

高 等 学 校 教 材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////////////////////

电 网 监 控 技 术

南京电力高等专科学校 沈金官 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书主要介绍电网调度自动化系统中数据采集、监控(SCADA)的工作原理和常用的设备,主要内容包括:交流电流和交流电压变送器、功率变送器、电度变送器、微机变送器、运动通信规约、运动终端的硬件和软件工作原理、常用运动终端的分析、SCADA主站的工作原理、功能纵向分布的主站系统、网络结构的主站系统、主站系统的交互式生成和维护软件、调度模拟屏、常用的几种主站系统的分析等共15章。

本书是高等专科学校“电网监控技术”专业教材,也可供电力系统中从事电网调度自动化技术专业的有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电网监控技术/沈金官主编. -北京:中国电力出版社, 1997

高等学校教材·专科适用

ISBN 7-80125-137-7

I. 电… II. 沈… III. 电力系统结构-监视控制-自动化技术-高等学校-教材 IV. TM734

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第03622号

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号 邮政编码 100044)

三河市水利局印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

*

1997年6月第一版 1997年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 29.5印张 670千字

印数 0001—1710册 定价 27.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本书是根据电力工业部高等学校第一轮(1993~1995)专科教材编审出版计划编写的。本书是电力高等专科学校电网监控技术专业的主要专业课教材。按教学大纲的要求,本书主要讨论电网调度自动化系统中的数据采集和监控(SCADA)的有关内容,至于EMS中的AGC、EDC、SA等不属于本课程范围。

本书共分三篇15章。第一篇是电量变送器,讨论常规变送器和微机变送器的工作原理;第二篇是远动终端,讨论远动终端的工作原理和几种常用的远动终端;第三篇是SCADA主站系统,讨论SCADA主站系统的工作原理和几种应用得比较广泛的主站系统。

全书在注重讲清基本原理和基本方法的同时,尽量结合实际介绍目前在电力系统中应用得比较广泛的电网监控设备。本书的内容选择尽量做到和我国电网调度自动化技术的发展同步,以适应调度自动化技术飞速发展的要求。

本书的绪论、第九章的第一节至第五节、第十章的第二节、第十一章、第十四章和第十五章由沈金官编写,第一章至第八章、第九章的第六节至第八节由张惠刚编写,第十章、第十二章和第十三章由阚建飞编写,全书由沈金官主编。西安交大盛寿麟同志承担本书的主审,盛老师以极其认真负责的精神对本书作了详细的审阅,并提出了许多宝贵的意见,特此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,收集的资料也不够全面,书中难免有不妥或错误之处,敬希读者批评指正。

编 者

1995年2月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一节 电能生产的特点和对电力系统运行的基本要求	1
第二节 电力系统的运行状态和调度自动化系统的作用	2
第三节 电力系统的分层控制和各级调度中心的职责	4
第四节 电力系统调度控制技术的发展动态	7
第五节 电网调度自动化系统功能简介	9
第六节 电网调度自动化系统的结构	11

第一篇 电 量 变 送 器

第一章 交流电流变送器和交流电压变送器	19
第一节 概述	19
第二节 交流电流变送器	21
第三节 交流电压变送器	44
第二章 功率变送器中的测量元件	51
第一节 概述	51
第二节 时间分割模拟乘法器	52
第三节 单相有功功率测量元件	68
第四节 单相无功功率测量元件	71
第三章 三相功率变送器	76
第一节 概述	76
第二节 三相有功功率变送器	79
第三节 三相无功功率变送器	84
第四节 组合变送器	90
第四章 电能变送器	94
第一节 电能变送器的工作原理	94
第二节 电压/频率变换器	96
第三节 电能脉冲输出电路	101
第五章 微机变送器	104
第一节 微机变送器的算法	104
第二节 微机变送器硬件原理	117
第三节 微机变送器的软件框图	123
第四节 微机变送器的误差分析	130

第二篇 远 动 终 端 (RTU)

