

工矿 GONG  
KUANG

供电 GONG  
DIAN

技术 JI  
SHU

黄夷白 张琳 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 内容摘要

本书是供从事工矿企业供电工作的工程技术人员、设计人员和管理人员参考使用的。本书共分十章。第一章至第五章主要介绍工矿企业供电系统的组成、特点、设计原则、负荷计算、无功功率补偿、电压质量、电能损耗、继电保护和自动装置等。第六章至第十章主要介绍工矿企业供配电系统的设备选择、设计、运行、维护及事故处理等。本书可作为工矿企业供电工程技术人员、设计人员和管理人员的培训教材，也可供从事工矿企业供电工作的工程技术人员、设计人员和管理人员参考。

# 工矿供电技术

黄夷白 张琳 主编

中国标准出版社 (CIP) 数据

中国标准出版社 CIP 数据  
 ISBN 958-718-4201-0  
 I. 工... 张琳... 黄夷白...  
 中国标准出版社 CIP 数据

中国标准出版社

北京中安地区及康乐路42号  
 邮政编码 100011  
 电话 (010) 68414434

3008字 2日版 (2008) 11月 1日 印 15.6 10.00 元  
 书号 1561 字 530 个  
 3008字 2日版 (2008) 11月 1日 印 15.6 10.00 元

国防工业出版社

发行所：(010) 68414434  
 发行所：(010) 68414434  
 发行所：(010) 68414434

## 内 容 简 介

本书是机电类、采矿类等相关专业的规划教材。

本书共分十章。首先从工矿企业供电技术的基础知识引入,接着分别系统地讲述了工矿企业的电力负荷及其计算,工矿供配电系统的一次接线,短路电流的分析与计算,电气设备及其选择,供电系统的保护,过电压及其保护,矿山供电安全技术,采区供电等几部分内容,最后讲述工矿供配电系统的无功功率的补偿问题。为便于学生复习和自学,每章末还附有练习与思考题。

本书既可用于应用型高职高专专业的教材,也可用于职工大学、业余大学和中等专科学校相关专业的教材,还可供相关专业工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

工矿供电技术/黄夷白,张琳主编.—北京:国防工业出版社,2008.9

ISBN 978-7-118-05941-0

I.工... II.①黄...②张... III.工业用电—供电  
IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 137464 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 12¼ 字数 279 千字

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 前 言

本书是依据教育部制定的《中共中央关于加强素质教育的决定》并结合职业教育的特点编写的机电类、采矿类等相关专业的规划教材。

职业教育是现代教育体系中的一个重要组成部分,它的任务是培养具有高尚职业道德,能主动适应社会需求,既有专业理论知识又有较高技能的应用型人才。本书力求反映近年来工矿企业供电技术的发展现状和趋势,符合职业技术教育的要求。本书的编写原则是:保证基础,精选内容,强化概念,注重实践,便于自学。

本书的特点如下:

(1) 基础理论知识讲授以应用为目的,以“必需、够用”为度。本书重在讲清原理,重在加强学生对供电系统及煤矿电气设备的认知,而理论证明和公式推导则从简。

(2) 理论知识深入浅出,内容丰富实用,课程体系结构先进。在内容上做到相互衔接、相互配合、相互统一,利于教师组织教学和学生自学,达到了实用性的目的。

(3) 紧密结合工矿企业生产和教学需要,精选了部分典型设备并对其工作原理予以讲述,可供教师教学时选用。

本书共分十章。首先从工矿企业供电技术的基础知识引入,接着分别系统地讲述了工矿企业的电力负荷及其计算,工矿供配电系统的一次接线,短路电流的分析与计算,电气设备及其选择,供电系统的保护,过电压及其保护,矿山供电安全技术,采区供电等几部分内容,最后讲述工矿供配电系统的无功功率的补偿问题。为便于学生复习和自学,每章末还附有练习与思考题。

