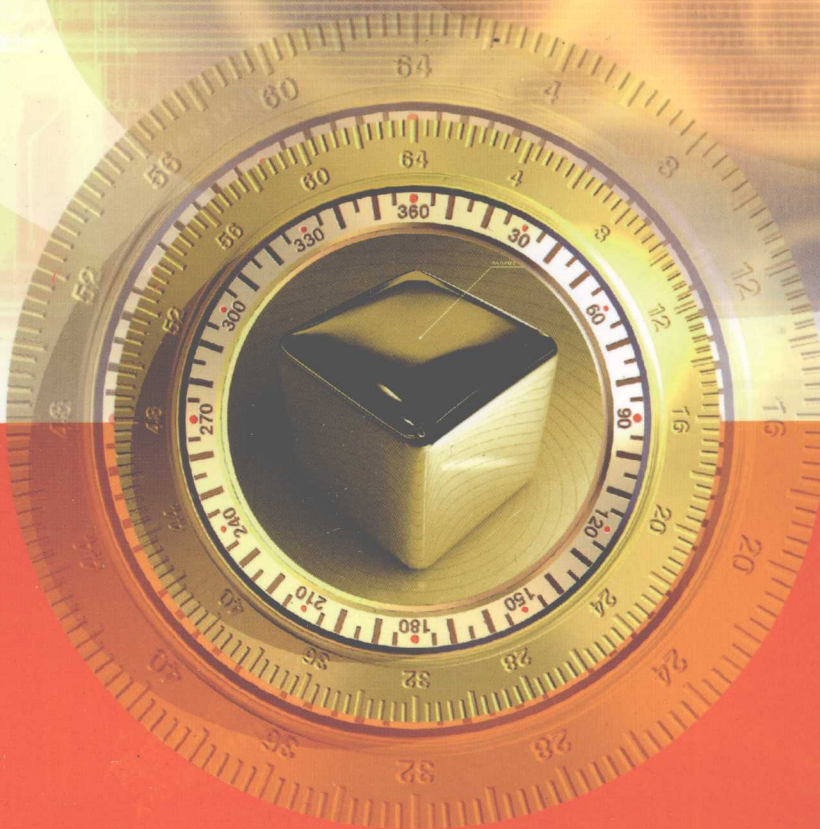




面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材



供配电技术

■ 杨 洋 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

供 配 电 技 术

杨 洋 主编

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书讲述了供配电系统的技术知识,重点介绍了工厂供配电系统的组成和结构、系统设计和计算以及设备的运行维护。全书共分为10章,包括电力系统概述,供配电系统负荷计算,短路电流及其计算,高低压电气设备,电气设备的选择,电力线路和变电所的结构,供配电系统的保护,变电所二次回路和自动装置,防雷、接地和电气安全,电气照明等内容。

本书注重理论联系实际。理论力求深入浅出、通俗易懂;实践技能注重实用性、可操作性和针对性。每章后有小结及复习题。

本书可作为高职高专院校电气工程、自动化、楼宇自动化、供用电技术等专业学生的教材,也可作为供配电系统的运行管理人员及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

供配电技术/杨洋主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2007.8

面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

ISBN 978-7-5606-1853-1

I. 供… II. 杨… III. ① 供电—高等学校:技术学校—教材 ② 配电系统—高等学校:技术学校—教材 IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 085855 号

策 划 毛红兵

责任编辑 王晓杰 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.25

字 数 452千字

印 数 1~4000册

定 价 25.00元

ISBN 978-7-5606-1853-1/TM·0041

XDUP 2145001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

面向 21 世纪

机电及电气类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主 任：李迈强

副主任：唐建生 李贵山

机电组

组 长：唐建生（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

王春林	王周让	王明哲	田 坤	宋文学
陈淑惠	张 勤	肖 珑	吴振亭	李 鲤
徐创文	殷 铖	傅维亚	巍公际	

电气组

组 长：李贵山（兼）

成 员：（按姓氏笔画排列）

马应魁	卢庆林	冉 文	申凤琴	全卫强
张同怀	李益民	李 伟	杨柳春	汪宏武
柯志敏	赵虎利	戚新波	韩全立	解建军

项目策划：马乐惠

策 划：马武装 毛红兵 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

本书根据电气工程及自动化专业的要求,按照“淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用”的原则,结合高职教育的特点与现状以及供配电技术的最新发展和实用技术编写而成。

全书共分为 10 章,包括电力系统概述,供配电系统负荷计算,短路电流及其计算,高低压电气设备,电气设备的选择,电力线路和变电所的结构,供配电系统的保护,变电所二次回路和自动装置,防雷、接地和电气安全,电气照明等内容。

本书在编写的过程中,参阅了大量的同类教材,吸收了同类教材的优点。力争做到理论论述简明扼要,淡化理论推导过程,重在阐述公式的各个物理量的意义,使学生能够运用公式进行分析、计算。

