

教 育 部 规 划 教 材

中等职业学校电工专业(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

变配电设备运行与维护



全国中等职业学校电工专业教材编写组 编

胡增涛 主编

高等教育出版社



教育部规划教材
中等职业学校电工专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

变配电设备运行与维护

全国中等职业学校电工专业教材编写组 编
胡增涛 主编

高等教育出版社

(京) 112 号

内 容 简 介

本书是中等职业学校电工专业教材,是教育部规划教材。

本书主要介绍工矿企业供电的基础知识和变配电设备的运行与维护。内容包括电力系统概述、工矿企业变配电所的接线和布置、变配电所的高压设备、工矿企业供电的保护装置和二次系统、工矿企业供电系统的经济运行、安全用电和技术管理等。

本书根据行业部门与劳动部门最新颁发的有关维修电工中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范,结合中等职业学校教学特点编写,可作为中等职业学校电工专业教材,也可作为行业部门技术工人岗位培训教材及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

变配电设备运行与维护/胡增涛主编. —北京:高等教育出版社,1999

ISBN 7-04-007156-8

I. 变… II. 胡… III. ①配电装置-电力系统运行②配电装置-维修 IV. TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 33889 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010—64054588

传 真 010—64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 1999 年 5 月第 1 版

印 张 13.75

印 次 1999 年 5 月第 1 次印刷

字 数 330 000

定 价 16.30 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

1989年12月,原国家教委职业技术教育司在江苏常州组织召开了有17个省市及原能源部中国电力企业联合会代表参加的中等职业学校电工专业教材会议,拟定了为编写教材用的中等职业学校电工专业教学计划,审定了该专业11门课程的教材编写提纲,并编写了专业课教材,1992年由高等教育出版社出版发行,至今已印刷10多次,受到师生好评。随着劳动部门与行业部门对本专业中级技术工人等级考核标准的颁发,以及中等职业教育发展的需要,从1997年起,原国家教委职业技术教育司对这套教材重新组织了编写,现已列入中等职业学校电工专业教育部规划教材系列。

本套教材以三年制中等职业学校学生为主要读者对象,培养目标为中级技术工人。本系列教材侧重低压电器维修与安装,以部颁最新中级工人技术等级标准(原电力工业部、劳动部关于电力工人技术等级标准,原劳动部、机械工业部关于电工国家职业技能鉴定规范)为依据编排专业课与工艺实习课,坚持学以致用,注意拓宽学生的基础知识,突出职业技能训练,以适应中等职业学校的就业需要。为了适应各地区、各学校的不同要求,课程设置采用“积木式”结构,分为文化课、专业基础课和工艺实习课三个层次。本次编写的教材主要有:《电工应用识图》、《电工仪表与测量》、《电机与变压器》、《电动机与变压器维修》、《工厂电气控制设备》、《低压电气设备运行与维修》、《电力内外线施工》、《变配电设备运行与维护》(原名《工厂供电》)、《电工基本操作技能训练》。

本套教材的特点是专业课设置以专业基础课与工艺实习课为两条主线,二者相辅相成。例如:《电机与变压器》与《电动机与变压器维修》、《工厂电气控制设备》与《低压电气设备运行与维修》,既紧密配合,又有一定的系统性与独立性。这样,为突出技能训练与教学改革提供了条件。

参加本系列教材组织与审定工作的有:北京、江苏、南京、天津、河北、辽宁、沈阳、大连、西安、黑龙江、山东、江西、湖南、武汉、河南、重庆、成都等省市教育部门派出的教师、教学研究人员及专家。

本系列教材亦可供行业部门岗位培训及自学人员使用。

高等教育出版社

1998年6月

前 言

1996年11月全国中等职业学校电工专业教材修订会议在西安市召开,参加会议的有《电工应用识图》、《工厂电气控制设备》、《电力内外线施工》、《电机与变压器》、《变配电设备运行与维护》、《电动机与变压器维修》、《电工仪表与测量》等七门课程的主编,高等教育出版社和有关用书单位30多人参加了会议。会上讨论了电工专业教材自1992年出版以来的使用情况及本次修订的具体要求。经过充分讨论,大家一致认为:本专业的培养目标为中级技术工人,应以机械工业部、电力工业部与劳动部1995年颁发的有关电工工种的工人技术等级标准及考核大纲的有关内容,为这次教材修订工作的主要依据。

1995年4月,劳动部、机械工业部为了进一步完善我国职业技能标准体系,使职业技术鉴定更加科学化、规范化,重新颁布了电工《国家职业技能鉴定规范》(考核大纲)。它对工人技术等级标准进一步进行了细化和量化,以保证技能鉴定的规范性和质量。为了适应新标准的要求,特别是新标准对细化量化的要求,根据1996年11月全国中等职业学校电工专业教材修订会议的精神,对《工厂供电》进行修改,增加了适应科技发展的微型计算机监控系统和部分新工艺,并把书名改为《变配电设备运行与维护》。

