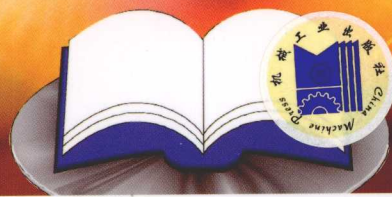





全国高等专科教育自动化类专业规划教材

# 供配电系统

徐滤非 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

赠电子教案及习题解答等

全国高等专科教育自动化类专业规划教材

# 供 配 电 系 统

主 编 徐 滤 非

副 主 编 张 池

参 编 施 卫 华

主 审 张 祥 军

图 书 在 编 目 (CIP) 录

徐滤非主编. 供配电系统. 北京: 机械工业出版社, 2007.9.

2007.9

全国高等专科教育自动化类专业规划教材

ISBN 978-7-111-21822-2

1. 供配电系统. Ⅱ. 徐... Ⅲ. 供配电系统—高等学校—教材. Ⅳ. TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第104923号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑: 于... 封面设计: 陈... 责任校对: 申... 责任印制: 陈...

北京机械工业出版社印刷厂印刷

2007年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.2印张·404千字

0001-4000册

定价: 22.00元



机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑: 于... 封面设计: 陈... 责任校对: 申... 责任印制: 陈...

机械工业出版社

本书围绕供电系统的基本知识、基本理论、运行维护及工程实用技术等进行了系统的论述。全书共分十章,包括概论,供电系统的负荷计算,短路电流及其计算,电气设备、电力线路及其选择,供电系统的一次接线,供电系统的继电保护,供电系统的二次回路和自动装置,防雷、接地及电气安全,电气照明,供电系统的运行和管理。同时,涉及到工程设计和计算的章节都配有例题,并且每章也都配有习题,以指导读者进行深入的学习。

本书内容丰富,强调基本知识的介绍,理论以够用为度,注重理论与工程实际相结合,突出反映供电领域的新设备和新技术。为便于阅读,本书在编写过程中注意图、表、文并茂,力求做到文字简洁明快、结构直观清晰。为便于自主学习,在习题的设计上,做到覆盖面广、信息量大、形式多样,并要求学生通过课外实践、文献检索等锻炼实践能力,了解供电系统的前沿技术和发展趋势。

本书可作为高职高专院校电气自动化技术、供电技术、建筑电气工程技术 and 农村电气化技术等相关专业的教学用书,也可供从事供电运行、管理工作的工程技术人员参考使用。

为方便教学,本书配有免费电子教案,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取,咨询电话:010-88379564。

## 图书在版编目(CIP)数据

供电系统/徐滤非主编. —北京:机械工业出版社, 2007.9

全国高等专科学校教育自动化类专业规划教材  
ISBN 978-7-111-21875-3

I. 供… II. 徐… III. ①供电—电力系统—高等学校—教材②配电系统—高等学校—教材 IV. TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第104673号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:曲世海 版式设计:冉晓华

责任校对:申春香 封面设计:鞠杨 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2007年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.5印张·404千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-21875-3

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68354423

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

## 前 言

本书以满足我国高等职业教育和高等专科教育需要为原则，以突出实践能力和职业能力为培养目标，围绕供配电系统的基本知识、基本理论、运行维护及工程实用技术等进行了系统的论述。本书可作为高职高专院校电气自动化技术、供配电技术、建筑电气工程技术和农村电气化技术等相关专业的教学用书，也可供从事供配电运行、管理工作的工程技术人员参考使用。

全书共分十章，包括概论，供配电系统的负荷计算，短路电流及其计算，电气设备、电力线路及其选择，供配电系统的一次接线，供配电系统的继电保护，供配电系统的二次回路和自动装置，防雷、接地及电气安全，电气照明，供配电系统的运行和管理。同时，涉及到工程设计和计算的章节中都配有例题，并且每章也都配有习题，以指导读者进行深入的学习。另外，为便于供配电系统的课程设计或毕业设计，在附录中列出了供配电设计中常用的技术数据和电气设备的技术参数。

本书内容丰富，强调基本知识的介绍，理论以够用为度，注重理论与工程实际相结合，突出反映供配电领域的新设备和新技术。为便于阅读，本书在编写过程中注意图、表、文并茂，力求做到文字简洁明快、结构直观清晰。为便于自主学习，在习题的设计上，做到覆盖面广、信息量大、形式多样，并要求学生通过课外实践、文献检索等锻炼实践能力，了解供配电系统的前沿技术和发展趋势。

供配电技术涉及面广，实用性强，智能电气设备和供配电系统综合自动化技术发展迅速，因篇幅所限，有的内容没有进行全面系统的叙述。本教材适合采用多媒体教学，配有 PowerPoint 电子教案，并在其中充实了相关内容，供参考使用。

