与作用	(210)
3.2 直流稳压电路	(210)
3.3 计算机电源介绍	(215)
三、任务实施	(216)
任务1 示波器等仪器仪表的使用	(216)
任务2 自制交流调光台灯的调试	(218)
四、模块习题	(220)
模块八 数字电路	(223)
一、模块描述	(223)
二、知识准备	(223)
1 数字电路概述	(223)
1.1 数字信号与数字电路	(223)
1.2 数制与码制	(224)
1.3 基本逻辑关系及其门电路	(227)

1.4 逻辑函数及其化简	(232)
2 组合逻辑电路	(234)
2.1 组合逻辑电路的分析与设计	(234)
2.2 组合逻辑电路部件	(237)
3 时序逻辑电路	(246)
3.1 双稳态触发器	(246)
3.2 寄存器	(253)
3.3 计数器	(254)
3.4 集成计数器	(258)
3.5 时序逻辑电路的应用	(261)
三、任务实施	(264)
任务1 TTL 门电路逻辑功能测试	(264)
任务2 编码器、译码器及其应用	(266)
任务3 计数器及其应用	(269)
四、模块习题	(272)
模块九 典型电路及应用	(274)
一、模块描述	(274)
二、知识准备	(274)
1 典型集成电路及其应用	(274)
1.1 555 集成电路介绍	(274)
1.2 555 集成电路的应用	(276)
1.3 只读存储器(ROM)	(280)
1.4 随机存取存储器(RAM)	(285)
1.5 可编程逻辑器件(PLD)	(289)
2 数/模与模/数转换	(293)
2.1 数-模(D/A)转换器	(294)
2.2 模-数(A/D)转换器	(297)
三、任务实施	(300)
任务1 用555 集成电路设计一个消防报警器	(300)
四、模块习题	(301)
附录一 半导体器件命名方法	(303)
附录二 常用符号一览表	(304)
附录三 常用词汇英汉对照表	(308)
参考文献	(311)

上篇

电工技术部分

模块一 电工技术基本技能

一、模块描述

本模块分三个部分，分别介绍发电厂及其电力系统，工厂供电系统，低压配电系统；常用电工仪表的使用，包括万用表、兆欧表、钳形电流表、接地电阻测试仪；电工安全的必备知识，包括触电的预防和急救，雷电的防护等。

二、知识准备

1 电力系统概述

1.1 发电厂和电力系统概述

1.1.1 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的一次能源转换为电能的工厂。根据一次能源的不同，可将发电厂分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、风能发电厂、太阳能发电厂、地热发电厂等。目前，我国电力能源主要是由火力发电厂与水力发电厂提供。由于火力发电厂的一次能源是煤炭，给自然环境、交通运输带来较大的压力，火力发电厂在电力能源中的比重将会逐步降低。国家对电力能源的发展是积极发展核电和水电，全面发展新能源，开展生物制能，鼓励风力发电、太阳能发电等节能环保的发电方式。生物发电也是我国电力能源发展的一个有效的补充。

现以水力、火力发电厂为例简述电能的生产过程。

水力发电厂是把水的位能和动能转换成电能的工厂，它的基本生产过程是：从河流高处或水库内引水，利用水的压力或流速冲动水轮机旋转，将水能转变成机械能，然后水轮机带动发电机旋转，将机械能转变成电能，如图 1-1 所示。目前我国最大的水力发电厂是三峡，装机容量 1820 万 kW，26 台 70 万 kW 机组。

火力发电厂是利用燃料（主要是煤）的化学能来生产电能的。它的生产过程是：把煤块粉碎成煤矿粉，煤矿粉在炉膛内充分燃烧，将锅炉中的水加热成高温、高压蒸汽，燃料的化学能转化为蒸汽的热能。蒸汽经过管道送入汽轮机，推动其旋转。汽轮机与发电机是联轴的，带动发电机转子转动。这样，汽轮机旋转的机械能就转换成了电能，如图 1-2 所示。

