



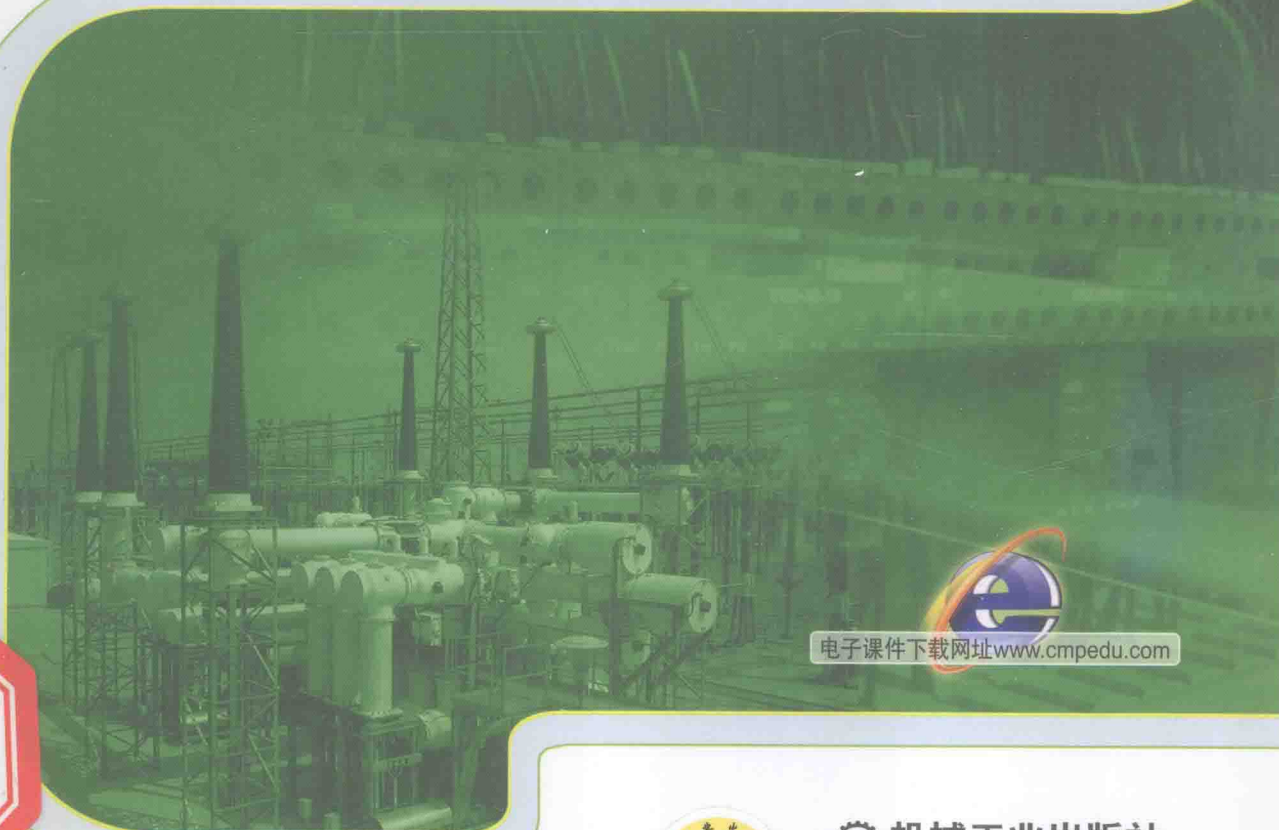
全国高等职业教育规划教材

供配电技术项目教程

主 编 张 玲

副主编 付 琛

- 紧紧围绕职业岗位群，按知识点由易到难进行讲解
- 采用项目式编写方式，全书共8个项目，27个任务



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

供配电技术项目教程

主 编 张 玲

副主编 付 琛

参 编 陈浩龙 吉龙军 申九菊

主 审 张爱华

机 械 工 业 出 版 社

本书根据编者多年从事高职高专电气自动化专业教学实践及教学改革的成果和课程基本要求编写而成。全书共 8 个项目,包括电力系统的分析、电力负荷的计算、高压电器元件的认识与维护、电力线路的认识与选择、供配电系统电气主接线的分析、供配电系统的保护、电气照明及电气安全。

本书可作为高职高专院校及普通本科院校二级学院电气自动化技术、供用电技术、电力系统继电保护与自动化、机电一体化专业和相关专业的教材使用,也适用于五年制高等职业院校、中等职业学校的相关专业,并可作为社会相关从业人员的业务参考书及培训用书。

为配合教学,本书配有电子课件,读者可以登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费注册后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

供配电技术项目教程/张玲主编. —北京:机械工业出版社, 2016. 2

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 52255 - 3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 283324 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:刘闻雨 崔利平 版式设计:霍永明