本书尽量反映现阶段的新设备和新技术。书中的文字符号和图形符号全部采用新国标。

全书由江西工业工程职业技术学院杨洋副教授编写。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正,提出宝贵意见。

作 者

2007 年 3 月

目 录

第1章 电力系统概述	1
1.1 电力系统和供电系统概述	1
1.1.1 电力系统概述	1
1.1.2 供电系统概述	3
1.2 电力系统的电压	5
1.2.1 额定电压的国家标准	5
1.2.2 供电系统电压选择	7
1.3 中性点运行方式	8
1.3.1 中性点不接地系统	8
1.3.2 中性点经消弧线圈接地系统	9
1.3.3 中性点直接接地系统	10
1.4 电力负荷	11
1.4.1 电力负荷的分类	11
1.4.2 各级负荷对供电电源的要求	12
本章小结	13
复习题	13
第2章 供电系统负荷计算	15
2.1 负荷曲线的有关概念	15
2.1.1 负荷曲线的分类	15
2.1.2 负荷曲线及其绘制	15
2.1.3 与负荷曲线有关的参数	16
2.2 用电设备的设备容量	17
2.2.1 用电设备容量的定义	17
2.2.2 负荷持续率	18
2.2.3 用电设备容量的确定	18
2.3 负荷计算的方法	19
2.3.1 单个用电设备的计算负荷	19
2.3.2 用电设备组的计算负荷	19
2.3.3 单相用电设备的计算负荷	24
2.4 变电所总负荷的计算	27
2.4.1 供电系统的功率损耗	27
2.4.2 变电所总计算负荷	30
2.5 尖峰电流的计算	32
2.5.1 概述	32

2.5.2 单台用电设备尖峰电流的计算	33
2.5.3 多台用电设备尖峰电流的计算	33
2.6 功率因数的提高	33
2.6.1 功率因数的分类及计算	33
2.6.2 提高功率因数的意义	34
2.6.3 提高功率因数的方法	35
2.6.4 并联电容器补偿	35
本章小结	40
复习题	40

第3章 短路电流及其计算	42
3.1 短路概述	42
3.1.1 短路的种类	42
3.1.2 产生短路的原因及危害	43
3.1.3 计算短路电流的目的和任务	44
3.2 短路电流的暂态过程	44
3.2.1 无限大电源容量系统的概念	44
3.2.2 无限大电源容量系统短路电流的暂态过程	45
3.2.3 三相短路有关物理值	47
3.3 短路电流的计算	48
3.3.1 进行短路计算的基本假设	48
3.3.2 短路电流的计算方法	49
3.4 不对称短路电流的计算	59
3.4.1 两相短路电流的计算	59
3.4.2 单相短路电流的计算	60
3.5 短路电流的效应	61
3.5.1 短路电流的电动力效应	61
3.5.2 短路电流的热效应	62
本章小结	65
复习题	66

第4章 高低压电气设备	68
4.1 概述	68
4.1.1 电气设备的定义	68

4.1.2 电气设备的分类	68	5.3.2 低压开关电器的选择及校验	122
4.2 电气设备中的电弧	69	5.3.3 高、低压开关柜的选择	122
4.2.1 电弧及其主要危害	69	5.3.4 高、低压熔断器的选择	124
4.2.2 电弧的产生原因及方式	69	5.4 互感器的选择	125
4.2.3 电弧的熄灭	70	5.4.1 电流互感器的选择	125
4.2.4 常用灭弧方法	70	5.4.2 电压互感器的选择	128
4.3 电力变压器	73	5.5 母线和绝缘子的选择及校验	130
4.3.1 电力变压器的分类和型号	73	5.5.1 母线的选择	130
4.3.2 电力变压器的结构	74	5.5.2 绝缘子的选择	132
4.3.3 变压器的联结组别	75	5.6 输电导线截面的选择	133
4.3.4 电力变压器的铭牌及主要技术 参数	75	5.6.1 选择导线截面的一般原则	133
4.3.5 电力变压器的并列运行条件	76	5.6.2 按长时允许电流选择导线截面	134
4.3.6 变压器的运行维护和故障检修	76	5.6.3 按允许电压损失选择导线截面	138
4.4 高低压开关设备	79	5.6.4 按经济电流密度选择导线截面	142
4.5 高低压熔断器	88	5.6.5 按机械强度选择导线截面	143
4.5.1 概述	88	本章小结	144
4.5.2 高压熔断器	89	复习题	144
4.5.3 低压熔断器	92		
4.6 互感器	95	第6章 电力线路和变电所的结构	146
4.6.1 电流互感器	96	6.1 电力线路的接线方式	146
4.6.2 电压互感器	100	6.1.1 高压电力线路的接线方式	146
4.7 避雷器	102	6.1.2 低压配电线路的接线方式	149
4.7.1 管型避雷器	103	6.2 架空线路	150
4.7.2 阀型避雷器	103	6.2.1 架空线路的结构	150
4.7.3 金属氧化物避雷器	104	6.2.2 架空线的敷设	153
4.8 高低压成套配电装置	105	6.2.3 架空线路的运行与维护	155
4.8.1 高压开关柜	105	6.2.4 架空绝缘线路	156
4.8.2 低压成套配电装置	108	6.3 电缆线路	156
4.8.3 动力和照明配电箱	110	6.3.1 电缆的类型和结构	156
本章小结	110	6.3.2 电缆的敷设	158
复习题	112	6.3.3 电缆线路的运行与维护	161
		6.4 车间线路	161
第5章 电气设备的选择	114	6.4.1 车间线路导线种类和结构	161
5.1 选择电气设备的一般原则	114	6.4.2 车间线路的敷设	162
5.1.1 按正常工作条件选择	114	6.4.3 车间线路的运行与维护	163
5.1.2 按故障情况校验电气设备	115	6.5 变电所的电主接线	163
5.2 电力变压器的选择	116	6.5.1 对电主接线的基本要求	163
5.2.1 变压器实际容量的计算	116	6.5.2 主接线的基本接线方式	164
5.2.2 主变压器台数的选择	117	6.5.3 车间变电所的电主接线	167
5.2.3 变电所主变压器容量的选择	117	6.5.4 变配电所的结构和布置	169
5.3 高低压开关电器的选择及校验	119	6.6 箱式变电站	174
5.3.1 高压开关电器的选择及校验	119	6.6.1 箱式变电站的特点	174
		6.6.2 箱式变电站的总体结构	175

