



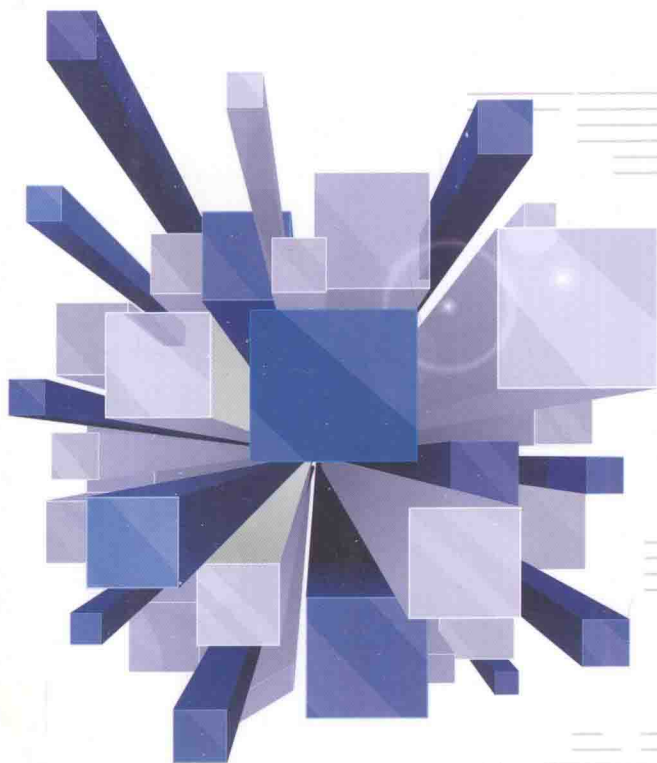
高职高专规划教材

供配电系统应用

GONGPEIDIAN XITONG
YINGYONG

孔 红 主编

乔立慧 贾明林 副主编



化学工业出版社

高职高专规划教材

供配电系统应用

孔 红 主编

乔立慧 贾明林 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材以供配电系统技术应用能力培养为目标,以真实设备为载体进行学习情境的设计,采用任务驱动的教学方式组织教学。紧密结合工程实际,突出新技术、新产品的应用,实用性强。

全书共分5个学习情境。学习情境1主要介绍了供配电仿真系统及其应用,包括5个任务单元;学习情境2介绍 THSPGC-1 型供配电实训装置及其应用,包括5个任务单元;学习情境3介绍 TH-SPCG-2 型供配电综合自动化装置及其应用,包括3个任务单元;学习情境4对冶金企业中的供配电系统进行了概述;学习情境5对炼油企业中的供配电系统进行了概述。

本书可作为高职高专电气自动化技术和自动化生产设备应用等相关专业的教学用书,也可作为生产一线相关工程技术人员的培训用书和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

供配电系统应用/孔红主编. —北京:化学工业出版社,
2011.12
高职高专规划教材
ISBN 978-7-122-12577-4

I. 供… II. 孔… III. ①供电系统-高等教育-教材
②配电系统-高等教育-教材 IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 211435 号

责任编辑:廉 静

文字编辑:徐卿华

责任校对:蒋 宇

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张14½ 字数382千字 2012年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

前言

现代企业的一切生产过程都是在电的作用下进行的。电是企业中的血液，没有它就无法进行生产。那么电能又是如何安全、经济地服务于工业生产的呢？这就需要一个重要的环节，即供电系统。供电系统是指工厂企业所需的电力从进厂起到所有用电设备入端止的整个供电线路及其中的变配电设备。

本教材以供配电系统技术应用能力培养为目标，以真实设备为载体进行学习情境的设计，采用任务驱动的教学方式组织教学，各专业可根据专业特点选取不同的学习情境。本书内容紧密结合工程实际，突出新技术、新产品的应用，实用性强。不仅可作为高职高专电气自动化技术和自动化生产设备应用等相关专业的教学用书，也可作为生产一线相关工程技术人员培训用书和参考用书。

全书共分五个学习情境。学习情境一主要介绍了供电仿真系统及其应用，包括五个任务单元；学习情境二介绍 THSPGC-1 型供电实训装置及其应用，包括五个任务单元；学习情境三介绍 THSPCG-2 型供电综合自动化装置及其应用，包括三个任务单元；学习情境四对冶金企业中的供电系统进行了概述；学习情境五对炼油企业中的供电系统进行了概述。

本教材由山西工程职业技术学院 2009 年省级精品课程“供电系统运行与维护”课程组教师和企业专家及同行共同编写（网址：<http://gpd.sxgy.cn/>），孔红编写学习情境一的任务一和学习情境二，燕山大学贾清泉编写学习情境一的任务二、任务三，马宁编写学习情境一的任务四，薛君编写学习情境一的任务五，乔立慧编写学习情境三，太原钢铁（集团）有限公司炼铁厂贾明林编写学习情境四，辽宁石化职业技术学院陈茹编写学习情境五。孔红担任主编，乔立慧、贾明林担任副主编，全书由孔红统稿。

在本教材编写过程中得到了浙江天煌科技实业有限公司余雪冰的大力支持与指导，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者
2011 年 9 月

