



普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

工厂供电技术

(第2版)

陈小虎 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

工厂供电技术

(第2版)

陈小虎 主编



高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)。全书共分9章,首先介绍了电力系统的相关基础知识,然后系统地讲述工厂供电系统电力负荷的计算,供电系统方案的确定,供电系统的相关电气设备,短路电流的计算与电气设备的选择和校验,供电系统的保护。考虑到工厂供电系统新技术、新设备的广泛使用,本书介绍了变电所综合自动化的内容。最后讲述了决定供电系统电能质量的指标——电压偏差、谐波及其抑制,电气照明及其供电线路的有关知识。为了便于学习,在每章后面有一定量的习题和思考题,供学习者练习。

全书以工厂供电技术为主线,特别注意基本理论系统性与在工厂供电技术中应用实用性的有机结合,编写中融入了近年来工厂供电领域的新技术、新规范。在内容选取上,以“必需、够用”为度,舍去复杂的理论分析和推导过程,内容层次清晰,循序渐进。

本书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校以及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校电气自动化、机电一体化等相关专业,并可作为其他层次院校师生及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工厂供电技术(第2版)/陈小虎主编. —北京:高等教育出版社,2006.5

ISBN 7-04-019172-5

I. 工... II. 陈... III. 工厂-供电-高等学校-教材 IV. TM727.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第027444号

策划编辑 孙杰 责任编辑 刘洋 封面设计 王凌波 责任绘图 宗小梅
版式设计 王艳红 责任校对 杨雪莲 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	北京鑫海金澳胶印有限公司		http://www.landrace.com.cn
开 本	787×1092 1/16	畅想教育	http://www.widedu.com
印 张	18.5	版 次	2001年12月第1版
字 数	450 000		2006年5月第2版
		印 次	2006年5月第1次印刷
		定 价	23.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19172-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前 言

本书是在教育部高职高专规划教材《工厂供电技术》的基础上修订完成的,适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高等学校电气自动化、机电一体化等相关专业。

本书以工厂供电技术为主线,在论述工程设计方法和运行维护的同时,特别注重基本理论的系统性和在实际工厂供电技术中应用的实用性,并总结了工厂供电技术中出现的新设备、新技术和新方法,注重结合国家近年来颁布的一系列供电国家标准和设计操作规范,编写中融入了近年来工厂供电领域的新技术、新规范。

(1) 根据工厂供电技术教学的特点,在教材内容选取上,以“必需、够用”为度,舍去复杂的理论分析和推导过程,内容层次清晰、循序渐进。使学生对基本理论和基本概念有系统和较深入的掌握,为将来很快适应工作岗位打下基础。

(2) 理论与实践有机地结合贯穿全书,既有理论、又有方法,更突出工程应用,使学生易学、易懂、易上手。如从工厂供电系统电力负荷的计算,到供电方案的确定;从电力变压器和供电系统的相关高压设备介绍,到导体、电气设备的选择与校验,供电系统的继电保护、防雷保护、接地保护、触电保护等内容的阐述一气呵成。

(3) 教材注意培养学生分析和解决问题的能力,讲透重要的基本理论和方法,如电力负荷的计算方法、短路电流的计算方法、电气设备热稳定和动稳定计算方法。

(4) 在教材内容的组织上,注重吸收新技术、新产品。考虑到现代工厂供电领域新技术、新设备的广泛使用,本书介绍了变电所综合自动化、微机保护和智能电度表等内容。

(5) 全书根据电气自动化的特点,按照高职高专教育要求,在知识点的阐述上,深入浅出,图文并茂,内容的选取具有较强的针对性和实用性。

本书由南京工程学院教授陈小虎博士主编,南京工程学院陈跃副教授编写第1、5、8、9章。

全书由南京师范大学电气与自动化工程学院赵彩虹教授审阅,在此表示感谢。

本书在编修过程中,力求结合高职高专的教育特点和当前工厂供电技术的发展,但由于工厂供电技术涉及面越来越广,新产品、新技术的广泛应用,加上编者水平所限,因此本书需要在实践中不断完善,敬请使用本书的广大教师、学生和读者批评指正。

