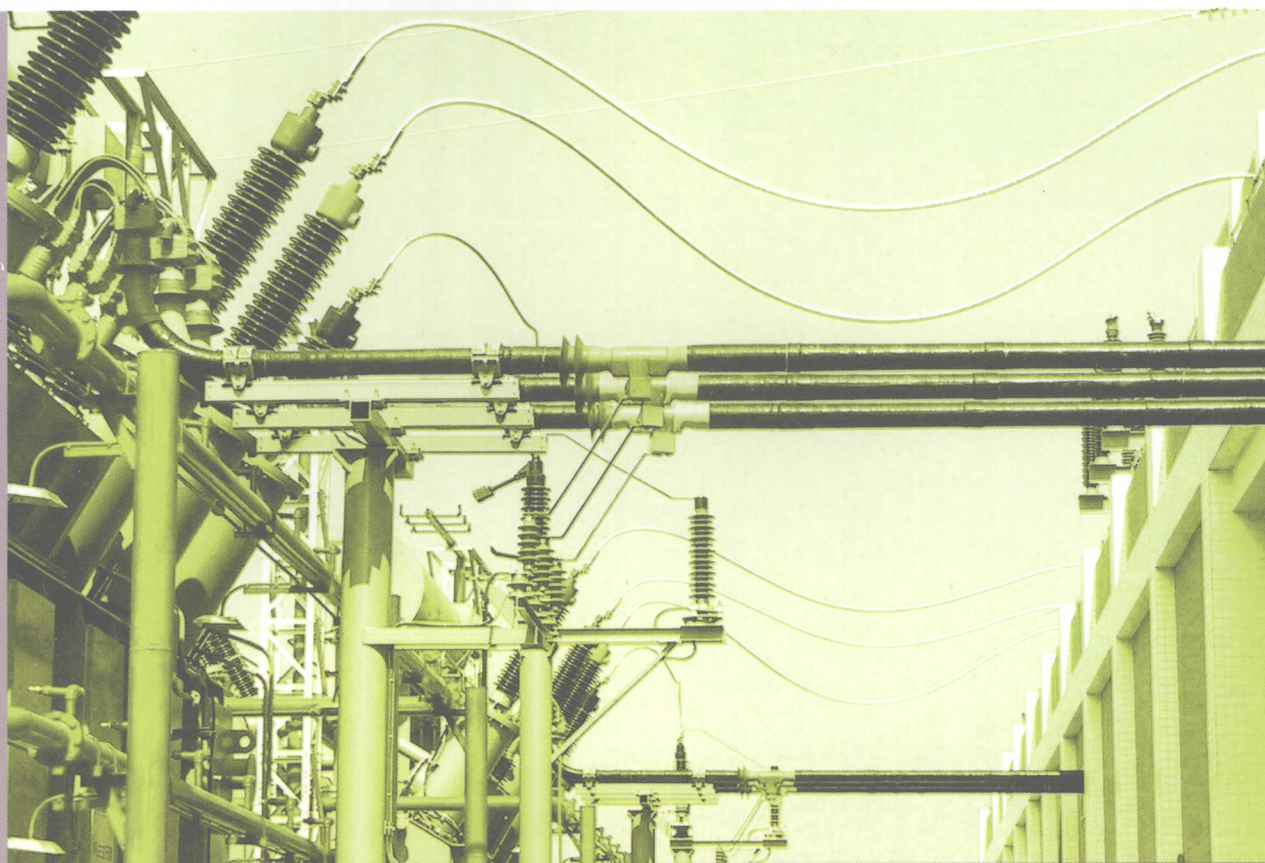


中等职业教育电工电子技术应用专业项目教学系列教材

企业供电系统 与安全用电技术

<http://www.phei.com.cn>



丛书主编：葛金印 主编：强高培



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

中等职业教育电工电子技术应用专业项目教学系列教材

企业供电系统与 安全用电技术

丛书主编 葛金印

主编 强高培

参编 倪文兴

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是根据中等职业教育电工电子技术应用专业企业供电系统与安全用电技术课程的要求编写的。全书共分6章,首先介绍工厂供电系统相关基础知识,然后讲述工厂变配电控制技术,相关电气设备的作用、选择与校验、车间电力线路配置敷设及维护、电气照明及节能技术、雷电灾害及预防知识、安全用电措施、触电急救技术和电气火灾事故处理等。为便于学好理论,掌握技术,除第1章外,每章后面附有一定的思考题与习题,供学习者练习;还安排了绑线、爬杆及参观变配电所等实训活动,以增强实践知识和技能。