责任校对:丁丽丽 责任印制:乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.5 印张 · 332 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 52255 - 3

定价: 33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010 - 88379833

读者购书热线: 010 - 88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

前 言

本书编者总结了多年来在电气自动化领域内的教学和课程改革经验,在行业专家、课程专家的指导下,从职业岗位分析着手,通过对“工厂供电技术”课程的知识、能力和素质分析,编写了这本“工学结合、项目引领、任务驱动”的教材。本书的主要特点是:在结构上,由8个项目组成,项目内设有任务,项目和任务按照由易到难的顺序递进;在内容上,围绕职业岗位(群)需求和职业能力,以工作任务为中心,以技术实践知识为焦点,以技术理论知识为背景,形成了体现高职高专教育的特点和优势,符合高职高专学生认知特点和学习规律的内容体系。

本书共8个项目,27个任务,主要介绍了电力系统的分析、电力负荷的计算、高压电器元件的认识与维护、电力线路的认识与选择、供配电系统电气主接线的分析,供配电系统的保护、电气照明及电气安全。本书还有特别提示、问题讨论、操作项目、岗位技能、案例分析等环节,具有通用性和实用性。

本书计划学时数为90学时,安排如下:

项目内容	计划学时
项目1 电力系统的分析	6
项目2 电力负荷的计算	14
项目3 高压电器元件的认识与维护	28
项目4 电力线路的认识与选择	6
项目5 供配电系统电气主接线的分析	8
项目6 供配电系统的保护	20
项目7 电气照明	4
项目8 电气安全	4
合计	90

本书由甘肃工业职业技术学院张玲主编并负责统稿。具体编写分工如下:张玲编写项目3、项目6、附录A~D;无锡商业职业技术学院付琛编写项目2、项目4;甘肃工业职业技术学院陈浩龙编写项目1、项目5、项目7、项目8、附录F;河南工业贸易职业学院申九菊编写附录E、附录G;国网兰州供电公司吉龙军编写附录H,并在全书的问题讨论、操作项目、岗位技能等内容的编写上,提出了许多宝贵的意见。

本书由兰州理工大学张爱华教授主审,编者在此致以诚挚的谢意。在编写过程中,编者查阅和参考了众多文献资料,受到许多教益和启发,在此向参考文献作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

项目 1 电力系统的分析	1
任务 1.1 认识电力系统	1
1.1.1 电力系统的组成	1
1.1.2 电力系统的电压	6
任务 1.2 电力系统中性点运行方式的分析	9
1.2.1 大电流接地系统	10
1.2.2 小电流接地系统	10
习题	12
项目 2 电力负荷的计算	14
任务 2.1 负荷电流的计算	14
2.1.1 负荷计算的目的	14
2.1.2 用电设备的容量	17
2.1.3 负荷计算的方法	18
任务 2.2 功率因数的补偿	24
2.2.1 供电系统功率因数的确定	24
2.2.2 供电系统功率因数的改善与电能节约	25
任务 2.3 短路电流的计算	28
2.3.1 短路概述	28
2.3.2 无限大容量电源系统三相短路过程的分析	30
2.3.3 无限大容量电源系统三相短路电流的计算方法	32
2.3.4 电动机对短路电流的影响	35
2.3.5 短路电流的热效应与力效应	36
习题	38
项目 3 高压电器元件的认识与维护	40
任务 3.1 认识电弧	40
3.1.1 开关电器的类型	40
3.1.2 电弧的产生与熄灭	40
3.1.3 常用的灭弧方法	42
3.1.4 开关电器的触头	43
任务 3.2 变电所的设置与变压器的选择	45
3.2.1 供电电压的选择	45
3.2.2 变电所位置的确定	45
3.2.3 总降压变电所主变压器台数和容量的选择	46

3.2.4	车间变电所主变压器台数和容量的选择	47
任务 3.3	互感器的检测与调节	48
3.3.1	电流互感器	48
3.3.2	电压互感器	53
任务 3.4	高压断路器的检修	58
3.4.1	少油断路器	59
3.4.2	真空断路器	62
3.4.3	SF ₆ 断路器	65
3.4.4	高压断路器的运行与维护	66
任务 3.5	高压熔断器的维护	68
3.5.1	熔断器的工作原理	69
3.5.2	高压熔断器的类型	69
3.5.3	户内高压熔断器	69
3.5.4	户外高压熔断器	70
3.5.5	高压熔断器的运行与维护	71
任务 3.6	区别隔离开关与高压负荷开关	72
3.6.1	隔离开关	72
3.6.2	高压负荷开关	75
任务 3.7	绝缘子上固结母线	77
3.7.1	绝缘子	77
3.7.2	母线	79
任务 3.8	高压电器元件的选择与校验	81
3.8.1	高压电器元件选择的一般原则	81
3.8.2	常用高压电器元件的选择	82
习题		85
项目 4	电力线路的认识与选择	86
任务 4.1	电力线路的认识	86
4.1.1	架空线的认识	86
4.1.2	电力电缆的认识	89
4.1.3	车间线路的认识	91
任务 4.2	导线和电缆截面的选择	92
4.2.1	按发热条件选择导线和电缆的截面积	93
4.2.2	按经济电流密度选择导线和电缆的截面积	95
4.2.3	线路电压损耗的计算	96
习题		98
项目 5	供配电系统电气主接线的分析	100
任务 5.1	认识电气主接线	100
5.1.1	变电所的电气主接线	100
5.1.2	高压配电线路的电气主接线	103