本书编写的原则是:保证基础,适用为主,既照顾到学校的教学现状,又考虑到学生走上工作岗位以后的实际需要,力求做到理论联系实际,讲述内容深入浅出,简明易懂。

本书在编写过程中注意到与本专业其他教材的有机联系,避免了内容上不必要的重复,同时也注意到了知识的完整性。

本书内容共分六章,讲授80课时,各章的讲课课时安排如下,以供参考:

绪论	2课时
第一章 电力系统概述	6课时
第二章 工矿企业变配电所的接线和布置	10课时
第三章 变配电所的高压设备	16课时
第四章 工矿企业供电的保护装置和二次系统	24课时
第五章 工矿企业供电系统的经济运行	6课时
第六章 安全用电和技术管理	10课时
机动	6课时

除课堂教学外,各校应组织学生到工矿企业变配电所参观,使学生实际了解变配电所的构成、设备及运行情况,有条件的还应安排学生到工矿企业变配电所跟班实习。

本书由胡增涛担任主编,并编写了绪论、第一章、第二章、第六章的第一节,于广、苟彩贤编写了第三章,符允编写了第四章,张锁田编写了第五章、第六章(第一节除外)。张其凯教授对本书进行了审定。

本书在编写过程中得到了西安市教育委员会李尚俭副主任及西安市教育委员会职教处,西安市灞桥区教育局的关怀和支持,在此一并表示感谢!

由于编者经验不足,水平有限,虽作了很大努力,但不足和错误之处在所难免,恳请广大教师
和读者批评指正。

编者

1998年3月

目 录

绪论	1	第二节 熔断器保护	94
第一章 电力系统概述	3	第三节 自动空气断路器	98
第一节 电力系统的组成	3	第四节 常用继电器	103
第二节 工矿企业供电概述	7	第五节 供电线路的继电保护	108
第三节 电力系统中性点运行方式	12	第六节 供电线路的高频保护	111
第四节 供电电压的选择和调整	14	第七节 电力变压器的继电保护	112
习题	16	第八节 断路器的控制、信号回路和绝缘 监测装置	116
第二章 工矿企业变配电所的接线和 布置	18	第九节 变配电所的自动装置	121
第一节 工矿企业变配电所的位置、类型及 主要电气设备	18	第十节 操作电源	126
第二节 电气设备选择的一般原则	20	第十一节 供电系统二次回路电路图	130
第三节 负荷曲线、负荷率及计算负荷的 确定	23	第十二节 微型计算机监控系统	139
第四节 变配电所的主接线	29	习题	144
第五节 电力线路	33	第五章 工矿企业供电系统的经济 运行	145
第六节 工矿企业变配电所的布置	40	第一节 概述	145
习题	42	第二节 功率因数的人工补偿	150
第三章 变配电所的高压设备	44	习题	155
第一节 电弧的产生及灭弧方法	44	第六章 安全用电和技术管理	157
第二节 高压隔离开关	46	第一节 自备内燃机电站的并车供电	157
第三节 高压负荷开关	48	第二节 变配电所的运行管理	161
第四节 高压熔断器	50	第三节 变配电设备的运行巡视检查	174
第五节 高压断路器	52	第四节 变配电所的安全工作规程	178
第六节 互感器	60	第五节 电气安全用具	183
第七节 母线、绝缘套管和电抗器	65	第六节 变配电所的技术管理	186
第八节 高压开关柜	68	习题	188
第九节 防雷和接地	74	附录	189
第十节 接地施工新工艺——泰卡威特 工艺	83	I 本书主要电工名词、计量单位及符号	189
第十一节 高压电气设备的预防性试验	87	II 一次接线图中常用设备的图形、文字 符号	190
习题	90	III 二次接线图中常用设备的图形、文字 符号	196
第四章 工矿企业供电的保护装置和 二次系统	92	IV 工矿企业变配电所参观指导意见	207
第一节 继电保护装置	92	V 中级电工技能鉴定规范	208

绪 论

随着现代化建设的迅猛发展,国民经济各个领域的各个部门以及人民群众日常生活对电能的需要量不断增加。

电能的生产场所——发电厂由于受自然资源条件的限制(例如水力发电厂必须建立在水力资源丰富的河流上,潮汐发电厂只能建立在海边等),环境卫生保护的要求(例如火力发电厂、原子能发电厂不宜建立在人口稠密区和大城市),因此大多数都修建在靠近天然资源的地方。但电能用户却分布很广,而且许多用户距发电厂很远,这就必须把电能通过导线输送到远方的用户。

输电导线上由于电流热效应,必然有一部分电能转化成热能损失掉,而且导线越长,损失的电能越多。

根据焦耳定律:

$$Q = I^2 R t \quad (0-1)$$

式中 Q ——输电导线中热效应损失的电能;

I ——输电导线中的电流;

R ——输电导线的电阻;

t ——输电时间。

因此,减少输电中的电能损失,可以通过两种途径:一种是减小输电导线的电阻;另一种就是设法减小输送的电流。

由电阻定律可得到输电导线的电阻:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (0-2)$$

式中 R ——输电导线的电阻;

ρ ——导线材料的电阻率;

L ——输电导线的长度;