本书由徐滢非任主编，张池任副主编。徐滢非负责全书的统稿，并编写第 1、3、4、5、8 章和全书的习题；张池编写第 2、6 章和第 7 章的 7.1~7.5 节；施卫华编写第 9、10 章和第 7 章的 7.6 节。辽宁科技学院张祥军教授任主审，并对本书提出了宝贵的意见，谨在此表示衷心的感谢！

在本书的编写过程中，参考了许多相关文献，在此向所有作者致以诚挚的谢意！由于编者水平有限，而且涉及供配电系统的新设备和新技术不断涌现，书中难免有所错漏与不足，诚望使用本书的广大师生和工程技术人员批评指正。

为方便教学，本书配有免费电子教案，凡选用本书作为教材的学校，均可来电索取，咨询电话：010-88379564。

# 前 言

## 编 者

本书是根据《供配电系统设计规范》(GB 50054-2011)和《低压配电设计规范》(GB 50054-2011)等标准编写而成的。本书可作为电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事供配电工作的工程技术人员参考。

本书共分10章，主要内容包括：第一章 绪论，第二章 供配电系统的组成，第三章 供配电系统的负荷计算，第四章 供配电系统的短路计算，第五章 供配电系统的继电保护，第六章 供配电系统的防雷保护，第七章 供配电系统的接地保护，第八章 供配电系统的电气火灾预防，第九章 供配电系统的节能与绿色设计，第十章 供配电系统的智能化设计。

本书在编写过程中，参考了国内外有关标准和文献，得到了许多同行专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编者：XXX

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 概论

1.1 供配电系统的基本概念	1
1.1.1 电力系统简介	1
1.1.2 电力系统运行的特点及要求	3
1.1.3 供配电系统概况	3
1.2 电力系统的电压	6
1.2.1 电力系统的额定电压	6
1.2.2 电压偏差与电压调整	8
1.2.3 用户供配电系统电压的选择	9
1.3 电力系统的中性点运行方式	10
1.3.1 中性点不接地的运行方式	11
1.3.2 中性点经消弧线圈接地的运行方式	12
1.3.3 中性点直接接地的运行方式	13
1.4 供配电设计概述	13
1.4.1 供配电设计的内容	14
1.4.2 供配电设计的程序	14
习题	14

## 第 2 章 供配电系统的负荷计算

2.1 概述	17
2.1.1 负荷计算的目 的与意义	17
2.1.2 负荷曲线	17
2.1.3 与负荷曲线和负荷计算有关的物理量	18
2.1.4 用电设备的工作制与设备容量	19
2.2 三相用电设备组计算负荷的确定	21
2.2.1 需要系数法	21
2.2.2 按二项式法确定计算负荷	24
2.3 单相用电设备的负荷计算	25
2.3.1 单相设备接于相电压时的负荷计算	25

2.3.2 单相设备接于线电压时的负荷计算	25
2.4 用户总计算负荷的确定	26
2.4.1 按需要系数法确定用户总计算负荷	27
2.4.2 按年产量估算用户总计算负荷	27
2.4.3 按逐级计算法确定用户总计算负荷	27
2.5 功率因数和无功功率补偿	28
2.5.1 功率因数	28
2.5.2 无功功率补偿	29
2.5.3 无功补偿后用户的计算负荷	30
2.6 尖峰电流及其计算	31
习题	32

## 第 3 章 短路电流及其计算

3.1 概述	35
3.1.1 短路及其原因	35
3.1.2 短路的后果及短路计算的目的	35
3.1.3 短路的形式	36
3.2 无限大容量电力系统中三相短路的分析	37
3.2.1 无限大容量电力系统的概念	37
3.2.2 无限大容量电力系统三相短路的过渡过程	37
3.2.3 有关短路的物理量	38
3.3 无限大容量电力系统中三相短路电流的计算	39
3.3.1 短路电流计算的简化说明	39
3.3.2 短路电流的计算方法	40
3.3.3 采用标幺制法进行短路计算	42
3.3.4 低压电网的短路计算	44
3.3.5 交流电动机对短路电流的影响	45