本章小结	175	8.3.1 对断路器控制与信号回路的要求	225
复习题	176	8.3.2 断路器的控制与信号回路	225
第7章 供配电系统的保护	178	8.4 中央信号装置	229
7.1 继电保护装置的概述	178	8.4.1 中央信号装置概述	229
7.1.1 继电保护装置的概念	178	8.4.2 中央事故信号装置	230
7.1.2 继电保护装置的作用	178	8.4.3 中央预告信号	231
7.1.3 对继电保护装置的基本要求	178	8.5 二次回路的安装接线图	234
7.1.4 继电保护装置的组成	180	8.5.1 二次回路安装接线图的基本知识	234
7.1.5 电流保护装置的接线方式和接线系数	180	8.5.2 屏面布置图	235
7.2 常用保护继电器	182	8.5.3 端子排图	237
7.2.1 电磁式继电器	182	8.5.4 屏后接线图	239
7.2.2 感应式继电器	187	8.5.5 二次回路的接线要求	241
7.3 高压配电电网的继电保护	189	8.6 自动重合闸装置	242
7.3.1 带时限的过电流保护	189	8.6.1 概述	242
7.3.2 电流速断保护	195	8.6.2 自动重合闸断路器的结构和工作原理	243
7.3.3 中性点不接地的单相接地保护	198	8.6.3 电气一次自动重合闸装置	244
7.4 电力变压器的继电保护	201	8.7 备用电源自动投入装置(APD)	245
7.4.1 概述	201	8.7.1 对备用电源自动投入装置的基本要求	246
7.4.2 变压器的瓦斯保护	202	8.7.2 备用电源自动投入装置的接线	246
7.4.3 变压器的速断保护	204	本章小结	247
7.4.4 变压器的过电流保护	205	复习题	248
7.4.5 变压器的过负荷保护	207	第9章 防雷、接地和电气安全	250
7.4.6 变压器的差动保护	207	9.1 过电压与防雷	250
7.5 高压电动机的继电保护	209	9.1.1 过电压与防雷的概述	250
7.5.1 概述	209	9.1.2 防雷设计	252
7.5.2 高压电动机的过负荷保护和电流速断保护	209	9.1.3 防雷保护	255
7.5.3 高压电动机的单相接地保护	210	9.2 接地与接零	256
7.6 工厂低压供电系统的保护	211	9.2.1 接地的有关概念	256
7.6.1 熔断器保护	211	9.2.2 接地的种类	258
7.6.2 低压断路器保护	212	9.2.3 保护接零	261
7.7 低压电网的漏电保护	214	9.2.4 接地装置的装设	262
本章小结	215	9.2.5 接地装置的接地电阻计算	264
复习题	217	9.2.6 接地装置接地电阻的测量	266
第8章 变电所二次回路和自动装置	218	9.2.7 低压配电系统的等电位连接	267
8.1 二次回路的概述	218	9.3 触电及其预防	268
8.2 操作电源	219	9.3.1 触电的危险性	268
8.2.1 直流操作电源	219	9.3.2 触电的预防方法	270
8.2.2 交流操作电源	223	9.3.3 触电后的急救	271
8.3 高压断路器的控制与信号回路	224		