S ——输电导线的横截面积。

由于输电导线的长度是由发电厂到用户的距离决定的,因此只有通过尽量选用电阻率小、横截面积大的导线来减小输电导线的电阻。目前一般选用电阻率较小的铜和铝作导线材料。但是,增大导线横截面积就要耗费很多金属材料,增大输电导线重量,给导线的架设增大困难。从经济和技术两方面考虑,单纯用增加导线横截面积来减小输电过程中的电能损失是极其有限的。

另一种减小电能损失的方法是减小导线中的电流。由焦耳定律可知:电能转化成热能是和导线中的电流平方成正比的,所以在导线电阻不变的情况下,电流若减小到原来的百分之一,能量损失就减少到原来的万分之一。由公式:

$$P = IU \quad (0-3)$$

式中 P ——导线输送的电功率;

I ——导线输送的电流;

U ——输送的额定电压。

因此要保持输送的电功率,在减小输送电流的同时,就必须提高输电的电压,即采用高压输电。

大型发电机由于受经济指标和绝缘条件的限制,一般发出的电压等级分别为 10.5 kV、13.8 kV、15.75 kV 和 18.0 kV 等数种,这些都不符合远距离输电的要求。我国目前远距离输电多采用 110 kV、220 kV 和 330 kV,在葛洲坝水电站敷设的超高压输电线路已高达 500 kV。因而发电机发出的电能必须经过升压变压器,升压后再向远距离的用户输送。

输电线路输送的高压电能,用户是无法直接使用的,必须经过当地的降压变电所,把高电压降低到对用户适宜的电压,再经过配电线路供给用户使用。图 0-1 为发电厂到用户的电力系统组成示意图。

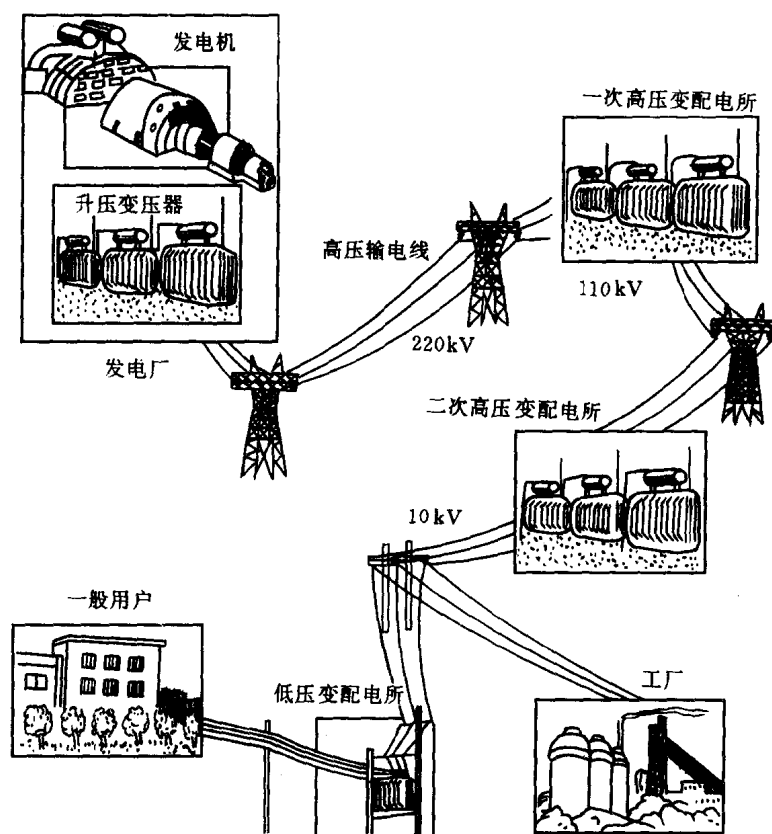


图 0-1 电力系统组成示意图

在电力系统中,各地区工矿企业的变配电所的正常运行是关键环节之一。

第一章 电力系统概述

本章主要讲述电力系统概念、工矿企业供电系统的基本要求和组成、供配电系统的接线方式、中性点运行方式及供电电压的选择与调整等有关知识。这些内容对建立电力系统的整体概念十分重要,是学习以后各章的基础。

学习本章,应重点了解电力系统的组成及各部分的作用,理解电负荷的分类;理解供配电系统的基本要求和组成,掌握配电系统的接线方式,并应结合实际理解各种接线方式的特点;理解电力系统中性点运行方式,掌握额定电压及变压器额定电压的意义,并能对新建供配电系统提出电压选择意见。

工矿企业供电系统的基本要求,配电系统的接线方式、中性点运行方式是本章的学习重点。电力系统中性点运行方式是本章的学习难点。

第一节 电力系统的组成

电能是现代人们生产和生活的重要能源。电能容易由其他形式的能转换而来,也能简便地转换成其他形式的能(例如将电能转换成光能、热能、机械能和化学能等),它的输送、分配、调节、控制和测试等都简单易行,有利于实现生产过程的自动化。因此,电能 在工矿企业、交通运输、科学技术、国防建设和人民生活诸方面得到了广泛的应用。电力工业是国民经济极重要的部门,是现代化建设的基础。

发电厂是生产电能的工厂。发电厂生产的电能一般要经过升压、输送、降压、分配等中间环节,然后送给用户使用。这些中间环节统称为电力网。由发电厂、电力网和用户等组成的统一整体称为电力系统,如图 1-1 所示。