1.1.2 电力系统

所谓电力系统，就是由发电、变电、输电、配电和用电五个环节组成的电能生产与消耗的系统。在电力系统中，电能的生产，即发电，是由发电厂来完成的；电能电压的变换，

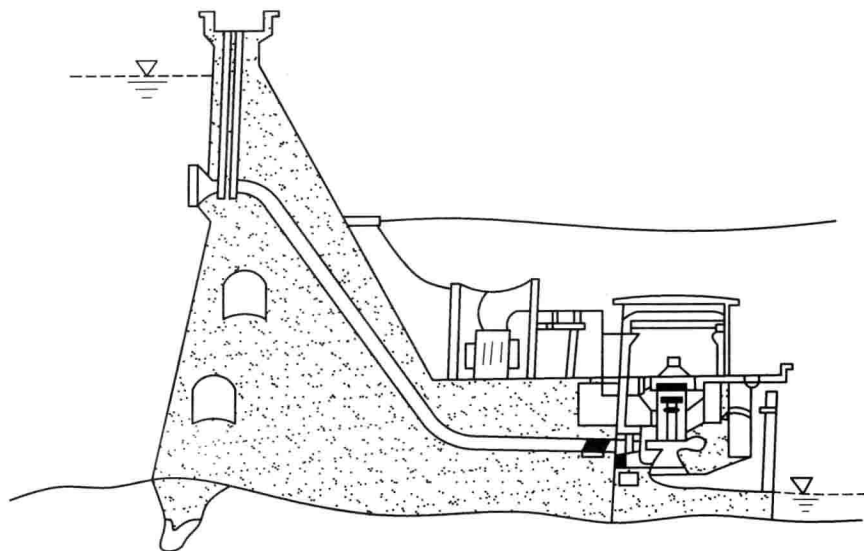


图 1-1 水力发电厂示意图

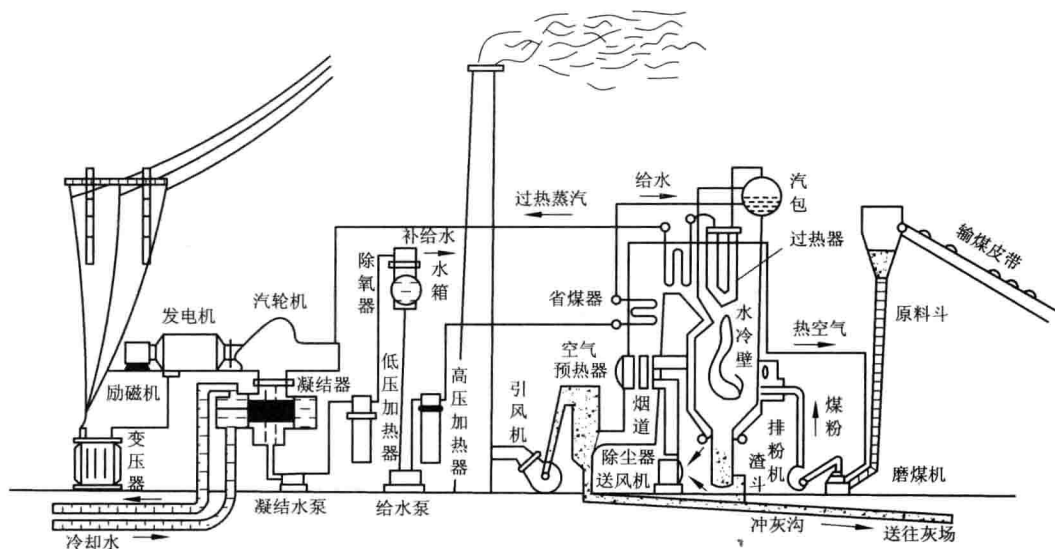


图 1-2 火力发电厂示意图

即变电，是由变电站完成的；输电和配电是由电力网来完成的；最后由用户来使用电能。

在电力系统中，如果每个发电厂孤立地向用户供电，其可靠性不高。如当某个电厂发生故障或停机检修时，该地区将被迫停电，因此为了提高供电的安全性、可靠性、连续性、运行的经济性，并提高设备的利用率，减少整个地区的总备用容量，常将很多发电厂、电力网和电力用户连成一个整体。这里由发电厂、电力网和电力用户组成的统一整体称为电力系统。典型的电力系统如图 1-3 所示。