编者

2005年12月

第一版前言

本书是教育部高职高专规划教材,适用于广播电视大学、成人高等学校、职工大学、业余大学以及中等专业学校电气自动化等相关专业,并可提供给有关本科院校教师、学生及有关工程技术人员参考。

本书以工厂供电应用为主线,在论述工程设计方法和运行维护的同时,特别注意基本理论的系统性和在实际工厂供电技术中应用的实用性,并总结了工厂供电技术中出现的新设备、新技术和新问题,注重结合国家近年来颁布的一系列供电国家标准和设计操作规范,编写和充实了近年来工厂供电技术的新技术、新规范。

本书共分9章,首先扼要介绍了电力系统的有关基础知识,接着系统地讲述工厂供电系统电力负荷的计算,供电系统方案的确定,电力变压器和供电系统的相关开关设备,短路电流计算方法与电气设备的选择与校验,供电系统的保护。考虑到工厂供电系统新技术、新设备的广泛使用,本书介绍了变电所综合自动化、智能式电能表和环网供电单元等内容。最后讲述了决定供电系统电能质量的主要因素——电压及其偏差、波动和抑制,以及电气照明的有关知识。为了便于学习,在每章之后编写了一定量的习题和思考题,供学习者练习。

本书论述深入浅出,图文并茂,内容选取具有较强的针对性和实用性,便于读者学习和自学。

本书由南京工程学院陈小虎博士主编,南京师范大学电气与电子工程学院居荣副教授、南京工程学院陈跃副教授参与部分章节的编写工作。

本书由西安电力高等专科学校刘健博士主审,刘健博士在审阅过程中,对本书提出许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢!

本书在编写过程中,力求结合高职高专教育的特点和当前工厂供电技术的新发展,但由于工厂供电技术涉及面越来越广,新产品、新技术的应用越来越广泛,加之编者水平所限,因此本书需要在实践中不断完善,敬请使用本书的广大教师、学生和读者批评指正。

编者

2001年6月

目 录

第 1 章 绪论	1	4.8 低压电器	127
1.1 电力系统的基本概念	1	4.9 成套配电装置	132
1.2 衡量供电质量的主要指标	6	习题	142
1.3 电力系统的中性点运行方式	7	第 5 章 短路电流计算及电气设备的	
1.4 供电设计的主要内容	10	选择与校验	143
习题	11	5.1 概述	143
第 2 章 负荷计算	12	5.2 无限大容量电源系统供电时短路	
2.1 计算及计算目的	12	过程的分析	145
2.2 确定计算负荷的系数	15	5.3 无限大容量电源条件下短路电流的	
2.3 求计算负荷的方法	22	计算方法	148
2.4 工厂供电系统功率因数的确定	34	5.4 有限容量电源系统的三相短路电流	
2.5 供电系统功率因数的改善及电能节约	36	计算方法	154
习题	41	5.5 低压电网中短路电流的计算	163
第 3 章 供电系统	42	5.6 不对称短路电流的计算方法	166
3.1 概述	42	5.7 电动机对短路电流的影响	176
3.2 电压的选择	43	5.8 短路电流的热效应与力效应	177
3.3 变电所的设置和变压器的选择	45	5.9 供电系统中电气设备的选择与校验	180
3.4 变电所的电气主接线	48	习题	204
3.5 变电所的二次接线	51	第 6 章 供电系统的保护	205
3.6 高压配电网的接线方式	58	6.1 继电保护装置的概念	205
3.7 低压配电系统	63	6.2 操作电源	207
3.8 高低压配电网的结构和导线截面的		6.3 供电系统单端供电网络的保护	211
选择	66	6.4 变压器的保护	218
3.9 环网供电单元	77	6.5 高压电动机的过电流保护	224
3.10 供电系统的方案比较	81	6.6 低压配电系统的保护	227
习题	84	6.7 供电系统备用电源自动投入与	
第 4 章 变配电实用技术	85	自动重合闸装置	230
4.1 电力变压器	85	6.8 供电系统的防雷与接地	234
4.2 电流互感器和电压互感器	99	6.9 漏电保护	242
4.3 高压断路器	110	习题	245
4.4 高压熔断器	117	第 7 章 供电系统变电所的综合	
4.5 高压负荷开关	120	自动化	246
4.6 隔离开关	122	7.1 概述	246
4.7 绝缘子、母线及电缆	123	7.2 变电所综合自动化系统的基本功能	247