本书以工厂供电技术为主线,舍去了复杂的理论分析和公式推导过程,贯穿理论够用、技能过硬的理念,使理论性和实践性及应用性得到有机的结合。

本书适用于中等职业学校电工电子技术应用专业、电气运行与控制专业等相关专业作教学用书,也可供其他专业的学习者和有关工程技术人员参考。

为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案及习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

企业供电系统与安全用电技术 / 强高培主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.3

(中等职业教育电工电子技术应用专业项目教学系列教材)

ISBN 978-7-121-05749-6

I. 企… II. 强… III. ①工业用电-供电-专业学校-教材②工业用电-用电管理-安全技术-专业学校-教材 IV.TM727.3 TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 002215 号

策划编辑: 蔡 葵

责任编辑: 李 影 牛旭东

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11.75 字数: 296 千字

印 次: 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 17.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

中等职业教育国家规划教材工作领导小组

主任委员：陈 伟 信息产业部信息化推进司司长

副主任委员：辛宝忠 黑龙江省教育厅副厅长

李雅玲 信息产业部人事司处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

马 斌 江苏省教育厅职社处处长

黄才华 河南省职业技术教育教学研究室主任

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所主任

王传臣 电子工业出版社副社长

委 员：（排名不分先后）

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王社光 陕西省教育科学研究所

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西壮族自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆维吾尔自治区教育厅职成教处

秘 书 长：李 影 电子工业出版社

副 秘 书 长：柴 灿 电子工业出版社

前 言



本书是根据中等职业教育电工电子技术应用专业《企业供电系统与安全用电技术》课程标准编写的,主要适用于中等职业学校电工电子技术应用专业、机电一体化专业等相关专业的教学用书。

本书主要以企业供电技术为主线,着重讨论工厂变配电技术,相关电气设备的作用、选择和校验,同时,本书注重理论知识与工厂供电技术应用能力相结合,突出实用性和技能性。内容上贯穿理论够用,技能过硬的理念,使理论性、实践性和应用性得到有机的结合,加强安全用电知识的教育和触电急救基本技能的训练。同时让学习者得到外线电工作业技术的基本训练,使学习者走上工作岗位后,能很快胜任工业企业变电所、厂内供电系统的运行管理工作。

本书注重培养学生分析问题、解决问题能力和实践操作技能,并注重培养学生的辩证思维能力,增强学生良好的职业道德观念,引导学生发展良好的思想品质,锻炼团队合作精神,养成发现问题、解决问题和寻求解决问题途径、方法的良好习惯。

本书由江苏省惠山职业教育中心校高级讲师强高培主编,倪文兴讲师编写了第3、第4章,朱建玲同志完成了文字输入和部分插图绘制。

全书由常州刘国钧高等职业技术学校王猛副教授主审,在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中得到有关单位不少同志的大力支持和帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中,力求结合中等职业教育的特点和当前工厂供电技术发展,但由于编者的水平有限,书中错漏和不妥之处难免,因此本书要在实践中不断完善,恳请使用本书的广大师生和读者批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn或www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者

2008年1月





第 1 章 工厂供电的基础知识	1
1.1 工厂供电的意义和要求	1
1.2 工厂供电系统基础知识	2
1.2.1 工厂供电系统	2
1.2.2 发电厂与电力系统	3
1.3 电力系统的电压	4
1.4 衡量电能质量的主要指标	7
1.4.1 电压	7
1.4.2 频率	7
1.4.3 波形	8
1.4.4 供电的可靠性（持续性）	8
1.5 电力负荷的分类	9
1.5.1 工厂电力负荷的分类及其对供电的要求	9
1.5.2 工厂用电设备的工作制	10
1.5.3 工厂供电系统功率因数知识	11
1.6 电力系统的中性点运行方式	15
1.6.1 电源中性点不接地的电力系统	15
1.6.2 电源中性点经消弧线圈接地的电力系统	16
1.6.3 电源中性点直接接地的电力系统	17
思考题与习题	20
第 2 章 工厂变配电控制技术基础	21
2.1 工厂变配电所	21
2.1.1 变配电所的位置选择	21
2.1.2 车间变配电所的类型	23
2.1.3 工厂变配电所的工作职责与维护制度	24
2.2 高压一次设备	29
2.2.1 高压熔断器	29
2.2.2 高压隔离开关	31
2.2.3 高压负荷开关	34
2.2.4 绝缘子及母线	35