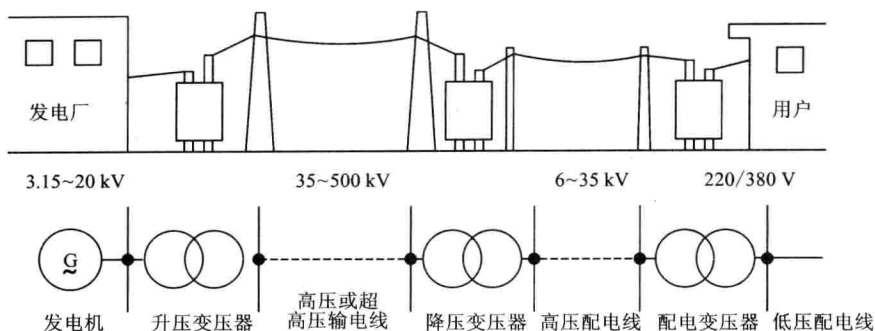


图 1-3 电力系统示意图

电能是由发电厂的发电机组产生的。发电厂发电可利用不同的自然资源,为了合理地利用自然资源,发电厂一般都建在资源丰富的地方。但是用电地区可能离发电厂很远,这就需要将发电厂发出的电能输送到用电地区。输电距离可能达到几十、几百甚至几千公里。目前,由于受到材料绝缘性能的限制,发电机发出的电压等级通常为 6 kV、10 kV。在输送功率一定的情况下,输送的电压越高,输电线路中通过的电流就越小,这样就可以减小输电导线的截面积,节约材料,又可以减少导线因发热而产生的电能损耗。因此,发电厂生产出来的电能需要升高电压(如 110 kV, 220 kV, 330 kV 甚至为 500 kV 等),电能输送到用电区以后,再经变电所的降压变压器把电压降为较低的电压(如 6 kV、10 kV),把电能分配给用电工厂或生活小区的配电所,配电所的降压变压器再把电压降为用户能使用的 380 V/220 V。

通常,把升压变压器、输电线路及降压变电所叫做电力网,简称电网。电网是发电厂和用户之间的中间环节,起着输送和分配电能的作用。目前我国电力网标准电压等级有: 0.22 kV、0.38 kV、3 kV、6 kV、10 kV、35 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV、750 kV 等,习惯上把 1 kV 以下的电压叫做低压,把 1 kV 以上的电压叫做高压。

1.2 工厂供电系统概述

1.2.1 工厂供电的意义和要求

工厂是电力用户,它接受从电力系统送来的电能。工厂供电就是指工厂把接受的电能进行降压,然后再进行供应和分配。工厂供电是企业内部的供电系统。

工厂供电工作要很好地为工业生产服务,切实保证工厂生产和生活用电的需要,并做好节能工作,这就需要有合理的工厂供电系统。合理的供电系统需达到以下基本要求:

- (1)安全:在电能的供应分配和使用中,不应发生人身和设备事故。
- (2)可靠:应满足电能用户对供电的可靠性要求。
- (3)优质:应满足电能用户对电压和频率的质量要求。
- (4)经济:供电系统投资要少,运行费用要低,并尽可能地节约电能和材料。此外,在供电工作中,应合理地处理局部和全部、当前和长远的关系,既要照顾局部和当前利益,又要顾全大局,以适应发展要求。

1.2.2 工厂供电系统组成

工厂供电系统由高压及低压两种配电线路、变电所(包括配电所)和用电设备组成。一

般大、中型工厂均设有总降压变电所,把 $35 \sim 110 \text{ kV}$ 电压降为 $6 \sim 10 \text{ kV}$ 电压,向车间变电所或高压电动机和其他高压用电设备供电,总降压变电所通常设有一两台降压变压器。

在一个生产车间内,根据生产规模、用电设备的布局 and 用电量的大小等情况,可设立一个或几个车间变电所(包括配电所),也可以几个相邻且用电量不大的车间共用一个车间变电所。车间变电所一般设置一两台变压器(最多不超过三台),其单台容量一般为 1000 kVA 或 1000 kVA 以下(最大不超过 1800 kVA),将 $6 \sim 10 \text{ kV}$ 电压降为 $220/380 \text{ V}$ 电压,对低压用电设备供电。一般大、中型工厂的供电系统如图 1-4 所示。