第六章 远动终端概述	135
第一节 远动终端的功能	135
第二节 远动终端的基本组成	137
第三节 远动终端与调度中心的通信规约	139
第七章 远动终端模型机硬件及其工作原理	148
第一节 远动终端模型机(模型RTU)概述	148
第二节 远动终端模型机整体结构	148
第三节 遥信状态采集电路	157
第四节 模拟量遥测信息采集电路	161
第五节 电能量信息的采集	170
第六节 数字量信息的采集	173
第七节 遥控输出电路	174
第八节 遥调输出电路	178
第九节 远动信息的发送和接收电路	181
第十节 键盘和数码显示器电路	185
第十一节 打印和CRT显示电路	187
第八章 远动终端模型机软件	190
第一节 远动终端模型机与调度中心的通信规约	190
第二节 远动终端模型机软件的总体结构	194
第三节 实时时钟中断服务程序	199
第四节 A/D结束中断服务程序	206
第五节 数字量输入中断服务程序	211
第六节 字节发送空中断服务程序	212
第七节 字节接收满中断服务程序	221
第八节 远动终端模型机实时监控	229
第九章 几种远动终端的分析	248
第一节 $\mu 4F$ 采用的问答式远动通信规约	248
第二节 $\mu 4F$ 型远动终端的整体概念	251
第三节 $\mu 4F$ 型远动终端的 I/O 总线、基本管理系统和子系统举例	256
第四节 同步时钟系统和事件顺序记录	263
第五节 $\mu 4F$ 型远动终端的工作过程	268
第六节 DFY 型远动终端概述	269
第七节 DFY 型远动终端的主模块板	272
第八节 DFY 型远动终端的软件结构	281

第三篇 SCADA 主站系统

第十章 SCADA 主站系统基本原理	287
第一节 主站系统的功能	287

第二节	模型主站系统的结构	289
第三节	数据库与通信	304
第四节	监控软件设计基础	314
第五节	报表程序设计	322
第十一章	功能纵向分布的主站系统	328
第一节	概述	328
第二节	前置机	334
第三节	前置机和后台机的通信	351
第四节	双机切换子系统	354
第十二章	网络型主站系统程序设计基础	361
第一节	多用户程序设计	361
第二节	NetBIOS 程序设计	369
第三节	IPX 程序设计	384
第四节	SCADA 系统网络通信接口	397
第五节	网络型主站的组成	402
第十三章	主站系统的交互式生成与维护	404
第一节	交互式程序设计的基本准则	404
第二节	画面生成与维护	407
第三节	系统参数与报表描述编辑	411
第十四章	调度模拟屏	413
第一节	概述	413
第二节	调度模拟屏控制器(模型系统)的硬件结构	417
第三节	调度模拟屏控制器(模型系统)的软件结构	421
第十五章	几种主站系统的实例和调度自动化技术的发展动态	427
第一节	国内开发的几种主站系统	427
第二节	CDC 公司的 EMS 系统	437
第三节	西屋公司的 WESDAC-32 主站系统	445
第四节	调度自动化技术的发展动态	455
参考文献		463

绪 论

第一节 电能生产的特点和对电力系统运行的基本要求

一、电能生产的特点

同其它形式的能量相比较,电能具有许多优点。电能可以方便地转化为其它形式的能量,如机械能、热能、光能、化学能等;电能的输送和分配也易于实现,它可以方便地输送到各工矿企业和生活场所;电能的应用很灵活,可以小量使用、也可以大量地使用。因此,电能被日益广泛地用于工农业生产、交通运输以及人民的物质和文化生活中。以电能作为动力,可以促进工农业生产的现代化,保证产品的质量,提高劳动生产的效率。值得指出的是,提高电气化程度,以电能代替其它形式的能量,是节约总能源消耗的一个重要途径。

随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高,对电能生产的需求不断增长,因而发电设备的装机容量不断增长,电力系统也从孤立电网逐步发展成联合电力系统。

电力系统是由电能的生产、输送、分配和消费各个环节构成的一个整体。它与其它的工业系统相比较,具有如下的特点。

(1) 电能不能大量存储。电能的生产、输送、分配和消费实际上是同时进行的,电力系统中任何时刻各发电厂产生的功率必须等于该时刻各用电设备所需的功率与输送、分配各环节中损耗的功率之和。因而对电能生产的协调和管理提出了很高的要求。

(2) 电磁过程的快速性。电力系统中任何一个地方的运行状态的改变或故障,都会很快地影响到整个电力系统的各个地方,仅依靠人工操作是无法保证电力系统的正常和稳定地运行的。所以,电力系统运行必须依靠信息就地处理的继电保护和自动装置,以及信息全局处理的调度自动化系统。