2.2.5	高压断路器	42
2.2.6	高压开关柜	46
2.3	低压一次设备	50
2.3.1	低压熔断器	50
2.3.2	低压刀开关	54
2.3.3	低压断路器	55
2.3.4	低压配电屏	60
2.4	电力变压器	61
2.4.1	电力变压器的结构类型	62
2.4.2	电力变压器的连接组别	63
2.4.3	电力变压器的容量和过负荷能力	64
2.4.4	电力变压器的并列运行	66
2.5	电流互感器和电压互感器	67
2.5.1	仪用互感器的结构和工作原理	67
2.5.2	互感器的接线方式	69
2.5.3	互感器的类型	71
2.5.4	互感器使用注意事项	73
2.6	电气开关的选择与校验	74
2.6.1	电气设备选择的一般条件	74
2.6.2	计算负荷的概念和确定计算负荷的方法	75
2.6.3	短路的有关参数	76
2.6.4	开关电器的选择与校验	77
2.7	工厂电力线路的结构及敷设技术	82
2.7.1	架空线路的结构与敷设	82
2.7.2	导线在绝缘子上固定操作训练	90
2.7.3	脚扣登杆操作训练	91
	思考题与习题	92
第3章	车间动力线路敷设与维护技术基础	93
3.1	车间动力线路的配置与敷设	93
3.1.1	车间的供电方式与选择	93
3.1.2	车间电力线路的结构和敷设	94
3.2	低压成套配电装置	102
3.2.1	低压成套配电装置的结构和功能	102
3.2.2	低压开关柜的分类和主要技术指标	102
3.2.3	低压成套开关和控制设备型号	105
3.2.4	开关柜主电路接线方案	108
3.3	导线和电缆的选用技术	109

3.3.1	导线和电缆型号的选择	109
3.3.2	导线和电缆截面的选择	110
3.4	车间电力线路的维护技术	112
3.4.1	车间电力线路平面布线图	112
3.4.2	架空线路和电缆线路的运行维护要求	115
3.4.3	车间配电线路的运行维护技术	116
3.4.4	线路运行过程中突然停电的处理	116
	思考题与习题	117
第 4 章	电气照明及节能技术基础	118
4.1	照明技术基础	118
4.1.1	照明与视觉	118
4.1.2	照明技术的相关概念	118
4.2	工厂常用照明光源及选用	120
4.2.1	照明方式和种类	120
4.2.2	工厂常用光源的类型	121
4.2.3	常用照明光源的主要技术特性比较	124
4.3	灯具的类型及其选择与布置	126
4.3.1	工厂常用灯具的类型	126
4.3.2	工厂常用灯具类型的选择	126
4.3.3	室内灯具悬挂高度	127
4.3.4	室内灯具的布置	128
4.4	照度标准及计算	129
4.4.1	电气照明的照度标准	130
4.4.2	照度的计算	130
4.5	照明供电系统及设计	134
4.5.1	照明电压的选择及改善电压质量的措施	134
4.5.2	照明供电和控制方式的选择	134
4.6	照明供电系统导线截面的选择	137
4.7	节约电能的意义	141
4.8	节约电能技术基础	143
4.8.1	工厂的功率因数及对电力系统的影响	143
4.8.2	工厂生产时计算电能消耗的方法	144
4.8.3	提高功率因数的方法及装置	144
4.9	照明电路的设计与识图	146
	思考题与习题	148
第 5 章	雷电灾害及其预防技术基础	149
5.1	雷电灾害事故的主要形式	149

5.2 防雷电侵害的主要措施	150
5.2.1 避雷针	150
5.2.2 避雷线	152
5.2.3 避雷器	153
5.2.4 防雷措施	155
思考题与习题	156
第 6 章 电气安全技术基础	157
6.1 安全用电的措施	157
6.1.1 电气安全知识	157
6.1.2 电工安全技术操作规程	158
6.2 安全防护技术和设备安全技术	161
6.2.1 有关人体的触电知识	161
6.2.2 接地的有关概念	163
6.2.3 接地保护	166
6.2.4 接地要求和接地装置的装设	168
6.3 触电急救和电气火灾事故处理	170
6.3.1 触电的急救处理	170
6.3.2 电气设备的防火	172
6.4 参观和技能实训	173
思考题与习题	174
参考文献	175

第1章 工厂供电的基础知识



本章主要介绍工厂供电系统的一些基本知识。先简单介绍工厂供电在工业生产中的作用和要求,然后介绍电力系统的有关知识,电力系统的额定电压和衡量供电质量的重要指标,最后讲述各级负荷对供电的要求、用电设备的工作制以及电力系统的中性点运行方式不同对电力系统运行的影响。