5.1.3	低压配电线路的电气主接线	106
任务 5.2	电气主接线方案的确定	110
5.2.1	设计电气主接线	110
5.2.2	典型电气主接线方案	113
任务 5.3	电气设备的倒闸操作	114
5.3.1	倒闸操作概述	114
5.3.2	倒闸操作的措施	117
习题		120
项目 6	供配电系统的保护	121
任务 6.1	认识电气二次接线	121
6.1.1	操作电源	122
6.1.2	高压断路器的控制与信号回路	124
6.1.3	中央信号装置	128
6.1.4	二次回路的安装接线图	130
任务 6.2	供配电系统的继电保护	135
6.2.1	继电保护装置概述	135
6.2.2	工厂高压线路的继电保护	137
6.2.3	电力变压器的保护	140
任务 6.3	供电系统 APD 装置与 ARD 装置的认识	144
6.3.1	备用电源自动投入装置	145
6.3.2	自动重合闸装置	147
任务 6.4	防雷装置的认识与维护	150
6.4.1	雷电的有关概念	150
6.4.2	防雷设计	151
6.4.3	防雷保护	154
任务 6.5	接地装置的认识与维护	155
6.5.1	接地的有关概念	156
6.5.2	接地的种类	156
6.5.3	接地装置的装设	159
6.5.4	接地电阻的计算	161
6.5.5	接地电阻的测量	163
习题		166
项目 7	电气照明	169
任务 7.1	工业照明	169
7.1.1	照明概述	169
7.1.2	合理选择电光源	171
7.1.3	灯具的选择与布置	174
7.1.4	照度计算	176
任务 7.2	民用照明	180

7.2.1 民用照明与工业照明的区别	181
7.2.2 民用照明的相关标准	181
习题	182
项目8 电气安全	184
任务 8.1 安全用电	184
8.1.1 安全电压	184
8.1.2 安全距离	185
8.1.3 绝缘安全用具	186
任务 8.2 触电现场急救	187
8.2.1 电气火灾的主要原因	188
8.2.2 电气火灾的防护措施	188
8.2.3 电气火灾的扑救	189
8.2.4 触电的预防与急救	190
习题	194
附录	195
附录 A S9、SC9、S11-M·R 及 SBH15-M、SCBH15 等系列配电变压器的 主要技术数据	195
附录 B LQJ-10 型电流互感器的主要技术数据	198
附录 C 部分常用高压断路器的主要技术数据	199
附录 D 部分并联电容器主要技术数据	200
附录 E 三相线路导线和电缆单位长度每相阻抗值	201
附录 F 绝缘导线明敷、穿钢管和穿硬塑料管时的允许载流量	202
附录 G 架空裸导线的最小允许截面积	207
附录 H LJ 型铝绞线和 LGJ 型钢芯铝绞线的允许载流量	207
参考文献	208

项目1 电力系统的分析

【教学目标】

1. 掌握电力系统的基本概念。
2. 熟悉电力系统的中性点运行方式。

电能是社会发展的主要能源和动力，广泛用于人民生活、国民经济各行各业。为满足国民经济发展和人民生活对电能的需求，在电能的生产、传输、分配和使用过程中，如何不间断地供给充足、优质而又廉价的电能，是人们要面临的一项长期任务。

任务1.1 认识电力系统

【任务引入】

电能为二次能源，是由一次能源经加工转换而成的能源，电能的生产、输送、分配和使用都是基于电力系统而言的，为了更加系统地研究电能，掌握电力系统的相关知识是非常有必要的。

【相关知识】

1.1.1 电力系统的组成

1. 概述

由发电厂、电力网以及电力用户所组成的整体，称为电力系统，它完成电能的生产、变换、输送、分配与消费。供电系统是电力系统的一个重要环节，由电气设备及配电线路按一定的接线方式所组成。它从电力系统取得电能，通过其变换、分配、输送与保护等功能，将电能安全、可靠、经济地送到每一个用电设备的装设场所。