3.4 无限大容量电力系统中两相和单相短路 电流的计算 .....	46	4.7.2 电缆线路的结构及敷设 .....	101
3.4.1 两相短路电流的计算 .....	46	4.7.3 低压配电线路 .....	104
3.4.2 单相短路电流的计算 .....	46	4.7.4 导线和电缆截面积的选择 .....	105
3.5 短路电流的效应 .....	47	习题 .....	110
3.5.1 短路电流的电动效应 .....	47		
3.5.2 短路电流的热效应 .....	48		
习题 .....	50		
<b>第4章 电气设备、电力线路及其选择</b> .....	52	<b>第5章 供配电系统的一次接线</b> .....	114
4.1 概述 .....	52	5.1 概述 .....	114
4.2 电气设备中电弧的产生及灭弧方法 .....	52	5.1.1 一次接线及其要求 .....	114
4.2.1 电弧的产生 .....	52	5.1.2 一次接线主要电气设备的配置 .....	114
4.2.2 电弧的影响 .....	53	5.1.3 变配电所的一次接线图 .....	115
4.2.3 电弧的熄灭 .....	53	5.2 变配电所主接线 .....	116
4.3 高压一次设备 .....	55	5.2.1 变配电所主接线的基本形式 .....	116
4.3.1 高压熔断器 .....	55	5.2.2 变配电所主接线典型方案 .....	119
4.3.2 高压隔离开关 .....	58	5.3 高、低压配电网接线 .....	122
4.3.3 高压负荷开关 .....	59	5.3.1 高压配电网接线 .....	122
4.3.4 高压断路器 .....	60	5.3.2 低压配电网接线 .....	124
4.3.5 高压开关柜 .....	64	5.4 变配电所所址的选择、型式与布置 .....	126
4.3.6 气体绝缘全封闭组合电器 .....	66	5.4.1 变配电所所址的选择 .....	126
4.3.7 高压一次设备的选择与校验 .....	68	5.4.2 变配电所的型式 .....	126
4.4 低压一次设备 .....	70	5.4.3 变配电所的总体布置 .....	127
4.4.1 低压熔断器 .....	71	5.4.4 组合式成套变电站的布置 .....	128
4.4.2 低压隔离器和低压隔离开关 .....	73	习题 .....	130
4.4.3 熔断器组合电器 .....	73		
4.4.4 低压断路器 .....	73	<b>第6章 供配电系统的继电保护</b> .....	132
4.4.5 低压开关柜 .....	77	6.1 继电保护的基本知识 .....	132
4.4.6 低压一次设备的选择与校验 .....	77	6.1.1 继电保护的任務 .....	132
4.5 电力变压器 .....	86	6.1.2 对继电保护的要求 .....	132
4.5.1 概述 .....	86	6.1.3 继电保护的基本工作原理 .....	133
4.5.2 电力变压器的容量和过负荷能力 .....	87	6.1.4 常用的保护继电器 .....	133
4.5.3 变电所主变压器的选择 .....	88	6.1.5 电流保护的接线方式 .....	136
4.6 互感器 .....	90	6.2 电力线路的继电保护 .....	137
4.6.1 电流互感器 .....	90	6.2.1 带时限的过电流保护 .....	137
4.6.2 电压互感器 .....	94	6.2.2 电流速断保护 .....	141
4.7 电力线路 .....	97	6.2.3 单相接地保护 .....	142
4.7.1 架空线路的结构及敷设 .....	98	6.2.4 过负荷保护 .....	144
		6.3 电力变压器的继电保护 .....	145
		6.3.1 概述 .....	145
		6.3.2 变压器的电流保护 .....	145
		6.3.3 变压器的气体保护 .....	147

6.3.4 变压器的差动保护 .....	149	8.3.1 电气安全的有关概念 .....	194
6.4 微机继电保护 .....	151	8.3.2 电气安全的一般措施 .....	195
6.4.1 概述 .....	151	8.3.3 触电的急救处理 .....	196
6.4.2 微机继电保护的硬件 .....	151	习题 .....	198
6.4.3 微机继电保护的软件及算法 .....	153	<b>第9章 电气照明</b> .....	200
习题 .....	153	9.1 电气照明概述 .....	200
<b>第7章 供配电系统的二次回路和自动装置</b> .....	156	9.1.1 照明技术的有关概念 .....	200
7.1 二次回路概述 .....	156	9.1.2 照明方式和种类 .....	201
7.2 二次回路的操作电源 .....	156	9.2 常用照明光源和灯具 .....	202
7.2.1 直流操作电源 .....	156	9.2.1 常用照明光源 .....	202
7.2.2 交流操作电源 .....	158	9.2.2 常用灯具 .....	205
7.3 高压断路器的控制和信号回路 .....	158	9.2.3 灯具的选择 .....	206
7.3.1 概述 .....	158	9.2.4 灯具的布置方式 .....	206
7.3.2 采用电磁操动机构的断路器控制回路 .....	159	9.3 照度计算 .....	207
7.4 测量和绝缘监视回路 .....	160	9.3.1 照度标准 .....	207
7.5 自动重合闸和备用电源自动投入装置 .....	162	9.3.2 照度的计算方法 .....	208
7.5.1 自动重合闸装置 .....	162	9.4 照明供电 .....	210
7.5.2 备用电源自动投入装置 .....	163	习题 .....	212
7.6 供配电系统综合自动化技术 .....	164	<b>第10章 供配电系统的运行和管理</b> .....	214
7.6.1 概述 .....	164	10.1 节约电能 .....	214
7.6.2 变电站综合自动化系统 .....	165	10.1.1 节约电能的意义 .....	214
习题 .....	168	10.1.2 节约电能的措施 .....	215
<b>第8章 防雷、接地及电气安全</b> .....	171	10.1.3 电力变压器的经济运行 .....	217
8.1 大气过电压与防雷 .....	171	10.1.4 并联电容器的使用 .....	218
8.1.1 过电压及其形式 .....	171	10.2 变配电所的运行和维护 .....	220
8.1.2 雷电的基本知识 .....	171	10.2.1 变配电所的规章制度和值班制度 .....	220
8.1.3 防雷装置 .....	173	10.2.2 变配电所的停电和送电操作 .....	221
8.1.4 供配电系统的防雷措施 .....	179	10.2.3 变配电设备的巡视规定 .....	222
8.2 电气设备的接地 .....	184	10.3 电力线路的运行维护 .....	225
8.2.1 接地和接地电阻的基本概念 .....	184	10.3.1 架空线路的运行维护 .....	225
8.2.2 接地装置及其装设 .....	185	10.3.2 电缆线路的运行维护 .....	225
8.2.3 电气设备的接地类型 .....	187	10.3.3 车间配电线路的运行维护 .....	226
8.2.4 接地电阻的计算及其测量 .....	190	习题 .....	226
8.2.5 等电位联结 .....	192	<b>附录</b> .....	228
8.3 电气安全 .....	194	附录表1 用电设备组的需要系数、二项式	