(3) 与国民经济的各部门及人民的日常生活有着密切的联系,供电的突然中断会产生严重的后果。

二、对电力系统运行的基本要求

对电力系统运行的基本要求是:①保证安全可靠地供电;②要有合格的电能质量;③要有良好的经济性。

要实现这些基本要求,除了提高电力设备的可靠性水平,配备足够的备用容量,提高运行人员的素质,采用继电保护和自动装置等以外,采用电网调度自动化系统也是一个极为重要的措施。

第二节 电力系统的运行状态和调度自动化系统的作用

一、电力系统的运行状态

电力系统调度控制的内容与电力系统的运行状态是相关的。图 0-1 中画出了电力系统的各种运行状态及其相互间的转变关系。

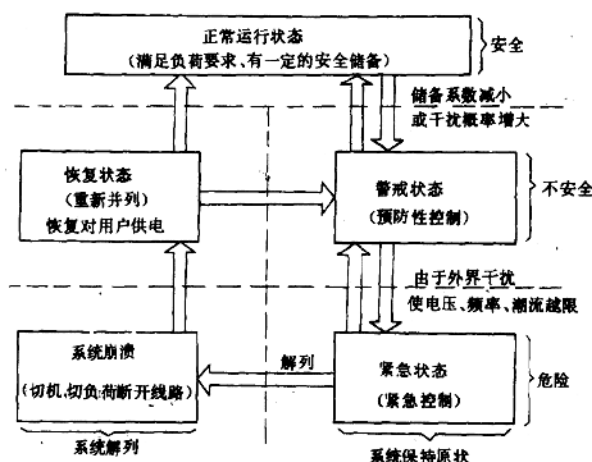


图 0-1 电力系统的运行状态

(1) 正常运行状态。在正常运行状态下，电力系统中总的有功出力和无功出力能满足负荷对有功和无功的需求；电力系统的频率和各母线电压均在正常运行的允许范围内；各电源设备和输变电设备又均在额定范围内运行；系统内的发电设备和输变电设备均有足够的备用容量。此时，系统不仅能以电压和频率质量均合格的电能满足负荷用电的需求，而且还具有适当的安全储备，能承受正常的干扰（如断开一条线路或停止一台发电机组）而不致造成不良的后果（如设备过载等）。在正常的干扰下，系统能达到一个新的正常运行状态。电网调度中心的任务就是尽量使系统维持在正常运行状态。

在正常运行状态下，电力系统的负荷每时每刻均在变化，电网调度中心运行控制的主要任务就是使得整个系统的出力和负荷的需求相适应，以保证电能的频率质量。同时，还应在保证安全运行的条件下，实现电力系统的经济运行。

(2) 警戒状态。电力系统受到灾难性干扰的机会虽然不多，大量的情况是在正常状态下由于一系列不大干扰的积累，而使电力系统总的安全水平逐渐降低，以致进入警戒状态。在警戒状态下，虽然电压、频率都在容许范围内，但系统的安全储备系数降低了，因而削弱了对于外界干扰的抵抗能力。当系统发生一些不可预测的干扰或负荷增长到一定程度，就可能使电压、频率的偏差超过容许范围，某些设备发生过载，使系统的安全运行受到威胁。

电网调度自动化系统，要随时监测系统的运行情况，并通过静态安全分析、动态安全分析对系统的安全水平作出评价。当发现系统处于警戒状态时，调度人员应及时采取预防性控制措施（如增加发电机的出力，调整负荷，改变运行方式等），使系统尽快地恢复到正常状态。

(3) 紧急状态。若系统处于警戒状态时，调度人员没有及时采取有效的预防性措施，一旦发生一个足够严重的干扰（例如发生短路故障，或一台大容量发电机组退出运行等情况），系统就可能从警戒状态进入紧急状态。这时可能有某些线路的潮流或某些主变压器、发电机的负荷超过极限值，以致系统的电压或频率超过或低于允许值。这时电网调度自动化系统就担负着特别重要的任务，它向调度人员发出一系列的告警信号。调度人员根据监视器屏幕或调度模拟屏的显示，掌握系统的全局运行情况，以便及时采取正确而且有效的紧急控制措施，则仍有可能使系统恢复到警戒状态，进而再恢复到正常状态。

