

DIAWQI
高职高专电气系列教材

变电运行与仿真

□□□

■ ■ ■

BIANDIAN YUNXING YU FANGZHEN

主 编 刘 赟

□□□ 副主编 苏 渊 郭剑峰 徐 明 余红欣

主 审 伍家洁



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

变电运行与仿真

主 编 刘 赞
副主编 苏 渊 郭剑峰
徐 明 余红欣
主 审 伍家洁

重庆大学出版社

内容提要

本书共 3 个模块,7 个单元,内容涵盖了变电运行基础知识、变电运行管理制度、仿真变电站的基本概况和仿真系统的使用说明、变电运行典型工作任务(设备的巡视检查、倒闸操作、变电站事故处理)的分析与仿真,是一本全面概括变电运行专业知识、理论与现场实际紧密结合的实用性教材。

本书可作为电力类高职高专院校教材,同时也可作为电网、变电运行人员的培训教材和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

变电运行与仿真/刘赟主编. —重庆:重庆大学出版社,2015.8
高职高专电气系列教材
ISBN 978-7-5624-9351-8

I. ①变… II. ①刘… III. ①变电所—电力系统运行—高等职业教育—教材②变电所—电力系统运行—计算机仿真—高等职业教育—教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 169832 号

变电运行与仿真

主 编 刘 赟
副主编 苏 渊 郭剑峰
徐 明 余红欣
主 审 伍家洁
策划编辑:周 立
责任编辑:李定群 高鸿宽 版式设计:周 立
责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行
出版人:邓晓益
社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号
邮编:401331
电话:(023) 88617190 88617185(中小学)
传真:(023) 88617186 88617166
网址: <http://www.cqup.com.cn>
邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)
全国新华书店经销
万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.5 字数:437 千 插页:8 开 1 页
2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
印数:1—2 000
ISBN 978-7-5624-9351-8 定价:39.50 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

随着电网容量的不断增大和电压等级的不断提高,对电网及变电运行技术的要求越来越高,同时也对从事变电运行的人员专业知识、技能提出了更高的要求。由于变电运行工作需要以电工理论、电力系统分析与控制、电气设备、电力系统继电保护及自动装置、电气安全技术、计算机及通信技术等专业知识为基础,运行中的操作和事故处理也相当复杂,对现场运行人员来说,没有一定的专业知识和运行经验的储备,是难以胜任这一工作的。由于电力行业的特殊性,很难实现到现场进行实际运行、操作技能的培训。电网及变电站运行仿真技术的发展为解决这一问题提供了良好的实践与训练平台。仿真机可逼真地模拟控制室各种操作设备及各种运行工况,学员在仿真机上进行各种方式下的运行操作就如同置身于实际运行岗位,使学员有身临其境之感,达到提高实际操作能力的目的。仿真机还可模拟各种现场故障现象,培训学员分析及处理故障的应变能力,是一种科学有效的培训手段,并具有现场培训和理论教学都难以达到的效果。

本书根据国家职业标准,首先介绍变电运行的基础知识,再将“变电站值班员”的核心技能提炼出来,用仿真实例的形式分析和讲解各个典型工作任务。本书在编写过程中力求突出以下特点:

1. 本书内容选取及其深度的考虑遵循高职、高专改革与发展的需要,以培养技术应用为主线的技能型人才为目标。
2. 教材内容与规程制度相结合。本书的内容是完全按照有关规程制度的要求编写的,“设备的巡视检查”“倒闸操作”及“变电站事故处理”等部分在具体内容编写上是有关规程制度的升华和提高。通过学习本书可起到潜移默化地学习规程、

理解规程和执行规程的作用。

3. 将变电运行典型工作任务分解为各个项目,结合仿真培训系统及多媒体教学手段,可实现“教、学、做”一体化,实践性、应用性强。

本书由重庆电力高等专科学校的多位教师和企业专家共同编写。模块1“变电运行基础知识”由刘赟编写;模块2“仿真变电站”由徐明、刘赟编写;模块3单元5“电气设备运行、巡视与缺陷处理”由郭剑峰编写;模块3单元6“变电站倒闸操作”由刘赟、余红欣(重庆市电力公司电力科学研究院工程师)编写;模块3单元7“变电站事故处理”由苏渊编写。