1.1 工厂供电的意义和要求

工厂供电,顾名思义,就是工厂所需电能的供应和分配。而电能是现代工业生产的主要能源和动力,也是现代人类生活的各个方面都不可缺少的能源。电能之所以能在现代工业生产和整个国民经济各个领域应用如此广泛,是因为电能有其独特的优点。电能易于由其他形式的能量转换而来,又易于转换成其他形式的能量,且输送和分配经济,使用控制方便,调整测量简单。新中国成立以来,电力工业发展迅速,特别是改革开放以来,我国的电力工业更加蓬勃发展。至2004年,我国电力总装机容量已达4.4亿千瓦,年发电量超过21 000亿千瓦时,居世界第二位。但是,我国电力工业发展与世界发达国家相比,在管理、检修维护、设备制造等方面,还有不小的差距。

另一方面,电能工业生产中的重要性,主要体现在实现电气化后,可以大大提高产品质量和增加产量,提高劳动生产率,降低生产成本,减轻劳动强度,改善劳动条件,有利于实现生产过程的自动化。但是,对某些用电可靠性要求高的工厂,如果突然中断供电,即使极短时间的停电,也会引起重大设备的损坏,或引起大量产品报废,更严重的会发生重大人身事故,将会给国家和人民造成经济上甚至政治上的重大损失。

所以,搞好工厂供电,对发展工业生产,实现工业现代化,具有十分重要的意义。同时对于节约电能,更高地支援国家经济建设,也具有重大的作用。

为了切实保证工厂生产和人们生活用电的需要,使工厂供电工作能更好地为工业生产服务,以及搞好能源节约工作,工厂供电必须达到以下基本要求,可归纳为安全、可靠、优质、经济八个字。其中:

安全——是指电能的供应、分配和使用过程中,不应发生设备事故和人身事故。

可靠——应满足电能用户对供电可靠性的要求,安全可靠不仅是对工厂供电的基本要求,也是对电力系统的基本要求。

优质——应满足用户对电压和频率等方面的要求。

经济——在满足上述要求的前提下,希望供电系统的投资少,运行费用低,以及尽可能地节约电和减少有色金属的消耗量。

1.2 工厂供电系统基础知识

电能属二次能源，它是在发电厂中将一次能源（如煤、油、水等）经过多次能量转换而生成的。电能有其独特的优点，在工业生产和人们的日常生活中得到广泛应用。目前，电力已成为现代工农业生产和人们日常生活不可缺少的能源和动力。

由于工厂或企业所需要的电能，绝大多数是由公共电力系统供给的，所以我们先对电力系统作一简单的介绍。

1.2.1 工厂供电系统

工厂供电系统由工厂总降压变电所、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。

一般的中型工厂的电源进线是 $6\sim 10\text{kV}$ ，电能先经过高压配电所集中，再由高压配电线路将电能分送给各个车间变电所。大型工厂和某些负荷较大的工厂，采用 $35\sim 110\text{kV}$ 电源进线。一般都要经过两次降压，先经过工厂总降压变电所，将 $35\sim 110\text{kV}$ 的电源电压降至 $6\sim 10\text{kV}$ ，然后经过高压配电线路将电能送到各车间变电所。车间变电所内装设有电力变压器，将 $6\sim 10\text{kV}$ 的高压降低成一般用电设备所需的电压 $380/220\text{V}$ ，然后由低压配电线路将电能分送给各用电设备使用。

$35\sim 110\text{kV}$ 电源进线供电方式，一般经过两次降压，如图 1.1 所示，为二次降压供电方式。 $6\sim 10\text{kV}$ 电源进线供电方式，一般只需经过一次降压，如图 1.2 所示，为一次降压供电方式。

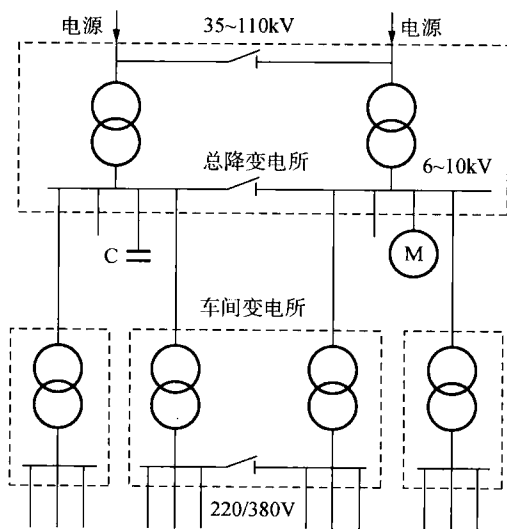


图 1.1 工厂二次降压供电方式示意图

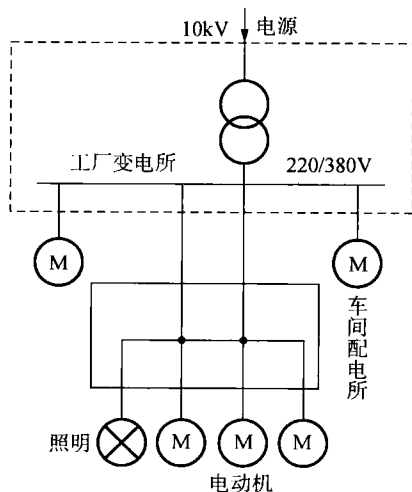


图 1.2 工厂一次降压方式示意图

工厂供电系统中，变电所的作用是接收电能，变换电压和分配电能，而配电所的作用是接收电能和分配电能，两者的区别主要是有没有电力变压器。在实际的工厂供电系统中，为了节约用电和投资，往往把变配电设备装设在同一建筑物内，构成接收电能，变换电压和分配电能的变配电所。