本书在编写过程中得到了兰州资源环境职业技术学院相关教师的大力支持,作者在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中错漏难免,敬请使用本书的广大读者批评指正。

编者

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电力系统的基本概念	1
1.1.1 电力系统的基本概念	1
1.1.2 电力系统运行的特点和要求	2
1.1.3 电力系统的额定电压	3
1.1.4 各种电压等级的适用范围	4
1.2 供电设计的主要内容	5
1.2.1 扩大初步设计阶段	5
1.2.2 施工图设计阶段	6
第 2 章 工矿企业供电系统	7
2.1 电力用户	7
2.1.1 电力用户的分类	7
2.1.2 电力系统的中性点运行方式	7
2.2 厂矿供配电系统的组成	9
2.2.1 工厂供电系统	9
2.2.2 矿山供电系统	11
2.3 电力负荷的计算与变压器容量的选择	16
2.3.1 负荷曲线的概念	16
2.3.2 计算负荷的方法	18
练习与思考题	25
第 3 章 工矿供配电系统的一次接线	27
3.1 概述	27
3.1.1 主接线的基本要求	27
3.1.2 电气主接线设计原则	28
3.2 主接线的基本接线方式	29
3.2.1 单母线接线	29
3.2.2 双母线接线	30
3.2.3 桥式接线	32
3.3 工矿变配电所常用的主接线	33

3.3.1	工矿总降压变电所的主接线	33
3.3.2	工矿总配电所的主接线	34
3.3.3	车间变电所的主接线	34
3.3.4	井下中央变电所的主接线	37
3.3.5	采区变电所的主接线	37
●	练习与思考题	39
<b>第4章</b>	<b>短路电流的分析与计算</b>	<b>40</b>
4.1	“无穷大”容量系统短路电流分析	41
4.2	短路电流计算的基本方法	43
4.2.1	标么值	44
4.2.2	短路回路中各元件的阻抗	45
4.3	“无穷大”容量系统短路电流的计算	47
4.3.1	标么值法	47
4.3.2	有名值法	48
4.4	两相短路电流的估算	51
4.5	短路电流的效应	51
4.5.1	短路电流的电动力效应	51
4.5.2	短路电流的热效应	52
	练习与思考题	54
<b>第5章</b>	<b>电气设备及其选择</b>	<b>55</b>
5.1	高压电气设备	55
5.1.1	工厂高压电器设备	55
5.1.2	矿用高压电器设备	72
5.2	低压电气设备	78
5.2.1	矿用隔爆低压自动馈电开关	78
5.2.2	DKZB型隔爆真空自动馈电开关	79
5.2.3	矿用隔爆型磁力启动器	83
5.3	导线和电缆截面的选择	88
5.4	母线和绝缘子的选择	89
5.4.1	母线的选择	89
5.4.2	支持绝缘子和穿墙套管的选择	91
5.5	电气设备的选择及校验	93
5.5.1	选择电气设备的一般原则	93
5.5.2	按正常工作条件选择电器	94
5.5.3	按短路情况校验电器的稳定性	94
	练习与思考题	95