全书由重庆电力高等专科学校的伍家洁副教授主审,在此表示感谢。

在编写本书时,也参考了一些相关书籍,在此对这些书籍的作者表示感谢。

由于编者水平有限,疏漏之处敬请批评指正。

编 者
2015年6月

目 录

模块 1 变电运行基础知识	1
单元 1 变电运行概述	1
项目 1.1 电力系统和变电站简述	1
项目 1.2 变电运行基本要求	3
项目 1.3 变电运行工作内容及岗位职责	4
项目 1.4 变电运行管理模式	6
思考题	7
技能题	7
单元 2 变电站的管理制度	8
项目 2.1 调度管理	8
项目 2.2 变电站的运行管理	12
项目 2.3 变电站的设备管理	21
项目 2.4 变电站的技术管理	28
项目 2.5 变电站的安全考核标准	31
项目 2.6 变电站的安全管理措施	36
思考题	39
技能题	39
模块 2 仿真变电站	40
单元 3 仿真变电站基本概况	40
项目 3.1 一次系统基本情况	41
项目 3.2 继电保护配置情况	44
思考题	66
技能题	66
单元 4 220 kV 变电站三维仿真系统使用说明	67
项目 4.1 仿真系统基本情况	67

项目 7.2 事故处理分析与仿真(一):线路事故	205
项目 7.3 事故处理分析与仿真(二):母线事故	226
项目 7.4 事故处理分析与仿真(三):主变事故	240
思考题	256
技能题	256
附录	257
附录 1 变电站值班记录和交班总结格式	257
附录 2 变电站倒闸操作票格式	259
附录 3 变电站工作票格式	260
附录 4 仿真变电站主接线图	269
参考文献	270

模块 **1**

变电运行基础知识

单元 1 变电运行概述



知识目标

能描述电力系统的概念、构成。

能描述一次设备、二次设备的概念,能列举变电站一、二次设备种类及其作用。

能描述变电运行工作内容及岗位职责。



技能目标

能在变电站现场识别主要电气设备,能看懂监控系统中的各种运行参数。

项目 1.1 电力系统和变电站简述

1.1.1 电力系统

世界上大部分国家的动力资源和电力负荷中心分布是不一致的。例如,水力资源都是集中在江河流域水位落差较大的地方,燃料资源集中在煤、石油、天然气的矿区。而大电力负荷中心则多集中在工业区和大城市,因而发电厂与负荷中心往往相隔很远的距离,从而发生了电能输送的问题。水电只能通过高压输电线路把电能送到用户地区才能得到充分利用。火电厂虽然能通过燃料运输在用电地区建设电厂,但随着机组容量的扩大,运输燃料常常不如输电经济。于是就出现了所谓的坑口电厂,即把火电厂建在矿区。为降低输电线路的电能损耗,发电厂的电能经过升压变压器再经输电线路传输,经高压输电线路送到距用户最近的降压变电所,经降压分配给用户,即形成了电力系统。电力系统的模型如图 1.1 所示。