1.2.2 发电厂与电力系统

由于电能的生产、输送、分配和使用的全过程，实际是在同一时间内实现的，这个全过程中的各环节是一个紧密联系的整体。所以在这里要介绍一下发电厂和电力系统的有关知识，以便更好地搞好工厂供电工作。

1. 发电厂

发电厂又称发电站，它是将自然界蕴藏的各种一次性能源转换为电能的工厂。

发电厂按其所利用的能源不同有水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂以及风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等类型。

水力发电厂简称水电厂或水电站。它是利用水流的位能来生产电能的，如葛洲坝水力发电厂等。

火力发电厂简称火电厂或火电站。它是利用燃料的化学能来生产电能的。在我国火电厂，大部分是以煤为主要燃料。

核能发电厂又称为原子能发电厂，简称为核电厂或核电站。它主要是利用原子核的裂变能来生产电能的。我国自20世纪90年代起，至今已先后建成有广东大亚湾、浙江秦山和江苏田湾三大核电基地。

2. 电力系统

为了充分利用动力资源，节约燃料运输费用，必须在水力资源丰富的地方建造水电站，在燃料资源丰富的地方建造火电厂。但是，这些有动力资源的地方，往往离工业中心、大城市较远，相差数百千米，甚至数千千米，这就需要建造电力线路输送电能。为减少线路损耗，降低线路投资，都采用高压输电线路进行远距离输电，如图1.3所示。

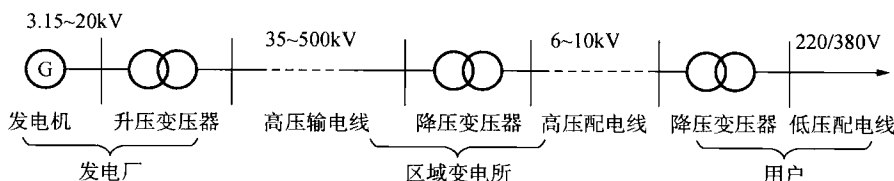


图 1.3 从发电厂到用户的送电过程示意图

由各种电压的电力线路，将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体叫电力系统。图1.4所示为电力系统示意图。

建立大型电力系统，可以更经济合理地利用动力资源，减少电能损耗，降低发电成本，保证供电质量，并大大提高供电的可靠性，有利于整个国民经济的发展。现在，电力系统在我国分为地区级、省级、省际级系统几类。在不久的将来，我国会成为一个联合电力系统。