目 录

学习情境一 供配电仿真系统及其应用	1
【学习目标】	1
任务一 供配电系统认知	1
【任务描述】	1
【知识链接】	1
一、电力系统概述	1
二、供配电系统概述	4
三、电力系统的电压	6
四、电力系统中性点的运行方式	10
五、供电系统的质量指标	14
六、电力负荷的分级及其对供电的要求	15
七、供配电仿真系统概述	16
【任务实施】 搜集、整理供配电系统产品及应用等相关信息	28
【知识拓展】 电力系统图的阅读	29
一、电力系统图的特点	29
二、电力系统图的阅读	29
【学习评价】	30
任务二 供配电系统倒闸操作	30
【任务描述】	30
【知识链接】	30
一、倒闸操作、操作票	30
二、变电站开操作票的流程	31
【任务实施】 倒闸操作	31
一、10kV 进线倒闸操作、操作票	31
二、10kV 母线分段倒闸操作、操作票	32
三、10kV 配电变压器倒闸操作、操作票	36
四、10kV 出线倒闸操作、操作票	39
五、400V 低压出线倒闸操作、操作票	41
六、400V 低压运行方式转换操作、操作票	43
【知识拓展】	45
一、倒闸操作步骤	45
二、倒闸操作实例	46
【学习评价】	47
任务三 供配电系统微机保护操作	47
【任务描述】	47
【知识链接】	48
一、继电保护装置	48
二、微机保护压板投退	48
三、三段式电流保护	48
【任务实施】 微机保护操作	49
一、KLD-9211 微机线路保护测控装置整定设置操作	49
二、微机保护压板投退操作	52
三、10kV 线路三段式电流微机保护	53
四、KLD-9215 微机分段保护测控装置整定设置操作	57
五、KLD-9216 微机变压器保护装置整定设置操作	59
【知识拓展】 KLD-9216 微机配电变压器保护装置使用说明	60
【学习评价】	64
任务四 供配电系统自动装置操作	65
【任务描述】	65
【知识链接】	65
一、10kV 系统备用电源自动投入	65
二、线路的自动重合闸装置	66
三、无功补偿与提高功率因数	66
【任务实施】 自动装置操作	66
一、10kV 系统备用电源自动投入	66
二、微机保护重合闸整定	68
三、无功补偿与提高功率因数	70
【知识拓展】 KLD-9261 微机备用电源自投装置	72
【学习评价】	75
任务五 变电站监控系统操作	75
【任务描述】	75
【知识链接】	76
一、KLD-2000 当地监控系统	76
二、KLD-2000 实时监控子系统	76
三、KLD-2000 报警子系统	77
【任务实施】 KLD-2000 当地监控系统操作	77
一、KLD-2000 当地监控系统的使用	77

二、KLD-2000 实时监控子系统的 使用	78	【知识拓展】 KLD-2000 当地监控系统的前 置机模块 (Front)	86
三、KLD-2000 报警子系统的使用	84	【学习评价】	89
学习情境二 THSPGC-1 型供配电实训装置及其应用	90		
【学习目标】	90	二、模拟系统短路	112
任务一 供配电电气主接线认知	90	三、电秒表的正确操作	112
【任务描述】	90	四、微机线路保护装置参数整定 操作	113
【知识链接】	90	五、无时限电流速断保护实训	114
一、THSPGC-1 型供配电实训装置 概述	90	六、带时限电流速断保护实训	115
二、实训装置的安全操作说明	93	七、微机定时限过电流保护实训	115
三、实训装置电气主接线模拟图结构	94	八、反时限过电流保护实训	115
【任务实施】 电气主接线认知	96	【知识拓展】 微机继电保护	116
一、实训台电气主接线模拟图的认知	96	一、微机保护系统的基本结构	116
二、电气主接线图的认知	96	二、微机保护的功能	117
【知识拓展】 变配电所的电气主接线	96	三、微机保护的特点	118
【学习评价】	99	四、线路的微机保护	118
任务二 企业变配电所值班技能训练	100	【学习评价】	119
【任务描述】	100	任务四 高压电动机继电保护操作	119
【知识链接】	100	【任务描述】	119
一、电流互感器与电压互感器	100	【知识链接】	119
二、变压器有载调压原理	100	一、变频器数位操作说明	119
三、倒闸操作原理	102	二、变频器的开环调速原理	121
【任务实施】 变配电所值班技能训练	105	三、三相异步电动机的启动方式	121
一、电流互感器与电压互感器的 接线	105	四、微机电动机保护装置功能说明	121
二、变压器有载调压	105	五、高压电动机的速断保护原理	121
三、倒闸操作	106	六、高压电动机的反时限过流保护 原理	122
【知识拓展】 变压器的倒闸操作	107	【任务实施】 高压电动机继电保护 操作	122
【学习评价】	107	一、变频器参数整定	122
任务三 高压线路的微机继电保护 操作	107	二、变频器的开环调速	123
【任务描述】	107	三、三相异步电动机的启动方式	123
【知识链接】	108	四、微机电动机保护装置参数整定 操作	124
一、系统正常、最大、最小运行 方式	108	五、高压电动机的速断保护	125
二、系统短路	108	六、高压电动机的反时限过流保护	126
三、电秒表操作	108	【知识拓展】 HSA-536 电动机保护测控 装置	126
四、微机线路保护装置	109	一、装置面板	126
五、无时限电流速断保护	109	二、接线端子图	128
六、带时限电流速断保护	110	三、操作说明	128
七、微机定时限过电流保护	111	四、使用说明	133
八、反时限过电流保护	111	五、维护说明	134
【任务实施】 高压线路微机继电保护 操作	112	【学习评价】	134
一、模拟系统正常、最大、最小运行 方式	112	任务五 供配电系统自动装置操作	134
		【任务描述】	134

【知识链接】	134
一、备用电源自动投入装置	134
二、进线备投（明备用）及自适应	135
原理	135
三、母联备投（暗备用）及自适应	136
原理	136
四、无功补偿装置	136
五、无功自动补偿原理	136
【任务实施】 供配电系统自动装置	
操作	138
一、备自投投入条件测试	138
二、进线备投（明备用）及自适应	140
实训	140

三、母联备投（暗备用）及自适应	
实训	143
四、无功补偿装置认知实训	145
五、无功自动补偿实训	146
【知识拓展】 THLBT 微机备自投装置	
使用说明	146
一、概述	146
二、微机备自投装置功能	147
三、主要技术数据	148
四、装置外部接线说明	148
五、使用与维护	149
【学习评价】	152