- 系数及功率因数数值 ..... 228
- 附录表 2 照明用电设备的  $\cos\varphi$  与  $\tan\varphi$  ..... 228
- 附录表 3 住宅用电负荷的需要系数  $K_d$  ..... 229
- 附录表 4 民用建筑用电设备组的需要系数  $K_d$  及功率因数数值 ..... 229
- 附录表 5 部分企业的全厂需要系数  $K_d$ 、功率因数及年最大有功负荷利用小时  $T_{\max}$  参考值 ..... 229
- 附录表 6 各类建筑物的负荷密度 ..... 230
- 附录表 7 部分并联电容器的主要技术数据 ..... 230
- 附录表 8 10kV 级 S11 型双绕组无励磁调压配电变压器的主要技术数据 ..... 231
- 附录表 9 10kV 级 SC 系列干式变压器的主要技术数据 ..... 231
- 附录表 10 三相线路电线电缆单位长度每相阻抗值 ..... 232
- 附录表 11 导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数 ..... 233
- 附录表 12 部分 10kV 断路器的主要技术数据 ..... 233
- 附录表 13 VS1 (ZN63)—12 型户内高压真空断路器的主要技术数据 ..... 234
- 附录表 14 XRNT 型变压器保护用高分断能力高压限流熔断器的主要技术数据 ..... 234
- 附录表 15 用于变压器一次侧高压限流熔断器熔断件的一般选用原则 ..... 234
- 附录表 16 FN12—12 型户内高压负荷开关的主要技术数据 ..... 235
- 附录表 17 GN6(8)—10 型户内高压隔离开关的主要技术数据 ..... 235
- 附录表 18 DW15—200~1600 断路器过电流脱扣器的额定电流及电流整定值 ..... 236
- 附录表 19 DWX15—200~630 断路器过电流脱扣器的额定电流及电流整定值 ..... 237
- 附录表 20 DW15、DWX15 型低压断路器的主要技术数据 ..... 237
- 附录表 21 DZ20 系列塑料外壳式断路器的额定值 ..... 237
- 附录表 22 DZ20 系列塑料外壳式断路器的短路保护电流整定值 ..... 238
- 附录表 23 DZ20 系列配电用塑料外壳式断路器的反时限特性 ..... 238
- 附录表 24 DZ20 系列电动机保护用塑料外壳式断路器的反时限特性 ..... 239
- 附录表 25 RT16 (NT) 系列刀型触头熔断器的主要技术数据和保护特性曲线 ..... 239
- 附录表 26 LZJ—10 型电流互感器的主要技术数据 ..... 240
- 附录表 27 LQJ—10 型电流互感器的主要技术数据 ..... 240
- 附录表 28 LMZJ1—0.5、LMK—0.66 型低压电流互感器的主要技术数据 ..... 241
- 附录表 29 部分电压互感器的主要技术数据 ..... 241
- 附录表 30 架空裸导线的最小允许截面积 ..... 241
- 附录表 31 绝缘导线芯线的最小允许截面积 ..... 242
- 附录表 32 LJ 型铝绞线的主要技术数据 ..... 242
- 附录表 33 LGJ 型钢心铝绞线的主要技术数据 ..... 242
- 附录表 34 一些地区或单位对配电线路导线截面积的规定 ..... 243
- 附录表 35 矩形铜母线 (TMY) 的允许载流量 ..... 244
- 附录表 36 1kV 级聚氯乙烯绝缘铜心电力电缆 VV 型的允许载流量 ..... 244
- 附录表 37 交联聚乙烯绝缘铜芯电力电缆 YJV 型的允许载流量 ..... 245
- 附录表 38 多根并行敷设时电缆的载流量校正系数 ..... 245
- 附录表 39 不同土壤热阻系数时电缆