(4) 系统崩溃。在紧急状态下，如果不及时采取适当的控制措施，或者措施不够有效，或者因为干扰及其产生的连锁反应十分严重，则系统可能失去稳定，并解列成几个系统。此时，由于出力和负荷间的不平衡，不得不大量切除负荷及发电机，从而导致系统的崩溃。

(5) 恢复状态。系统崩溃后，整个电力系统可能已解列成为几个小系统，并造成用户大面积的停电和许多发电机组的紧急停机。此时，要采取各种手段恢复发电机组出力，逐步对用户恢复供电，使解列的小系统逐步并列运行，并使电力系统恢复到警戒状态或正常状态。在这个过程中，调度自动化系统也是调度人员恢复电力系统运行的重要手段。

从以上讨论的电力系统的运行状态来看，在电力系统发生故障等大干扰的情况下，需要依靠继电保护等装置的快速反应，及时切除故障的线路或元件；按频率降低自动减负荷装置是防止系统频率崩溃的基本措施，这些装置都是电力系统稳定运行必不可少的手段。但以现代电力系统的运行要求来看，仅依靠这些手段还不能保证电力系统的安全、优质、经济运行，因为这些装置往往都是根据局部的、事后的信息来处理电力系统的故障，而不能以全局的、事先的信息来预测、分析系统的运行情况和处理系统中出现的各种情况，所以电网调度自动化系统有着它独特的不可取代的作用。

继电保护、安全自动装置、安全稳定控制系统、电网调度自动化系统和电力专用通信网系统等现代化技术手段，是保证电力系统安全、优质、经济运行的五大支柱，是现代电力系统运行的必不可少的手段。

二、电网调度自动化系统在电力系统中的作用和地位

电力系统运行的可靠性及其电能的质量，与自动化系统的水平有着密切的联系。电力系统是一个大系统，电能的生产、输送及分配是在一个辽阔的区域内进行的，加上电磁过程本身的快速性，所以对电力系统运行控制的自动化系统提出了非常高的要求。

电力系统的自动化系统由两部分组成：信息就地处理的自动化系统和信息集中处理的自动化系统。

信息就地处理的自动化系统的特点是能对电力系统的情况作出快速的反应。如高压输电线上发生短路故障时，要求继电保护快速而及时地切除故障，保证系统稳定；而同步发电机的励磁自动调节系统，在电力系统正常运行时可以保护系统的电压质量和无功出力的

平衡，在故障时可以提高系统的稳定水平；按频率自动减负荷装置能在电力系统出现严重的有功缺额时，快速切除一些较为次要的负荷，以免造成系统的频率崩溃。以上这些信息就地处理装置，其最大的优点是能对系统中的情况作出快速的反应，尤其是在电力系统发生故障时，其作用更为明显。但由于其获得的信息有局限性，因而不能以全局的角度来处理问题。如频率及有功功率自动调节装置，虽然可以跟踪负荷的变化，但不能实现有功出力的经济分配。另外，信息就地处理自动装置一般只能“事后”处理出现的事件，因不能“事先”从全局的角度对系统的安全性作出全面而精确的评价，因而有其局限性。

信息集中处理的自动化系统（即电网调度自动化系统），可以通过设置在各发电厂和变电站的运动终端（RTU）采集电网运行的实时信息，通过信道传输到设置在调度中心的主站（MS），主站根据收集到的全网信息，对电网的运行状态进行安全性分析、负荷预测以及自动发电控制、经济调度控制等。当系统发生故障，继电保护装置动作切除故障线路后，调度自动化系统便可将继电保护和断路器的动作状态采集后送到调度员的监视器屏幕和调度模拟屏显示器上。调度员在掌握这些信息后可以分析故障的原因，并采取相应的措施使电网恢复供电。但是由于信息的采集、传输需要一定的时间，所以目前在发生系统故障时还不可能依靠信息集中处理系统来切除故障。

信息就地处理系统和信息集中处理系统各自有其特点，互相补充而不能替代，但以往这两个系统的联系不够紧密。随着微机保护、变电站综合自动化等技术的发展，两个信息处理系统之间的相互联系必然会更加紧密。如微机保护的定值可以远方设置，并随着系统运行状态的改变，可以使保护的整定值总是处于最佳状态。可以预料，随着计算机技术和通信技术的发展，电力系统的自动化技术将发展到一个新的水平。