学习情境三 THSPCG-2 型供配电综合自动化实训装置及其应用 153

【学习目标】	153
任务一 变压器保护操作	153
【任务描述】	153
【知识链接】	153
一、THSPCG-2 型供配电综合自动化	
实训装置概述	153
二、实训装置的安全操作说明	156
三、变压器电流速断保护	157
四、变压器过电流保护原理	157
五、变压器过负荷保护原理	158
【任务实施】 变压器保护操作	159
一、变压器电流速断保护实训	159
二、变压器过电流保护实训	161
三、变压器过负荷保护实训	162
【知识拓展】 变压器保护装置实例	162
一、变压器的微机保护	162
二、变压器微机继电保护装置实例	162
【学习评价】	164
任务二 计量与抄表操作	164
【任务描述】	164
【知识链接】	164
一、指针式交流电流表和电压表	
原理	164
二、指针式频率表原理	165
三、三相多功能智能仪表	166
四、指针式功率表原理	167
五、电能表原理	171
【任务实施】 计量与抄表操作	174

一、指针式交流电流表和电压表	
实训	174
二、指针式频率表实训	174
三、三相多功能智能仪表的使用和参数	175
设置	175
四、进线电量监测实训	178
五、指针式功率表实训	179
六、电能表实训	181
【知识拓展】 三相多功能智能仪表参数	
设定过程举例	181
【学习评价】	183
任务三 整体监控及综合自动化操作	183
【任务描述】	183
【知识链接】	183
一、遥测、遥控、遥调和遥信原理	183
二、线路运行参数数据的检测原理	184
三、电压调整原理	184
四、电压/无功集成控制原理	185
【任务实施】 整体监控及综合自动化	
操作	186
一、遥测、遥控、遥调和遥信认知	
实训	186
二、线路运行参数数据的检测实训	188
三、电压调整实训	188
四、电压/无功集成控制实训	188
【知识拓展】 功率因数控制器操作	
说明	189
【学习评价】	190

学习情境四 冶金企业供配电系统 191

【学习目标】	191
【任务描述】	191

【知识链接】	191
一、冶金企业供配电系统概述	191

二、炼铁厂供配电系统概述	192	点检内容	201
三、炼钢厂供配电系统概述	195	六、检修后变压器的投用	202
四、轧钢厂供配电系统概述	197	七、调整变压器分接头开关	202
【任务实施】 冶金企业供配电系统运行与 维护	200	八、两台变压器并联运行	203
一、分析与处理电力线路故障（以电 缆为例）	200	九、根据负荷要求选择配电装置和控制 方式	203
二、高压开关柜小车更换与调试（以 KYN-28 型高压开关柜为例）	200	十、低压控制回路故障处理	203
三、高压开关柜高压电流互感器的 更换	200	十一、负荷不停电、倒电	203
四、检查处理控制回路故障	201	十二、设计一个用电负荷的线路	203
五、变电所值班人员日常工作和设备		【知识拓展】	204
		一、高炉冶炼产品	204
		二、我国现行生铁标准	205
		【学习评价】	205
学习情境五 炼油企业供配电系统	206		
【学习目标】	206	五、真空断路器的检查与维修（以 ZN28-10 型真空断路器为例）	216
【任务描述】	206	六、高压隔离开关更换与调整（以 GN19-10 型隔离开关为例）	217
【知识链接】	206	七、系统停电事故处理	217
一、炼油企业供配电系统概述	206	八、系统接地事故处理（以锦州炼油 厂装置高压配电间为例）	218
二、锦州石化公司炼油厂炼油装置供 配电系统概述	208	九、直流系统故障处理	218
三、锦州石化公司炼油厂三催化装置 供配电系统继电保护整定值	209	十、变压器运行中的事故处理	219
四、催化裂化装置简介	209	【知识拓展】	219
五、催化裂化部分工艺流程说明	212	一、催化裂化在炼油中的作用	219
【任务实施】 炼油企业供配电系统运行 与维护	213	二、催化裂化发展简介	220
一、电气运行操作	213	三、催化裂化原料	220
二、架空线路的运行与维护	215	四、催化裂化的产品	221
三、停电更换线路（直线杆）的绝 缘子	215	五、催化剂种类和发展	221
四、电缆线路的故障探测	215	【学习评价】	221
参考文献	222		

学习情境一 供配电仿真系统及其应用

【学习目标】

〔能力目标〕

- ① 能看懂有关供配电系统设计的相关图纸；
- ② 能熟练使用供配电仿真系统；
- ③ 对常见故障能够正确分析与处理；
- ④ 具备供配电系统的安装、接线与调试技能；
- ⑤ 熟悉供配电系统安全操作规程；
- ⑥ 能运用所掌握的知识和技术分析供配电系统的应用案例；
- ⑦ 能熟练使用微机线路、微机分段保护装置和微机变压器保护装置；
- ⑧ 能用备用自投装置实现 10kV 系统的备用电源自动投入；
- ⑨ 能熟练操作 KWWB 系列无功补偿控制器；
- ⑩ 能熟练使用 KLD-2000 当地监控系统并能对其进行简单维护。

〔知识目标〕

- ① 了解供配电线路的接线方式、结构与敷设；
- ② 掌握选择导线和电缆截面的方法；
- ③ 掌握高压电力线路继电保护的组成和原理；
- ④ 掌握电力变压器继电保护的组成、接线、原理和整定计算；
- ⑤ 熟悉变配电所主接线图；
- ⑥ 了解高低压开关柜运行与维护的要求和巡视检查项目；
- ⑦ 了解压板投退的作用和功能；
- ⑧ 了解电磁式保护与微机型保护的区别；
- ⑨ 掌握继电保护与自动重合闸后加速的配合技术；
- ⑩ 熟悉实时监控子系统显示实时数据的方式。