电力线路分为输电线路和配电线路，输电线路用来连接发电厂与负荷中心，配电线路则用来连接负荷中心和电力用户。负荷中心一般设有变电所或配电所。变电所有升压与降压之分，其功能是接受电能、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，不改变电压。

电力系统中各种电压等级的电力线路及其联系的变电所，称为电力网，简称电网。电网按电压高低和供电范围大小可分为区域电网和地方电网。一般来讲，电压为220kV及以上的电网为区域电网，主要供电给大型区域性变电所；电压为110kV及以下的电网为地方电网，主要供电给地方负荷。工厂供电系统属于地方电网。

电力系统加上发电厂的动力部分，包括火力发电厂的锅炉、汽轮机，水力发电厂的水库、水轮机以及核动力发电厂的反应堆、汽轮机等，合称为动力系统。以水电系统为例来说

明电力网、电力系统和动力系统三者之间的关系，如图 1-1 所示。

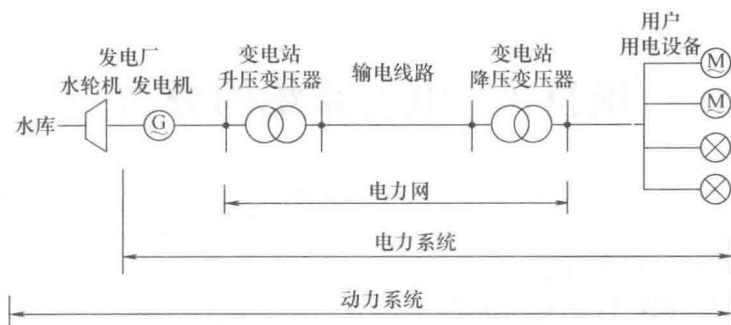


图 1-1 电力网、电力系统和动力系统

2. 电力系统的基本参量

(1) 系统装机容量

系统装机容量是指电力系统中所有发电机的额定有功功率的总和。

(2) 系统年发电量

系统年发电量是指电力系统中所有发电机全年所发出电能的总和。

(3) 最高电压等级

最高电压等级是指电力系统中最高电压等级的电力线路的额定电压。

(4) 额定频率

我国规定的交流电力系统的额定频率为 50Hz，美洲地区及日本规定为 60Hz。

(5) 最大负荷

规定时间（一天、一月或一年）内电力系统总有功功率负荷的最大值，单位为 MW。

(6) 年用电量

年用电量是指电力系统的所有用户全年所用电能的总和。

3. 电力系统的形成

在电力工业发展初期，发电厂容量都很小，且都建设在用户附近，各个发电厂之间没有任何联系，彼此都是孤立运行的。随着生产的发展和科学技术的进步，对电力需求日益增多，对供电质量也提出了更高的要求。这样，不但要建设许多大容量的发电厂以满足日益增长的电能需求，而且对供电可靠性的要求也更高了。显而易见，单个孤立运行的发电厂是无法解决这些难题的。例如，一个孤立运行的发电厂，一旦出了故障，用户供电将中断。此外，发电用的动力资源和电能用户往往不在同一个地区，水能资源集中在河流水位落差较大的偏僻地区，燃料资源集中在煤、石油、天然气的矿区，而大工业、大城市和其他用电部门则因其原料产地、消费中心或受历史、地理条件的限制，可能与动力资源所在地相隔很远。这样，水电只能通过特高压或超高压输电线路把电能输送到用户地区才能利用。火电厂虽然能通过燃料运输而在用户地区建设发电厂，但随着装机容量的增大，运输燃料常常不如高压输电经济。于是就出现了所谓坑口发电厂，即把火电厂建在矿区，通过升压变电站、超高压输电线路以及降压变电站把电能输送到距离电厂很远的用户地区。以上几类，都要将各个孤立运行的发电厂通过输电线路和变电站连接起来，以达到相互支援、提高供电可靠性和相互

备用的目的。随着高电压技术的发展,在地理上相隔一定距离的发电厂就逐步连接起来并列运行,其规模越来越大,开始在一个地区之内,后来发展到地区之间互相连接,逐步形成大型电力系统。

【问题讨论】

为什么要将孤立运行的发电厂互相连接成大型电力系统向用户供电呢?为什么世界各国电力系统规模越来越大?