本章小结	272
复习题	273
第 10 章 电气照明	274
10.1 电气照明技术的基本概念	274
10.1.1 照明技术的有关概念	274
10.1.2 照明的方式和种类	277
10.2 常用电光源与照明灯具	278
10.2.1 常用电光源	278
10.2.2 灯具的选择与布置	282
10.3 照度标准和照度计算	284

10.3.1 照度标准	284
10.3.2 照度的计算	287
10.4 照明供电系统	291
10.4.1 照明供电系统	291
10.4.2 照明负荷计算	294
10.4.3 照明线路导线及保护装置的选择	294
本章小结	295
复习题	295
参考文献	297

10.1.1 照明技术的有关概念	274
10.1.2 照明的方式和种类	277
10.2 常用电光源与照明灯具	278
10.2.1 常用电光源	278
10.2.2 灯具的选择与布置	282
10.3 照度标准和照度计算	284
10.3.1 照度标准	284
10.3.2 照度的计算	287
10.4 照明供电系统	291
10.4.1 照明供电系统	291
10.4.2 照明负荷计算	294
10.4.3 照明线路导线及保护装置的选择	294
本章小结	295
复习题	295
参考文献	297

10.1.1 照明技术的有关概念	274
10.1.2 照明的方式和种类	277
10.2 常用电光源与照明灯具	278
10.2.1 常用电光源	278
10.2.2 灯具的选择与布置	282
10.3 照度标准和照度计算	284
10.3.1 照度标准	284
10.3.2 照度的计算	287
10.4 照明供电系统	291
10.4.1 照明供电系统	291
10.4.2 照明负荷计算	294
10.4.3 照明线路导线及保护装置的选择	294
本章小结	295
复习题	295
参考文献	297

第1章 电力系统概述

1.1 电力系统和供配电系统概述

电能是现代人们生产和生活中的重要能源，它是一种清洁的二次能源。电能的输送和分配经济简单，便于控制、调节和测量，便于转换成其他形式的能量。电能在现代化工农业生产及国民经济生活中得到了广泛的应用。电力工业已成为我国国民经济生活的基础。供配电系统对工厂企业所需要的电能进行供应和分配，是电力系统的重要组成部分。用户所需电能绝大多数都由电力系统的发电厂提供，故在介绍供配电系统之前，简述一下电力系统的基本知识。

1.1.1 电力系统概述

电力系统是指由发电厂、各种电压等级的输电线路和升降压变电所组成的整体。图1-1是一个典型的电力系统示意图。

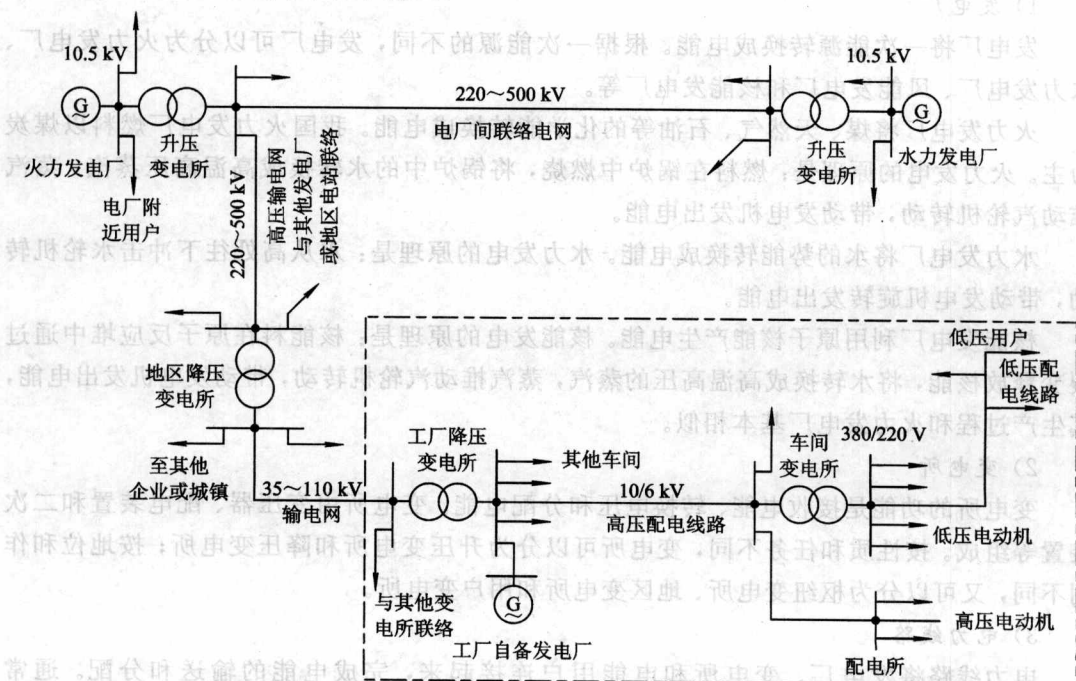


图 1-1 电力系统示意图

为了经济合理地利用国家资源,发电厂一般建在煤炭或水利资源丰富的地方。这些地方往往距离用电负荷中心较远,所以必须进行大容量、远距离输电。但是,由于发电厂发出的电压较低(一般为 $6.3\sim 20.0\text{ kV}$),而对于大容量、远距离输电,采用高电压较为经济。因为采用高压输电不仅可节省有色金属,降低线路的电能损耗,而且还可以保证受电端的电压水平。因此,需要将发电机发出的电升压后再输送出去。