任务一 供配电系统认知

【任务描述】

通过对供配电系统基础知识的学习，充分理解供配电系统的设计思路和方法，掌握供配电系统运行维护所需的基本理论和基本知识。在此基础上，搜集、整理供配电系统成套配电装置和一、二次设备的相关信息。

【知识链接】

一、电力系统概述

电能是由发电厂生产的。为了充分利用动力资源，降低发电成本，发电厂大多建在一次

能源丰富的偏远地区，而电能用户一般在大中城市和负荷集中的大工业区，因此发电厂生产出的电能要经过高压远距离输电线路输送，才能到达各电能用户。从发电厂到用户的送电过程示意图如图 1-1 所示。

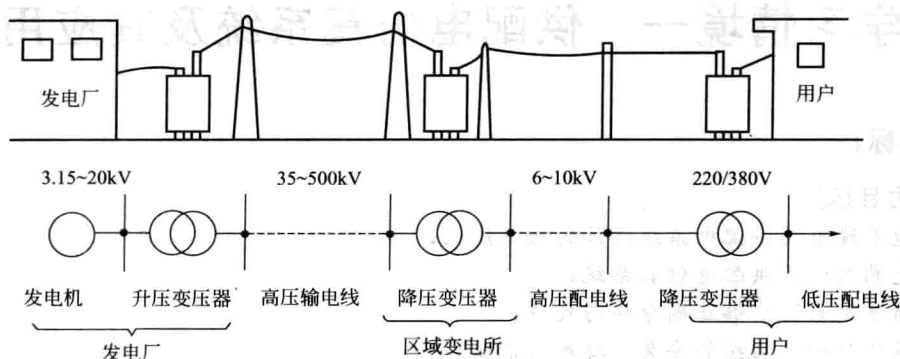


图 1-1 从发电厂到用户的送电过程示意图

在图 1-1 中，发电机生产电能，电力线路输送电能，变压器变换电压，电动机、电灯等用电设备使用电能，这些设备联系起来就组成了一个电力系统。电力系统就是由各种电压的电力线路将发电厂、变电所和电力用户联系起来，实现电能的生产、输送、分配、变换和使用的统一整体。电力生产具有不同于一般商品生产的特点，其生产、输送、分配和使用的全过程几乎在同一瞬间完成。典型电力系统的系统图如图 1-2 所示。

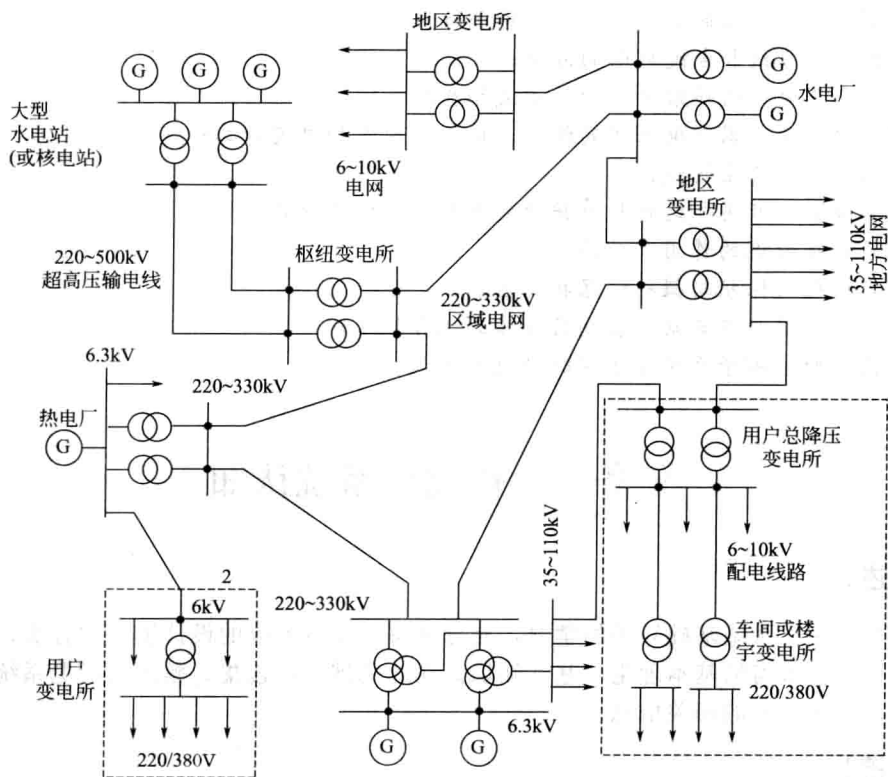


图 1-2 典型电力系统的系统图

电力系统将分散于各地的众多发电厂连接起来并联工作，并通过电力网将分散在各地的

负荷中心的用户联系起来,从而实现电能的大容量、远距离输送。随着负荷的不断增长和电源建设的不断发展,将一个电力系统与邻近的电力系统互联已成为历史发展的必然。建立大型电力系统可以经济合理地利用一次能源,降低发电成本,减少电能损耗,提高电能质量,还可实现电能的灵活调节和调度,从而大大提高供电的可靠性。

(一) 发电厂

发电厂是将煤、石油、水能、核能、风能、太阳能等各种一次能源转变成电能的一种特殊工厂。根据利用的一次能源的不同,发电厂可分为火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂等。此外,还有地热发电、太阳能发电、垃圾发电和沼气发电等能源转换方式。