这是因为电力系统的规模越大,给人们带来的经济效益越大,具体说明如下。

(1) 提高供电的可靠性

大型电力系统能在各地区之间互供电能,互为备用,可以增强抵抗电力事故的能力,提高供电可靠性。在大型电力系统中,多个发电厂并列运行,发电机组很多,个别机组发生故障时对系统电能的影响甚微;故障机组退出运行后,它所带的负荷可由系统中其他运行的机组或备用机组分担,不会中断供电。电力系统中所有并列运行的发电厂同时发生事故的概率远较孤立运行发电厂发生事故的概率小得多,所以组成电力系统后由于装机容量大,并列运行机组多,抗干扰能力强,提高了对用户供电的可靠性,特别是提高了对重要用户供电的可靠性。

(2) 减少系统装机容量

电力系统规模增大后,系统各个地区负荷的不同时率,可利用地区之间的时间差、季节性,错开高峰负荷用电,削弱系统负荷的尖峰,因而可减轻高峰负荷时电源紧张情况,在满足用电高峰负荷的条件下,减少系统装机容量。例如,一个地区最大负荷出现在 17 点,另一地区最大负荷出现在 18 点,两个地区连接成一个系统后,系统最大负荷小于两个地区最大负荷之和,因此,可减少系统的装机容量。

(3) 减少系统备用容量

电能的生产、输送、分配和使用几乎同时进行,电能又不能大量储存,而用户的用电又有随机性和不均衡性,因此,为了保证电力系统安全、可靠、连续地发供电,必须设置足够的备用容量。另外,电力系统在运行中难免有发电机组发生故障,有些发电机组要停机检修。如果电力系统中发电设备总装机容量刚好等于该系统的最大负荷,那么,当某一机组发生故障时,势必引起对一部分用户中断供电,给用户造成损失。为了避免这些情况的发生,一般都要使发电设备总装机容量稍大于系统的最大负荷。这部分容量称为备用容量。由于备用容量在电力系统中是可以互相通用的,如某一发电机组发生故障或需要检修时,它所带的负荷可由系统中的其他运行机组分担,所以,大型电力系统所需备用容量,要比按各个发电厂孤立运行时所需备用容量的总和小得多,它在总装机容量中所占的百分比也会小一些。

(4) 采用高效率大容量的发电机组

大容量火电机组效率高,节省原材料,造价低,占地小,运行费用较少。但是,一个电力系统允许安装的发电机组最大单机容量受电力系统的容量的制约。孤立运行的发电厂或者容量较小的电力系统,因为没有足够的备用容量,不允许采用大容量机组,否则,一旦大容量机组因事故或检修退出运行,将会造成电力系统大面积中断供电,给国民经济带来极大损失。一般要求电力系统中最大的一台发电机组容量不得超过全系统容量的 10%~15%。因此,大型电力系统拥有足够的备用容量,有利于安装高效率大容量的发电机组。目前,我国已有多台单机容量为 100 万 kW 的火力发电机组在大型电力系统中运行。

(5) 合理利用能源,充分发挥水电在系统中的作用

水电厂发电的多少受季节的影响大,在夏季丰水期水量过剩,在冬季枯水期水量短缺,水电厂单独运行或地区性系统中水电厂容量占的比重较大时,将造成枯水期缺电、丰水期弃水。如果将水电厂与火电厂连接在一起构成电力系统,实现水、火电厂联合运行,在枯水期火电机组承担基本负荷多发电,水电厂机组承担系统尖峰负荷少发电并安排检修,而在丰水期水电机组多发电,减少弃水,火电机组少发电,节省燃料和安排火电机组检修。此外,水电机组起动方便,宜作为调频电厂,还可减少火电机组做调频时的起动煤耗。这样可以扬长避短,充分利用水能资源,减少燃料消耗,提高火力发电厂的运行效率。

此外,还可以在机组间合理分配负荷,充分发挥煤耗低、效率高的发电机组的作用,使整个系统在满足用户负荷需求的前提下,减少网损,实现合理的经济运行。

由于以上优点,世界各国电力系统的规模越来越大,一些经济发达的国家已经形成全国统一的电力系统或跨国电力系统。

4. 对电力系统的要求

(1) 为用户提供充足的电力

电力系统要为国民经济的各个部门提供充足的电力、最大限度地满足用户的用电需求,首先应按照电力先行的原则做好电力系统发展的规划设计,加快电力工业建设,以确保电力工业的建设优先于其他工业部门;其次,要提高运行操作水平,加强现有设备的维护,进行科学管理,以充分发挥潜力,确保足够的备用容量,防止事故发生,减少事故次数。

(2) 保证供电的可靠性

保证供电的安全可靠是电力系统运行中的一项极为重要的任务。中断用户供电,会使生产停顿,生活混乱,甚至危及人身和设备安全,给国民经济造成极大的损失。停电给国民经济造成的损失远远超过电力系统本身少售电所造成的损失,一般认为,由于停电引起国民经济的损失平均值为电力系统本身少售电损失的30~40倍。因此,电力系统运行的首要任务是满足用户对供电安全可靠的要求。