工厂企业用电设备的额定电压较低,为了将电力系统的高压电能降低为用户所需要的低压电能,需设置降压变电所(或称变电站),将电压降低后再输送出去。

电力系统中各发电厂之间以输电线路相连,称为并网发电。并网发电不但可提高供电的可靠性,同时还可以调节各发电厂的用电负荷,发挥供电的经济效益。

电能的发出、升压、输送、降压和分配到用户的过程如图 1-2 所示。

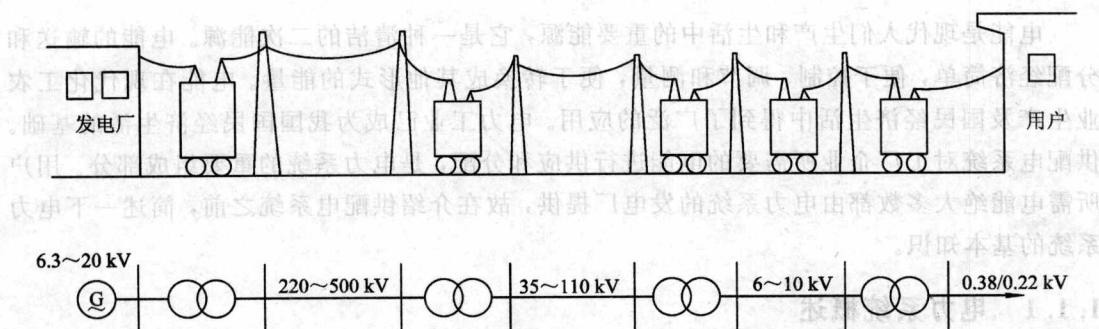


图 1-2 电能的发出、升压输送、降压和分配到用户的过程

1) 发电厂

发电厂将一次能源转换成电能。根据一次能源的不同,发电厂可以分为火力发电厂、水力发电厂、风能发电厂和核能发电厂等。

火力发电厂将煤、天然气、石油等的化学能转换成电能。我国火力发电厂燃料以煤炭为主。火力发电的原理是:燃料在锅炉中燃烧,将锅炉中的水转换成高温高压蒸汽,蒸汽推动汽轮机转动,带动发电机发出电能。

水力发电厂将水的势能转换成电能。水力发电的原理是:水从高处往下冲击水轮机转动,带动发电机旋转发出电能。

核能发电厂利用原子核能产生电能。核能发电的原理是:核能料在原子反应堆中通过裂变释放核能,将水转换成高温高压的蒸汽,蒸汽推动汽轮机转动,带动发电机发出电能,其生产过程和火力发电厂基本相似。

2) 变电所

变电所的功能是接收电能、转换电压和分配电能。变电所由变压器、配电装置和二次装置等组成。按性质和任务不同,变电所可以分为升压变电所和降压变电所;按地位和作用不同,又可以分为枢纽变电所、地区变电所和用户变电所。

3) 电力线路

电力线路将发电厂、变电所和电能用户连接起来,完成电能的输送和分配。通常 220 kV 及以上的电力线路称为输电线路; 110 kV 及以下的电力线路称为配电线路。

4) 电能用户

电能用户是指所有的用电设备或用电单位,可以分为工业用户、农业用户、商业用户和居民用户等。

1.1.2 供配电系统概述

供配电系统是电力系统的电能用户,也是电力系统的重要组成部分。它由总降压变电所、高压配电所、配电线路、车间变电所和用电设备组成。图1-3所示为供配电系统的结构框图。

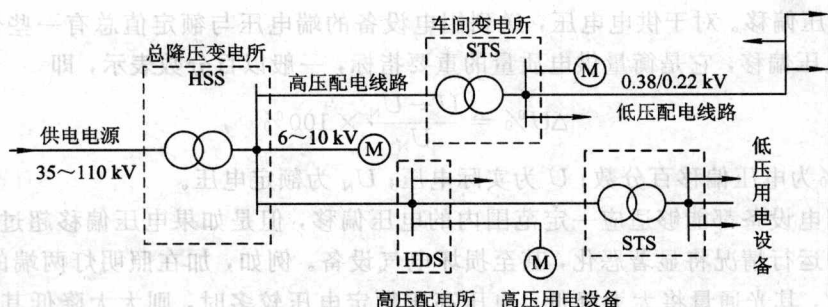


图1-3 供配电系统的结构框图

对于某个具体的供配电系统,图1-3框图中的各部分可能都有,也可能只有其中的几个部分,这主要取决于电力负荷的大小和厂区的大小。不同的供配电系统,不仅组成不完全相同,而且相同部分的结构也可能存在较大的差异。