<b>第 6 章 供电系统的保护</b> .....	97
<b>6.1 继电保护装置的概念</b> .....	97
6.1.1 继电保护装置的作用和任务 .....	97
6.1.2 继电保护装置的基本原理和组成 .....	97
6.1.3 对继电保护装置的基本要求 .....	98
6.1.4 继电保护的发展和现状 .....	98
<b>6.2 工矿供电系统二次接线的原理图和安装图</b> .....	99
6.2.1 概述 .....	99
6.2.2 二次接线的原理图 .....	99
6.2.3 6kV~10kV 设备的二次接线举例 .....	102
<b>6.3 工矿供电系统 10kV 网络保护</b> .....	104
6.3.1 定时限与反时限过电流保护 .....	104
6.3.2 电流速断保护 .....	110
6.3.3 中性点不接地系统的单相接地保护 .....	112
<b>6.4 变压器的保护</b> .....	114
6.4.1 变压器的气体继电器保护 .....	114
6.4.2 变压器的电气继电器保护 .....	116
<b>6.5 电动机的保护</b> .....	122
6.5.1 高压电动机的过负荷保护 .....	122
6.5.2 电动机的单相接地保护 .....	123
6.5.3 电动机的差动保护 .....	124
6.5.4 电动机的低电压保护 .....	125
6.5.5 高压同步电动机的失步保护 .....	125
<b>练习与思考题</b> .....	126
<b>第 7 章 过电压及其保护</b> .....	128
<b>7.1 过电压的形成及其危害</b> .....	128
7.1.1 大气过电压 .....	128
7.1.2 内部过电压 .....	129
<b>7.2 防雷装置</b> .....	129
7.2.1 避雷针及避雷线 .....	129
7.2.2 避雷器 .....	131
<b>7.3 过电压的保护</b> .....	133
7.3.1 变电所的防护 .....	133
7.3.2 电机的防雷保护 .....	134
7.3.3 输电线路的防雷保护 .....	135
7.3.4 防雷装置的接地 .....	135
<b>练习与思考题</b> .....	135

<b>第8章 矿山供电安全技术</b> .....	136
8.1 概述 .....	136
8.1.1 触电的危险性及预防方法 .....	136
8.1.2 电火灾及其预防 .....	139
8.1.3 瓦斯、煤尘的爆炸条件及防爆途径 .....	140
8.1.4 矿用电气设备的类型 .....	141
8.2 漏电保护装置 .....	142
8.2.1 对漏电保护的要求 .....	142
8.2.2 漏电保护原理 .....	143
8.2.3 地面绝缘监视装置 .....	145
8.2.4 矿用隔爆检漏继电器 .....	146
8.3 保护接地和接零 .....	152
8.3.1 保护接地 .....	152
8.3.2 井下保护接地网 .....	153
8.3.3 保护接零 .....	153
8.4 局部通风机的控制 .....	155
8.4.1 对风电闭锁的要求 .....	155
8.4.2 风电闭锁的电控方法 .....	155
练习与思考题 .....	156
<b>第9章 采区供电</b> .....	158
9.1 概述 .....	158
9.2 移动变电站 .....	159
9.2.1 隔爆高压负荷开关箱 .....	160
9.2.2 隔爆干式变压器 .....	162
9.2.3 隔爆低压开关箱 .....	162
9.3 采区供电的设计方法 .....	167
9.3.1 采区变电所位置的选择 .....	168
9.3.2 采区供电系统的拟定 .....	168
9.3.3 高压配电箱的选择 .....	169
9.3.4 低压电气设备的选择 .....	170
练习与思考题 .....	171
<b>第10章 工矿供配电系统的无功功率的补偿</b> .....	172
10.1 工矿用电的功率因数 .....	172
10.1.1 功率因数的基本概念 .....	172
10.1.2 无功功率经济当量 .....	173
10.1.3 提高功率因数的方法 .....	174
10.2 变压器的经济运行 .....	174



1361	10.2.1	变压器的效率与负荷系数	174
1362	10.2.2	变压器的经济运行	175
1363	10.3	电动机的合理使用	177
1364	10.3.1	异步电动机的效率及经济运行负荷系数	177
1365	10.3.2	提高电动机效率的措施	180
1366	10.4	功率因数的人工补偿	182
1367	10.4.1	电容器并联补偿的工作原理	182
1368	10.4.2	电容器容量的选择	183
1369	10.4.3	电容器接线方式的选择	186
1370	10.4.4	电容器的补偿方式	186
1371		练习与思考题	187
1372		参考文献	188