7.3 供电系统的微机保护	249	第9章 电气照明	267
7.4 全电子式电能表	252	9.1 概述	267
习题	254	9.2 合理选择电光源	270
第8章 供电系统的电压质量	255	9.3 灯具的选择与布置	273
8.1 电压偏差及调节	255	9.4 照度计算	274
8.2 电压波动和闪变及其抑制	259	9.5 室外照明	281
8.3 高次谐波及其抑制	263	9.6 照明配电	281
8.4 供电系统的三相不平衡	265	习题	283
习题	266	参考文献	284

第 1 章

绪 论

1.1 电力系统的基本概念

现代人类生活的各个方面,都广泛使用着电能。因为电能易于转换成其他形式的能量,使用便利,输送与分配经济,而且便于控制。

我国电力工业是伴随着新中国的成长而逐步发展壮大的,特别是改革开放的发展方针,使电力工业得到蓬勃发展。2004年,我国装机容量突破4.4亿千瓦,年发电量超过二万一千亿千瓦·时,居世界第2位。电力的大发展,缓解了持续多年的电力供应紧张状况。但是,我国的电力工业与发达国家相比,在管理、检修维护、设备制造等方面还有不小的差距。如何使企业用电既安全又经济,是摆在我们大家面前的长期课题。

1.1.1 发电厂与电力系统简介

发电一般在发电厂中进行。电能是经过人们加工而取得的二次能源。主要用于发电的一次能源有:石油、煤炭、天然气、水力、风力及原子能等。应用这些能源发电的电厂分别称为火电厂、水电厂、风力发电厂、核电站。此外,还有太阳能发电厂、潮汐发电厂、地热发电厂等。

许多国家在煤炭、石油等能源的产地建设大型火电厂,以节约燃料运输费用;水电厂则建设在水流落差较大的河段。而用电负荷中心,一般集中在城市、工业中心等地。因此,发电厂和用电负荷中心往往相距几十、几百甚至数千公里,这就需要用电力线路作为输送电能的通道。将发电厂的电能送到负荷中心的线路叫作输电线路,将负荷中心的电能送到各用户的电力线路叫作配电线路。负荷中心一般设有变电所或配电所,用于升高电压的称为升压变电所,用于降低电压的称为降压变电所。电压的升高或降低,是通过变压器来完成的。

由发电厂中的电气部分、各类变电所及输电、配电线路及各种类型的用电设备组成的统一体,称为电力系统,它完成电能的生产、输送、分配和使用(如图1.1.1所示)。现在,电力系统在我国分为地区级、省级、省际级系统几类。在不久的将来,我国会成为一个联合电力系统。