电能是工厂企业生产及人们生活需要的主要能源。对工厂企业可靠、安全、经济、合理地供电,对于提高产品质量、提高经济效益及保证安全生产等方面都有十分重要的意义。为确保安全生产和生活用电的需要,工厂企业对供配电提出以下基本要求。

1. 供电可靠

供电可靠就是要求供电不间断。供电中断不仅会影响工厂企业生产,而且可能会损坏设备,甚至发生人身事故。例如,工厂某些生产车间一旦中断供电,将会产生大量废品。矿井井下含有瓦斯等有害气体,并有水不断涌出,一旦中断供电,可能导致工作人员窒息死亡和瓦斯爆炸,矿井也有被水淹没的危险。因此,对工厂企业中的这类负荷,供电应绝对可靠。

供电可靠性常用供电可靠率 K_{rel} 表示,即用实际供电时间与统计期全部时间的比值的百分数表示:

$$K_{rel} = \frac{T_w}{T_t} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$T_w = T_t - T_s \quad T_s = \sum_{i=1}^n t_i$$

式中: T_w 为统计期实际供电时间之和; T_t 为统计期全部时间; T_s 为统停电时间之和; t_i 为统计期内某次停电的时间。

停电时间应包括事故停电时间、计划检修停电时间和临时停电时间。

2. 供电安全

供电安全是指在电能的分配、供应和使用过程中,不应发生人身触电事故和设备事故,也不致引起电火灾和爆炸事故。尤其是在特殊工作环境中,特别容易发生上述事故,因此要确保供电安全。

3. 供电质量

用电设备在额定参数下的运行性能最好。电压和频率是衡量电能质量的重要指标,因此,要求有稳定的电压和频率。

1) 电压

(1) 电压偏移。对于供电电压,送到用电设备的端电压与额定值总有一些偏差,此偏差值称为电压偏移,它是衡量供电质量的重要指标,一般以百分数表示,即

$$\Delta U\% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中: $\Delta U\%$ 为电压偏移百分数; U 为实际电压; U_N 为额定电压。

各种用电设备都能够适应一定范围内的电压偏移,但是如果电压偏移超过允许范围,电气设备的运行情况将显著恶化,甚至损坏电气设备。例如,加在照明灯两端的电压低于额定电压时,其光通量将大大降低;电压高于额定电压较多时,则大大降低其使用寿命。因此,工厂企业一般工作场所的照明灯允许电压偏移范围为 $\pm 5\%$ (详见 GB50034—92)。又如感应电动机,当电压降低时,电动机转矩急剧下降,使电动机启动困难,运行温度升高,加速了绝缘的老化,甚至烧毁电动机。因此,一般规定电动机允许电压偏移范围为 $\pm 5\%$ 。

我国规定了供电电压允许偏移,见表 1-1。

表 1-1 供电电压允许偏移

线路额定电压 U_N	电压允许偏移
35 kV 及以上	$\pm 5\%$
10 kV 及以下	$\pm 7\%$
220 V	$+7\%, -10\%$

(2) 电压调整。为了减少电压偏移,保证用电设备在最佳状态下运行,供配电系统必须采用相应的电压调整措施,通常有以下几种:

① 合理选择变压器的电压分接头或采用有载调压变压器,使之在负荷变动的情况下,有效地调节电压,保证用电设备端电压的稳定。

② 合理减少供配电系统的阻抗,以降低电压损耗,从而减少所需电压偏移量。

③ 尽量使系统的三相负荷均衡,以减小电压偏移。

④ 合理改变供配电系统的运行方式,以调整电压偏移。

⑤ 采用无功补偿装置,提高功率因数,降低电压损耗,缩小电压偏移量。

2) 频率

供电频率由发电厂保证。对于额定频率为 50 Hz 的工业用交流电,当电网低于额定频率运行时,所有电力用户的电动机转速都将相应降低,因而工厂的产品产量及质量都将不同程度受到影响。频率的变化还将对供配电系统的稳定性产生很大的影响,因此对频率的

要求比对电压的要求还严格,其偏差不允许超过额定值 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5$ Hz,即为额定频率的 $\pm 0.4\% \sim \pm 1\%$,见表1-2。

表1-2 频率的允许偏差

运行情况	运行频率偏差/Hz	
正常运行	300 万千瓦及以上	± 0.2
	300 万千瓦及以下	± 0.5
非正常运行	± 1.0	

4. 供电经济

供电经济一般考虑三个方面:尽量降低企业变电所与电网的基本建设投资;尽可能降低设备、材料及有色金属的消耗量;注意降低供电系统的电能损耗及维护费用。

此外,工厂企业还要求有足够的电能。这不仅要求电力系统或发电厂能提供充裕的电能,而且还要求工厂企业供电系统的各项供电设施具有足够的供电能力。

1.2 电力系统的电压

1.2.1 额定电压的国家标准

电力系统中的所有电气设备都是按照一定的标准电压设计和制造的,这个标准电压称为电气设备的额定电压。为了便于批量生产和统一供电,国家规定了标准的额定电压等级,见表1-3。