	的载流量校正系数 .....	245		导线电缆所允许的最大	
附录表 40	铜心绝缘导线明敷时的允			熔体电流 .....	248
	许载流量 .....	246	附录表 45	DL—30 系列电流继电器的	
附录表 41	铜心聚氯乙烯绝缘导线			主要技术数据 .....	248
	穿钢管敷设时的允		附录表 46	GL—20 系列电流继电器的	
	许载流量 .....	246		主要技术数据 .....	249
附录表 42	铜心聚氯乙烯绝缘导线穿		附录表 47	土壤、砂及岩石等的电阻	
	硬塑料管敷设时的允			率参考值 .....	249
	许载流量 .....	247	附录表 48	常用电气图用图形符号 .....	250
附录表 43	RT16(NT)系列熔断器最大				
	允许通过的起动电流 .....	248	参考文献 .....		252
附录表 44	短路时按热稳定要求绝缘				

# 第 1 章 概 论

## 1.1 供配电系统的基本概念

供配电系统包括工业企业供配电系统和民用建筑供配电系统，它是电能的用户，也是电力系统的组成部分。电能是现代工业生产和社会生活中的主要能源和动力，由于电能的生产、输送、分配和使用的全过程是在同一瞬间实现的，因此在详细介绍供配电系统之前，先对电力系统做一简要的介绍。

### 1.1.1 电力系统简介

电能是由发电厂生产的，发电厂多建在一次能源所在地，一般距人口密集的城市和用电集中的工业企业很远，因此必须采用高压输电线路进行远距离输电。而且为了更经济合理地利用动力资源、减少电能损耗、降低发电成本、保障电能质量及提高供电可靠性，必须将一些发电厂、变电电站(所)和电能用户用各级电压的电力线路联系起来，组成发电、输电、变电、配电和用电的整体，即为电力系统。典型电力系统示意图如图 1-1 所示。

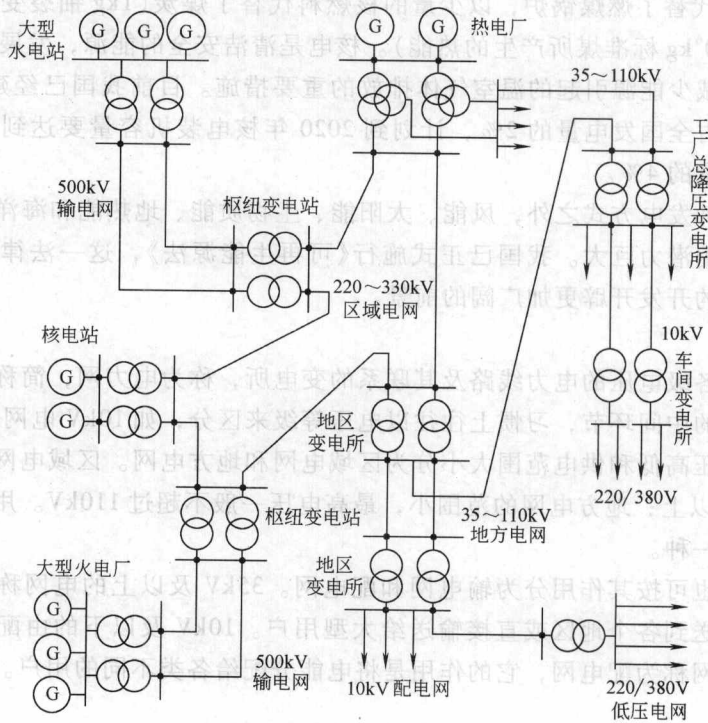


图 1-1 典型电力系统示意图

## 1. 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能(二次能源)的工厂。按其利用的一次能源不同,分为火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂和潮汐发电厂等类型。目前,我国以火力发电和水力发电为主,并大力发展核电及可再生能源发电。

(1) 火力发电厂 火力发电厂是利用燃烧燃料(煤、油和天然气等)所产生的热能发电,其主要设备有锅炉、汽轮机和发电机。无论是燃煤、燃油还是燃气火力发电厂,从能量转换的角度分析,其生产过程是基本相同的,都是燃料燃烧产生的热能将锅炉中的水变成高温高压的蒸汽,推动汽轮机作功产生机械能,经发电机转变为电能,最后通过变压器升压后将电能送入电力系统。相对来讲,火力发电厂的特点是建造工期短、投资少,但燃料消耗量大,加上运费和大量用水,运行费用高,而且对空气和环境的污染大。

(2) 水力发电厂 水力发电厂是利用江河水流的位能来生产电能,主要由水库、水轮机和发电机组成。水库中的水具有一定的位能,经引水管道送入水轮机推动水轮机旋转,水轮机与发电机联轴,带动发电机转子一起转动发电。水力发电厂工程投资大、建造工期长,但水能是一种取之不尽、用之不竭、可再生的清洁能源,发电效率高、成本低(一般只有火力发电厂成本的 $1/3 \sim 1/4$ ),而且水力发电往往是综合利用水资源的一个重要组成部分,兼有防洪、灌溉、航运和养殖等综合效益。