电力系统加上各种类型电厂中的动力部分,包括热力部分、水力部分、原子反应堆部分等,合称为动力系统。

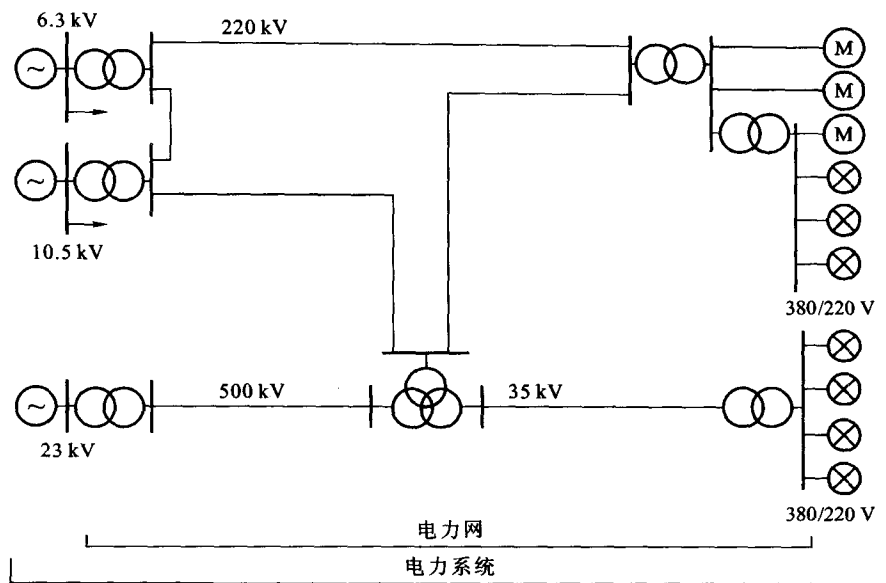


图 1.1.1 电力系统和电力网示意图

电力系统中各种电压等级的变电所及其连接的电力线路,叫作电力网,简称电网。电力网的任务是输送与分配电能,并根据运行的需要调整电压。图 1.1.1 为电力系统和电力网的示意图。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。一般地讲,电压为 110 kV 以下的电力网,电压较低,输送功率小,传输距离短,主要供电给地方负荷,称为地方网;电压在 110 kV 及以上的电力网,电压较高,输送功率大,传输距离长,主要供电给大型区域性变电所,称为区域网。随着国民经济的不断发展,人们对供电需求的不断提高,甚至电压为 220 kV 的电力网将变成地方网。根据供电地区的不同,地方电网也可分为城市电网(简称“城网”)和农电网(简称“农网”)。电力网按接线方式分为一端电源供电的电力网(又称为开式网);两端电源供电的电力网及多端电源供电的电力网三类(后两类又称为闭式网)。

世界各国都在不断扩大电力系统,逐步将小系统联合成大系统,这是因为联合电力系统在技术和经济上有下述几方面明显的优越性:

- (1) 提高了供电的可靠性;
- (2) 提高了电能的质量;
- (3) 可以减少系统备用容量,提高了设备利用率;
- (4) 便于采用大容量机组,一般机组容量越大技术经济性能越好;
- (5) 可以合理利用动力资源,提高系统运行的经济性。

1.1.2 电力系统运行的特点

电力系统运行的特点主要有以下几个方面:

1. 电能生产、输送和使用的连续性

电能不能大量、廉价地储存,发、变、输、配及用电是在同一瞬间进行的,其中某一环节出现故

障,都会影响电力系统的运行。因此,应该努力提高系统各环节元件的可靠性,使其能够安全、经济、连续地运行,以保证对用户不间断地供电。

2. 与生产及人们的生活密切相关

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,对某些用户甚至会造成产品报废、设备损坏以及危及人身安全等严重后果。这就要求电力的发展要满足国民经济各部门日益增长的需要,并不断提高供电的可靠性与电能质量,将事故及不正常运行降低到最低限度。

3. 暂态过程非常短暂

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、又能迅速而准确动作的继电保护及自动装置和监测控制设备。

电网结构的合理与否对安全、可靠供电的影响是很大的。供电部门对电源接入、受端系统、输电线路等均应有全面的考虑与规划。工厂如何从电力系统取得电源(接入地点、接线方式、运行方式、自动装置装设等)均应与供电部门协商,统筹考虑,合理解决。