第三节 电力系统的分层控制和各级调度中心的职责

一、电力系统的分层控制

电能的生产、输送、分配和消费均在一个电力系统中进行的，我国目前已建成五个大电网（华北、东北、华东、华中、西北电网）以及一些省网，并且在大网之间通过联络线进行能量交换（如葛洲坝到上海的葛沪 500kV 直流输电线将华东和华中两大电网联系起来）。另外按照各省、市行政体制的划分，电力系统的运行管理本身也是分层次的，各大区电管局，各省电力局，各市、县供电局均有其管辖范围，它的运行方式和出力、负荷的分配受到上级电力部门的管理，同时又要管理下一级电力部门，以保证整个电力系统能够安全、经济、高质量地发供电。

受我国现行电网运行、管理体制的制约，我国电网实行五级分层调度管理：国家调度控制中心、大区电网调度控制中心、省电网调度控制中心及市、县电网调度控制中心。图 0-2 是电网分层控制的示意图。

电网调度管理实行分层管理，因而调度自动化系统的配置也必须与之相适应，信息分层采集，逐级传送，命令也按层次逐级下达。为了保证电力系统的安全、经济、高质量的

运行,对各级调度都规定了一定的职责。

与集中控制方式相比较,分层控制有如下优点:

(1)从电力系统调度控制的角度来看,信息可以分层采集,只需把一些必要的信息转发给上一级调度部门。如地区调度控制中心可以采集本地区的出力和负荷,并把地区出力和负荷总加后送到上一级调度部门,对出力和负荷的控制也同样,上一级调度只向下一级调度发出出力和负荷的总指标,由下一级调度进行控制。这样做既减轻了上级调度的负担,又加速了控制过程,同时减少了不必要的信息流量。

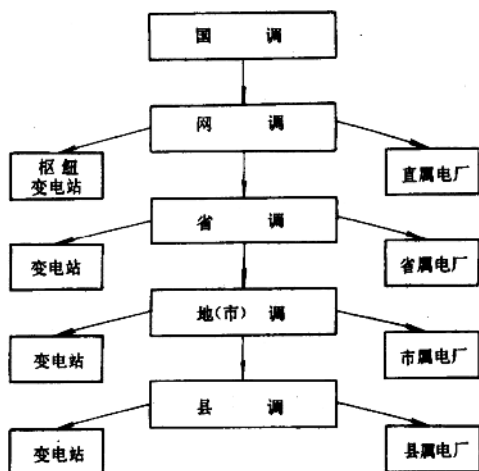


图 0-2 电网分层控制示意图

(2)在分层控制的电力系统中,若局部的控制系统发生故障,一般不会严重影响电力系统的其它控制部分,并且各分层间可以部分地互为备用,从而提高了电力系统运行的可靠性。在电力系统中,即使在紧急状态下部分电网与系统解列,也可以分别地独立运行,因为局部地区也有相应的调度自动化系统,可以对电网实现监控。

(3)实现分层控制以后,可以大大地降低信息流量,因而减少了对通信系统的投资。同样,分层以后减轻了计算机的负荷,投资也相应地下降。

(4)分层控制的自动化系统,结构灵活,可适应电力系统变更或扩大的需要。

总之,分层控制不仅是可能的,而且是必要的,采用分层控制后可以使电力系统的监视和控制更可靠而有效。

二、各级调度的职责(电网调度自动化有关部分)

1. 国家调度中心的职责

- (1)负责跨大区电网间联络线的调度管理。
- (2)掌握、监督和分析全国各电网运行状况。
- (3)审查、协调各电网的月度发用电计划,并检查、监督其执行情况。
- (4)监督各电网的计划用电和水电厂水库水位计划和执行情况。
- (5)配合有关部门制定年度发用电计划及煤耗、厂用电、线损等技术经济指标。
- (6)参加全国电网发展规划、系统设计和工程设计的审查。