造成对用户中断供电原因很多,可能是由于电力系统的设备发生了故障,如发电机、变压器、输电线路等发生了故障;也可能是系统运行的全面瓦解,如稳定性遭到破坏导致系统瓦解。前者属于局部事故,停电范围和造成的损失相对较小;后者是全局性事故,停电范围大,重新恢复供电需要很长时间,造成的损失可能很大。

保证供电安全可靠,首先要求系统元件(如发电机、变压器和输电线路等)的运行足够可靠,因为元件发生事故不仅直接造成供电中断,而且可能变成全局性的事故。运行经验表明,电力系统的全局性事故往往是由于局部性事故扩展而造成的;其次,要提高系统运行的稳定性,增强系统的抗干扰能力,保证不发生或不轻易发生造成大面积停电的系统瓦解事故。为此,要不断提高运行人员的技术水平和责任心,防止误操作的发生,在事故发生后应尽量采取措施以防止事故扩大,还要采用现代化的监测、控制和保护装置等。

随着科学技术的发展进步,用户对供电可靠的要求在不断提高,但是要保证所有用户的供电绝对可靠是困难的。考虑到不同用户因中断供电造成的损失相差很大,按照用户对供电可靠的要求区别对待,以便在事故情况下把给国民经济造成的损失限制到最小。通常可将用户分为下述三级。

1) 一级用户。这类用户停电将造成人身危险,重要设备损坏,产生大量废品,生产秩

序长期不能恢复,给国民经济带来巨大的损失或造成重大的政治影响等。

2) 二级用户。该类用户中断供电将造成大量减产,主要设备损坏,使城市公用事业和人民生活受到影响等。

3) 三级用户。不属于一类、二类的其他用户,短时中断供电不会造成严重后果,如工厂的附属车间、小型加工厂和农村乡镇用电负荷等。

依据上述分类,电力系统供电企业可以采用不同的技术措施,满足各类用户对供电可靠性的要求。

通常,一级用户都要设置两个或两个以上的独立电源,其中每一个电源的容量均应保证在此电源单独供电的情况下就能满足用户的用电要求,以便在任一电源故障时,保证对该用户供电不致中断。二级用户应设置专用供电线路,条件许可时可采用双回线路供电。当系统一旦发生事故,出现供电不足的情况时,应当首先切除三级用户供电,以保证一类、二类用户的供电。

【特别提示】

用户的重要程度不是一成不变的。如农村乡镇用电,在平时属于三级用户,允许短时停电,但当发生洪涝或严重干旱时,必须按一级用户对待,保证不间断地供电。

(3) 保证良好的电能质量

电力系统不仅要为用户提供充足的电力,而且还要保证良好的电能质量。衡量电能质量的四个主要指标是电压、频率、波形和供电的可靠性。

电压质量对各类用电设备的安全经济运行都有直接的影响。对白炽灯泡的影响最为显著。当供电电压比白炽灯的额定电压低 10% 时,白炽灯的使用寿命将延长 2~3 倍,光通量则减少 30%,而当供电电压比白炽灯的额定值高 10% 时,则寿命将缩减 2/3,如图 1-2 所示。对异步电动机而言,当端电压下降 10% 时,定子电流增加很快,电动机的转矩将显著减小 18%,以致转差增大,使得转子电流增大 5%~10% 以上,在定子绕组和转子中的损耗加大,引起电动机的温度升高 10%~15% 以上,甚至可能烧毁电动机。反之,当电压过高时,对于电动机、变压器一类具有励磁铁心的电气设备而言,铁心磁通密度将增大以致饱和,励磁电流和铁耗都大为增加,导致电机过热、效率降低、波形畸变,甚至可能导致发生高频谐振,如图 1-3 所示。

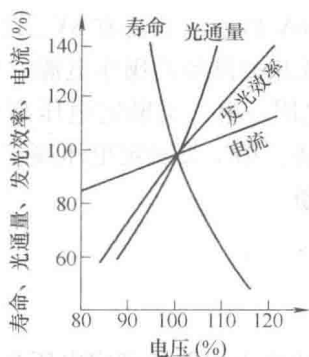


图 1-2 照明负荷（白炽灯）的电压特性（图中的 100% 表示额定值）

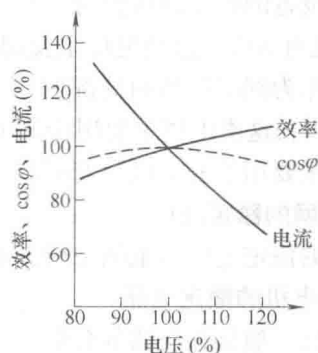


图 1-3 输出功率一定时异步电动机的电压特性（图中的 100% 表示额定值）

而对同步电动机而言,其消耗功率与电压的平方成正比,过高的电压将会损毁设备,过低的电压则又达不到所需要的温度。

除此之外,对计算机、电视、广播、通信、雷达等设备来讲,它们对电压质量要求更高。电子设备中的各种半导体器件、集成电路、磁心装置等的特性,对电压都极其敏感,电压过高或过低都会使其特性严重变差因而影响正常工作。例如,就电视机来讲,电压过高将会使它损坏,而电压过低则影响它的接收灵敏度,图像模糊,甚至无法收看、收听。