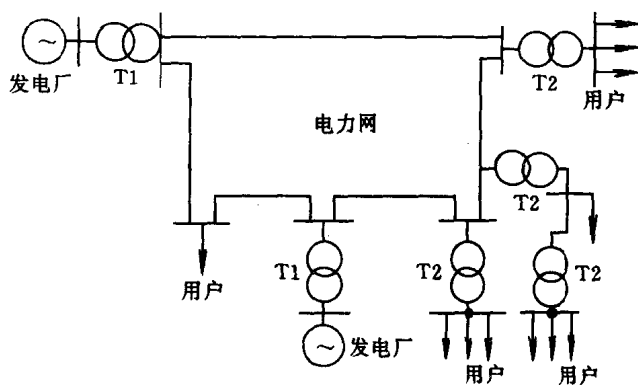


图 1-1 电力系统示意图

T1—升压变压器;T2—降压变压器

随着电能用量的不断增大,发电厂的数量和规模也在增加扩大,供电范围也越来越大。为了合理利用资源,电力部门用输电线路把几个地区性的电力系统连接起来组成更大电力系统,称为联合电力系统。我国的电网中已有东北、华北、华东、华中、西北五个跨省联合电力系统,为进一步形成全国联合电力系统打下了基础。

联合电力系统可以进一步提高供电的可靠性和电能质量;减少系统的装机容量,提高设备利用率;便于安装大型机组,提高运行的灵活性和经济性。

一、发电厂

发电厂的种类很多,一般根据所利用能源的不同分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、地热发电厂、潮汐发电厂、风力发电厂、太阳能发电厂和等离子体发电厂等。

1. 火力发电厂

火力发电厂一般是利用燃料燃烧时放出的热能对锅炉内的水加热,使水变成高压高温蒸汽从喷嘴高速喷出,冲击汽轮机叶片使其转动,从而带动发电机发电。目前已有采用燃气轮机带动发电机发电的火力发电厂。燃气轮机是让高温高压燃气直接冲击叶片旋转,带动发电机发电。由于燃气轮机省去了笨重的锅炉,所以具有体积小、效率高的优点。

火力发电厂的燃料一般采用煤、石油和天然气等。由于我国煤的资源丰富,分布较广,产量居世界第一位,所以我国目前火力发电厂仍以煤为主要燃料。

2. 水力发电厂

水力发电厂是利用水力资源发电的。水力发电厂的生产过程比火力发电厂简单,它是使处在高水位的水经过压力管道,将水的位能转变成动能冲击水轮机转动,带动发电机发电,如图1-2所示。