1.1.3 电力系统的额定电压

1. 额定电压的意义

为了使电力设备的生产实现标准化、系列化,为了各元件合理配套,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下运行,其技术与经济性能最佳。

额定电压等级的确定,与电源分布、负荷中心的位置、国家经济及科学技术的发展水平以及电力设备的制造水平等因素有关,应该经过充分的分析论证,由国家主管部门确定。

2. 电网和电力设备的额定电压

我国现阶段各种电力设备的额定电压分为三类。

第一类额定电压为 100 V 以下(见表 1.1.1),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 36 V 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。

表 1.1.1 第一类额定电压(V)

直 流	交 流	
	三 相	单 相
6	-	-
12	-	12
24	-	-
-	36	36
48	-	-

第二类额定电压高于 100 V,低于 1 000 V(见表 1.1.2),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 1 000 V(见表 1.1.3),这类电压主要用于发电机、变压器、输配电线路及受电设备。

表 1.1.2 第二类额定电压 (V)

受电设备			发 电 机		变 压 器			
直 流	三相交流		直 流	三相交流	三 相		单 相	
	线电压	相电压			一次绕组	二次绕组		
110	-	-	115	-	-	-	-	-
220	220	127	230	230	220	230	220	230
-	380	220	400	400	380	400	380	-

表 1.1.3 第三类额定电压 (kV)

受电设备	线路平均 额定电压	交流发电机	变 压 器	
			一次绕组	二次绕组
3	3.15	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
-	-	13.8	13.8	-
-	-	15.75	15.75	-
-	-	18	18	-
35	37	-	35	38.5
110	115	-	110	121

注:表中所列均为线电压。

(1) 电网(线路)的额定电压

在电力系统内,应尽可能地简化电压等级,减少变电层次,以节约投资与降低运行费用。各级额定电压间的级差不宜太小,根据国内外经验,额定电压在 110 kV 以下的配电网,电压间级差一般应在三倍以上;额定电压在 110 kV 以上的输电网,电压间级差一般应在两倍以上。

输电线路的额定电压与受电设备的额定电压规定得相同,因为受电设备需要接在线路上,而线路运行时又有电压降落,一般线路首端电压高而末端电压低,如图 1.1.2 所示。负荷变化时,线路中电压降落也随着变化,因而电压分布随线路长度各不相同。要使接于线路各处的受电设备都保持在额定电压下运行是不可能的,只能使加于受电设备的端电压与额定电压尽可能接近。

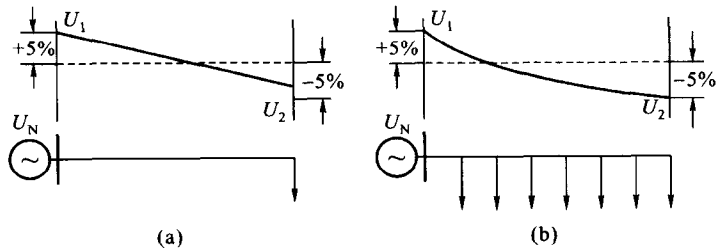


图 1.1.2 电压沿线路长度的分布

(a) 集中负荷 (b) 均布负荷

(2) 用电设备的额定电压

用电设备的端电压一般容许在其额定电压 $\pm 5\%$ 以内变化,而线路全长的电压损耗一般应不大于额定电压的 10% ,这样,在运行时线路首端电压最好比额定电压高 5% ,末端电压才可能不低于额定电压的 5% 。所以,一般取线路首末两端电压的平均值等于受电设备的额定电压,才能基本上满足上述要求。

(3) 发电机的额定电压

发电机是输出电能的设备,总是接在线路的首端,所以发电机的额定电压规定比线路额定电压高 5% ,例如,线路的额定电压为 10 kV 时,接在线路首端的发电机的额定电压应为 10.5 kV 。对于大型发电机,其额定电压不受线路额定电压等级的限制,一般按技术经济条件确定。如表 1.1.3 中交流发电机的额定电压有 13.8 kV 、 15.75 kV 、 18 kV 等多种。