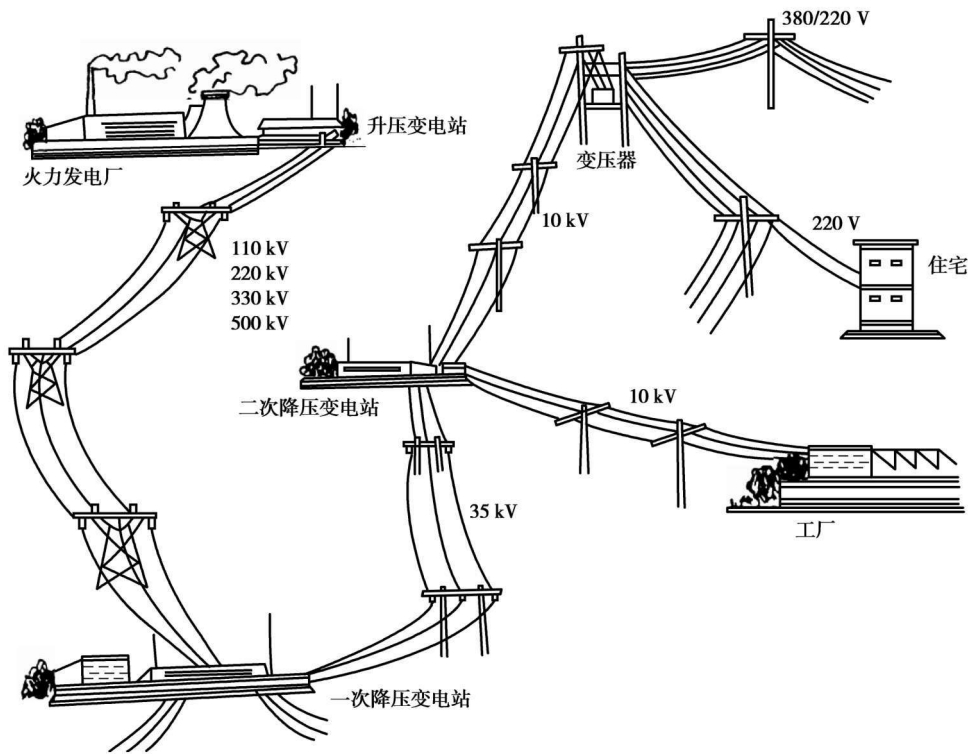


图 1.1 电力系统示意图

随着高压输电技术的发展,在地理上相隔一定距离的发电厂为了安全、经济、可靠供电,需将孤立运行的发电厂用电力线路连接起来。首先在一个地区内互相连接,再发展到地区与地区之间互相连接,这就组成统一的电力系统。

因此,把由发电、输电、变电、配电、用电设备及相应的辅助系统组成的电能生产、输送、分配、使用的统一整体,称为电力系统。把由输电、变电、配电设备及相应的辅助系统组成的联系发电与用电的统一整体,称为电力网。通常把发电企业的动力设施、设备和发电、输电、变电、配电、用电设备及相应的辅助系统组成的统一整体,称为动力系统。三者关系如图 1.2 所示。

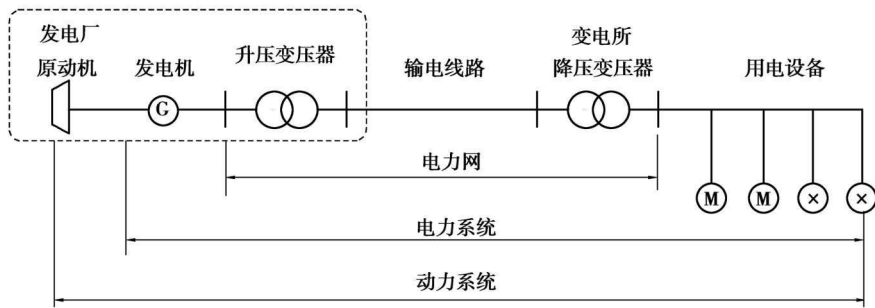


图 1.2 动力系统、电力系统和电力网示意图

1.1.2 变电站

(1) 变电站的作用和分类

变电站在电力系统中是联系发电厂和用户的中间环节,起着汇集电源、升降电压、分配电能的作用。根据变压器的使用功能,变电站可分为升压变电站和降压变电站。升压变电站是把低电压变为高电压的变电站,如在发电厂需要将发电机出口电压升高至系统电压;降压变电站是把高电压变为低电压的变电站,在电力系统中,大多数的变电站是降压变电站。变电站按照在电力系统中的地位和作用,又可分为系统枢纽变电站、地区一次变电站、地区二次变电站及终端变电站。变电站按设备布置的地点,可分为户外变电站和户内变电站及地下变电站等。按值班方式,变电站又可分为有人值班变电站和无人值班变电站。大容量、重要的变电站大都采用有人值班变电站;无人值班变电站的测量监视与控制操作都由调度中心进行遥测遥控,变电站内不设值班人员。