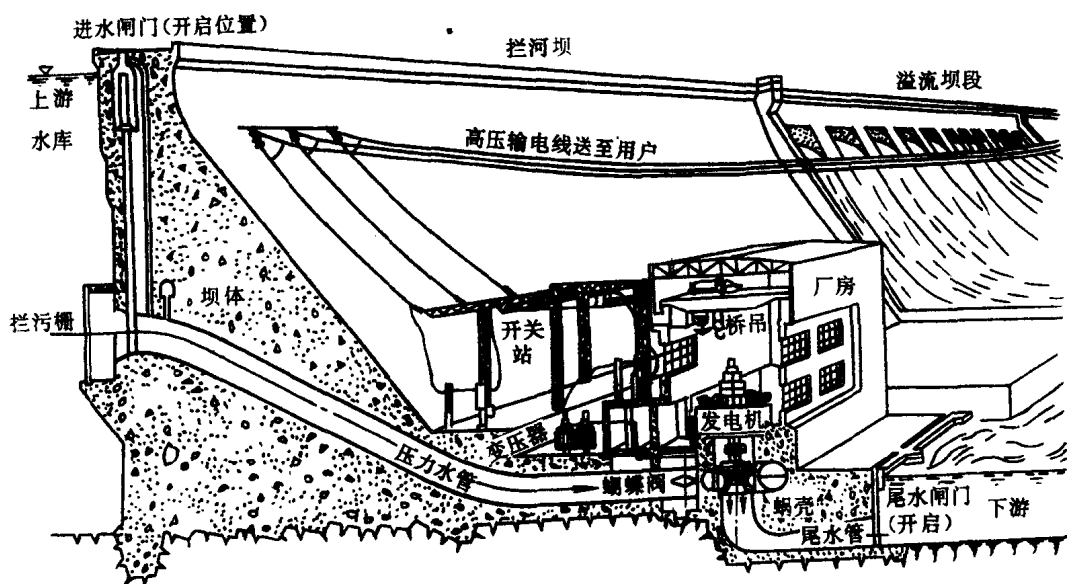


图 1-2 水力发电厂示意图

水力发电厂具有节约燃料、没有污染、能量转换效率高和发电成本低(约为火力发电的0.25~0.35)等优点。我国南方水力资源丰富,利用水力发电的潜力很大。

3. 原子能发电厂

原子能发电厂也称核电站。它利用铀核裂变时产生的大量热能使水汽化来推动汽轮发电机发电。图 1-3 中的核心装置是一个原子反应堆,图 1-4 是原子反应堆的示意图。反应堆里的“燃料”是用天然铀或浓缩铀制成的铀棒。铀在裂变过程中产生的中子速度很大,这种快中子很容易被铀 238 俘获而不发生裂变。要使裂变继续进行下去,必须把快中子变成慢中子。反应堆中的石墨作为减速剂可以完成这项任务。通过调节中子数目可以控制反应进行的速度。镉棒吸收中子的能力很强,用调节镉棒插入反应堆的深浅程度来控制中子被吸收的多少,从而控制核反应激烈程度,使反应堆保持一定的功率水平。在反应堆中镉棒插入的深浅程度是由电子仪器自动调节的。为了防止铀核裂变时产生的各种射线对人身体的危害和对环境的污染,在反应堆的外面修有很厚的水泥防护层,用来防止射线的逸出。

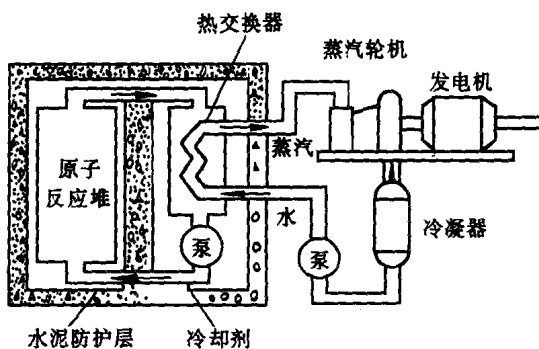


图 1-3 原子能发电厂示意图

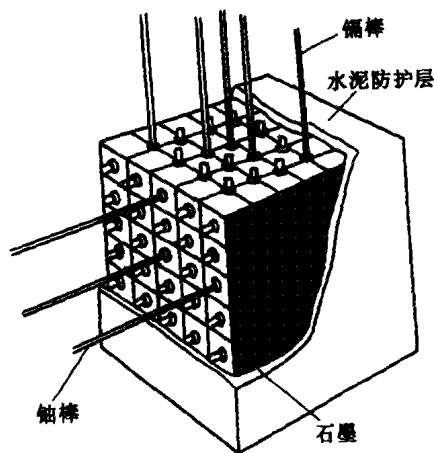


图 1-4 原子反应堆示意图

原子能发电厂消耗“燃料”少。例如, 1×10^6 kW 的原子能发电厂,每年消耗浓缩铀 30 t,而同样功率的火力发电厂却要耗煤 2.5×10^6 t。为了适应人们对能源需要的日益增长,发展原子能发电厂对人类有很重要的意义。

在我国,目前仍以火力发电和水力发电占主导地位,其他类型的发电厂规模都较小,不再一一介绍。

二、电力网

电力网是连接发电厂和用户的中间环节,它是由各种不同等级的电力线路和输配电设备组成的,按其功能可分为两大部分,即输电网和配电网。

包含输电线路的电网称为输电网。它由 35 kV 及以上电压输电线路和与其连接的变电所组成,是电力系统的主要网络,其作用是将电能输送到各个地区的配电网或直接送到大型工矿企业用户。

包含配电线路的电网称为配电网。它由 10 kV 及以下电压的配电线路和配电变电所组成,其作用是将电力分配到各类用户。

电力网按结构方式又可以分为开式电力网和闭式电力网。用户从一个方向得到电能的电力

网称为开式电力网;从两个及两个以上方向得到电能的电力网称为闭式电力网(环形和两端供电的电力网均属闭式电力网)。

为了研究方便,往往又把电力网分成区域电力网和地方电力网,其中:电压在 110 kV 以上的电力网称为区域电力网;电压在 110 kV 以下的电力网称为地方电力网。

三、用电负荷

电能生产和输送的目的是要供给用户使用。在供电过程中既要保证电能质量,又要经济可靠。目前我国大多数工矿企业是以 10 kV 和 35 kV 电压供电,对于距发电厂较远的大型工矿企业才采用 110 kV 或 220 kV 电压供电(这对于减少电力网的电能损失和电压损失有很重要的意义)。城乡人民生活用电一般采用 380/220 V 电压供电。

电力系统各级电力网上用电设备所需功率的总和称为用户的用电负荷。按照功率的性质,用电负荷可分为有功负荷和无功负荷两种。

由于电力系统的产、供、销实际上是同时进行的,所以要求发电机组发出的总功率和负荷消耗的总功率保持平衡。如果供给的电能小于或大于负荷的需要,就无法保证供电质量,严重时会造成事故,甚至使供电系统崩溃。

根据用户和负荷的重要程度,按对供电可靠性的要求,把电力负荷分为以下三级。

1. 一级负荷

这种负荷若造成突然停电,将会引起人身伤亡或重大设备损坏,给国民经济造成重大损失或产生政治上的不良影响。例如:钢厂炼钢炉突然停电超过 30 min,就可能会造成炼钢炉报废;电解铝厂停电超过 15 min,电解槽就要遭到破坏;矿井突然停电,可能导致瓦斯爆炸,使矿井倒塌,进而造成停产、通讯中断或人身伤亡等重大事故;大型医院突然停电,会使正在动手术的病人或正在抢救的病人造成生命危险等。