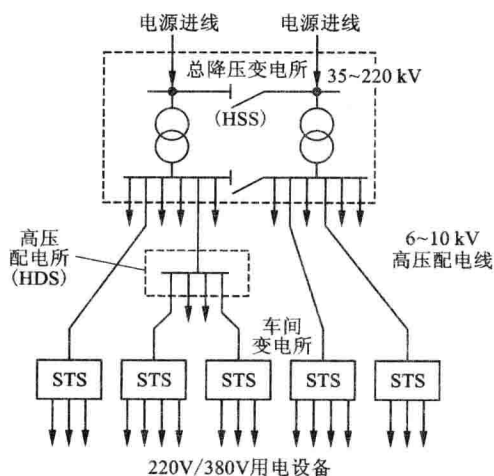


图 1-4 大、中型工厂供电系统图

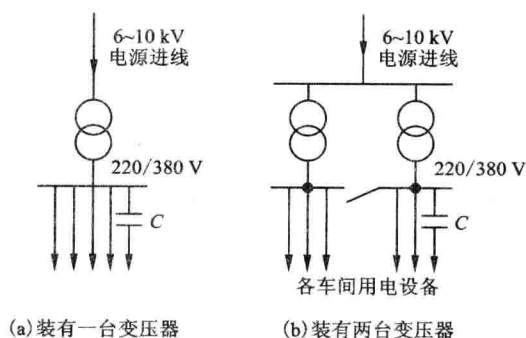


图 1-5 小型工厂供电系统图

小型工厂,所需容量一般为 1000 kVA 或稍多,因此,只需设一个降压变电所,由电力网以 $6 \sim 10 \text{ kV}$ 电压供电,其供电系统如图 1-5 所示。

变电所中的主要电气设备是降压变压器和受电、配电设备及装置。用来接受和分配电能的电气装置称为配电装置,其中包括开关设备、母线、保护电器、测量仪表及其他电气设备等。对于 10 kV 及 10 kV 以下系统,为了安装和维护方便,总是将受电、配电设备及装置做成成套的开关柜。

工业企业高压配电线路主要作为厂区内输送、分配电能之用。高压配电线路应尽可能采用架空线路,因为架空线路建设投资少且便于检修维护。但在厂区内,由于对建筑物距离的要求和管线交叉、腐蚀性气体等因素的限制,不便于架设架空线路时,可以敷设地下电缆线路。

工业企业低压配电线路主要作为向低压用电设备输送、分配电能之用。户外低压配电线路一般采用架空线路,因为架空线路与电缆相比有较多优点,如成本低、投资少、安装容易、维护和维修方便、易于发现和排除故障。电缆线路与架空线路相比,虽具有成本高、投资大、维修不便等缺点,但是他具有运行可靠、不易受外界影响、不需架设电杆、不占地面空间、不碍观瞻等优点,特别是在有腐蚀性气体和易燃、易爆场所,不宜采用架空线路时,则只有敷设电缆线路。随着经济的发展,在现代化工厂中,电缆线路得到了越来越广泛的应用。在车间内部则应根据具体情况,或用明敷配电线路或用暗敷配电线路。

在工厂内,照明线路与电力线路一般是分开的,可采用 220 V/380 V 三相四线制,尽量由一台变压器供电。

变(配)电所是联系发电厂与用户的中间环节,他起着变换与分配电能的作用。本节仅介绍常见的 10 kV 变电所。10 kV 变电所主要由变压器、高压开关柜(断路器)、低压开关柜(隔离开关、空气开关、电流互感器、计量仪表)、母线等组成。

1.3 用电负荷与低压供配电系统

1.3.1 用电负荷的分级

不同的用户,对供电可靠性的要求不一样。根据用户对供电可靠性的要求及中断供电造成的危害或影响的程度,我们把用电负荷分为三级:

(1)有下列情况之一者为一级负荷

- ①中断供电将造成人身伤亡。
- ②在政治、经济上造成重大损失。
- ③影响有重大政治、经济意义的用电单位的正常工作的用电负荷。

在一级负荷中,当中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所不允许中断供电的负荷,应视为特别重要的负荷。

(2)有下列情况之一者为二级负荷

- ①中断供电将在政治上、经济上造成较大损失时。
- ②中断供电将影响重要用电单位的正常工作。

(3)三级负荷

不属于一级和二级负荷的一般负荷,即为三级负荷。

在上述三类负荷中,一级负荷应采用两个电源供电;当一个电源发生故障时,另一个电源不应同时受到损坏。一般把重要的医院、铁道信号、大型商场、体育馆、影剧院,重要宾馆和电信电视中心列为一级负荷。如指挥火车运行的车站信号楼内的信号、通信设备用电源,可采用铁路专用的自闭线、贯通线两路电源供电。

对特别重要负荷,除采用两个独立电源外,还应增设应急电源。对于二级负荷,一般由两个回路供电,两个回路的电源线应尽量引自不同的变压器或两段母线。对于三级负荷无特殊要求,采用单电源供电即可。

1.3.2 常用的低压供配电系统

国际电工委员会(IEC)对建筑工程所使用的低压供电系统作了统一规定,分为 TT 系统、TN 系统、IT 系统。其中 TN 系统又分为 TN-C、TN-S、TN-C-S 系统。下面对各种供电系统做一个扼要的介绍。