目前,我国和世界大多数国家仍以火力发电、水力发电和核能发电为主。

① 火力发电厂是利用煤、石油、天然气等作为燃料来生产电能的工厂。其主要设备有锅炉、汽轮机、发电机等。其基本生产过程为:燃料在锅炉的炉膛中燃烧,加热锅炉中的水使其变成高温高压蒸汽,进入汽轮机,推动汽轮机的转子旋转,汽轮机带动联轴的发电机旋转发电。其能量转换过程为:燃烧的化学能 $\rightarrow$ 热能 $\rightarrow$ 机械能 $\rightarrow$ 电能。

② 水力发电厂是利用江河水流的位能来生产电能的工厂。水力发电厂主要由水库、水轮机和发电机组成。其基本生产过程为:从河流较高处或水库内引水,利用水的压力或流速使水轮机旋转,水轮机带动发电机旋转发电。其能量转换过程为:水流位能 $\rightarrow$ 机械能 $\rightarrow$ 电能。

③ 核能发电厂是利用原子核的裂变能来生产电能的工厂。主要设备有反应堆、汽轮机、发电机等。其生产过程与火力发电厂基本相同,只是用核反应堆代替了燃煤锅炉,以少量的核燃料代替了煤炭。其能量转换过程为:核裂变能 $\rightarrow$ 热能 $\rightarrow$ 机械能 $\rightarrow$ 电能。

各种形式的电厂将不同形式的一次能源转化成电能,电能的传输方式分为直流传输和交流传输两种形式。

直流输电是将发电厂发出的交流电用整流器变换成直流,经直流输电线路送至接收端,再经逆变器变换成三相交流电后送到用户。

在直流输电线路中“极”的定义相当于三相交流线路中的“相”。但从电力传输的技术要求来看,交流输电线路必须变成三相才便于运行;而直流输电线路中的极(正极或负极)却能独立工作,任何一极加上回流电路就能独立输送电力。直流输电线路造价低于交流输电线路但换流站造价却比交流变电站高得多,其输送的电压等级还要受到电子器件耐压性能的限制。

交流输电是将发电厂发出的交流电经升压变压器,再经三相输电线路到降压变压器,然后送到用户。

(二) 变电所

变电所的功能是接受电能、变换电压和分配电能。变电所由电力变压器、配电装置和二次装置等构成。按变电所的性质和任务不同,将其分为升压变电所和降压变电所。升压变电所通常紧靠发电厂,降压变电所通常远离发电厂而靠近负荷中心。根据变电所在电力系统中的地位 and 作用,可将其分为枢纽变电所、地区变电所和用户变电所。枢纽变电所位于电力系统的枢纽点,联系多个电源,出线回路多,变电容量大,电压等级一般为330kV或330kV以上;地区变电所一般用于地区或中、小城市配电网,其电压等级一般为110~220kV;用户变电所位于配电线路的终端,接近负荷处,高压侧为10~110kV引入线,经降压后向用户供电。

(三) 电力网

电力网是由变电所和不同电压等级的输电线路组成的,其作用是输送、控制和分配电

能。按供电范围、输送功率和电压等级的不同,电力网可分为地方网、区域网和远距离网三类。电压为 110kV 及 110kV 以下的电力网,其电压较低,输送功率小,线路距离短,主要供电给地方变电所,称为地方网;电压在 110kV 以上的电力网,其传输距离和传输功率都比较大,一般供电给大型区域性变电所,称为区域网;供电距离在 300km 以上,电压在 330kV 及 330kV 以上的电力网,称为远距离网。如果仅从电压的高低来划分,则电力网可分为低压网(1kV 以下)、中压网(1~20kV)、高压网(35~220kV)及超高压网(330kV 及 330kV 以上)。

(四) 电能用户

电能的特点如下。

① 电能不能大量存储。电能的生产、输送、分配和消费实际上是同时进行的,在电力系统中,任何时刻各发电厂发出的功率,必须等于该时刻各用电设备所需的功率与输送、分配各环节中损耗功率之和,因而对电能生产的协调和管理提出更高要求。

② 电磁过程的快速性。电力系统中任何一个地方的运行状态的改变或故障,都会很快影响整个系统的运行,仅依靠手动操作无法保证电力系统的正常和稳定运行,所以电力系统的运行必须依靠信息就地处理的继电保护和自动装置,以及信息全局处理的调度自动化系统。

③ 与国民经济的各部门、人民的日常生活等有着极其密切的关系。供电的突然中断会给予交通运输业、公共事业带来严重的后果。

所有消耗电能的单位均称为电能用户,从大的方面可将其分为工业电能用户和民用电能用户。

二、供配电系统概述

1. 国内外供配电技术的发展情况

自从 20 世纪初发明三相交流电以来,输电技术朝着高电压、大容量、远距离、较高自动化的目标不断发展,20 世纪后半叶发展更加迅速。1952 年瑞典首先采用 380kV 输电电压,1954 年美国 354kV 线路投运,1956 年前苏联建成伏尔加河水电站至莫斯科的 400kV 线路并于 1959 年升压到 500kV。进入 20 世纪 60 年代欧洲各国普遍采用 380kV 级输电电压,北美和日本则建设大量 500kV 线路。以后加拿大、前苏联和美国又相继建成一批 735~765kV 输电线路。20 世纪 70 年代,欧美各国对交流 1000kV 级特高压(UHV)输电技术进行了大量研究开发,1985 年前苏联建成世界上第一条 1150kV 工业性输电线路,日本也在 20 世纪 90 年代初建成 1000kV 输电线路。