2. 二级负荷

这种负荷若突然停电,将引起主要设备损坏,产生大量废品或大量减产,或导致复杂的生产过程出现长期混乱,或因处理不当而发生人身事故等,如纺织厂、抗菌素制造厂、水泥厂大窑和化工厂等。

3. 三级负荷

指不属于一级负荷和二级负荷的负荷,停电后造成的损失不大者。例如工矿企业的附属车间,日常生活、一般的农业用电等。

一级负荷应最少由两个独立电源供电。所谓独立电源,即当采用两个电源向用户供电时,如果任一电源因故障而停止供电,而另一电源不受影响能继续供电,那么这两个电源就都称为独立电源。有特殊要求的一级负荷,两个独立电源应来自不同的系统,以保证供电的持续性。在上述情况下,一般运行方式为一个电源供电,另一电源为备用电源(备用电源可以是柴油发电机组或蓄电池组等)。二级负荷一般由两个回路供电,两个回路电源线应尽量引自不同的变压器或两段母线。三级负荷的电源则无特殊要求。在供电发生矛盾时,为了保证供电质量,应根据负荷的级别,采取适当措施,将部分不十分重要的用户或负荷切除。

第二节 工矿企业供电概述

一、工矿企业供电的基本要求

为了使工矿企业供电工作很好地为生产服务,切实保证工矿企业生产和群众生活用电的需要,并节约能源,必须做到以下几点基本要求:

1. 安全

在电能的供应、分配和使用过程中,不应发生人身事故和设备事故。

2. 可靠

应满足电能用户对供电可靠性的要求。负荷等级不同的工矿企业对供电可靠性的要求有所差别。

衡量供电可靠性的指标,一般以全部平均供电时间占全年时间的百分数来表示。例如全年时间为 8 760 h,用户平均停电时间为 8.76 h,则停电时间占全年时间的 0.1%,即供电的可靠性为 99.9%。

安全、可靠,不仅是对工矿企业供电的基本要求,同时也是对电力系统的基本要求。电力系统中的各种动力设备以及发电厂、电力网和用户的电气设备都有发生故障或遇到异常情况(飓风、暴风雪等)的可能,从而影响电力系统或工矿企业供电系统的正常运行,造成用户供电中断,甚至造成重大或无法挽回的损失。例如 1977 年 7 月 13 日,美国纽约市的电力系统由于遭受雷击,保护装置的不正确动作,致使全系统瓦解,至少造成 3.5 亿美元的经济损失;又如 1972 年 7 月 27 日,我国湖北电力系统由于继电保护的错误动作,造成武汉和黄石地区电压崩溃,使受端系统全部瓦解,经济损失达 2 700 万元。

由此可见,提高电力系统的安全可靠性是极为重要的。但是,从某种意义上讲,绝对安全可靠的电力系统又是不存在的。电力系统发生故障后,应能借助保护装置把故障隔离,使事故停止扩大,并尽快恢复供电。

3. 优质

应满足用户对电能质量的要求。电压和频率是衡量电能质量的重要指标。电压和频率的过高或过低都会影响电力系统的稳定性,对用电设备造成危害。

(1) 电压不正常运行的危害。电流通过线路和变压器时,都要产生电压降,使用户的受端电压低于送端电压。在一般情况下,离电源越远、负荷越大,则用户电压越低。如果加在用电设备上的电压与用电设备的额定电压差值较大时,用电设备将不能正常工作,甚至造成危害。例如加在白炽灯两端的电压低于额定电压 5% 时,发光效率约降低 18%;低于额定电压 10% 时,发光效率则降低 35%。

当电压降低时,电动机转矩急剧减小,转速下降,可能会导致工厂的产品报废,甚至会造成重大事故。电压降低还会使电动机本身启动困难,使运行中温度升高,加速了绝缘老化,甚至烧坏电动机。

当电压降低而输送功率不变时,则线路中电流增大,电功率和电能损失增加,加大了生产成本。

当加在电气设备上的电压高于它的额定电压时,同样会对电气设备造成危害,使其使用寿命

缩短,并使其有功功率损失,无功消耗增大。

为了保证电压质量,我国规定电力系统中用户电压的变动范围为:

35 kV 以上供电及对电压质量有特殊要求的用户为 $\pm(5\sim10)\%$ 。

10 kV 以下高压供电和低压电力用户为 $\pm 7\%$ 。

低压照明用户为 $\pm(5\sim10)\%$ 。

(2) 低频率运行的危害。我国工业上的标准电流频率为 50 Hz。另外,工矿企业有一些设备采用较高频率,以减轻工具重量和提高生产效率。例如汽车制造厂和一些大型流水线的装配车间采用 175~180 Hz 的高频电动工具;某些车床采用 400 Hz 的电动机以提高切削速度;一些锻压、热处理及熔炼等工艺也利用高频电流加热。