(2) 变电站电气设备

变电站的电气设备分为一次设备和二次设备。

变电站中凡直接用来接受与分配电能以及与改变电能电压相关的所有设备,均称为一次设备或主设备。由于大都承受高电压,故也多属高压电器或设备。它们包括主变压器、断路器、隔离刀闸、母线、互感器、电抗器、补偿电容器、避雷器以及进出变电所的输配电线路等。由一次设备连接成的系统称为电气一次系统或电气主接线系统。

对一次设备起测量、监察、控制和保护等作用的设备,称为二次设备。它包括测量仪表、继电保护装置、自动装置、远动装置、操作电源、控制与信号装置及控制电缆等。二次设备及其相互间的连接电路,称为二次接线或二次回路。变电站二次系统是整个变电站控制和监视的神经系统,直接关系到变电站乃至系统能否安全可靠运行,是变电站电气系统的重要组成部分。

项目 1.2 变电运行基本要求

电能在生产、输送、分配、使用各环节中是依靠电力系统中的电气设备及输配电线路来完成的,电气设备及线路是完成电能的生产、输送、分配和使用的执行者,而电业人员是操作电气设备及线路的执行者。因此,电气设备与输配电线路的健康状况及电业人员的素质高低,是电能在生产、输送、分配、使用过程中能否顺利进行的根本保证。

在变电站中从事运行工作的电业人员,常称为变电运行工作者或运行值班人员。所谓变电运行,就是变电运行值班人员对电能的输送、分配和使用过程中的电气设备所进行的监视、控制、操作与调节。

变电运行的基本要求是安全性和经济性。

(1) 变电运行的安全性

变电运行的安全性是从设备安全和人身安全两个角度考虑的。电气设备及输配电线路是完成电能从生产—流通—消费环节的具体执行者,必须要求其健康、可靠,而且每个环节中的电气设备与输配电线路都必须健康、可靠。只有这样,才能保证电能的生产、输送、分配、使用不被中断,才能提高用电的可靠性与社会的经济性。要保证电气设备的健康性与可靠性,

首先要保证电气设备原始的健康性与可靠性,如设备的出厂合格性、设备的先进性、设备的安装与调整合乎要求。其次,设备在运行过程中,由于环境、时间的推移及其他因素的影响,设备的质量因老化而下降,特别是过电压、大电流、电弧的危害而造成设备直接与间接的损害。对这一过程的损害现象,设备是通过声、光、电、温度、气味、颜色等表现出来的。若电气设备的声音突变沉闷、不均匀、不和谐、产生弧光,电流表、电压表、功率表、频率表指示发生剧烈变动、颤动,温度突然升高,突然产生浓烈的化学异味,颜色突然改变,这些都是由于电气设备遭受冲击而产生损害(甚至是报废)的具体表现。变电运行人员此时必须判断清楚,准确、快速地作出反应,采取相应措施,将故障切除,并使故障范围尽量缩小而快速恢复供电。

(2) 变电运行的经济性

变电运行的经济性是指电力系统在传输和使用电能的过程中,必须尽量降低其输送成本、流通损耗,做到节约用电。在保证电力系统安全运行的前提下,提高变电运行的经济性主要从以下3个方面入手:

①供电部门应做好计划用电、节约用电和安全用电,并在社会上做好有关的宣传工作,节约用电问题在我国尤为突出。

②加强电网管理是降低损耗的主要手段。

③分时计费制是一项重大的科学的经济技术调节手段,这在电能“储存”问题没有得到解决的情况下,使电能得到了最大的充分合理的利用,同时又使电气设备负荷均匀地运行,避免了过负荷对设备的冲击危害。

变电运行的安全和经济是相辅相成的两大基本问题,但安全必须在前,安全就是经济,而且安全是最根本的经济。

项目 1.3 变电运行工作内容及岗位职责

1.3.1 工作内容

变电运行的工作内容如下:

- ①按调度命令进行倒闸操作和事故处理。
- ②按规定进行设备巡视。
- ③认真进行运行监视,记录各项数据,并分析设备运行是否正常。
- ④按规定抄表。
- ⑤按规定进行维护工作。
- ⑥正确填写各种记录簿。值班期间进行的各项工作均应做好记录。
- ⑦为到站工作人员办理工作许可手续,布置安全措施,并在工作结束后进行验收。
- ⑧保管、整理设备钥匙、备品备件、工具仪表、图纸资料、规程文件、安全绝缘工具、通信设备。

1.3.2 岗位职责

变电站人员岗位设置一般为站长、副站长、专责工程师(技术员)、值长(值班负责人)、正(主)值、副值。



(1) 站长的职责

①站长是安全第一责任人,全面负责本站的工作。

②组织本站的政治、业务学习,编制本站年、季、月工作计划,值班轮值表,并督促完成。落实全站人员的岗位责任制。

③制订和组织实施控制异常和未遂的措施,组织本站安全活动,开展季节性安全大检查、安全性评价、危险点分析等工作。参与本站事故调查分析,主持本站障碍、异常和运行分析会。

④定期巡视设备,掌握生产运行状况,核实设备缺陷,督促消缺。签发并按时报出总结及各种报表。

⑤做好新、扩、改建工程的生产准备,组织或参与验收。

⑥检查、督促两票、两措、设备维护和文明生产等工作。

⑦主持较大的停电工作和较复杂操作的准备工作,并现场把关。

(2) 副站长的职责

协助站长工作,负责分管工作,完成站长指定的工作,站长不在时履行站长职责。

(3) 专责工程师(技术员)的职责

①变电站专责工程师是全站的技术负责人。

②监督检查现场规章制度执行情况,参加较大范围的停电工作和较复杂操作的监督把关,组织处理技术问题。

③督促修试计划的执行,掌握设备的运行状况,完成设备评级。

④负责站内各种设备技术资料的收集、整理、管理,建立健全技术档案和设备台账。

⑤负责组织编写、修改现场运行规程。

⑥编制本站培训计划,完成本站值班人员的技术培训和考核工作。

⑦制订保证安全的组织措施和技术措施,并督促执行。

(4) 值长的职责

①值长是本值的负责人,负责当值的各项工作;完成当值设备的维护、资料的收集工作;参与新、扩、改建设备验收。

②领导全值接受、执行调度命令,正确迅速地组织倒闸操作和事故处理,并监护执行倒闸操作。

③及时发现和汇报设备缺陷。

④审查工作票和操作票,组织或参加验收工作。

⑤组织做好设备巡视、日常维护工作。

⑥审查本值记录。

⑦组织完成本值的安全活动、培训工作。

⑧按规定组织好交接班工作。

(5) 正(主)值的职责

①在值长领导下担任与调度之间的操作联系。

②遇有设备事故、障碍及异常运行等情况,及时向有关调度、值长汇报并进行处理,同时

做好相关记录。

③做好设备巡视、日常维护工作,认真填写各种记录,按时抄录各种数据。

④受理调度(操作)命令,填写或审核操作票,并监护执行。

⑤受理工作票,并办理工作许可手续。

⑥填写或审核运行记录,做到正确无误。

⑦根据培训计划,作好培训工作。

⑧参加设备验收。

⑨参加站内安全活动,执行各项安全技术措施。

(6)副值的职责

①在值长及正(主)值的领导下对设备的事故、障碍及异常运行进行处理。

②按本单位规定受理调度(操作)命令,向值长汇报,并填写倒闸操作票,经审核后在正(主)值监护下正确执行操作。

③做好设备的巡视、日常维护、监盘和缺陷处理工作。

④受理工作票并办理工作许可手续。

⑤作好运行记录。

⑥保管好工具、仪表、钥匙、备件等。

⑦参加设备验收。

⑧参加站内安全活动,执行各项安全技术措施。

项目 1.4 变电运行管理模式