我国技术标准规定,在系统正常运行情况下,用电设备端子处的电压偏差允许值应符合下列要求。

① 电气照明:在一般工作场所为 $\pm 5\%$;其他特殊工作场所为 $+5\%$ 、 -10% 。

② 电动机: $\pm 5\%$ 。

③ 其他用电设备: $\pm 5\%$ 。

由于电力网中存在电压损失,各负荷节点的电压将随着运行方式的改变而变化,为了保证电压质量合乎要求,需要采取一定的调压措施。

(4) 提高电力系统运行的经济性

电能是国民经济各生产部门的主要动力,电能生产消耗的能源在我国能源总消耗中占的比重非常大,因此提高电能生产的经济性具有十分重要的意义。

在保证供电安全可靠和良好电能质量的前提下,进行优化调度,最大限度地提高电力系统的经济性,控制电能成本,为用户提供充足、廉价的电能。为此,可以采取的措施有:安装大容量的发电机组,充分发挥水电在系统中的作用,尽量降低发电厂的煤耗率,合理分配各发电厂间的负荷,减少厂用电和电网损耗等。电力系统运行经济性的提高,电能成本的降低,不仅会使国民经济各用电部门的成本降低,更重要的是节省了能源资源,因此会带来巨大的经济效益和长远的社会效益。

1.1.2 电力系统的电压

1. 电力设备的额定电压

电力设备的额定电压是能使电气设备长期运行时获得最好经济效果的电压。电力系统中发电机、变压器、电力线路及各种设备的额定电压的确定,与电源分布、负荷中心的位置等因素有关。

电力设备的额定电压分为三类。第一类额定电压为100V以下。直流有6V、12V、24V、48V;交流有36V。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。交流36V电压,只作为潮湿环境的局部照明及其他特殊电力负荷之用。第二类额定电压高于100V,低于1000V,这类电压主要用于低压三相电动机及照明设备。第三类额定电压高于1000V,这类电压主要用于发电机、变压器、输配电线路及受电设备。

2. 电网的额定电压

电网的额定电压为电网中所含电力线路的额定电压。

3. 发电机的额定电压

发电机一般接在线路的首端,所以发电机的额定电压比电力线路的额定电压高5%,其值见表1-1。例如,电力线路的额定电压为6kV时,接在线路首端的发电机的额定电压为6.3kV。

4. 电力变压器的额定电压

(1) 电力变压器的一次绕组的额定电压

1) 当变压器直接与发电机相连时,如图 1-4 中的变压器 T_1 , 其一次绕组的额定电压与发电机额定电压相同。

2) 当变压器不与发电机直接相连时,如图 1-4 中的变压器 T_2 , 其一次绕组的额定电压与同级电力线路的额定电压相同。

(2) 电力变压器的二次绕组的额定电压

1) 变压器二次侧供电线路较长,如为较大的高压电网时,如图 1-4 中的变压器 T_1 , 其二次绕组额定电压应比相连电力线路额定电压高 10%。

2) 变压器二次侧供电线路不长,如为低压电网或直接供电给高低压用电设备时,如图 1-4 中的变压器 T_2 , 其二次绕组额定电压应比相连电力线路额定电压高 5%。

3) 当高压侧电压小于 35kV 而阻抗小的变压器 ($U_d\% \leq 7.5$) 或者三绕组变压器连接同步调相机的绕组时,额定电压可只比所连线路的额定电压高 5%。

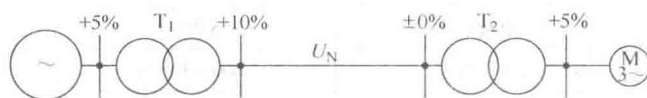


图 1-4 电力变压器的额定电压

表 1-1 3kV 及以上电力系统 (线路) 和电气设备的额定电压

电力系统 (线路) 额定电压/kV	发电机额定 电压/kV	电力变压器额定电压/kV		电气设备 最高电压/kV
		一次绕组	二次绕组	
3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3	3.6
6	6.30	6 及 6.30	6.3 及 6.6	7.2
10	10.50	10 及 10.5	10.5 及 11.0	12
—	13.80, 15.75 18.0, 20.0 22.0, 24.0, 26.0	13.80, 15.75 18.0, 20.0 22.0, 24.0, 26.0	—	—
35	—	35	38.5	40.5
63	—	63	69	72.5
110	—	110	121	126 (123)
220	—	220	242	252 (245)
330	—	330	363	363
500	—	500	550	550
750	—	750	788, 825	830
1000	—	1000	1050, 1100	1200