但是,在有功功率电源不足或缺乏备用容量的电力系统中,当有功负荷增加时,会造成频率下降,使电气设备在低频率下运行。低频率运行除会对发电厂的安全运行造成较大危害外,还会使用户的电动机转速相应降低。例如,若电流频率由 50 Hz 降到 48 Hz,电动机转速将降低 4%,致使冶金、化工、机械、纺织、造纸等工业的产量和质量都会受到影响。

所以电力工业技术管理法规规定:在 3×10^6 kW 以上的电力系统中,频率波动不得超过 ± 0.2 Hz;不足 3×10^6 kW 的电力系统中,频率波动不得超过 ± 0.5 Hz。

供给工矿企业的电能频率是由电力系统保证的,即保证在任一瞬间电源发出的有功功率等于用户负荷所需要的有功功率。用公式可表示为:

$$P_t = P \quad (1-1)$$

式中 P_t ——电源发出的有功功率,kW;

P ——用户负荷所需的有功功率,kW。

当重大事故发生($P_t \neq P$)时,会使频率质量下降。为了保证频率的稳定,电力系统除保持适当的备用容量外,常采用低频率自动减负荷装置。它是在电力系统的频率降至预先整定值时,能自动切除部分次要负荷。

当然,要保证优质供电,也应注意到电压波形的对称性和正弦性。

4. 经济

供电要做到技术合理,供电系统投资要少,运行费用要低,以尽可能节约电能和导线,减少有色金属的消耗。

此外,在供电工作中,要处理好局部和全局、当前和长远的关系。既要照顾到局部和当前的利益,又要有全局观点。特别在我国目前电力系统求大于供的情况下,要搞好计划供电。

二、工矿企业供电系统

工矿企业供电系统由工矿企业降压变电所、高压配电线路、车间变配电所、低压配电线路及用电设备组成。

工矿企业降压变电所的作用是把电力系统供给的高压电能,经过降压变电所的各级降压,变成用电设备所需要的较低电压的电能,然后经过配电装置和配电线路将电能送到各车间。降压变电所可分为一次降压和二次降压两种。

大型工矿企业和某些负荷较大的中型工矿企业,往往采用 35~110 kV 电源进线。一般都经过两次降压,先经过总降压变电所,将 35~110 kV 的电源电压降至 6~10 kV,然后经过高压配电线路将电能送到各车间变配电所,再由 6~10 kV 降至 380/220 V。这种供电方式称为二次降

压供电方式,如图 1-5 所示。

工矿企业的高压配电线路(6~10 kV)主要作为厂区内输送、分配电能之用,通过它把电能送到各个生产车间。

一般的中小型工矿企业,多采用 6~10 kV 电源进线,或采用 35 kV 电源进线,经变电所一次降至 380/220 V。图 1-6 为一次降压供电方式。

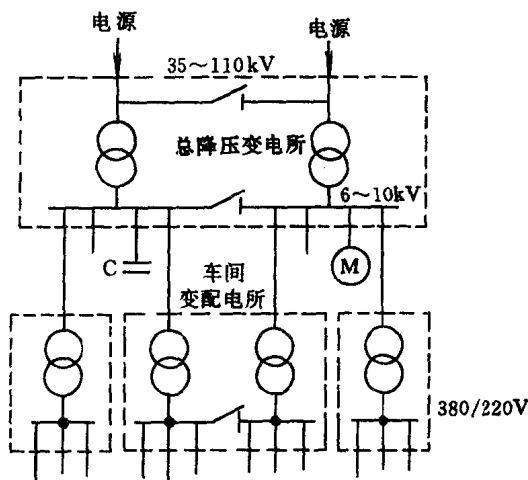


图 1-5 工矿企业二次降压供电方式示意图

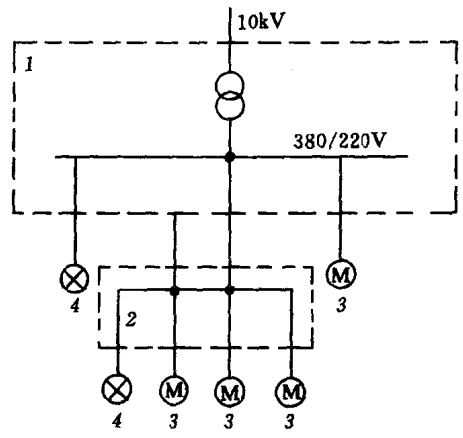


图 1-6 工矿企业一次降压供电方式示意图

1—工矿企业降压变电所;2—车间变配电所;
3—电动机;4—照明

供电系统中变电所的作用是接受电能、变换电压和分配电能,而配电所的作用是接受电能和分配电能。两者的区别主要是变电所设有电力变压器。在实际工作中为了节约占地和投资,把变电、配电设备装设在同一设施内,故称为变配电所。

三、配电系统接线方式

配电系统的基本接线方式有三种:放射式、树干式和环式。各配电系统采用哪种接线方式,要根据负荷对供电可靠性的要求、投资大小、运行维护方便及长远规划等原则分析确定。

1. 放射式线路

放射式线路又分为单回路放射式线路、双回路放射式线路和具有公共备用线路的放射式线路。

单回路放射式线路是由总变配电所 6~10 kV 母线上每一条回路直接向车间变配电所或高压设备供电的,沿线不再接其他负荷。它的优点是线路敷设、保护装置简单,操作维护方便,易于实现自动化;缺点是总变配电所出线较多,高压设备多,投资较大。特别是在任一线路上发生故障或检修时,该线路就要停电,因而供电可靠性不高,一般用于三级负荷和部分次要的二级负荷供电(图 1-7)。