1.4.1 有人值班管理模式

由变电站运行人员全面负责本变电站的监视控制、运行维护、倒闸操作、设备巡视、事故及异常处理、设备定期试验轮换、文明生产、治安保卫等全部运行工作。

这种管理模式是传统的变电站管理模式。变电站运行人员在本变电站内值班,既要对变电设备进行运行管理,又要负责变电站的治安保卫工作。其优点是变电站运行人员只负责本变电站设备的运行管理,设备数量相对较少,运行人员对设备的结构、性能及运行状况等非常熟悉,这样对变电站设备的安全运行非常有利,同时变电站的治安保卫工作也不成问题。而缺点则是有人值班变电站需要的运行人员数量较多。

1.4.2 集控站管理模式

由集控站运行人员全面负责所辖范围内各无人值班变电站的监视控制、运行维护、倒闸操作、设备巡视、事故及异常处理、设备定期试验轮换、文明生产等全部运行工作。

集控站管理模式对每个运行值班员的业务素质要求比较高,他们除了每天对各变电站的日常监视控制、运行维护、倒闸操作、设备巡视、事故及异常处理以及调压工作外,还要负责各变电站的文明生产、小型维护和车辆管理等全部工作。这种管理模式,实际上就是把原来的一个有人值班变电站变成多个无人值班变电站,相当于变电站的围墙扩大到某一个区域,运行人员以车代步进行日常工作。其优点是对监控和操作维护工作,运行值班人员可以相互拾

遗补缺。缺点是监控和操作维护工作分工不明确,专业性管理不强,影响工作质量。另外,每个值有两个值班员负责监控,每个集控站要有8个值班员负责监控,在减人增效方面效果不明显。

1.4.3 监控中心+操作队管理模式

由监控中心运行人员负责所辖范围内各无人值班变电站的监视控制等运行工作,由操作队运行人员负责所辖范围内各变电站的运行维护、倒闸操作、设备巡视、事故及异常处理、设备定期试验轮换等其他运行工作。

监控中心+操作队管理模式就是将集控站的监控和操作维护分成两个(监控中心和操作队)独立的班组,而监控中心又可将多个集控站的监控部分进行集中监控,操作队的管辖范围仍按原来集控站的操作维护部分。这种管理模式促进了变电运行专业内部职能的划分,监控和操作维护工作分工明确,专业性管理强,工作质量和效率大大提高。由于设立统一的集中监控中心,即一个地市供电公司设立一个监控中心,同样是每个值有两个值班员负责监控,但监控的变电站数量是每个集控站的几倍,因此减人增效的效果非常显著。当变电站增加到一定数量时,可以适当增加监控人员,以确保监控质量。

集控站管理模式和监控中心+操作队管理模式都存在一个共同的问题,就是无人值班变电站的治安保卫和防盗问题。目前解决的办法是在变电站装设“脉冲电子围栏周界报警系统”,达到治安保卫和防盗的目的。

思考题

1. 列举变电站的一次设备、二次设备,描述各种设备的作用。
2. 变电运行的工作内容有哪些?

技能题

在仿真系统中认识变电站的一、二次设备,解释监控系统中各种运行参数的含义。

单元2 变电站的管理制度



知识目标

- 能描述电力调度管理机构的职能和我国调度机构的设置情况。
- 初步了解变电站的运行管理制度。
- 能理解变电站的设备编号规则及设备评级标准。
- 初步熟悉常规变电站的技术资料和规程规范。
- 了解变电站的安全考核标准和安全管理措施。



技能目标

- 能根据变电站的工作内容、性质正确填写变电站工作票。

项目2.1 调度管理

2.1.1 调度管理的组织形式

电能生产的发、送、变、配、用是不可分割的整体,具有生产、分配、消耗同时完成的特点,必须实行集中管理,统一调度。调度机构是电力系统生产和运行的指挥机构,是电力系统的中枢神经。我国的调度机构分以下5级:

①国家调度机构。简称国调,是指由国务院电力行政主管部门设置的全国最高电网调度机构——国家电力调度通信中心。

②跨省、自治区、直辖市的调度机构。简称网调,是指跨省电网管理部门主管的电网调度机构。

③省、自治区、直辖市调度机构。简称省调,是指省、自治区、直辖市电网管理部门(即省级电网管理部门)主管的电网调度机构。

④地市级调度机构,简称地调,是指省辖市级的电网管理部门主管的电网调度机构。

⑤县级调度机构,简称县调,是指县(含县级市)的电网管理部门主管的调度机构。

各级调度机构在电力生产运行指挥系统中是上下级关系。调度机构既是生产单位,又是其隶属的电管(业)局的职能机构,同时对网内各发、供电企业起业务指导作用。

2.1.2 调度管理的原则及任务

我国电网调度管理的原则是:电网运行实行统一调度,分级管理。

所谓统一调度,是指电网调度机构领导整个电力系统的运行和操作,下级调度服从上级调度的指挥,保证实现以下基本要求:

- ①充分发挥本系统内发供电设备的能力,有计划地供应系统负荷的需要。

②使整个系统安全运行和连续供电、供热。

③使系统内各处供电、供热的质量(如频率、电压、热力网的蒸汽压力、温度及热水的温度等)符合规定标准。

④根据本系统的实际情况,合理使用燃料和水力资源,使全系统在最经济的方式下运行。为此,调度管理机构应进行以下主要工作:

①编制和执行系统的运行方式。

②对调度管辖内的设备进行操作管理。

③对调度管辖内的设备编制检修计划,批准并督促检修计划的按期完成。

④指挥电力系统的频率调整和调度管辖范围内的电压调整工作。

⑤指挥系统事故的处理,分析系统事故,制订提高系统安全运行的措施。

⑥参加拟订发供电量计划、各种技术经济指标(煤耗、厂用电、水耗、水量利用、线路损失)和改进系统经济运行的措施。

⑦参加编制电力分配计划,监视用电计划执行情况,严格控制按计划指标用电。

⑧对管辖的继电保护和自动装置以及通信和远动自动化设备负责运行管理,对非直接管辖的上述设备和装置负责技术领导。

⑨对系统的远景规划和发展计划提出意见并参加审核工作,参加通信和远动自动化规划编制工作。

所谓分级管理,是指根据电网分层的特点,为了明确各级调度机构的责任和权限,有效地实施统一调度,由各级电网调度机构在其调度管理范围内具体实施电网调度管理的分工。

目前,我国电力系统尚未实现全国联网,但已建立了国家调度中心。在我国已形成了东北电网、华北电网、华中电网、华东电网、西北电网和南方电网6个跨省的大型区域电网。随着三峡输变电工程、西电东送工程的实施,在不久的将来我国将会出现全国统一的联合电网。因此,各网调、省调、地调的职责如下:

网调——负责全电力系统负荷的预测和计算,制订发、供电计划并报送国务院电力行政主管部门备案,指挥全电力系统的安全经济运行,签订并执行与其他电力系统交换电力的协议,指挥、协调省调和地调的工作。

省调——在网调的领导和指挥下,负责省级电力系统的运行操作和故障处理。

地调——在网调和省调的领导和指挥下,负责地区电力系统的运行操作和故障处理。

调度机构还应当编制下达发电、供电调度计划。值班调度人员可以按照有关规定,根据电网运行情况,调整日发电、供电调度计划。

电网运行的统一调度、分级管理是一个整体。统一调度以分级管理为基础,分级管理是为了有效地实施统一调度。统一调度,分级管理的目的是为了有效地保证电网的安全、优质、经济运行。

2.1.3 调度管理制度

系统各级调度机构的值班调度员在其值班期间为系统运行和操作的指挥人,按照批准的调度范围行使指挥权。下级调度机构的值班调度员、发电厂值长、变电站值长在调度关系上受上级调度机构值班调度员的指挥,接受上级调度机构值班调度员的调度命令。发布调度