# 第 1 章 绪 论

**本章内容:**供电设计的内容与步骤,供电设计所需的原始资料,供电设计方案的技术经济比较。

**本章教学目的:**掌握工矿企业的供电系统、供电设备和设施的原理、结构、运行方式和维修工艺。能分析供电系统、供电设备的故障原因。会处理供电系统、供电设备的故障。

## 1.1 电力系统的基本概念

### 1.1.1 电力系统的基本概念

目前,我国工业、农业以及其他产业电力用户所需的电能是由生产电能的火力、水力发电厂供给的。发电厂可位于用户附近,也可距用户很远。但在任何条件下,电能总是从发电厂经过线路输送给用户。当用户与发电厂相距很远时,电能输送则须采用升高电压的方法以减少损耗,同时为了满足用户对电压的要求,输送到用户时又须降低电压,因此在发电厂与用户之间必须建立升压和降压变电所。

从经济角度来看,把发电厂设置在燃料、水力蕴藏丰富的地区或其附近是比较有利的,这样不仅可取得廉价的原料,同时又可节省运输原料的成本。因此大型火力发电厂一般设在能源丰富的地方。

绝大多数的厂矿都由国家电力系统供电,图 1-1 为电力系统示意图,所谓电力系统就是由各种类型发电厂的发电机、升压和降压变压器、输电线路以及各种用电设备联系在一起构成的统一体。该系统起着电能生产、输送、分配和消费的作用。

电力系统的优点如下:

- (1) 能降低发电厂的造价和运行费用。
- (2) 能在各发电厂之间起到对负荷进行经济合理的分配作用。
- (3) 能充分利用当地的能源(水力、燃料),减少铁路的运输量。
- (4) 构成电力系统,能提高对用户供电的可靠性。
- (5) 便于集中管理和控制。

电力系统和动力部分构成动力系统。动力部分包括火力或热力发电厂的锅炉、汽轮机、热力网和用热设备,水力发电厂的水库、水轮机以及核能发电厂的核反应堆等。

电力网是电力系统的一部分,包括变电所和不同电压等级的输电线路。它的作用是输送和分配电能。

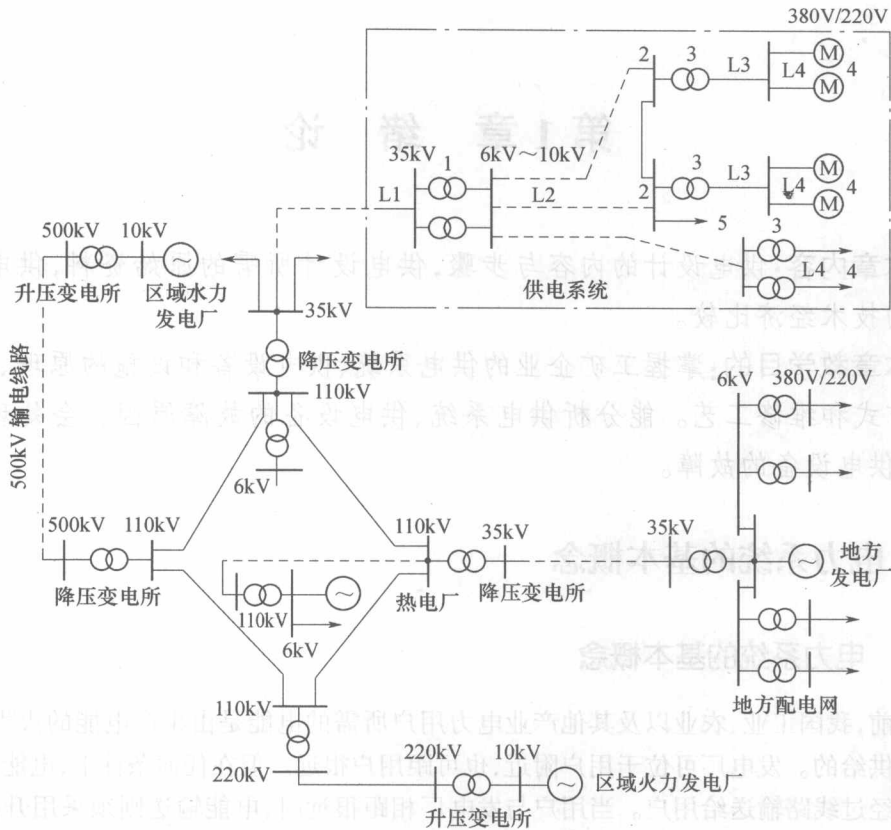


图 1-1 电力系统示意图

1—工矿总降压变电所；2—配电所；3—车间变电所；

4—低压用电设备；5—高压用电设备。

### 1.1.2 电力系统运行的特点和要求

#### 1. 特点

电力系统的运行与其他工矿企业生产相比,具有以下明显特点:

(1) 电能不能大量储存。电能的生产、输送、分配和消费几乎是同时进行的。由于电能具有很高的传输速度,发电机在某一时刻发出的电能,经过输电线路立即输送给用电设备,用电设备立刻将电能转换成其他形式的能量,一瞬间就完成了从发电—供电—用电的全过程。而且发电量是随着用电量的变化而变化的,生产量和消费量是严格平衡的。

(2) 电力系统的暂态过程非常短暂。如开关的切换操作、电网短路等过程,都是在很短的时间内完成的。电力系统由一种运行状态到另一种运行状态的切换过程是非常短暂的。

(3) 电力系统运行与国民经济各部门关系密切。由于电能的生产、输送、分配和消费比较方便,便于大量生产、远距离输送、集中管理和自动控制,且使用电能较其他能量有显著的优点,所以国民经济各部门都广泛使用电能。电能的供应、中断或减少将直接影响国民经济各部门的正常生产以及人们的生活。

## 2. 要求

根据以上特点,对电力系统有如下要求:

(1) 要保证电力系统供电的可靠性。供电中断将使生产停顿、生活混乱,甚至危及人身和设备安全,给国民经济造成的损失远超过电力系统本身的损失。因此,电力系统运行首先要满足安全发电、供电的要求。

(2) 要保证电力系统的电能质量。电力系统的电能的质量是指电压、频率和波形的质量。

① 电压质量。电压质量是对电力系统运行电压和供电电压值的规范要求,以满足电力传输及负荷供应的要求,是电能质量的一个重要的技术指标。电压偏差过大,不仅影响电力系统本身安全运行,也影响用户产品的产量和质量,特别在无功率不足的情况下,当某中枢点电压低于某一临界值时,将产生无功功率缺额增多与电网电压下降的恶性循环,造成“电压崩溃”,最终可能导致电力系统的停电事故。

② 频率质量。电力系统频率是指电力系统中同步发电机产生的交流正弦基波电压的频率,在稳态运行情况下,设备上相连的整个电力系统的频率是相等的,并等于额定频率(在我国工频交流电为 50Hz),它是电力系统必须保持一致的运行参数,否则可能会使电力系统振荡或发生频率崩溃,进而导致电力系统的停电事故。电力系统振荡是常见的系统故障,在系统设计与运行中应给予高度关注,并做好事前防范,如果已经发生则要及时处理,防止演变为大面积停电事故。频率崩溃的起因是有功功率严重不足引起频率下降,频率下降又导致发电机功率降低或跳闸,使频率下降更快,最终造成恶性循环并导致频率崩溃事故的发生。

③ 波形质量。波形质量是指电力系统中电压和电流波形与正弦波形的符合程度,为了保证各种电气设备的正常运行,必须把电压与电流的正弦波形畸变率控制在允许范围内。

(3) 保证电力系统运行的经济性。电力系统要降低生产电能所消耗的能源及减小输送、分配时的电能损耗。应力求电力系统运行经济,使负荷在各发电厂之间合理分配。

(4) 保证电力系统运行的灵活性和扩建的可能性。

### 1.1.3 电力系统的额定电压

电网额定电压等级是根据国民经济发展的需要、技术经济上的合理性、电机电器制造工业的水平等因素,经全面研究分析,由国家制定颁布的。从电气设备制造和电力工业的发展的角度来看,额定电压等级不宜过多。我国颁布的标准额定电压系列如表 1-1 所列。

