

现代电力系统自动化丛书

周昭茂 吴凤书

供电网调度 自动化

水利电力出版社

18
64

803
- 44
410

MUTACH

WIESEL
BOCH

MURD

ESSENTIAL
NORD

HEIM-
BACH

现代电力系统自动化丛书

供电网调度自动化

周昭茂 吴凤书

水利电力出版社

现代电力系统自动化丛书

供电网调度自动化

周昭茂 吴凤书

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.375印张 94千字

1989年6月第一版 1989年6月北京第一次印刷

印数0001—7430册 定价3.00元

ISBN 7-120-00744-0/TM·205

内 容 提 要

本书是《现代电力系统自动化丛书》的第十分册。书中全面和概括地介绍了供电网调度自动化和负荷自动控制技术的基本知识。全书共六章，分别介绍国内外供电网调度自动化和负荷管理的情况；供电网调度自动化和负荷自动控制的必要性，任务和功能；供电网的计算机安全监控系统；电力负荷控制技术；供电网调度自动化实例及对今后的展望。

本书可供电力系统技术领导干部、科技人员、专业工人及院校有关专业师生阅读。

前 言

随着我国电力工业的发展，发电厂容量越来越大。原来的零星小网逐渐连接形成几个跨省范围的大电力系统，一些省网也发展到相当可观的规模。对这样庞大而复杂的电力系统，用常规的控制和管理方法显然是应付不了的，必须采用新的手段和工具——电子计算机。

在六十年代，我国电力工业开始应用电子计算机。近十多年来，已取得不少成就，积累了一些经验。但是，这远远适应不了现代电力系统迅速发展的实际需要，与国外的先进水平相比更是相差甚远。近二十年来，国外在这方面的发展是惊人的：发电厂的自动化程度相当高，电网调度控制中心已普遍采用以电子计算机为核心的自动化监控系统，可以进行数据收集与安全监控、自动发电控制与经济调度及安全分析。当今世界正处于以信息处理为主要内容的新技术革命时代，人们原来的知识有些已经陈旧，需要大量补充和更新，否则，无法跟上新技术迅速发展的潮流。

为此，在中国电机工程学会的大力支持下，我们编写了这套《现代电力系统自动化丛书》，由王平洋任主编，吴凤书任副主编。全书包括十一分册：《现代电力系统自动化与电子计算机的应用与发展》、《电力系统计算》、《现代电力系统计算机监控系统》、《电力系统数据传输》、《现代电力系统安全监视和控制》、《现代电力系统经济调度》、《现代电力系统的保护和自动装置》、《现代火电厂自

自动化》、《现代水电厂自动化》、《供电网调度自动化》、《电力工业信息管理自动化》。各册之间，彼此有联系，互相衔接，但各册又自成系统，独立成册。这是一套提高性的普及读物。主要读者对象是电力工业中的技术领导干部，工程技术人员及本专业的工人和高校的师生。我们希望通过这套丛书，能将现代电力系统自动化的形象和状况及发展前景，向读者作一广泛的宣传，普及这方面的知识，以有利于我国电力工业迅速向现代化方向发展。

本书在编写过程中，许多专家和读者提出了宝贵意见，我们根据这些意见作了若干修改。在此，向他们表示衷心的感谢。限于水平和条件，书中一定有不少缺点和问题，敬希读者指正。

序 言

本书是《现代电力系统自动化丛书》中的第十分册。

供电网是电力生产和供应中的最后一个环节，又是一个十分重要的环节。为确保供电网的安全经济运行和对电力负荷的科学管理，世界各工业发达国家对供电网的建设和研究都十分重视，做了大量工作，并建立了比较完善的供电网监控系统和电力负荷控制系统。我国当前电力供需矛盾十分严重，这就更需要加强对供电网和负荷的管理。实现供电网调度自动化和负荷自动控制，是提高供电网安全经济运行水平和调节电力供需矛盾的重要手段。

供电网调度自动化与电力系统调度自动化有许多相同之处，但也有重要区别。相同之处在于，两者都要进行数据收集和安全管理；两者区别则在于，前者要对发电进行安全控制和经济调度，而后者要对负荷进行直接控制和调节。

本书第一章扼要介绍国内外供电网调度自动化和负荷管理的发展历史和目前状况。第二章论述实现供电网调度自动化和负荷自动控制的必要性，介绍它的任务和功能。第三章着重介绍供电网的计算机安全监控系统；书中分别介绍了供电调度所、枢纽站、变电站及负荷端的自动化系统构成与有关设备。第四章着重介绍电力负荷控制技术，书中分别对几种可能使用的负荷控制系统和设备进行了介绍，并对其应用特点做了比较分析。第五章介绍国内外几个供电网调度自动化和负荷控制技术的应用实例。最后一章提出了对今后的展