表1-3 国家标准额定电压

kV

电网和用电设备的额定电压			发电机的额定电压		变压器的额定电压			
直流	三相交流		交流	三相交流	交 流			
					三 相		单 相	
	线电压	相电压		线电压	一次绕组	二次绕组	一次绕组	二次绕组
0.22	0.22	0.127	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23
—	0.38	0.22	—	0.40	0.38	0.4	0.38	—
0.44	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3.0	—	—	3.15	3.0, 3.15	3.15, 3.3	—	—
—	6.0	—	—	6.3	6.0, 6.3	6.3, 6.6	—	—
—	10	—	—	10.5	10, 10.5	10.5, 11	—	—
—	35	—	—	—	35	38.5	—	—
—	63	—	—	—	63	66	—	—
—	110	—	—	—	110	121	—	—
—	220	—	—	—	220	242	—	—
—	330	—	—	—	330	363	—	—
—	500	—	—	—	500	550	—	—

下面对表 1-3 进行说明。

1) 电网的额定电压

电网的额定电压等级是根据国民经济发展和电力工业水平, 经过全面技术分析后确定的, 它是确定电力设备额定电压的基本依据。

2) 用电设备的额定电压

用电设备的额定电压规定与电网的额定电压规定相同。

3) 发电机的额定电压

同一电压的线路一般允许的电压偏差为 $\pm 5\%$, 即整个线路允许有 10% 的电压损耗, 为了维持线路首末两端的电压平均值为额定值, 线路首端电压较电网额定电压高 5%, 如图 1-4 所示。发电机是接在线路首端的, 因此规定发电机额定电压为所供电网额定电压的 105%。

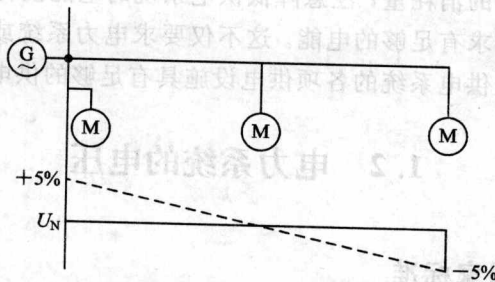


图 1-4 用电设备和发电机额定电压

4) 变压器的额定电压

(1) 电力变压器一次绕组额定电压。

如果变压器直接与发电机相连, 如图 1-5 所示的变压器 T_1 , 则一次绕组额定电压与发电机的额定电压相等, 高于电网额定电压 5%。

如果变压器不与发电机直接相连, 而在线路的其他位置, 如图 1-5 所示的变压器 T_2 , 则变压器相当于用电设备, 其一次绕组额定电压与供电电网额定电压相等。

(2) 电力变压器二次绕组额定电压。

电力变压器二次绕组的额定电压是指变压器在其一次绕组上加额定电压时的二次绕组的开路电压。当变压器满载运行时, 其绕组内大约有 5% 的阻抗电压降, 如供电线路不长, 二次绕组的额定电压只需要高于二次侧电网额定电压的 5%, 如图 1-5 所示的变压器 T_2 ; 如供电线路较长(如高压电网), 除了考虑 5% 的绕组压降外, 还要考虑变压器二次绕组处于线路的首端, 需要高于供电电网额定电压 5%, 这种情况下, 变压器的二次绕组额定电压高于二次侧电网额定电压 10%, 如图 1-5 所示的变压器 T_1 。

