

现代电力系统自动化丛书

傅书逖 刘 觉

现代电力系统 计算机监控系统

水利电力出版社

现代电力系统自动化丛书

现代电力系统 计算机监控系统

傅书逖 刘 觉

水利电力出版社

现代电力系统自动化丛书
现代电力系统计算机监控系统

傅书逊 刘 觉

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.5印张 97千字

1987年6月第一版 1987年6月北京第一次印刷

印数0001—4610册 定价1.00元

书号 15143·6296

内 容 提 要

电力系统计算机监控系统又称电网调度自动化，是实现电网调度现代化的必不可少的重要工具。我国各级电网调度中心正面临着实现现代化的迫切任务。为了帮助广大电力工作人员学习并掌握这个工具，我们根据国内外经验编写了这本书，试图以深入浅出的方式向读者介绍有关电力系统计算机监控系统的入门知识，希望对于从事这项工作的人员有所帮助。

本书可供有关的管理干部和技术人员阅读和参考。

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联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》、《现代电力系统自动经济调度》、《现代电力系统的保护和自动装置》、《现代火电厂自动化》、《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，得到许多专家和读者提出的宝贵意见，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，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》中的第三分册。编写这本书的目的，是试图以深入浅出的方式向读者介绍有关电力系统计算机监控系统入门知识和国内外经验，希望能对从事电力系统工作的技术人员和领导干部有所帮助。

电力系统计算机监控系统（又称实时控制工程或电网调度自动化）是一门综合性技术，它是在电力系统运行理论、计算机科学、现代控制论和通讯技术的基础上发展起来的。为了掌握这门技术，除了有关电力系统的理论外，还需要对电子计算机原理和程序设计有一定的了解。由于有关电子计算机硬件和软件的技术书籍已经很多，本书将不再从基本原理讲起，而着重说明在电力系统控制系统中对计算机硬、软件的要求与特点。若读者需要对计算机原理作进一步了解时请参阅有关参考书籍。

本书共分九章。第一章（概述）简单回顾了国内与国外发展电力系统计算机监控系统的历史过程，并说明了在电力系统采用计算机进行监控的好处和必要性。

第二章至第七章中针对电力系统计算机监控系统是由计算机硬件、软件其中软件又分系统软件、支持软件和应用软件、远动和通道等构成的，缺一不可的特点，分别介绍电力系统计算机监控系统的各个组成部分。其中第二章至第四章着重说明计算机硬件、信息收集系统和彩色屏幕显示器的构成、要求和特点，第五至七章说明系统软件、支持软件和应用软件的构成、要求和特点。希望读者在读完这七章后能对

整个电力系统计算机监控系统得到一个整体的概念并了解其各个组成部分的互相关系。从事实际技术工作的读者若需对远动和通道技术作进一步了解，请参阅本丛书的第四分册《电力系统数据传输》，若需对电力系统应用软件进一步了解，请参阅本丛书第五、六分册《现代电力系统安全监视和控制》、《现代电力系统自动经济调度》。

由于电力系统计算机监控系统是一项复杂的系统工程，牵涉到许多专业的配合，从规划到取得实效往往需要若干年的时间。为了协调好各方面的工作，达到预定的目标，工程的组织和管理很重要。所以第八章介绍了实施电力系统计算机监控系统的具体步骤和管理方法，可供从事实际工作人员参考。最后一章中还对全书作了小结并提出了今后展望。

对有些新技术的看法我们试图尽量客观介绍，但难免有一定倾向性或错误，欢迎读者指正。

目 录

前言

序言

| | |
|---------------------------------------|----|
| 第一章 概述 | 1 |
| 第二章 计算机系统 | 12 |
| 第一节 引言 | 12 |
| 第二节 计算机监控用计算机（或称过程计算机）的 一般特点 | 12 |
| 第三节 电力系统计算机监控对计算机系统的要求 | 14 |
| 第四节 中央处理机（CPU） | 15 |
| 第五节 主存储器 | 20 |
| 第六节 输入输出控制和总线结构 | 23 |
| 第七节 计算机外围设备 | 28 |
| 第八节 电力系统计算机监控系统专用输入输出设 备和接口 | 32 |
| 第九节 电力系统计算机监控系统的配置和连接 | 35 |
| 第三章 远方终端装置（RTU） | 46 |
| 第一节 引言 | 46 |
| 第二节 循环式与应答式RTU的比较 | 47 |
| 第三节 RTU的主要功能与要求 | 47 |
| 第四节 RTU的硬件与软件 | 52 |
| 第五节 对通道的要求与配置原则 | 53 |
| 第四章 彩色屏幕显示器 | 56 |
| 第一节 引言 | 56 |
| 第二节 彩色屏幕显示器的基本原理 | 56 |
| 第三节 屏幕显示器的附属设备及功能 | 63 |

| | | |
|------|------------------|-----|
| 第四节 | 对彩色屏幕显示器的技术要求 | 65 |
| 第五章 | 系统软件 | 67 |
| 第一节 | 什么是系统软件 | 67 |
| 第二节 | 程序语言 | 68 |
| 第三节 | 程序开发的过程和所使用的软件工具 | 69 |
| 第四节 | 操作系统的概念 | 72 |
| 第五节 | 系统生成及其它服务性程序 | 81 |
| 第六章 | 支持软件 | 83 |
| 第一节 | 什么是支持软件 | 83 |
| 第二节 | 数据库系统 | 84 |
| 第三节 | 人-机联系系统 | 92 |
| 第四节 | 信息收集系统 | 102 |
| 第七章 | 应用软件 | 106 |
| 第一节 | 引言 | 106 |
| 第二节 | 基本SCADA软件 | 106 |
| 第三节 | 有关经济的应用软件 | 108 |
| 第四节 | 有关安全的应用软件 | 111 |
| 第八章 | 工程组织和管理 | 117 |
| 第一节 | 引言 | 117 |
| 第二节 | 功能规划 | 117 |
| 第三节 | 系统设计 | 118 |
| 第四节 | 组装和工厂调试验收 | 121 |
| 第五节 | 现场调试、验收及运行 | 122 |
| 第六节 | 一个国外工程的实际进度 | 123 |
| 第九章 | 小结与展望 | 126 |
| 第一节 | 小结 | 126 |
| 第二节 | 今后展望 | 129 |
| 参考文献 | | 132 |