望。希望读者看过此书后，能对供电网调度自动化和负荷自动控制技术有个全面和概括的了解。本丛书的第三分册《现代电力系统计算机监控系统》、第四分册《电力系统数据传输》与本书有密切关系，读者可参阅。

本书第四章一、二两节由田亮耕同志提供资料，在本书的编写过程中还得到许多从事这方面研制、开发和应用工作同志提供的资料，在此一并致谢。书中不妥和错误之处，欢迎读者指正。

目 录

前言

序言

第一章 国内外供电网调度自动化发展概况	1
第一节 国外供电网调度自动化和负荷控制	1
第二节 我国供电网调度自动化和负荷管理的现状	8
第二章 供电网调度自动化的任务及功能要求	14
第一节 供电网调度自动化的任务	14
第二节 对供电网调度自动化的功能要求	19
第三章 供电网运行监控系统	23
第一节 调度所自动化	23
第二节 枢纽站和县级调度所自动化	32
第三节 变电站自动化	34
第四章 电力负荷控制技术	39
第一节 分时记度电度表	39
第二节 电力定量器	43
第三节 工频负荷控制系统	47
第四节 音频负荷控制系统	58
第五节 载波电力负荷控制系统	78
第六节 无线电负荷控制系统	83
第七节 几种负荷控制系统及其设备的比较	88
第五章 供电网调度自动化实例	92
第一节 西德达姆斯塔特 (Darmstadt) 电力公司的供电网调度自动化系统	92

第二节	西德汉诺威北部供电公司 (Über land werk Nord-Hannover AG) 供电网调度自动化系统	101
第三节	日本东京电力公司银座地区供电网调度自动化系统	107
第四节	我国应用微型计算机的初级供电网调度自动化系统	110
第五节	我国应用PDP-VAX系列小型计算机的初级供电网调度自动化系统	116
第六节	我国应用多机的供电网调度自动化系统	121
第七节	我国负荷自动控制系统应用实例	124
第六章	我国供电网调度自动化的今后发展	128

第一章 国内外供电网调度

自动化发展概况

第一节 国外供电网调度自动化和负荷控制

一、发展历史

国外工业发达国家的供电网调度自动化，首先是从负荷控制发展起来的。西欧国家早在30年代初开始，就对负荷管理做了许多工作。英国最早开始用时间开关来控制用户负荷。它是在用户处安装一个时间开关钟，按电力公司预先设定的几个时间，定时切换用户的不同计价电度表（即高峰电度表和低谷电度表），其作用是用经济手段来管理负荷，鼓励用户低谷时用电，提高电网负荷率和经济效益。这种装置结构简单，成本低，但存在累计性时间误差，还需要随季节不同调整整定时间，这是一件很麻烦、工作量很大的事情。

60年代英国GEC公司协助电力公司研制了“工频控制装置”。利用这种装置，可在变电站内直接控制到每个房间的电热器，保证每个不同方位的房间有基本相同的温度。它比时间开关方便灵活，但投资稍大些。

西欧其他国家在40年代研究了一种“音频控制装置”。利用音频发射装置，在变电站中向被控电网的50 Hz电源上叠加一个音频编码信号，安装在用户处的音频接收机接收到相应信号后，操作被控用户开关，以控制用户负荷。这种音频信号，早期是由可变速的高频电机产生。直到50年代才逐

步用大功率可控硅装置取代了这种高频电机。随着电子技术的飞速发展，音频控制技术和电子计算机的应用相结合，进一步推动了供电网调度自动化工作的开展。

音频控制系统在供电网调度自动化系统中的位置，如图1-1所示。图中，发电厂发出的电能送到电网中，A点是对电网的监测点，通常监视电压和频率。检测信号送入电网监控用计算机，该计算机再向音频控制用过程计算机发出控制命令，后者再向安装在变电站中的音频信号发射装置发出相同的控制命令，音频信号发射装置随即向供电网发出大功率的音频控制命令，安装在电网末端的音频接收机收到相应命令后，操作被控的负荷开关，从而使电网经济、可靠地运行。音频控制装置的主要功能，见图1-2。

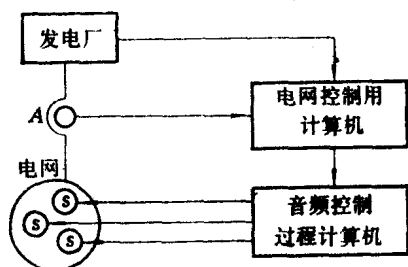


图 1-1 音频控制系统在供电网调度自动化系统中的位置

A—电网的监测点；Ⓢ—音频控制发射机

目前欧洲大多数国家在供电网调度自动化系统中已普遍采用音频控制技术（见表1-1）。有人估计，当前应用音频控制的用电负荷占全世界总安装变压器容量的20%以上。西德和法国应用最普遍，占50%以上的负荷均由音频控制装置所控制。西德几个城市的供电网中，已有90%左右的配电变压器是在音频控制之下。音频控制装置，已作为配电站的基