2. 大区电网调度中心(网调)的职责

- (1)负责所辖电网的安全稳定运行。
- (2)制定大区主电网运行方式或核准省网与大区主电网相关联部分的运行方式。

(3)编制全网月发电计划或省网间联络线送受电月计划和直调发电厂的月发电计划,编制下达日调度计划。

(4) 核准省网计划外送受电, 做好全网经济调度工作。

(5) 指挥管辖设备的运行操作和系统性事故处理。

(6) 领导全网的频率调整和主电网的电压调整, 并负责考核。

(7) 监督省网间联络线的送受电力、电量计划或省网发用电计划执行情况, 并指挥省网调整。

(8) 参加制定年度发用电计划和各项有关技术经济指标、批准管辖范围内主要发供电设备的检修。

(9) 负责全网计划用电和负荷管理工作。

(10) 按要求向国调和省调或地调传送实时信息。

3. 省级电网调度中心的职责

(1) 在保证全网安全经济的前提下, 负责本网的安全运行。

(2) 参加全网运行方式计算分析, 负责编制本网运行方式, 与网调管辖有关部分应报网调核准。

(3) 编制本网发、供电设备检修计划。

(4) 根据上级调度下达的联络线电力、电量计划和直调厂发电计划或本网的发电调度计划, 编制本网和调度管辖的独立核算发电厂的发电计划。

(5) 负责管辖设备的运行、操作、事故处理以及无功/电压调整。

(6) 监督本网计划用电执行情况。

(7) 按规定向网调、地调传送实时信息。

4. 地区电网调度中心的职责

(1) 管辖范围的运行操作和事故处理。

(2) 管辖范围的设备检修许可。

(3) 监督本地区和用户的计划用电执行情况。

(4) 管辖范围的电压和无功功率调整。

(5) 按规定向省调、县调传送实时信息。

5. 县级电网调度中心的职责

(1) 管辖范围的运行操作和事故处理。

(2) 管辖范围的设备检修许可。

(3) 监督本地区和用户的计划用电执行情况。

(4) 按规定向地调传送实时信息。

三、各级调度自动化系统的功能

1. 国家调度中心

(1) 通过计算机数据通信, 收集各大区电网和独立省网的重要信息, 监视全国电网的运行工况。

(2) 进行大区互联系统的运行方式及经济调度计算, 下达有关信息。

(3) 统计、分析全国电网运行情况。

(4) 负责或组织网、省级以上调度员和负责人岗位培训。

2. 大区电网调度中心

- (1) 实现电网的数据收集、监控、经济调度以及有实用效益的安全分析。
- (2) 实现自动发电控制功能。
- (3) 进行运行方式以及经济调度计算，并上报、下传。

3. 省级电网调度中心

省级电网调度中心在独立网或在大区内作为一个发供电独立控制区域，是与相邻省网实行联络线控制的省级电网调度中心。其功能是：

- (1) 实现电网的数据收集、监控、经济调度以及有实用效益的安全分析。
- (2) 实现自动发电控制功能。
- (3) 进行运行方式及经济调度计算，并上报、下传。
- (4) 监视、统计有关联络线的电力、电量。
- (5) 独立省调应与国家调度、地调实现计算机数据通信。

由大区电网调度中心统一调度的省级调度中心的功能如下：

- (1) 实现电网的数据收集、监视、经济调度以及有实用效益的安全分析。
- (2) 进行运行方式及经济调度计算，并上报、下传。
- (3) 监视、统计有关联络线的电力、电量。
- (4) 省级调度应实现与大区网调、地区调度间的计算机数据通信。

4. 地区电网调度中心

- (1) 实现数据采集和安全监视功能。
- (2) 负责断路器的遥控操作，变压器分接头的调整，电力电容器的投切等。
- (3) 负责用电负荷管理。
- (4) 实现与省调、县调间的数据通信。

5. 县级电网调度中心

- (1) 实现数据采集和安全监视功能。
- (2) 断路器的遥控操作，电力电容器的投切。
- (3) 实现负荷控制功能。
- (4) 向地调传送必要的实时信息。

第四节 电力系统调度控制技术的发展动态

随着电力系统的发展，装机容量不断的增加，输电电压等级的不断升高和电网的覆盖范围的不断扩大，对电网运行管理手段的要求愈来愈高，电网调度控制技术也随着电网的发展而发展。

一、早期阶段

早期的电能生产往往是以孤立电厂的方式运行的，即一个城市建立一个电厂，对该城市及其周围供电。这时电网的结构很简单，管理也比较方便。

孤立电厂供电的可靠性很差，随着工业技术的发展和电能的需求的不断增大，用孤

立电厂供电的方式已不能满足工农业生产各方面的要求，于是孤立电厂逐步的进行联网运行。联网后为了协调各电厂的运行，成立了电网调度所。早期只能依靠电话来进行调度指挥，正常运行时依靠电话来查询各电厂的出力和各地区的负荷。在电网发生事故时，又只能依靠电话与各厂站联系，了解故障的原因和范围，再用电话下达命令，处理故障后过负荷的线路和变压器，并恢复对停电地区的供电。用电话指挥电网的运行由于实时性差，有时会使故障得不到及时的处理而扩展，以致造成较大的经济损失。由于电话调度已不能适应电网运行的要求，从而促进了远动技术的发展。