注: 括号内的数值用户有需要时可使用。

5. 电力线路的平均额定电压

电力线路的平均额定电压指线路始端最大电压 (变压器空载电压) 和末端用电设备额定电压的平均值。由于线路始端最大电压比电网额定电压 (电力线路的额定电压) 高 10%,

因而线路的平均额定电压比电网额定电压高 5%。各级分别为：0.4kV、3.15kV、6.3kV、10.5kV、37kV、63kV、115kV、230kV、346kV、525kV。电力线路输送容量及传输距离的关系见表 1-2。

表 1-2 电力线路输送容量及传输距离的关系

额定电压/kV	输送方式	传输功率/kW	传输距离/km
0.22	架空线路	小于 50	0.15
0.22	电缆线路	小于 50	0.20
0.38	架空线路	100	0.25
0.38	电缆线路	175	0.35
3	架空线路	100 ~ 1 000	1 ~ 3
6	架空线路	200 ~ 2 000	3 ~ 10
6	电缆线路	3 000	小于 8
10	架空线路	200 ~ 3 000	5 ~ 20
10	电缆线路	5 000	小于 10
35	架空线路	2 000 ~ 10 000	20 ~ 50
110	架空线路	10 000 ~ 50 000	50 ~ 150
220	架空线路	100 000 ~ 500 000	100 ~ 300
330	架空线路	200 000 ~ 1 000 000	200 ~ 600
500	架空线路	1 000 000 ~ 1 500 000	250 ~ 850
750	架空线路	2 000 000 ~ 2 500 000	500 以上
1000	架空线路	4 000 000 ~ 5 000 000	500 以上

【任务应用】

例 1-1 某电力系统接线如图 1-5 所示。试确定系统中变压器 T_1 和线路 WL_1 、 WL_2 的额定电压。



图 1-5 例 1-1 的图

解：电力变压器 T_1 ：一次绕组，直接与发电机相连，额定电压为 10.5kV。二次绕组连接 220kV 线路，额定电压为 $220\text{kV} \times (1 + 10\%) = 242\text{kV}$ 。

线路 WL_1 ：额定电压为 220kV。

线路 WL_2 ：额定电压为 $38.5\text{kV} / (1 + 10\%) = 35\text{kV}$ 。

【任务实施】

列出电力负荷的类型及特点，并将其填写在表 1-3 中。

表 1-3 电力系统的类型及特点

电力负荷的类型	主要特点

任务 1.2 电力系统中性点运行方式的分析

【任务引入】

在电力系统中，作为供电电源的发电机和变压器的中性点有三种运行方式：第一种是中性点直接接地方式，第二种是中性点经阻抗（消弧线圈或电阻）接地方式，第三种是中性点不接地方式。

【相关知识】

中性点直接接地系统称为大电流接地电力系统。中性点经阻抗（消弧线圈或电阻）接地以及中性点不接地系统称为小电流接地系统。中性点的不同运行方式，在电网发生单相接地时对电网的影响有明显的不同。各种接地方式都有其优缺点，对不同电压等级的电网也有各自的适用范围。图 1-6 中列出了常用的中性点运行方式，图中电容 C 为输电线路对地等效电容。

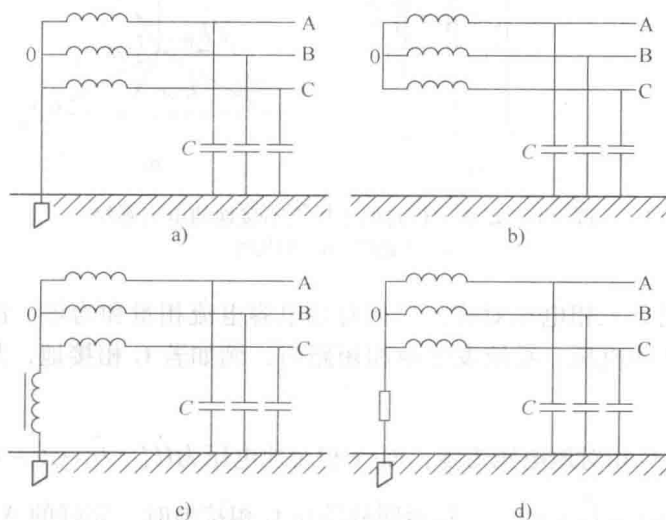


图 1-6 电力系统中性点运行方式

- a) 中性点直接接地 b) 中性点不接地
c) 中性点经消弧线圈接地 d) 中性点经电阻接地