表 1-1 我国交流电力网和电力设备的额定电压 (单位:高压为 kV;低压为 V)

	电力网和用电设备额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
低压	380/220	115	220/127	230/133
	660/380	230	380/220	400/230
	1000(1140)	400	660/380	690/400
		690		

(续)

	电网和用电设备额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
	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
	(20)	13.8, 15.75, 18.20, 22, 24, 26	13.8, 15.75, 18.20	—
高压	35	—	35	38.5
	66	—	63	69
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550
	(750)	—	750	—

注:①表中斜线“/”左边数字为三相电路的线电压,右边数字为相电压;  
②括号里的数值为用户有要求时使用

额定电压是用电设备、发电机和变压器正常工作时具有最好技术经济指标的电压。从表 1-1 中可以看出,在同一电压等级下,各种设备的额定电压并不完全相等。

### 1. 发电机

由于一般用电设备的允许电压偏移规定为不超过额定值的  $\pm 5\%$ 。这就要求线路的始端电压要比线路的额定电压高 5%,其末端电压比负载额定电压不小于 5%。当发电机接在线路始端时,发电机额定电压比线路额定电压高 5%。

### 2. 变压器

电力系统中的不同电压等级的线路是通过变压器连接起来的,变压器的一次绕组连接在对应于某一级额定电压线路的末端,相当于用电设备,其额定电压与用电设备额定电压相等。如果变压器直接与发电机连接时,其额定电压与发电机的额定电压相等,即比线路电压高 5%。变压器二次绕组向负载供电,相当于发电机,此时变压器二次绕组额定电压应高于线路额定电压的 5%;又因为变压器二次绕组额定电压是变压器的空载电压,当变压器满载时,约有 5% 的电压降。如果变压器二次侧供电线路较长,则变压器二次绕组的额定电压不但要考虑补偿变压器内部 5% 的阻抗电压降,还要考虑变压器满载时输出的二次电压要高出线路额定电压的 5%,以补偿线路上的电压降,所以它要比线路额定电压高 10%。如果变压器二次侧供电线路不太长,则变压器二次绕组的额定电压只需高于线路额定电压 5%,只考虑补偿变压器内部电压降。

### 3. 用电设备

为了使用电设备经济有效地运行,要求在制造用电设备时,用电设备的额定电压应与线路的额定电压相等。

#### 1.1.4 各种电压等级的适用范围

在我国电力系统中,220kV 以上电压等级多用于大型电力系统的主干线;110kV 则

多用于中、小型电力系统的主干线,也可用于大型电力系统的二次网络;厂矿内部多采用6kV~10kV的高压配电电压。但是从技术经济指标来看,一般最好采用10kV电压;如果厂矿的设备大部分是6kV用电设备,可考虑采用6kV电压作为厂矿配电电压。380/220V电压等级多作为工厂的低压配电电压;660/380V电压等级主要作为井下矿用低压设备配电电压;1140/660V主要作为采区移动变电站的配电电压。表1-2列出了不同线路额定电压等级及与其相适应的输送功率和输送距离的经验数据。

表1-2 各种额定电压等级线路的输送功率和输送距离

额定电压 $U_N/kV$	输送功率 $P/kW$	输送距离 km	额定电压 $U_N/kV$	输送功率 $P/kW$	输送距离 km
0.22	50	0.15	10	200~2000	6~20
0.38	100	0.6	35	2000~10000	20~50
3	100~1000	1~3	110	10000~50000	50~150
6	100~1200	4~15	220	100000~500000	100~300

## 1.2 供电设计的主要内容

工矿供电设计是现代化企业中的重要设计内容之一,它不仅需要与其他专业设计密切配合,而且需要协同完成。对工矿企业供电设计的基本要求是:满足国家现行的有关技术经济政策;遵守电力工程设计的各项技术规范;同时力求做到安全可靠、技术先进和经济合理。