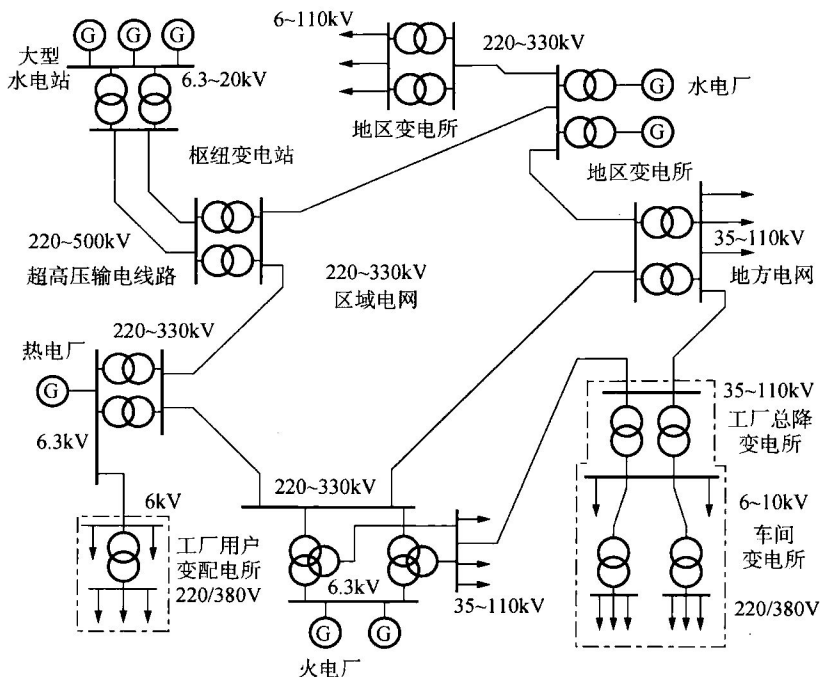


图 1.4 电力系统示意图

1.3 电力系统的电压

电力系统中的所有电气设备，都是在一定的电压和频率下工作的。电力系统的电压，会直接影响电气设备的正常运行。

下面介绍电力系统的额定电压。

所谓额定电压，就是指能使各种用电设备处于最佳运行状态的工作电压。

根据我国国民经济的发展，考虑到技术和经济上的合理性，并使电力设备的生产实现标准化、系列化，我国现阶段各种电力设备的额定电压统一划分等级，共分为三类。

第一类额定电压是 100V 以下的电压，见表 1.1。这类电压主要用于安全照明、蓄电池及开关设备的操作电源。其中 36V 电压，只作为潮湿环境的局部照明及其他特殊电力负荷用。

表 1.1 第一类额定电压 (V)

直 流	交 流	
	三 相	单 相
6	—	—
12	—	12
24	—	—
—	36	36
48	—	—

第二类额定电压高于 100V，低于 1 000V（见表 1.2），这类电压主要用于低压三相电动



机及照明设备。

表 1.2 第二类额定电压 (V)

受电设备			发电机		变压器 (交流)			
直流	交流三相		直流	三相交流	三相		单相	
	线电压	相电压			一次绕组	二次绕组	一次绕组	二次绕组
110	—	—	115	—	—	—	—	—
—	(127)	—	—	—	(127)	133	(127)	(133)
220	220	127	230	230	220	230	200	230
—	380	220	—	400	380	400	380	—
440	—	—	480	—	—	—	—	—

第三类额定电压高于 1 000V (见表 1.3), 这类电压主要用于发电机、变压器、配电线路及发电设备。

表 1.3 第三类额定电压 (kV)

受电设备 线电压	交流发电机 线电压	线路额定 线电压	变 压 器	
			一次绕组	二次绕组
3	3.15	3	3.0~3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6	6~6.3	6 及 6.6
10	10.5	10	10~10.5	10.5 及 11
—	—	—	—	—
35	—	35	35	38.5
110	—	110	110	121
220	—	220	220	242
330	—	330	330	363

我国标准规定了三相交流网和电力设备常用的额定电压, 即前面表所示。下面分别对电网和各类电力设备的额定电压作一些说明。

注: 我国的国标 GB 156—80《额定电压》规定的额定电压分受电设备和供电设备两大类。而系统的额定电压规定与受电设备的额定电压相同。用电设备及变压器一次绕组相当于发电设备。而发电机与变压器的二次绕组相当于所称的供电设备。

(1) 电网电力线路的额定电压。电网的额定电压等级是国家根据国民经济发展的需要及电力工业水平, 经全面的技术经济分析研究和确定的。它是确定各类电力设备额定电压的依据。

(2) 用电设备的额定电压。由于用电设备运行时, 在线路上会发生压降, 所以线路上各点的电位都略有不同, 如图 1.5 中虚线所示。

但用电设备的额定电压是不可能按使用处的实际电压来制造的, 只能按线路首端与末端的平均电压, 即电网的额定电压 U_N 来制造。所以用电设备的额定电压规定与同级电网的额定电压相同。

(3) 发电机的额定电压。按规定同一电压的线路, 一般允许有 $\pm 5\%$ 的电压偏差, 即整个线路允许有 10% 的电压损失。为了维持电路的平均电压为额定值, 线路首端 (即电源端) 的电压应比电网的额定电压高 5%, 而线路末端的电压可以比电网的额定电压低 5%, 如图 1.5 所示。所以, 发电机的额定电压规定比同级电网的额定电压高 5%。

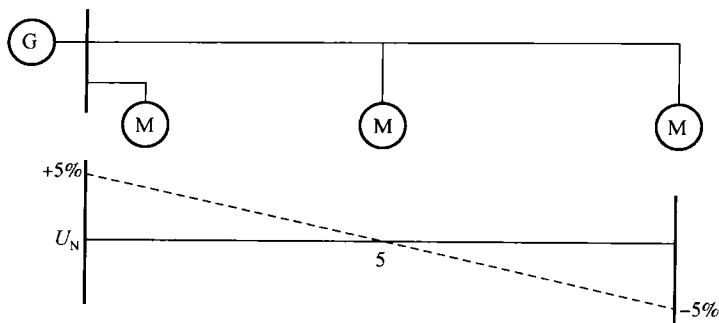


图 1.5 用电设备和发电机额定电压

(4) 电力变压器的额定电压。电力变压器的额定电压有一次绕组和二次绕组的额定电压之分。

① 电力变压器一次绕组的额定电压，分两种情况。如果变压器直接与发电机相连时，如图 1.6 所示的 T_1 变压器，其一次绕组的额定电压应与发电机的额定电压相同，即比同级电网额定电压高 5%。当变压器接在线路上时，如图 1.6 所示的 T_2 变压器，则看作是线路的用电设备，所以其一次绕组的额定电压应与电网额定电压相同。