(4) 电力变压器的额定电压

变压器的额定电压为各绕组的电压值。一次绕组是接受电能的,若为降压变压器,则相当于受电设备。因此,其额定电压等于受电设备的额定电压;若为升压变压器,则直接与发电机相连,其额定电压等于发电机的额定电压。变压器的二次绕组是输出电能的,相当于发电机,其额定电压应比线路额定电压提高 5% 。由于变压器二次绕组的额定电压是指空载时的值,当变压器带负荷运行时,电流在绕组中产生电压损耗,为了使二次绕组在带额定负荷时实际输出电压仍高于线路额定电压 5% ,考虑绕组中的电压损耗,变压器二次绕组额定电压应比同级线路额定电压提高 10% 。只有当高压侧电压小于 35 kV 而阻抗小的变压器 [$U_d(\%) \leq 7.5$]、二次所供线路较短的变压器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提高 5% 。

[例 1.1.1] 某一电力系统,接线如图 1.1.3 所示。各线路的额定电压注明于图中,试确定图中发电机、调相机、变压器高低压侧的额定电压。

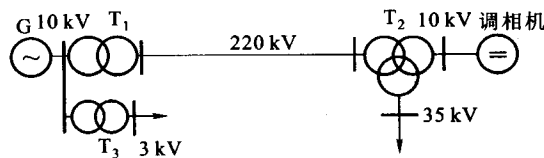


图 1.1.3 例 1.1.1 附图

[解] 发电机 G 的额定电压为 10.5 kV

升压变压器 T_1 : 一次绕组,直接与发电机连接,额定电压为 10.5 kV ;

二次绕组连接 220 kV 线路,额定电压为 242 kV 。

降压变压器 T_2 : 一次绕组为 220 kV ;

二次绕组额定电压为 38.5 kV ;

三次绕组接电压等级为 10 kV 的调相机,额定电压为 10.5 kV 。

降压变压器 T_3 : 高压侧电压小于 35 kV ,短路电压 $U_d(\%) \leq 7.5$,所以,二次绕组额定电压为 3.15 kV ;一次绕组接于发电机电压母线,额定电压为 10.5 kV 。

需要指出的是,额定电压是标明设备或线路技术特性的重要参数,不是设备运行时外加的实

际电压。在近似计算中,有时要用到线路平均额定电压,如表 1.1.3 所列。线路平均额定电压为线路两端变压器额定电压的代数平均值。

1.2 衡量供电质量的主要指标

电能同工厂生产的产品一样都是商品,所以都有表征其质量的指标。决定供电质量的主要指标有:电压、频率、波形和供电的连续性。

1.2.1 电压

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。对照明负荷来说,白炽灯对电压的变化是非常敏感的。当电压降低时,白炽灯的发光效率和光通量都急剧下降;当电压上升时,白炽灯的寿命将大为缩短。例如,电压额定值降低 10%,则光通量减少 30%;电压额定值上升 10%时,则寿命缩减一半。对电力系统的负荷中大量使用的异步电动机而言,它的运行特性对电压的变化也是较敏感的。当输出功率一定时,异步电动机的定子电流、功率因数和效率随电压而变化。当端电压下降时,定子电流增加很快。这是由于异步电动机的最大转矩是与其端电压的平方成正比的,当电压降低时,电机转矩将显著减小,以致转差增大,从而使得定子、转子电流都显著增大,导致电动机的温度上升,甚至可能烧毁电动机。反之,当电压过高时,对于电动机、变压器一类具有激磁铁心的电气设备而言,铁心磁密将增大以致饱和,从而激磁电流与铁耗都大大增加,以致电机过热、效率降低、波形变坏,甚至可能产生高频谐振。对电热装置来说,这类设备的功率也与电压的平方成正比,显然过高的电压将损伤设备,过低的电压则达不到所需要的温度。