(3) 核能发电厂 核能发电厂是利用受控核裂变反应所释放的热能,将水加热为蒸汽去驱动汽轮机再带动发电机旋转发电,其生产过程与火力发电厂基本相同,只是以核反应堆(俗称原子锅炉)代替了燃煤锅炉,以少量的核燃料代替了煤炭( $1\text{kg}$  铀裂变反应所释放的热能相当于 $2.7 \times 10^6\text{kg}$  标准煤所产生的热能)。核电是清洁安全的能源,发展核电是我国今后解决能源问题和减少能源引起的温室气体排放的重要措施。目前我国已经建成 11 台核发电机组,发电量约占全国发电量的 2%,计划到 2020 年核电装机容量要达到 4000 万 kW,约占全国装机总容量的 4%。

除了上述三种发电方式之外,风能、太阳能、生物质能、地热能和海洋能等可再生能源的进一步开发利用潜力巨大。我国已正式施行《可再生能源法》,这一法律的实施将为今后我国可再生能源的开发开辟更加广阔的前景。

## 2. 电力网

电力系统中各级电压的电力线路及其联系的变电所,称为电力网,简称电网。电网是联系发电厂和用户的中间环节,习惯上往往以电压等级来区分,如 10kV 电网、110kV 电网等。

电网可按电压高低和供电范围大小分为区域电网和地方电网。区域电网的范围大,电压一般在 220kV 及以上;地方电网的范围小,最高电压一般不超过 110kV。用户供电系统就属于地方电网的一种。

另外,电网也可按其作用分为输电网和配电网。35kV 及以上的电网称为输电网,它的作用是将电能输送到各个地区或直接输送给大型用户。10kV 及以下的由配电线路和配电变压器所组成的电网称为配电网,它的作用是将电能分配给各类不同的用户。

## 3. 变配电所

变电所的任务是接受电能、变换电压和分配电能,配电所的任务是接受电能和分配电能,但不改变电压。

变电所可分为升压变电所和降压变电所两大类。升压变电所一般建在发电厂，主要任务是将低电压变换为高电压；降压变电所一般建在靠近负荷中心的地点，主要任务是将高电压变换到一个合理的电压等级。降压变电所根据其在电力系统中的地位和作用的不同，又分为枢纽变电站、地区变电所和用户变配电所。

用户变配电所又分为(35~110)/10kV总降压变电所(HSS)、10kV配电所(HDS)、10/0.38kV变电所及35/0.38kV直降变电所。10/0.38kV变电所在工业企业内又称为车间变电所(STS)，10kV配电所通常和某个10/0.38kV变电所合建又称为配变电所。

#### 4. 电能用户和电力负荷

所有消费电能的单位均称为电能用户。从大的方面可分为工业电能用户和民用电能用户，从供配电系统的构成上二者并无本质的区别。

电能用户中的用电设备称为电力负荷或电力负载，电力负荷有时也指电能用户本身，比如说重要负荷、不重要负荷、动力负荷和照明负荷等。电力负荷还可指用电设备或用电单位所耗用的电功率或电流大小，比如说轻负荷(轻载)、重负荷(重载)、空负荷(空载)和满负荷(满载)等。电力负荷的具体含义视具体情况而定。

### 1.1.2 电力系统运行的特点及要求

电力系统运行的特点主要有以下几个方面：

(1) 电能生产、输送和消费的连续性 电能不能大量、廉价地储存，发电、输电、变电、配电及用电是同时进行的。若其中某一环节出现故障，都会影响电力系统的运行。

(2) 电能生产的重要性 电力工业与国民经济、人们生活的关系极其密切，电能供应不足或中断，将直接影响经济发展和人们的正常生活，甚至会危及设备和人身安全。

(3) 暂态过程的快速性 电力系统由于运行方式的改变而引起的电磁、机电暂态过程是非常短暂的。所以，电力系统运行必须采取自动化程度高、且能迅速而准确动作的继电保护、自动装置和监测控制设备。

根据这些特点，电力系统(包括用户供配电系统)的设计与运行必须达到以下基本要求：

(1) 安全 在电能的生产、输送、分配与使用中，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。

(3) 优质 应满足电能用户对电压质量和频率质量等方面的要求。

(4) 经济 建设投资要少，运行费用要低，并尽可能地节约电能和减少有色金属消耗量。

### 1.1.3 供配电系统概况

各类电能用户为了接受从电力系统输送来的电能，就需要有一个内部的供配电系统。内部供配电系统是指从电源线路进用户起到高、低压用电设备止的整个电路系统，它由高压及低压配电线路、变电所(包括配电所)和用电设备组成。