新建或扩建的工矿企业供电设计,一般需要提供可行性研究报告(附扩大初步设计和施工图设计两个阶段的设计资料)。对于大型工矿企业,因用电量大,还需增加工矿供电采用方案意见书。用电量较小的工矿企业,可把两个阶段设计合并成一个阶段完成。

### 1.2.1 扩大初步设计阶段

#### 1. 设计目的

根据企业生产的特点和供电电源情况,经过技术经济比较,确定企业供配电的最优方案并列企业供配电设备清单,编制投资预算表报上级审批。

#### 2. 主要设计内容

(1) 按照工矿企业运行流程及公用设计所提供的资料,标出主要负荷所在位置,并计算各车间(变电硐室)及全工矿企业的预算负荷和年用电量。

(2) 根据全厂负荷的要求和电力系统情况,与供电部门协商确定工矿企业供电电源的电压及引入方式,并选择总降压变电所(或总配电所)的位置及变压器的容量和台数。

(3) 选择总降压变电所(或总配电所)电气主接线方案。

(4) 进行必要的短路电流计算,选择和校验载流导体和主要电气设备。

(5) 选择主要设备(变压器、线路、高压电动机等)的继电保护及供电系统自动化的方式和接线,并进行整定计算。



- (6) 根据变电所的规模和全厂布局,确定变压器和电气设备的布置方案。
- (7) 提出全工矿照明系统原则性方案。
- (8) 确定工矿补偿工功率因素的方法。
- (9) 确定变电所和工矿建筑物的防雷措施,并进行接地装置设计计算。
- (10) 列出所选设备、材料清单并编制概预算表。

### 1.2.2 施工设计阶段

#### 1. 设计目的

施工设计是在扩大初步设计经有关部门批准后进行的。施工设计时要在扩大初步设计的基础上完成各单项安装施工图及设备、材料明细表,编制工程投资概预算和施工说明书。它们是安装施工时必需的技术资料。

#### 2. 设计内容

- (1) 根据新的要求,修正扩大初步设计的基础资料和计算数据。
- (2) 绘制各单项施工图(包括布置、埋件、结构安装三部分)。
- (3) 编制工程所需设备、材料明细表。
- (4) 编制工程概预算表。

#### 3. 设计成果

设计成果应包括设计说明书、施工详图和工程概预算表三部分。

整个设计都应遵守各项电气工程设计规范,且要符合安全、经济、合理使用电力的原则。

## 第 2 章 工矿企业供电系统

**本章内容:**电力负荷的分类;供电系统的接线方式;矿井供电方式与矿井井下变电所。

**本章教学目的:**掌握电力负荷的分类方式;工矿企业的供电系统及其负荷的计算方法。

### 2.1 电力用户

#### 2.1.1 电力用户的分类

电力系统的接线方式主要取决于负荷的重要程度,一般把电力系统的负荷按照其重要性的不同分为三级。

(1) 一级负荷。中断供电将造成人身伤害重大事故或设备的严重损坏,且难以修复,给国民经济带来重大损失。由于一级负荷的特殊地位,在正常运行和故障情况下,系统接线方式必须有足够的可靠性和灵活性,保证对用户的连续供电。对一级负荷供电必须要两个独立电源供电。

(2) 二级负荷。中断供电将造成大量减产和废品的产生,甚至损坏生产设备,在经济上造成重大损失。对二级负荷供电一般情况下采用双回路供电,当用双回线路供电确实有困难时,可采用一回专用线供电。