二、远动技术的应用

我国最早的遥测装置是电子管的单路遥测发送装置（JZ—1型）和单路遥测接收装置（JZ—2型）。遥信、遥控装置是采用继电器逻辑的SF—58型遥信遥控装置，这些装置曾在电网调度管理中发挥过一定的作用，但由于容量小，精度低，不能满足电网发展的需要。

随着电子元器件和数字逻辑技术的发展，我国在60年代中期开始研制晶体管数字综合远动装置。由于采用了模-数转换技术，实现了数字遥测，遥测精度大为提高；由于采用了时分多路复用技术，遥测的路数也增多了；由于采用了抗干扰编码技术，传输的可靠性也得到了提高。总之，在数字综合远动装置中，将数据通信、计算机技术引进了远动技术领域，使远动技术在原理上有了一个飞跃，这些技术原理即使在现在的微机远动中仍被继续采用。这一代技术的代表产品是SZY系列和WYZ系列的远动装置。

随着集成电路技术的发展，在数字综合远动装置中也广泛采用集成电路技术，但从晶体管数字综合远动装置到集成电路数字综合远动装置只是器件上的更新替代，原理上没有发生实质性的变化，集成电路数字综合远动装置的代表产品有SZY—30型、WYZ—4型、YDZ—5型等。这些就是曾经在我国远动技术中发挥过一定作用的布线逻辑远动技术的一代产品。

三、以计算机技术为基础的调度自动化技术的应用

计算机技术的发展，使远动界有识之士认识到，采用存储逻辑技术来实现远动功能比采用布线逻辑技术更方便、灵活，但由于在70年代末，微机技术在国外刚开始使用，国内尚未引进，因而在国内研制了以中、小规模集成电路为基础构成的远动专用计算机，实现了存储逻辑远动装置，其典型产品是JYC系列的存储逻辑远动装置。

随着微机技术的发展与普及，用中、小规模集成电路构成的远动专用计算机，不论在可靠性、编程手段方面，还是在性能/价格比等方面均远远落在微机技术的后面，因而采用远动专用计算机方式的存储逻辑远动装置还没有制造一台，很快就被微机远动所取代。但用存储逻辑实现远动功能的思路，为微机远动技术的发展打下了一定的基础。

将微机技术应用于远动技术后，远动技术发生了重大的变化，原来许多不易实现的功能，采用微机技术后便迎刃而解。所以与常规远动相比，微机远动功能强，体积小，可靠性高。如在微机远动终端上，可以方便地实现事件顺序记录，主站与远动终端对时，以及当地打印制表等功能。在主站则可以方便地实现1:N的接收以及转发等功能。我国第一批成熟的微机远动装置是MWY系列的模块化微机远动装置。

随着计算机技术的发展，微机远动从芯片级向板级、系统机级、网络级的方向不断地

发展。远动终端已从单 CPU 向多 CPU 的方向发展,取代模拟变送器并直接交流采样的远动终端也开始推广。主站已广泛采用局域网结构,386/486 的高档微机,以及精简指令集计算机 (RISC) 工作站也获得广泛的采用。远动技术已发展到一个新的水平。

虽然计算机的硬件和软件技术都发展得很快,但只是量的变化,没有质的飞跃。因为目前还没有看到将有哪一种技术可以取代计算机技术,计算机技术基本上还是冯·诺依曼结构的,而不象前面从继电器逻辑到布线逻辑、从布线逻辑到存储逻辑的两个飞跃。远动技术中如充分利用计算机技术的一切硬件和软件技术成果,必将获得更迅速的发展。对于远动工作者来说,掌握最新的计算机技术,是反映远动工作者技术水平的一个重要标志。

第五节 电网调度自动化系统功能简介

电网调度自动化系统的功能,必须与其调度的职能相匹配。由于各级调度的职责不同,因而对其调度自动化系统的功能要求也是不一样的。另外,调度自动化系统的功能也有一个层次,其高一级的功能往往建筑在某些基础功能之上。下面简单介绍各级功能的内容和含义。