供配电系统的构成与其负荷的重要性及大小等因素有关。

#### 1. 电力负荷的分级

按 GB 50052—1995《供配电系统设计规范》规定，电力负荷根据供电可靠性及中断供电(事故)在政治、经济上所造成的损失或影响的程度，分为一级负荷、二级负荷及三级负荷。

(1) 一级负荷 一级负荷为中断供电将造成人身伤亡者,或者中断供电将在政治、经济上造成重大损失者,如重大设备损坏、重大产品报废、用重要原料(较稀缺的工农业原料)生产的产品大量报废、国民经济中重点企业(中央各部委指定的大型骨干企业)的连续生产过程被打乱需要长时间才能恢复等。一级负荷如矿井、电炉炼钢、电解槽、特种化工、医院手术室、重要交通枢纽、重要港口、重要宾馆、电台、高精尖科研部门、军事机关与基地等。

在一级负荷中,中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所中不允许中断供电的负荷,应视为特别重要的负荷。在工业生产中,如正常电源中断时处理安全停产所必需的应急照明、通信系统;保证安全停产的自动控制装置等。在民用建筑中,如大型金融中心的关键电子计算机系统和防盗报警系统;大型国际比赛场馆的记分系统以及监控系统等;国宾馆、国家级及承担重大国事活动的会堂等。

(2) 二级负荷 中断供电将在政治、经济上造成较大损失者,或影响重要用户的正常工作,或造成公共场所秩序混乱者为二级负荷。在工业生产中,如主要设备损坏、大量产品报废、连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复以及重点企业大量减产等;其他如交通枢纽、通信枢纽、大型影剧院、大型商场和高层建筑等。

(3) 三级负荷 不属于一级负荷和二级负荷的电力负荷。

## 2. 各级负荷对供电电源的要求

根据负荷的重要性,各级负荷对供电电源的要求为:

(1) 一级负荷对供电电源的要求 一级负荷要求由两个电源供电,当一个电源发生故障时,另一个电源应不致于同时受到损坏。

有一级负荷的用电单位难以从地区电网取得两个电源,而有可能从邻近单位取得第二电源时,宜从邻近单位取得第二电源。

一级负荷中对于特别重要的负荷,除具备上述两个电源外,还必须增设应急电源。为保证对特别重要负荷的供电,严禁将其他负荷接入应急供电系统。供电系统的运行实践经验证明,从电网引接两回路电源进线加备用电源自动投入的供电方式,不能满足一级负荷中特别重要的负荷对供电可靠性及连续性的要求。因为所引接两回路电源在电网的上部应是联网的,所以无论从电网取几回路电源进线,也无法得到严格意义上的两个独立电源。电网的各种故障,可能引起全部电源进线同时失去电源,造成停电事故。因此对一级负荷中特别重要的负荷要由与电网不并列的、独立的应急电源供电。

常用的应急电源可采用下列几种电源:独立于正常电源的发电机组,供电网络中独立于正常电源的专门馈电线路,蓄电池。

大型企业中,往往同时使用几种应急电源来保证一级负荷中特别重要负荷的供电。

(2) 二级负荷对供电电源的要求 二级负荷要求由两回路供电,供电变压器也应有两台(两台变压器不一定在同一变电所)。在其中一回路或一台变压器发生故障时,二级负荷应不致于中断供电,或中断后能迅速恢复供电。只有当负荷较小或者当地供电条件困难时,二级负荷可由一回路6kV及以上的专用架空线路或电缆线路供电。当采用架空线路时,可为一回架空线供电;当采用电缆线路时,应采用由两根电缆组成的线路供电,且每根电缆应能承受100%的二级负荷。

(3) 三级负荷对供电电源的要求 三级负荷对供电电源无特殊要求。

### 3. 供电系统的构成

根据供电容量的不同, 供电系统还可分为大型用户(10000kV·A 以上)、中型用户(1000~10000kV·A)和小型用户(1000kV·A 以下)。各类供电系统的接线简图及其说明如表 1-1 所示。

表 1-1 供电系统的接线简图及其说明

类 型	供电系统的接线简图	说 明
大型用户供电系统		<p>电源进线电压一般为 35 ~ 110kV, 经过两次降压。设置总降压变电所, 先把 35 ~ 110kV 电压降为 6 ~ 10kV 电压, 向高压用电设备和各车间变电所供电, 车间变电所经配电变压器再把 6 ~ 10kV 降为一般低压用电设备所需的电压(220/380V), 对低压用电设备供电</p>
中型用户供电系统		<p>电源进线电压一般为 6 ~ 10kV, 先由高压配电所集中, 再由高压配电线路将电能分送到各车间变电所, 或直接供给高压用电设备。</p> <p>图示供电系统有两条 6 ~ 10kV 的电源进线, 分别接在高压配电所的两段母线上。这两段母线间装有一个分段隔离开关, 形成所谓单母线分段制。当任何一条电源进线发生故障或进行正常检修而被切除后, 可以利用分段隔离开关来恢复对整个配电所(特别是重要负荷)的供电</p>
小型用户供电系统		<p>小型用户的供电容量一般不大于 1000kV·A, 通常只设一个降压变电所, 将 6 ~ 10kV 电压降为低压用电设备所需的电压</p> <p>如果用户所需供电容量不大于 160kV·A, 一般可采用低压电源进线, 此时只需设一低压配电室</p>