(3) 三级负荷。不属于一级、二级负荷的用户均属于三级负荷,三级负荷对供电无特殊要求。允许较长时间停电,可用单回线路供电。

#### 2.1.2 电力系统的中性点运行方式

电力系统电源中性点的不同运行方式,对电力系统的运行特别是在系统发生单相接地故障时有明显的影响,而且将影响系统二次侧的继电保护及监测仪表的选择与运行。

分类:中性点不接地系统、中性点经阻抗接地系统、中性点直接接地系统。

##### 1. 中性点不接地的电力系统(见图 2-1)

正常运行:电压、电流对称。

单相接地:另外两相对地电压升高为原来的 $\sqrt{3}$ 倍。单相接地电容电流为正常运行时相线对地电容电流的 3 倍(见图 2-2)。

单相接地电流经验公式为

$$I_C = \frac{U_N(l_{oh} + 35l_{cab})}{350}$$

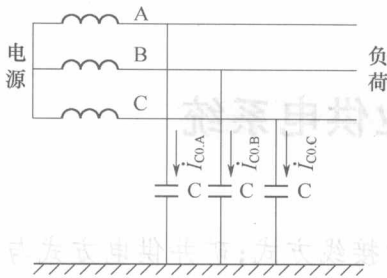


图 2-1 中性点不接地的电力系统

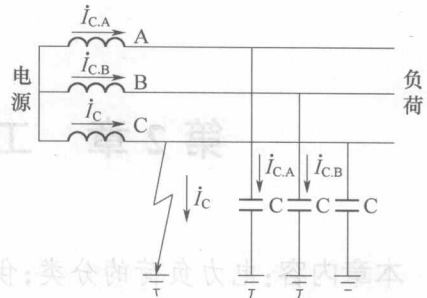


图 2-2 一相接地

## 2. 中性点经消弧线圈接地 (见图 2-3)

正常运行:三相电压、电流对称。

单相接地:另外两相对地电压升高为原来的 $\sqrt{3}$ 倍,减小了接地电流。在单相接地电容电流大于一定值的电力系统中,电源中性点必须采取经消弧线圈接地的运行方式。

## 3. 中性点直接接地或经低电阻接地的电力系统(见图 2-4)

正常运行:三相电压、电流对称。

单相接地:另外两相对地电压不变,单相接地后即通过接地中性点形成单相短路。单相短路电流比线路的正常负荷电流大得多,因此在此系统发生单相短路时保护装置应立即跳闸,切除短路故障。110kV 以上的超高压采用该系统很有经济价值。

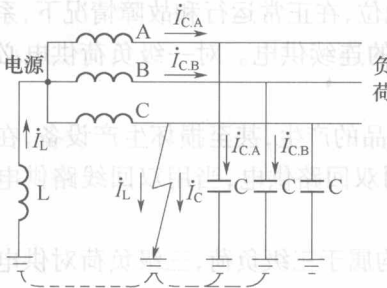


图 2-3 中性点经消弧线圈接地

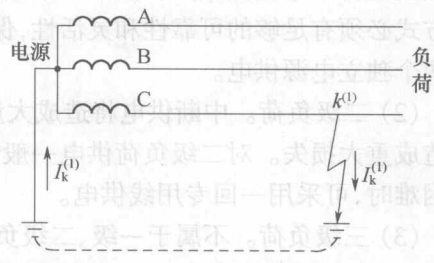


图 2-4 中性点直接接地或低阻接地的电力

## 4. 低压配电系统的接地形式

我国 220 380V 低压配电系统广泛采用中性点直接接地的运行方式,而且会引出中性线 N、保护线 PE、保护中性线 PEN。

中性线(N线)的功能:一是用来接额定电压为系统相电压的单相用电设备;二是用来传导三相系统中的不平衡电流和单相电流;三是减小负荷中性点的电位偏移。

保护线(PE线)的功能:用来保障人身安全、防止发生触电事故。系统中所有设备的外露可导电部分(指正常不带电压但故障情况下可能带电压的易被触及的导电部分,例如设备的金属外壳、金属构架等)通过保护线接地,可在设备发生接地故障时减少触电危险。

保护中性线(PEN线)的功能:兼有中性线(N线)和保护线(PE线)的功能。这种保护中性线在我国通称为“零线”,俗称“地线”。

低压配电系统按接地形式,分为 TN 系统、TT 系统和 IT 系统。