② 电力变压器二次绕组的额定电压，也分两种情况。由于变压器二次绕组的额定电压，是指变压器一次绕组加上额定电压而二次绕组开路的电压，即指的是开路电压；而在变压器满载时，其二次绕组内约有 5% 的阻抗电压降。所以，如果变压器二次侧供电线路较长（高压电网输电）时，则变压器二次侧额定电压，一方面要考虑补偿变压器满载时内部 5% 的电压降，另一方面要考虑变压器满载输出时的二次电压还要高于电网额定电压 5%，故要比电网额定电压高 10%，如图 1.6 中的 T_1 变压器。若变压器二次侧供电线路不长，如为低压配电网或直接供电给高低压用电设备时，则变压器二次绕组的额定电压，只需高于电网额定电压的 5%，如图 1.6 中的 T_2 变压器。

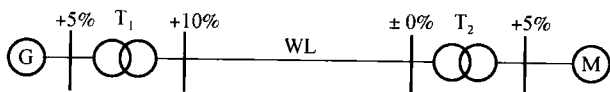


图 1.6 电力变压器的额定电压

例 1.1 如图 1.7 所示的供电网络中，变压器 T_1 的二次绕组，变压器 T_2 的一次绕组及线路 W_{L2} 的额定电压各为多少？

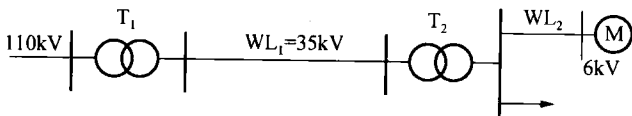


图 1.7 供电网络示意图

解：变压器 T_1 的二次绕组额定电压 U_{2N} 应为 $35kV+10\%$ ($35kV$) $=38.5kV$ ，变压器 T_2 的一次绕组额定电压 U_{1N} 应为 $35kV$ ；线路 W_{L2} 的额定电压 U_{LN} 应等于用电设备的额定电压，即为 $6kV$ 。



1.4 衡量电能质量的主要指标

电能与工厂的产品一样, 都有表征其质量的指标。衡量电能质量的主要指标是: 电压、频率、波形和供电的可靠性。

1.4.1 电压

所有电气设备, 都是在额定的电压下工作的。所谓电气设备的额定电压, 就是指设备正常运行且能获得最佳经济效果的电压。如果电压发生偏差(比额定电压高或者低), 则对电气设备安全经济运行会有直接影响。

1. 对照明负荷的影响, 电压发生偏差对白炽灯的影响最为明显。当电压降低时, 白炽灯的发光效率和光通量都急剧下降; 当电压升高时, 白炽灯的使用寿命将大为缩短。例如, 白炽灯的端电压比额定电压降低 10% 时, 其发光效率会降低 30%, 灯光明显变暗, 但使用寿命会延长。而比额定电压高 10% 时, 白炽灯发光效率明显提高, 灯光明显变亮, 但其使用寿命将会缩短一半。对荧光灯等电光源, 电压偏低时灯管不易起燃。如果反复多次起燃, 将大大影响灯管使用寿命, 而且照度下降。当电压偏高时, 又会缩短灯管使用寿命。

2. 对异步电动机的影响。异步电动机的运行特性对电压的变化也是较敏感的, 因为其电磁转矩与定子绕组电压的平方成正比, 故电源电压的波动对电动机转矩的影响较大。当负载一定时, 异步电动机的定子电流、功率因数和效率是随定子绕组电压变化而变化的。当电源电压降低, 电磁转矩将显著降低, 为与负载转矩平衡, 转速要下降, 以致转差率增大, 使电动机定子、转子电流都显著增大。所以导致电动机的温度上升, 严重时烧坏电动机。如果电压过高将使电动机的铁心磁密增大而饱和, 从而使励磁电流增大, 铁耗增大, 导致电动机过热, 效率降低, 绕组绝缘受损。

由于各类用电负荷的工作情况与电源电压变化有密切的关系, 为此规定用户供电电压的允许变化范围为:

(1) 35kV 以上电压供电, 电压允许变化范围为 $\pm 5\% U_N$ 。

(2) 10kV 及以下电压供电, 电压允许变化范围为 $\pm 7\% U_N$ 。

(3) 据《供配电系统设计规范》GB 50052—95 规定, 在正常运行情况下, 用电设备端子处电压偏差允许值应符合下列要求, 电动机为 $\pm 5\% U_N$; 照明: 在一般工作场所为 $\pm 5\% U_N$, 对于远离变电所的小面积一般工作场所, 难以满足上述要求时可为 $+5\% \sim -10\% U_N$, 应急照明、道路照明和警卫照明等可为 $+5\% \sim -10\% U_N$, 其他用电设备当无特殊要求时为 $\pm 5\% U_N$ 。

1.4.2 频率

频率发生偏差, 同样要严重影响电力用户的正常工作。对异步电动机来说, 频率降低将使电动机的转速下降, 从而使生产效率降低, 并会影响电动机使用寿命。如果频率增高将使电动机的转速上升, 从而增加功率消耗, 使经济性降低。对某些转速要求较严的控制过程中, 频率的偏差, 引起转速变化, 会大大影响产品质量, 严重时产生废品。

对发电厂本身而言, 频率偏差将会造成更为严重的影响。例如, 为锅炉服务的供水泵和鼓风机, 当频率降低时使其转速下降, 其出力将大大下降, 从而引起锅炉的出力大大减小。这样就进一步减少系统电源的出力, 导致系统频率的进一步下降。另外, 在频率降低的情况下运行时, 汽轮机叶片将因振动而产生裂纹, 会缩短汽轮机的使用寿命。所以, 电力系统频

率下降的趋势如果不及时制止的话,会引起恶性循环造成整个电力系统的崩溃。

我国的技术标准规定,电力系统的额定频率为 50Hz,此频率一般称为“工频”,在容量达到 3 000MW 及以上时,频率偏差不得超过 $\pm 0.2\text{Hz}$,不足 3 000MW 时的电力系统中,频率偏差不得超过 0.5Hz。

在电力系统中,任一瞬间的频率值全系统是一致的。供电给电力用户的电源频率是由电力系统保证的,要保证频率的偏差不超过规定值,即要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。用公式表示为

$$P_1=P \quad (1-1)$$

式中 P_1 ——电源发出的有功功率(kW);

P ——用户负荷所需要的有功功率(kW)。

当发生重大事故($P_1 \neq P$)时,会使频率下降。为保证频率偏差在规定范围内,电力系统除保持适当的备用容量外,常用低频率自动减负荷装置。它就是在电力系统的频率降至预先设定值时,自动切除部分次要负荷。通过自动调节,保护有功功率继续保持平衡,来维持频率的偏差,在规定的范围之内。

1.4.3 波形

通常,要求电力系统的供电电压(或电流)的波形应为正弦波。所以要求发电机首先发出符合标准正弦波的电压。其次,在电能输送和分配过程中不应使波形产生畸变(例如,当变压器的铁心饱和时,或变压器无三角形接法的线圈时,都可能导致波形畸变)。再有,还应注意负荷中出现的谐波源(如电弧炼钢炉,电力电子整流装置等)的影响。

当电源波形不是标准的正弦波时,必然是电源中包含有谐波成分,这些谐波成分的出现会导致异步电动机的过热和效率下降,影响其正常运行。还可能使系统发生高次谐波共振而危及设备的安全运行。另外,电源中的谐波成分还要影响电子设备的正常工作,会造成对通信线路和设备的干扰等不良后果。

为保证严格正弦波形,已经在发电机、变压器的设计制造时制定相应的规范。所以运行中严格执行有关规程,注意对出现的一些谐波源及时采取相应的措施加以消除(例如炼钢电弧炉、电力电子整流装置等必须采用单独变压器,消除谐波对电网的影响)。只有严格执行规程,才能保证电能波形质量。

1.4.4 供电的可靠性(持续性)

供电的可靠性(持续性),也是衡量供电质量的一个重要指标。一般以全部平均供电时间占全年时间的百分数来表示供电可靠性的高低。例如,全年时间为 8 760 小时,某电力用户全年平均停电 43.8 小时,则停电时间占全年时间的 0.5%,即供电的可靠性为 99.5%。

供电可靠性的另一意义是指应满足电力用户对供电可靠性的要求。但是,从某种意义上讲,绝对安全可靠的电力系统是不可能存在的。供电的安全可靠是通过采取一系列措施,一旦电力系统发生故障,应能借助保护装置迅速将故障从系统中切除;防止故障的进一步扩大,并及时排除故障,尽快地恢复供电。