近 50 年来中国的供配电技术也已经取得了突破性进展。20 世纪 50 年代建设了一大批 35kV 和 110kV 输电线路;60 年代,许多城市建设 220kV 输电线路,并逐步形成地区 220kV 电网。随着电力负荷的增长和大型水力发电和火力发电电源的开发,1972 年建成第一条 330kV 刘家峡水电站至关中超高压线路,该输电线路全长 534km。随后 330kV 输电线路延伸到陕甘宁青 4 个省区,形成西北跨省联合电网。1981 年第一条 500kV 全长 595km 平顶山至武汉输电线路投入运行,接着其他地区也相继采用 500kV 级电压输送电力。目前全国已有东北、华北、华东、华中、西北、南方、川渝 7 个跨省电网和山东、福建、新疆、海南、西藏 5 个独立省(区)网。网内 220kV 输电线路合计全长 120000km,330kV 输电线路 7500km,500kV 输电线路 20000km。华中与华东两大电网之间,通过 1500kV 葛洲坝至上海直流线路实行互联。中国输电线路的建设规模和增长速度在世界上是少有的。

2. 中国电网发展趋势

中国大部分能源资源分布在西部地区,而东部沿海地区经济发达,电力负荷增长迅速。开发西部的水电和火电基地,实行“西电东送”是国家的一项长期战略。近十年来,山西、

内蒙古西部火电基地向京津唐电网送电,葛洲坝水电站通过 $\pm 500\text{kV}$ 直流线路向上海送电,南方互联电网将天生桥水电站和云南、贵州的水电站所发的电送往广东、广西等省的“西电东送”措施已经取得一定成效。随着西部大开发战略的实施,内蒙古西部、山西、陕西、宁夏、河南西部火电基地的建设,黄河上游、金沙江、澜沧江、红水河、乌江等大型水电站的开发,以及“西电东送”输电大通道的开辟,将加大“西电东送”的能力并促进电网的快速发展。

电网是电力能源的载体。加强电网建设是拓展电力市场,提高电力工业整体效益的重要举措。

中国电网发展分为三个步骤进行。

① 加紧实施 7 个跨省大区电网之间以及大区电网与 5 个独立省网之间的互联。

② 2010 年前后,建成以三峡电网为中心连接华中、华东、川渝的中部电网;华北、东北、西北 3 个电网互联形成的北部电网;以及云南、贵州、广西、广东 4 省(自治区)的南部联合电网。同时,北、中、南 3 大电网之间实现局部互联,初步形成全国统一的联合电网的格局。

③ 2020 年前后,随着长江和黄河上游以及澜沧江、红水河上一系列大型水电站的开发,西部和北部大型火电厂和沿海核电站的建设,以及一大批长距离、大容量输电工程的实施,电网结构进一步加强,真正形成全国统一的联合电网。在全国统一电网中充分实现西部水电东送,北部火电南送的能源优化配置。此外,北与俄罗斯、南与泰国之间也可能实现周边电网互联和能源优势互补。

近年来,中国电力工业不断实现跨越式发展。1987~1995 年,中国发电装机容量和发电量先后超过法国、英国、加拿大、德国、俄罗斯和日本,跃居世界第二位。随着中国经济迅速增长,中国电力需求迅猛增加,电力供不应求的紧张局面再次出现。为最大限度地满足经济增长对电力的需求,国家采取有效措施,加大电力建设投资,使全国每年发电规模都在 1500 万千瓦以上,到 2003 年底,全国发电装机容量达到 3.91 亿千瓦,发电量达到 19052 亿千瓦时。

目前由于装机容量增长速度低于同期国民经济及电力需求增长速度,导致部分地区在充分利用现有发电设备能力的情况下,电力供应依然紧张。有关部门预测,未来 15 年中国必须新增 5 亿千瓦以上的发电装机才能满足全面建设小康社会的需要。这意味着未来几年中国电源建设将进入更加快速的发展阶段。

3. 供配电系统的组成

供配电系统是工业企业供配电系统和民用建筑供配电系统的总称。供配电系统是电力系统的重要组成部分,是电力系统的电能用户。对用电单位来讲,供配电系统的范围是指从电源线路进入用户起到高低压用电设备进线端止的整个电路系统,它由变配电所、配电线路和用电设备构成。图 1-2 中虚线框 1、2 为供配电系统示意图。

对不同容量或类型的电能用户,供配电系统的组成是不相同的。

对大型用户及某些电源进线电压为 35kV 及 35kV 以上的中型用户,供配电系统一般要经过两次降压,也就是在电源进厂以后,先经过总降压变电所,将 35kV 及 35kV 以上的电源电压降为 $6\sim 10\text{kV}$ 的配电电压,然后通过高压配电线路将电能送到各个车间变电所,也有的经高压配电所再送到车间变电所,最后经配电变压器降为一般低压用电设备所需的电压。图 1-3 所示为具有总降压变电所的供配电系统简图。

对电源进线电压为 $6\sim 10\text{kV}$ 的中型用户,一般电能先经高压配电所集中,再由高压配电线路将电能分送到各车间变电所,或由高压配电线路直接供给高压用电设备。车间变电所内装有电力变压器,可将 $6\sim 10\text{kV}$ 的高压降为一般低压用电设备所需的电压(如 $220/380\text{V}$),然后由低压配电线路将电能分送给各用电设备使用。图 1-4 所示为具有高压配电所