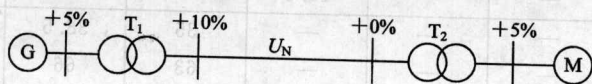


图 1-5 电力变压器额定电压

【例题 1.1】 已知如图 1-6 所示系统中线路的额定电压, 试计算发电机和变压器的额定电压。

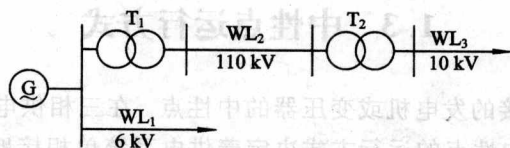


图 1-6 例题 1.1 图

解 发电机 G 的额定电压为

$$U_{N.G} = 1.05U_{N.WL_1} = 1.05 \times 6 = 6.3 \text{ kV}$$

变压器 T_1 的一次侧额定电压为

$$U_{1N.T_1} = U_{N.G} = 6.3 \text{ kV}$$

变压器 T_1 的二次侧额定电压为

$$U_{2N.T_1} = 1.1U_{N.WL_2} = 1.1 \times 110 = 121 \text{ kV}$$

因此, 变压器 T_1 的额定电压为 6.3/121 kV。

变压器 T_2 的一次侧额定电压为

$$U_{1N.T_2} = U_{N.WL_2} = 110 \text{ kV}$$

变压器 T_2 的二次侧额定电压为

$$U_{2N.T_2} = 1.05U_{N.WL_3} = 1.05 \times 10 = 10.5 \text{ kV}$$

因此, 变压器 T_2 的额定电压为 110/10.5 kV。

1.2.2 供配电系统电压选择

工厂企业供电电压的选择, 取决于企业附近电源电压, 用电设备电压、容量及供电距离。从供电经济性考虑, 供电距离越远, 输送功率越大, 采用的电压等级越高。电压等级、输送功率及供电距离的大概范围见表 1-4。

表 1-4 电压等级、输送功率及供电距离的大概范围

电压等级/kV	输送功率/kW	输送距离/km
0.38	100 以下	0.6 以下
0.66	100~150	0.6~1
3	100~1000	1~3
6	100~1200	4~15
10	200~2000	6~20
35	1000~10 000	20~70
63	3500~30 000	30~100
110	10 000~50 000	50~150

1.3 中性点运行方式

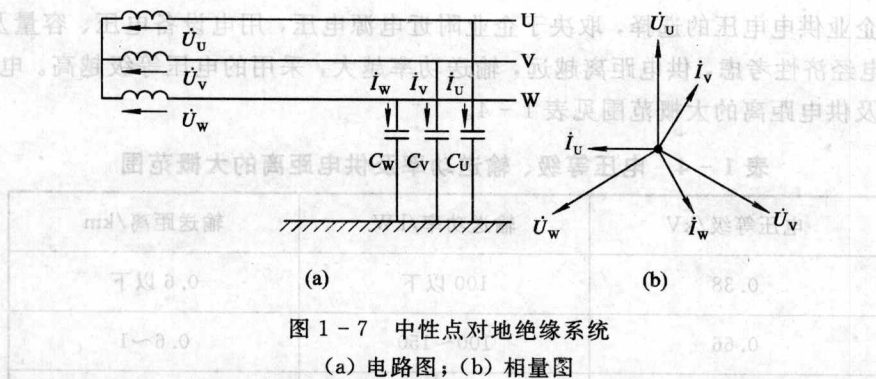
中性点是指星形连接的发电机或变压器的中性点。在三相供电系统中,作为供电电源的发电机和变压器,其中性点的运行方式决定着供电系统单相接地后的运行情况,关系到供电的可靠性、线路的保护方法及人身安全等重要问题。因此,正确选择供电系统中性点运行方式是供电工作的关键。中性点运行方式有大电流接地系统和小电流接地系统。大电流接地系统即为中性点直接接地系统,小电流接地系统有中性点不接地、中性点经消弧线圈接地两种方式。

我国 3~63 kV 系统一般采用中性点不接地运行方式。当 3~10 kV 系统接地电流大于 30 A, 20~63 kV 系统接地电流大于 10 A 时,应采用中性点经消弧线圈接地的运行方式;对于 110 kV 及以上系统和 1 kV 以下低压系统,应采用中性点直接接地运行方式。

1.3.1 中性点不接地系统

中性点不接地的运行方式,即电力系统的中性点不与大地直接相连的运行方式。

图 1-7(a)所示为中性点不接地的三相交流供电系统。由于供电系统的三相导线与地之间存在着分布电容,因此在导线中引起了容性的附加电流。图中 C_U 、 C_V 、 C_W 分别表示各相导线的对地电容。在三相绝缘良好的情况下,三相导线的对地电容相等,可视为对称负载,所以此时中性点电位与大地电位相等,三相导线的对地电压分别等于三个相电压,并且对称。此时各相对地电容电流也是对称的,且超前对应相电压 90° ,其矢量和为零,地中无容性电流流过,如图 1-7(b)所示。



当系统中任何一相绝缘损坏而接地时,各相对地电压和对地电容电流都要发生变化。设 W 相发生单相金属性接地(即对地阻抗为零),其对地电压为零,其他两非故障相对地电压增大到电网的线电压,即为正常情况的 $\sqrt{3}$ 倍。这时,非故障两相对地电容电流也随之增大为正常时的 $\sqrt{3}$ 倍,其相位超前于相应的线电压($\dot{U}_{UW}$ 、 $\dot{U}_{VW}$) 90° ,如图 1-8 所示。由矢量分析可得出,接地点的接地电流(I_E)是非故障两相对地电容电流的矢量和,即为正常情况下对地电容电流的 3 倍,相位超前接地相的相电压($\dot{U}_W$) 90° 。

中性点不接地运行方式出现单相接地故障时,从图 1-8(b)可以看出,系统的线电压仍保持对称,用电设备的运行不受影响,可继续供电,这就提高了供电的可靠性。所以,我