一、数据采集和监控 (SCADA) 功能

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 是数据采集和监控的英文缩写,它是调度自动化系统的基础功能,也是地区级或县级电网调度自动化系统的主要功能。它主要包括以下的一些方面。

- (1) 数据采集。包括模拟量、状态量、脉冲量、数字量等。
- (2) 信息的显示和记录。包括系统或厂站的动态主接线、实时的母线电压、发电机的有功和无功出力、线路的潮流、实时负荷曲线、负荷日报表的打印记录、系统操作和事件顺序记录信息的打印等。
- (3) 命令和控制。包括断路器和有载调压变压器分接头的远方操作,发电机有功出力和无功出力的远方调节。
- (4) 越限告警。
- (5) 实时数据库和历史数据库的建立。
- (6) 数据预处理。包括遥测量的合理性的检验、遥测量的数字滤波、遥信量的可信度检验等。
- (7) 事故追忆 PDR (Post Disturbance Review)。对事故发生前后的运行情况进行记录,以便分析事故的原因。

二、自动发电控制和经济调度控制 AGC/EDC

1. 自动发电控制 AGC (Automatic Generation Control)

自动发电控制功能是以 SCADA 功能为基础而实现的功能,一般写成 SCADA+AGC。自动发电控制是为了实现下列目标:

- (1) 对于独立运行的省网或大区统一电网,AGC 功能的目标是自动控制网内各发电机

组的出力，以保持电网频率为额定值。

(2) 对跨省的互联电网，各控制区域（相当于省网）AGC 的功能目标是既要求承担互联电网的部分调频任务，以共同保持电网频率为规定值，又要保持其联络线交换功率为规定值，即采用联络线偏移控制的方式（在这种情况下，网调、省调都要承担 AGC 任务）。

2. 经济调度控制 EDC (Economic Dispatching Control)

与 AGC 相配套的在线经济调度控制是调度自动化系统的一项重要功能。如果说 AGC 功能主要保证电网频率质量的话，那么 EDC 则是为了提高电网运行的经济性。

EDC 通常都同 AGC 相配合进行。当系统在 AGC 下运行较长时间后，就可能会偏离最佳运行状态，这就需要按一定的周期（通常可以设定为 5~10min），启动 EDC 程序重新分配机组出力，以维持电网运行的经济性，并恢复调频机组的调节范围。

三、能量管理系统 EMS (Energy Management System)

EMS 是现代电网调度自动化系统硬件和软件的总称，它主要包括 SCADA、AGC/EDC 以及状态估计、安全分析、调度员模拟培训等一系列功能。SCADA、AGC/EDC 在上面已作介绍，下面只简单介绍 EMS 中的一些其他功能。

1. 状态估计 SE (State Estimator)

根据有冗余的测量值对实际网络的状态进行估计，得出电力系统状态的准确信息，并产生“可靠的数据集”。

2. 安全分析 SA (Security Analysis)

安全分析可以分为静态安全分析和动态安全分析两类。

(1) 静态安全分析。一个正常运行着的电网常常存在着许多潜在危险因素，静态安全分析的方法就是对电网的一组可能发生的事故进行假想的在线计算机分析，校核这些事故后电力系统稳态运行方式的安全性，从而判断当前的运行状态是否有足够的安全储备。当发现当前的运行方式安全储备不够时，就要修改运行方式，使系统在有足够的安全储备的方式下运行。

(2) 动态安全分析。动态安全分析就是校核电力系统是否会因为一个突然发生的事故而导致失去稳定，这个问题显然十分重要。校核因假想事故后电力系统能否保持稳定运行的稳定计算，由于精确计算工作量大，难以满足实施预防性控制的实时性要求，因此人们一直在探索一种快速而可靠的稳定判别方法。

3. 调度员模拟培训 DTS (Dispatcher Training Simulator)

调度员模拟培训系统的主要作用如下：

(1) 使调度员熟悉本系统的运行特点，熟悉控制系统设备和电力系统应用软件的使用。

(2) 培养调度员处理紧急事件的能力。

(3) 试验和评价新的运行方法和控制方法。调度自动化系统的功能是随着电力系统发展的需要和计算机技术及通信技术提供的可能而变化的，电网调度自动化技术的发展，可以使电网运行的安全性和经济性达到更高的水平。