的供配电系统简图。

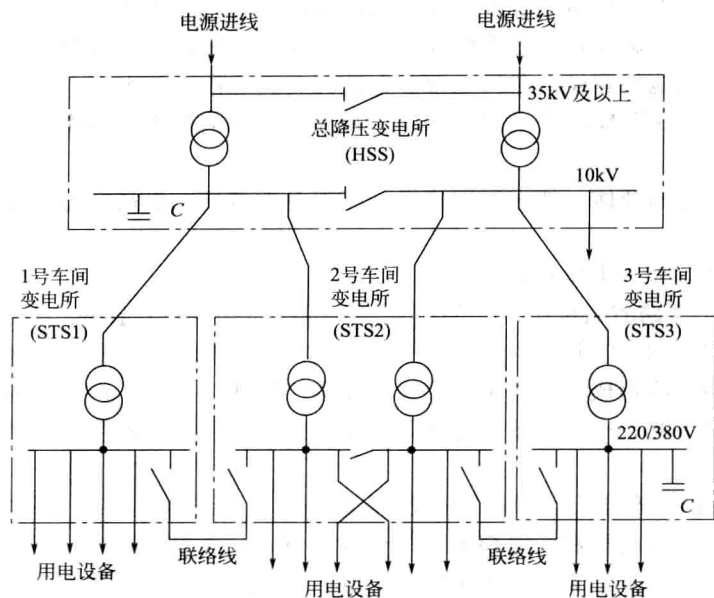


图 1-3 具有总降压变电所的供配电系统简图

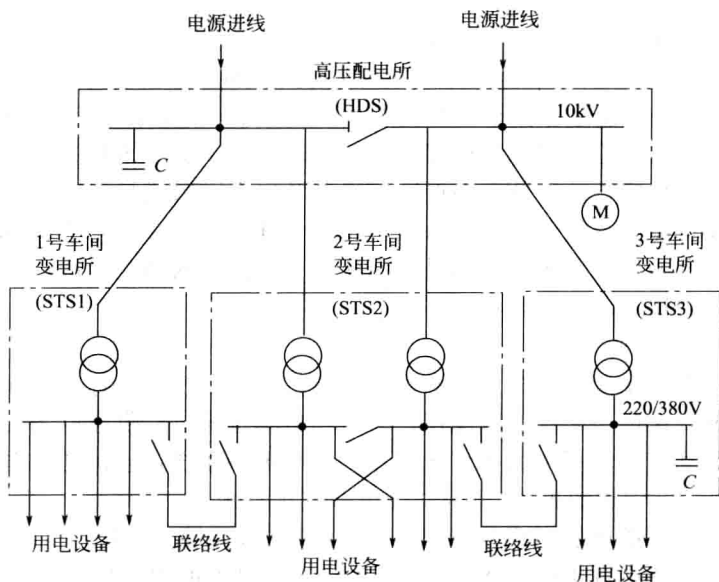


图 1-4 具有高压配电所的供配电系统简图

对于小型用户，由于所需容量一般不超过 $1000\text{kV} \cdot \text{A}$ 或比 $1000\text{kV} \cdot \text{A}$ 稍多，因此通常只设一个降压变电所，将 $6 \sim 10\text{kV}$ 电压降为低压用电设备所需的电压，如图 1-5 所示。当用户所需容量不大于 $160\text{kV} \cdot \text{A}$ 时，一般采用低压电源进线，此时用户只需设一个低压配电间，如图 1-6 所示。

三、电力系统的电压

1. 三相交流电网和电力设备的额定电压

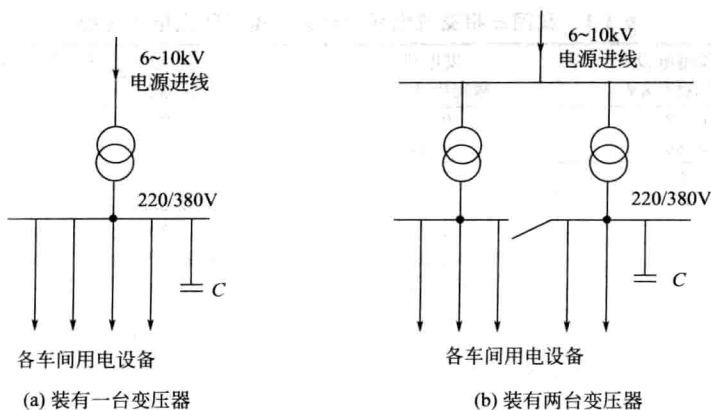


图 1-5 只有一个降压变电所的供配电系统简图

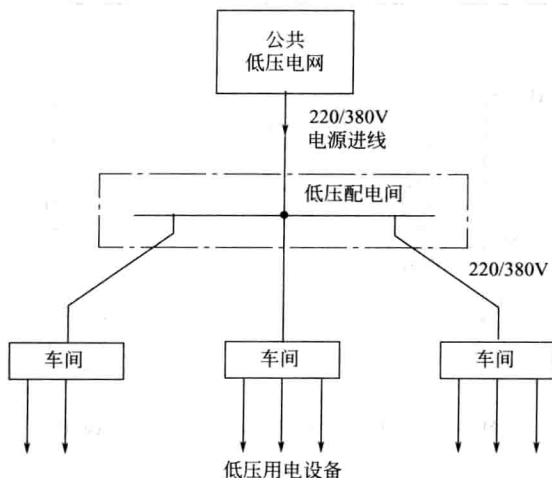


图 1-6 低压进线的供配电系统简图

电力系统的额定电压是我国根据国民经济发展的需要以及电力工业的现有水平，经过全面的技术分析后确定的。电力系统的额定电压分为不同的等级。按照国家标准 GB 156—2003《标准电压》规定，我国三相交流电网和电力设备的额定电压等级见表 1-1。

(1) 电网的额定电压

电网的额定电压必须符合国家规定的电压等级。当电网的电压选定后，其他各类电力设备的额定电压即可根据电网的电压来确定。

(2) 用电设备的额定电压

由于线路通过电流时要产生电压降，因此线路上各点的电压都略有不同，如图 1-7 中虚线所示。但是成批生产的用电设备，其额定电压不可能按使用处线路的实际电压来制造，而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。因此规定用电设备的额定电压与同级电网的额定电压相同。

(3) 发电机的额定电压

电力线路允许的电压偏差一般为 $\pm 5\%$ ，即整个线路允许有 10% 的电压损耗值，因此为了维持线路的平均电压在额定值，线路首端（电源端）电压可较线路额定电压高 5% ，而线路末端电压则可较线路额定电压低 5% ，如图 1-7 所示。所以规定发电机额定电压高于同级电网额定电压的 5% 。