本设备，纳入基建投资项目中。在新建的变电站中，音频控制装置如同其它开关柜一样，同时进行安装调试。

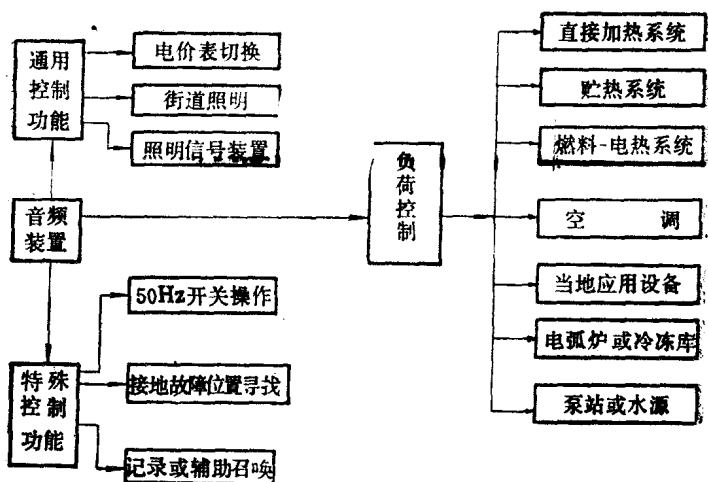


图 1-2 音频控制系统的功能

表 1-1 采用音频控制装置的电网容量
(1975年统计)

国家或地区	容量 (万kW)	国家或地区	容量 (万kW)
非洲大陆	320	瑞典	250
新西兰	280	法国	3680
澳大利亚	920	希腊	320
比利时	630	英国与爱尔兰	140
东欧	150	意大利	20
荷兰	830	西德	2900
葡萄牙	90	其它	400
瑞士	880	总计	12180

近年来，音频控制技术发展较快，国际市场上音频接收机年销售量在70万台左右。匈牙利1982年从西德BBC公司引进了音频控制技术专利，并已开始生产音频控制装置。日本的大崎公司和户上电机制作所也已分别从瑞士Landis & Gyr公司和西德BEC公司引进音频控制技术，开始生产该装置，并在日本开始使用，还准备出口外销。东欧国家、亚洲的马来西亚和阿拉伯各国，都已逐渐使用音频负荷控制装置来集中控制负荷和实现供电网调度自动化。美国的负荷控制技术是在70年代发展起来的，其设备来源，一部分是从瑞士等国家买进的，另外一些则是本国一些公司研制的。他们主要研制载波方式和无线电方式的负荷控制装置。美国自己研制的这些装置近几年得到迅速的发展和应用，但相对西欧来说，美国使用负荷控制系统的时间较短，系统运行经验还不多，处于迅速发展的阶段。人们普遍认为，一个现代化的供电网系统中必须配上音频、无线电或载波负荷控制系统；这样才能实现供电网调度系统自动化。

随后，在供电网调度自动化中又发展和应用了远动装置，实现了变电所无人值班。近些年，随着电子技术的发展和电子计算机的推广应用，各国在供电网的调度中心普遍设置了电子计算机，利用电子计算机及其远方终端装置(RTU)进行供电网的安全监控和发布负荷控制命令。

二、国外的负荷控制

工业发达国家的负荷组成大体是：工业负荷占总负荷的40%，民用负荷占60%左右。负荷控制的对象以民用负荷为主。对工业负荷和民用负荷的控制方式有所不同。

(一) 民用负荷控制

被控制民用负荷主要指电热器、热水器、空调器及路灯

和商业区广告用电等。电热器本身带有温度调节开关，当室内温度达到整定值时，电热器电源自动切断；反之，则自动合上电源。一般家庭用热水罐的容量为90~140L，在一天中的非负荷峰值时分三次加热，就可保证全天用的热水。家庭或企业中的上述这些用电设备和其他用电设备的电源是分开的。一个民用负荷用户中都装有2块或2块以上电度表和一台负荷控制接收机。接收机根据调度中心发来的命令，分组、分批直接投切电热器等设备的电源，使他们避峰用电。另一方面，它还控制分时计量电度表的投切，以便对不同时间用电收取不同的电费。这样做的结果，对电力公司来讲，改善了负荷曲线，提高了负荷率，降低了峰值，增加了低谷用电量，从而减小了最大需量支出，又增加了售电量，提高了经济效益。而对家庭来说，电热器等负荷受电力公司直接控制，既能保证室内温度和热水的使用，又因避峰用电而降低了电费支出。