此外,对电视、广播、电传真、雷达等电子设备来说,它们对电压质量的要求更高。电子设备中的电子管、半导体元件、磁心装置等的特性,对电压都极其敏感,电压过高或过低都将使元器件特性严重改变而影响正常运行。

由于上述各类用户的工作情况均与电压的变化有着极为密切的关系,故在运行中必须规定电压的容许变化范围,这也就是电压的质量标准。

国家标准规定,用户处的容许电压变化范围为:

- (1) 35 kV 及以上电压供电电压正负偏差绝对值之和不超过额定电压的 10%;
- (2) 10 kV 以下的高压供电的用户和低压电力用户电压允许偏差为 $\pm 7\%$;
- (3) 低压照明用户电压允许偏差为 $+7\% \sim -10\%$ 。

由于电力网中存在电压损失,为了保证电压质量合乎标准,需要采取一定的调压措施。

1.2.2 频率

频率的偏差同样将严重影响电力用户的正常工作。对电动机来说,频率降低将使电动机的转速下降,从而使生产效率降低,并影响电动机寿命;反之,频率增高将使电动机的转速上升,增加功率消耗,使经济性降低。特别是某些对转速要求较严格的工艺流程(如纺织、造纸等),频率的偏差将大大影响产品质量,甚至产生废品。另外,频率偏差对发电厂本身将造成更为严重的影响。例如,对锅炉的给水泵和风机之类的离心式机械,当频率降低时其出力将急剧下降,从而迫

使锅炉的出力大大减小,甚至紧急停炉,这样就势必进一步减少系统电源的出力,导致系统频率进一步下降。另外,在频率降低的情况下运行时,汽轮机叶片将因振动加大而产生裂纹,以致缩短汽轮机的寿命。因此,如果系统频率急剧下降的趋势不能及时制止,势必造成恶性循环以致整个系统发生崩溃。

我国的技术标准规定电力系统的额定频率为 50 Hz,电力系统正常频率偏差允许值为 ± 0.2 Hz,当系统容量较小时,偏差值可以放宽到 ± 0.5 Hz。

在交流电力系统中,任一瞬间的频率值全系统是一致的。在稳定运行情况下,频率值决定于所有机组的转速。而机组的转速则主要决定于输出功率与输入功率的平衡情况。所以,要保证频率的偏差不超过规定值,首先应当维持电源与负荷间的有功功率平衡,其次还要采取一定的调频措施,即通过调节使有功功率恢复平衡来维持频率的偏差在规定范围之内。

1.2.3 波形

通常,要求电力系统的供电电压(或电流)的波形应为正弦波。为此,要求发电机首先发出符合标准的正弦波形电压。其次,在电能输送和分配过程中不应使波形产生畸变(例如,当变压器的铁心饱和时,或变压器无三角形接法的线圈时,都可能导致波形畸变)。此外,还应注意负荷中出现的谐波源(如整流装置、电弧炼钢炉等)的影响。

当电源波形不是标准的正弦波时,必然包含着谐波成分,这些谐波成分的出现将导致电动机的过热和效率下降,影响其正常运行,还可能使系统产生高次谐波共振而危及设备的安全运行。此外,谐波成分还将影响电子设备的正常工作并造成对通信线的干扰等不良后果。

通常,保证严格波形的问题在发电机、变压器等的设计制造时已考虑并采取了相应的措施。因此,在运行时严格遵照有关规程,注意出现的一些谐波源并及时采取措施加以消除,只有这样才能保证波形质量。

1.2.4 供电的持续性(可靠性)

毫无疑问,供电的持续性(可靠性)应当是衡量供电质量的一个重要指标,可将其列在质量指标的首位。一般以全年平均供电时间占全年时间的百分数来衡量供电可靠性的高低。例如,某电力用户全年平均停电 48 h,即停电时间占全年时间的 0.55%,则供电的可靠性为 99.45%。