表 1-1 我国三相交流电网和电力设备的额定电压等级

分类	电网和用电设备 额定电压/kV	发电机 额定电压/kV	电力变压器额定电压/kV	
			一次绕组	二次绕组
低压	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高压	3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
	6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
	10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
	—	13.8, 15, 18, 20, 22, 24, 26	13.8, 15, 18, 20, 22, 24, 26	—
	35	—	35	38.5
	66	—	66	72.6
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550
	750	—	750	825(800)

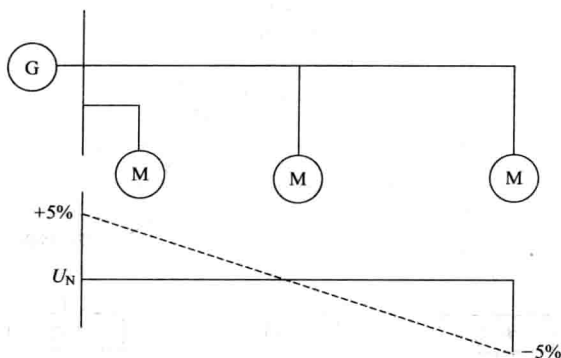


图 1-7 用电设备和发电机的额定电压说明

(4) 电力变压器的额定电压

① 电力变压器一次绕组的额定电压分为两种情况：当变压器直接与发电机相连时，如图 1-8 中的变压器 T1，其一次绕组额定电压应与发电机额定电压相同，即高于同级电网额定电压的 5%；当变压器不与发电机相连而是连接在线路上时，如图 1-8 中的变压器 T2，则可看作是线路的用电设备，因此其一次绕组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为两种情况：当变压器二次侧供电线路较长时，如图 1-8 中的变压器 T1，其额定电压高于同级电网额定电压的 10%，以此补偿变压器二次绕组内阻抗压降和线路上的电压损失；当变压器二次侧供电线路不太长时，如图 1-8 中的变压器 T2，其额定电压只需高于电网额定电压的 5% 即可，以此来补偿变压器内部 5% 的电压损耗。

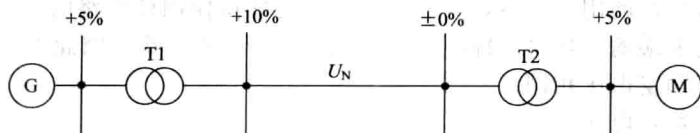


图 1-8 电力变压器的额定电压说明

2. 电压的分类及高低电压的划分

(1) 电压的分类

按国标规定,额定电压分为以下三类。

第一类额定电压为 100V 及 100V 以下,如 12V、24V、36V 等,主要用于安全照明、潮湿工地建筑内部的局部照明及小容量负荷的电源。

第二类额定电压为 100V 以上、1000V 以下,如 127V、220V、380V、660V 等,主要用作低压动力电源和照明电源。

第三类额定电压为 1000V 以上,如 6kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV 等,主要用作高压用电设备、发电及输电设备的额定电压。

(2) 电压高低的划分

我国的一些设计、制造和安装规程通常以 1000V 为界来划分电压高低,即低压指额定电压在 1000V 及 1000V 以下者;高压指额定电压在 1000V 以上者。此外,将 330kV 以上的电压称为超高压,将 1000kV 以上的电压称为特高压。

3. 供配电系统电压的选择

供配电系统电压的选择包括供电电压的选择和高、低压配电电压的选择。

(1) 供电电压的选择

供电电压是指供配电系统从电力系统所取得的电源电压。供电电压的选择主要取决于以下三方面的因素。

① 电力部门所能提供的电源电压。例如,某一中小型企业可采用 10kV 供电电压,但附近只有 35kV 电源线路,而要取得远处的 10kV 供电电压投资较大,因此只有采用 35kV 供电电压。

② 企业负荷大小及电源线路远近。每一级供电电压都有其合理的供电容量和供电距离。当负荷较大时,相应的供电距离就会减小。当企业距离供电电源较远时,为了减少能量损耗,可采用较高的供电电压。

③ 企业大型设备的额定电压决定企业的供电电压。例如,某些制药厂或化工厂的大型设备的额定电压为 6kV,因此必须采用 6kV 电源电压供电。当然也可采用 35kV 或 10kV 电源进线,再降为 6kV 厂内配电电压供电。

影响供电电压的因素还有很多,比如导线的截面积、负荷的功率因数、电价制度等。在选择供电电压时,必须进行技术、经济比较,才能确定应该采用的供电电压。我国目前电能用户所用的供电电压为 35~110kV、10kV、6kV。一般来讲,大中型用户常采用 35~110kV 作供电电压,中小型用户常采用 10kV、6kV 作供电电压。其中,采用 10kV 供电电压最为常见。表 1-2 为各级电压下电力线路较合理的输送容量和输送距离。

表 1-2 各级电压下电力线路较合理的输送容量和输送距离

线路电压/kV	线路结构	输送功率/kW	输送距离/km
0.38	架空线	≤ 100	≤ 0.25
0.38	电缆线	≤ 175	≤ 0.35
6	架空线	≤ 1000	≤ 10
6	电缆线	≤ 3000	≤ 8
10	架空线	≤ 2000	5~20
10	电缆线	≤ 5000	≤ 10
35	架空线	2000~10000	20~50
66	架空线	3500~30000	30~100
110	架空线	10000~50000	50~150
220	架空线	100000~500000	200~300

(2) 配电电压的选择

配电电压是指用户内部供电系统向用电设备配电的电压等级。由用户总降压变电所或高压配电所向高压用电设备配电的电压称为高压配电电压;由用户车间变电所或建筑物变电所