TT 方式供电系统是指将电气设备的金属外壳直接接地的保护系统,也称为保护接地系统。用 TT 表示,这种接地系统目前很少采用。TN 方式供电系统是将电气设备的金属外壳与工作零线相接的保护系统,也称作接零保护系统,用 TN 表示。一旦设备出现外壳带电,接零保护系统能将漏电电流上升为短路电流,这个电流很大,是 TT 系统的 5.3 倍,实际上就是单相对地短路故障,熔断器的熔丝会熔断,低压断路器的脱扣器会立即动作而跳闸,使故障设备断电,比较安全。IT 方式供电系统中,I 表示电源侧没有工作接地,或经过高阻抗接地。第二个字母 T 表示负载侧电气设备进行接地保护。

在 TN 方式供电系统中,根据其保护零线是否与工作零线分开而划分为 TN-C、TN-S

和 TN - C - S 三种供电系统。

(1) TN - C 方式供电系统 它是用工作零线兼作接零保护线, 可以称作保护中性线, 可用 PEN 表示, 如图 1 - 6 所示。

(2) TN - S 方式供电系统 它是把工作零线 N 和专用保护线 PE 严格分开的供电系统, 称作 TN - S 供电系统, 即三相五线制供电系统, 如图 1 - 7 所示。

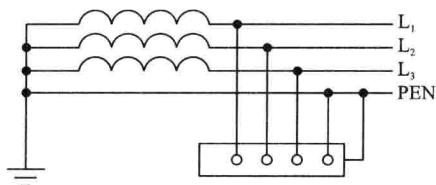


图 1 - 6 TN - C 供电系统示意图

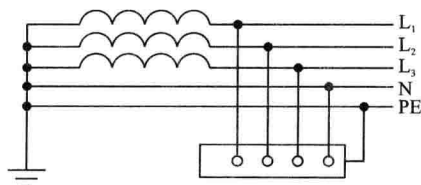


图 1 - 7 TN - S 供电系统示意图

TN - S 供电系统的特点如下:

①系统正常运行时, 专用保护线上没有电流, 只是工作零线上有不平衡电流。PE 线对地没有电压, 电气设备金属外壳接零保护是接在专用的保护线 PE 上, 安全可靠。

②工作零线只用作单相照明负载回路。

③专用保护线 PE 不许断线, 也不许进入漏电开关。

④干线上使用漏电保护器, 工作零线不得有重复接地, 而 PE 线有重复接地, 但是不经过漏电保护器, 所以 TN - S 系统供电干线上也可以安装漏电保护器。

⑤TN - S 方式供电系统安全可靠, 适用于工业与民用建筑等低压供电系统。在建筑工程施工前的“三通一平”(电通、水通、路通和地平——必须采用 TN - S 方式供电系统)。

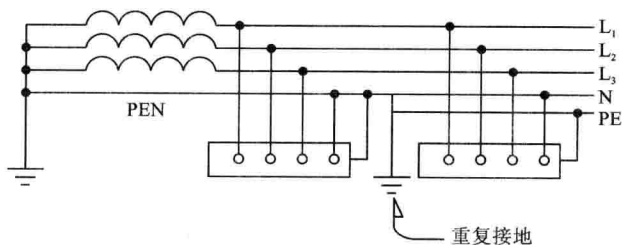


图 1 - 8 TN - C - S 供电系统示意图

(3) TN - C - S 供电系统 它指电气设备的工作零线和保护零

线在整个供电系统中, 一部分功能合一, 一部分分开的供电系统, 即由三相四线制供电系统变为局部的三相五线制供电系统, 如图 1 - 8 所示。

TN - C - S 方式供电系统, 在建筑施工临时供电中, 如果前部分是 TN - C 方式供电, 而施工规范规定施工现场必须采用 TN - S 方式供电系统, 则可以在系统后部分现场总配电箱分出 PE 线, TN - C - S 系统的特点如下:

①PE 线在任何情况下都不能进入漏电保护器, 因为线路末端的漏电保护器动作会使前级漏电保护器跳闸造成大范围停电。

②对 PE 线除了在总箱处必须和 N 线相接以外, 其他各分箱处均不得把 N 线和 PE 线相连, PE 线上不许安装开关和熔断器。

通过上述分析, TN - C - S 供电系统是在 TN - C 系统上临时变通的做法。当三相电力变压器工作接地情况良好、三相负载比较平衡时, TN - C - S 系统在施工用电实践中效果