1.3 电力系统的中性点运行方式

在三相交流电力系统中,作为供电电源的发电机和变压器的三相绕组为星形联结时,其中性点可有三种运行方式:中性点接地、中性点经阻抗(消弧线圈或电阻)接地和中性点不接地。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。中性点运行方式的选择主要取决于单相接地时电气设备绝缘要求及供电的可靠性。图 1.3.1 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。

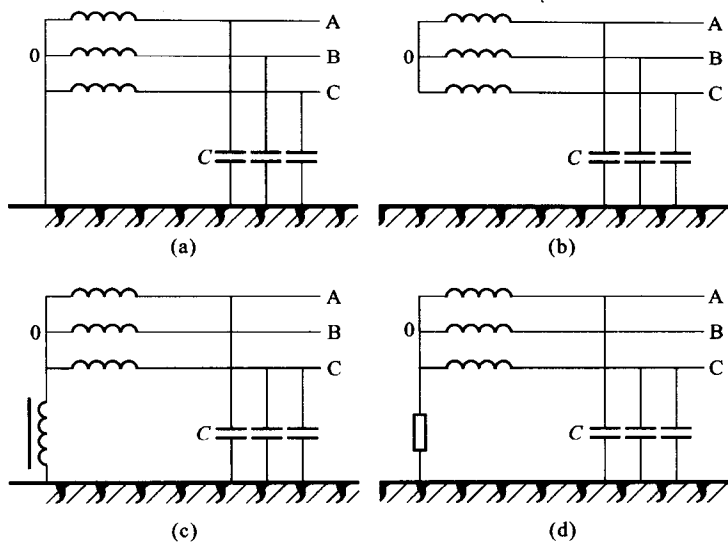


图 1.3.1 电力系统中性点运行方式
 (a) 中性点直接接地 (b) 中性点不接地
 (c) 中性点经消弧线圈接地 (d) 中性点经电阻接地

1.3.1 中性点直接接地运行方式

如图 1.3.2 为电源中性点直接接地的电力系统发生单相接地时的电路图。

这种系统的单相接地,当发生一相对地绝缘破坏时,即构成单相短路,用符号 $k^{(1)}$ 表示。由于单相短路电流比正常负荷电流大得多,因此在系统发生单相短路时,保护装置动作,切除短路故障,使得系统其他非故障部分恢复正常运行。该方式运行下,非故障相对地电压不变,电气设备的绝缘水平可按相电压考虑,这对于 110 kV 及以上的超高压系统很有经济技术价值,因为高压电器特别是超高压电器,其绝缘问题是影响电器设计和制造的关键问题,电器绝缘要求的高低,直接影响着电器设备和电网对地绝缘的造价。因此,在我国 110 kV 及以上的电力系统通常采用中性点直接接地的运行方式。在 380/220 V 低压三相四线制供电系统中,由于相线对中性线(零线)的电压为相电压,这样既可用线电压又可用相电压向负荷供电。

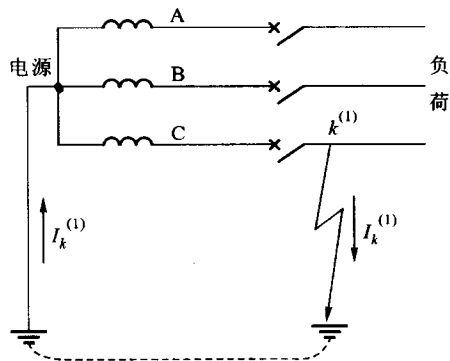


图 1.3.2 中性点直接接地的电力系统
 在发生单相接地时的电路

1.3.2 中性点不接地的电力系统

如图 1.3.3 是中性点不接地的电力系统在正常运行时的电路图和相量图。