类 型	供配电系统的接线简图	说 明
高压深入负荷中心的直配方式		<p>如果厂区的环境条件满足 35kV 架空线路安全走廊要求, 35kV 进线的工厂可以考虑将 35kV 进线直接引入靠近负荷中心的车间变电所, 只经一次降压直接降为低压用电设备所需的电压。这种方式可以省去一级中间变压, 简化了供配电系统, 有利于节约有色金属, 降低电能损耗和电压损耗, 提高供电质量</p>

## 1.2 电力系统的电压

为了使电力设备生产标准化、系列化并合理配套, 电力系统中发电机、变压器、电力线路及各种设备等, 都是按规定的额定电压进行设计并制造的。电力设备在额定电压及额定频率下运行, 其技术与经济性能最佳。

电压和频率是衡量电能质量的两个基本参数。在我国, 交流电力设备的额定频率为 50Hz, 此频率通常称为工频。工频的频率偏差一般不得超过  $\pm 0.5\text{Hz}$ 。频率主要依靠发电厂来调整。对用户供配电系统来说, 提高电能质量主要是提高电压质量的问题。

下面先介绍我国电力系统中的额定电压。

### 1.2.1 电力系统的额定电压

根据国家标准 GB 156—2003《标准电压》的规定, 我国三相交流系统的标称电压、相关设备的最高电压和交流发电机的额定电压如表 1-2 所示。

根据我国标准化政策和加入 WTO 的要求, 基础性和安全性标准宜与国际标准一致, GB 156—2003《标准电压》即对应于 IEC 60038: 1983《IEC 标准电压》及其 1994 年、1997 年两次修改内容。GB 156—2003 标准规定的大部分标准电压等级与 IEC 60038 一致, 个别电压等级存在差异: ①根据我国实际将 IEC 标准电压 230/400V 和 400/690V 分别改为 220/380V 和 380/660V, 同时增加了我国煤矿井下使用的 1140V 电压。②根据我国实际将 IEC 标准电压 123kV、245kV 分别提高到 126kV、252kV。③根据我国实际补充了 330kV、500kV、750kV 等三项标称系统电压。

表 1-2 我国三相交流系统标称电压、相关设备最高电压和交流发电机额定电压

标称系统电压及相关设备的最高电压/kV		交流发电机的额定电压/kV
标称系统电压	设备最高电压	
		0.115
0.22/0.38		0.23, 0.40
0.38/0.66		0.69
1(1.14)		



(续)

标称系统电压及相关设备的最高电压/kV		交流发电机的额定电压/kV
标称系统电压	设备最高电压	
3	3.6	3.15
6	7.2	6.3
10	12	10.5
(20)	(24)	
		13.8, 15.75, 18, 20, 22, 24, 26
35	40.5	
66	72.5	
110	126	
220	252	
330	362	
500	550	
750	800	

注：设备最高电压是该设备可以应用的“系统最高电压”的最大值。系统最高电压即在正常运行条件下，在系统的任何时间和任何点上出现的电压的最高值，不包括电压瞬变（如由于系统的开关操作及暂态的电压波动所出现的电压值）。规定设备的最高电压是用以下表示：①绝缘。②相关设备可能依据这个最高电压推荐其他特性。

下面结合表 1-2 对标称系统电压和各类电力设备的额定电压做一些说明。

### 1. 标称系统电压(电网额定电压)

标称系统电压是指系统设计选定的电压，即通常所说的电网的额定电压。它是确定各类电力设备额定电压的基本依据。标称系统电压等级是国家根据国民经济发展的需要和电力设备的制造水平等有关因素，经全面的经济技术分析后确定的。我国第一个 750kV 输变电示范工程“青海官亭—兰州东 750kV 输变电工程”已于 2005 年 9 月投产运行，该工程是我国目前电压等级最高的超高压输变电工程。

### 2. 用电设备的额定电压

设备的额定电压通常由制造厂家确定，用以规定元件、器件和设备工作条件的电压。

用电设备的额定电压说明示意图如图 1-2 所示。由于线路通过电流时要产生电压降，所以线路上各点的电压都略有不同，如图 1-2 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，线路首端的电压可较线路额定电压高 5%，而线路末端的电压则可较线路额定电压低 5%，如图 1-2 所示。所以规

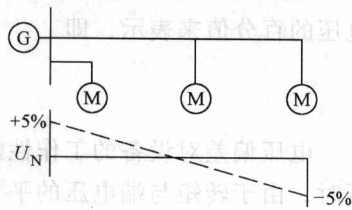


图 1-2 用电设备和发电机的额定电压说明示意图