双回路放射式线路是对任一变配电所采

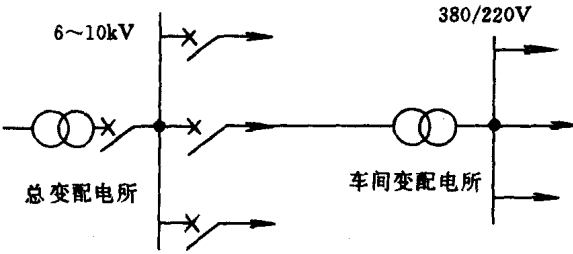


图 1-7 单回路放射式线路

用双回路线路供电的方式。其中,图 1-8a 是单电源供电,图 1-8b 是双电源供电。在双回路放射式线路中,当其中一条回路发生故障或检修时,可由另一条回路给全部负荷继续供电,提高了供电的可靠性。双回路放射式线路可用于二级负荷供电,但所需高压设备较多,投资也较大。

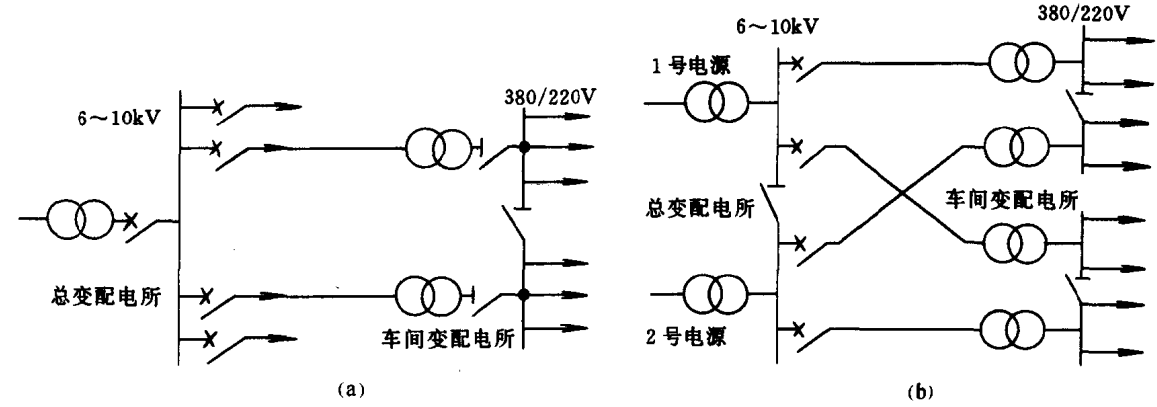


图 1-8 双回路放射式线路

当采用图 1-9 的具有公共备用线路的放射式线路供电时,如果任一回路线路发生故障时,只需经过短时的“倒闸操作”后,即可由备用干线继续供电。这种线路供电可靠性较高,可适用于各级负荷供电。

2. 树干式线路

树干式线路是指线路分布像树干一样,既有主干又有分支。它可分为直接联线树干式和串联型树干式两种形式。

直接联线树干式线路如图 1-10 所示。从总变电所引出的每路高压干线在厂区内沿车间厂房或道路敷设,每个车间变电所或高压设备直接从干线上接出分支供电。这种线路的优点

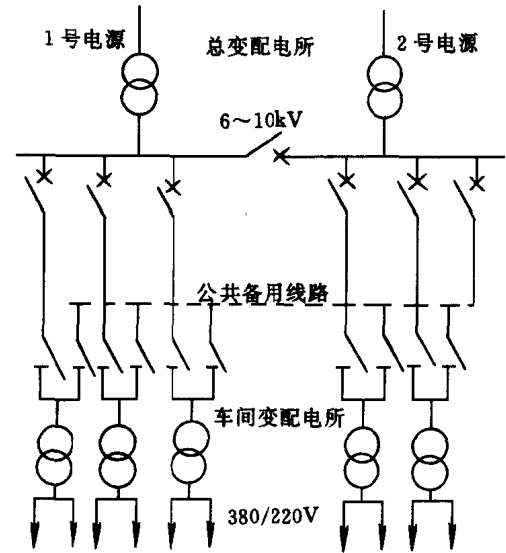


图 1-9 具有公共备用线路的放射式线路

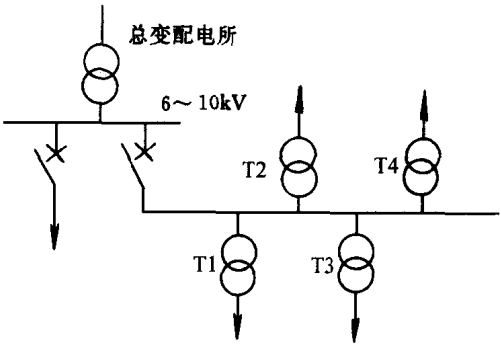


图 1-10 直接联线树干式线路