(二) 工业负荷控制

工业发达国家对工业负荷控制的主要对象，有电弧炉，电焊机，冷冻库，冷、热水泵和部分食品加工工业及抽水蓄能装置等。控制方式主要有：

1) 最大需量控制。对一些稍大的工厂企业，都有专用表计控制其最大需量。如果在某一时刻超过了预定的最大需量，则该企业要向电力公司交一笔超需量电费，这是相当贵的。因此，这些企业都配备一套小型的负荷控制系统，根据与电力公司预先商定的最大需量，自动调整企业内部负荷，使企业总负荷保持在最大需量之下，而又十分接近最大需量。这样既保证了企业能使用尽可能多的电力，而又不因短时间超过规定需量而多支付一大笔电费。

2) 按合同控制。电力公司与用电单位签订用电合同, 确定全天的用电时间。制造加工工业、冷藏库等均应错峰用电。如果在规定的用电时间内发生了意外停电, 电力公司要向用户赔偿损失。

3) 分时计价。电力公司用负荷控制装置定时切换用户的分时计费电表, 以分时收取不同的电费。峰谷电费差价一般在 2:1 或 2.5:1。这主要控制家庭和企业内部的电热器、热水器等负荷。

4) 控制抽水蓄能水泵的起、停时间。在负荷低谷时启动水泵, 把下游的水打入水库中去, 提水蓄能; 等到负荷高峰时再放水发电, 承担峰值负荷。

由于使用了负荷控制装置、实现了供电网调度自动化, 大大提高了电网运行水平, 改善了电网负荷率, 延缓了基建投资, 提高了经济效益。图 1-3 表示了西德达姆斯特市电力公司使用音频负荷控制实现供电网调度自动化前后的两条负荷曲线, 其中虚线为未进行控制负荷时的负荷曲线; 实线

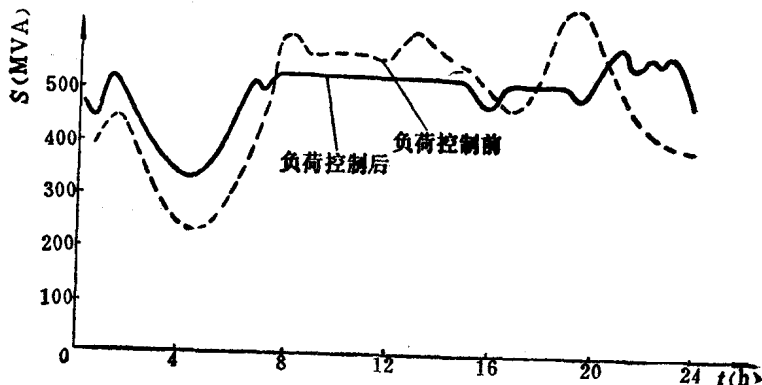


图 1-3 进行负荷控制前后的负荷曲线比较

为使用音频控制装置对负荷进行实时控制后的负荷曲线。从图中可以明显地看出负荷曲线改善的效果。再以美国奥格尔绍朴电力公司为例，由于调节负荷改善负荷曲线，每年可节省1400万美元，而其投资只约3400万美元，不到三年即可全部收回。

三、国外的供电网安全经济运行监控

国外的供电网调度自动化，不仅在负荷控制方面发挥了重要作用，同时对电网的安全经济运行也起到重要作用。主要表现在以下六个方面：

1) 利用电子计算机系统监视供电网的安全运行情况，并进行必要的操作控制。

2) 在电力系统故障周波降低时，自动切除一部分次要负荷，以保证电力系统的稳定运行和一部分重要负荷的可靠供电。

3) 变压器有载调压。根据供电网运行情况，远方调节运行中的配电变压器的分接头，以改善电能质量。

4) 投切补偿电容器组。用户早期安装的补偿电容器组不能自动投切，所以电力公司通过音频控制装置远方投切这些电容器组。近年安装的补偿电容组基本上都配了自动投切控制器，可以根据功率因素自动投切。

5) 网络连接控制。远方投切联络线开关和分段开关，以便尽快找到线路故障位置和切除故障。它还可以调整负荷在线路上的分配，以降低线损。

6) 召唤救援。在检修人员家中安装一台特殊的音频接收机。当电网出现故障需要进行抢修时，调度员通过音频控制装置发出一条特殊指令，使检修人员家中的接收机发出音响信号，音响信号持续一分钟，同时伴随灯光信号。它能紧