第一章 概 述

电力系统计算机监控系统（又称实时控制工程或电网调度自动化）是在六十年代初期发展起来的一种新兴技术。早在五十年代，一些西方国家的电力公司为了降低运行成本，发展了电力系统经济运行的计算理论（见文献[1.3]），在此基础上研制了各种类型的模拟式经济调度计算机，曾在许多电力系统中得到广泛应用。

大约在六十年代初期，有些电力公司开始利用数字计算机实现电力系统经济调度，取得了成功。由于数字机运算速度快，精确度比模拟机高，因而比模拟控制机更能节省运行费用。除此以外还能执行一些模拟机所不能执行的功能如定时打印、越限报警等，因而很快地取代了模拟型控制机。在当时，经济调度和自动控制的理论和实践得到了发展，直到现在，多数电力系统仍旧使用等微增率法和 B 系数法来实现在线经济调度。这是电力系统计算机监控系统的开创时期。当时尽管计算机的硬、软件技术还不很完善，远动数量少而精度差（基本上是模拟式的），但是它的应用创造了许多经验，为今后的发展打下了基础。

在六十年代中期美国、加拿大和其它一些国家的电力系统相继发生了大面积停电事故（见表1-1），在全世界引起了很大震动。人们开始认识到，一次大面积停电事故给国民经济造成的损失，远远超过了多少年节煤带来的好处。自此以后，电力系统计算机监控系统的设计思想有了根本的转变，从以考虑经济为主转移到以安全为主。十几年来，各国

的电力工作者和学者们做了大量研究工作，并取得了相当大的进展。

表 1-1 六十年代以来国外电力系统大面积停电事故一览表

| | | | | | |
|----------|--|---------------------------------------|------------|------------------|-----------------------|
| 事故电力系统 | 北美、加拿大联合系统 | 美国 PJM 电力系统 | 纽约市电力系统 | 法国电力局 | 瑞典国家电力局 |
| 发生时间 | 1965年11月9日17时16分 | 1967年6月5日 | 1977年7月13日 | 1978年12月19日8时 | 1983年12月27日12时58分 |
| 停电范围 | 美国东北部8个州及加拿大的一部分(约20万km ²) | 美国东部宾州、新泽西州及马里兰州(20万km ²) | 纽约市 | 法国全国的78% | 瑞典全国大部分 |
| 停电功率(kV) | 约2500万 | 约1000万 | 586万 | 2900万 | 全部火车停运损失达2400万美元 |
| 停电时间 | 13h32min(最大) | 12h(最大) | 25h | 4h | 5h |
| 事故原因 | 线路过负荷 振荡 频率过低 | 线路过负荷 振荡 | 过负荷 误操作 | 电压过低未及时处理，引起系统瓦解 | 过负荷， 计算机不能 正常工作 |

在对“电力系统安全监视与控制”的研究中，比较行之有效的一种新的方法称为“电力系统安全分析”，这是一种基于“预防性控制”的方法。这种方法要求要考虑：在当前的运行方式下可能会出现哪些“预想事故”(Contingency Events)？如果发生了预想事故，可能会出现什么后果(即是否可能进入不安全状态)？如果出现了不安全状态，调度

员应采取什么对策 (Decision) , 才能使电力系统由不安全状态转入安全状态 ?

但是电力系统安全监视和安全分析都必须以可靠的远动信息为基础。如果远动信息不可靠, 就可能作出错误的判断, 甚至导致错误的决策。六十年代发展了大量数字式远动, 这种远动无论精度和可靠性都比模拟式远动有了很大的提高, 六十年代末期随着微处理机的出现, 又发展了基于微机的远方终端(或称Remote Terminal Unit, 缩写为RTU), 使调度中心得到的信息数量和精度都大大超过了旧式的远动。

大量信息进入了调度中心, 如果没有有效的人机联系手段, 将会使调度员淹没在大量数据里。黑白与彩色屏幕显示装置 (CRT) 的采用, 给调度员提供了既形象又醒目的人机联系手段; 调度员坐在CRT之前, 可以监视全电力系统的动态运行情况。在屏幕显示问世以前, 调度员只能通过摸拟盘监视有限的一部分信息; 有了CRT, 使调度员的眼界大大地扩大了。到目前为止, 彩色屏幕显示已经成了电力系统计算机监控系统中不可缺少的一部分。

七十年代以来, 使用计算机进行在线监视控制的电力系统愈来愈多, 技术水平也愈来愈高。不过, 大面积停电事故并没有因此而消灭。1977年7月13日又发生了纽约市第二次大面积停电事故, 这次停电的时间更长, 造成的混乱更大 {请参看文献[1-1], 第四章}。法国电力系统在1978年12月19日也发生了一次大面积停电事故。事故后的分析表明, 尽管有了最现代化的计算机, 但事故的处理还是要靠人去执行的。这种严重的事故十年也难得遇见一次, 而人在慌乱之中却难免会出现误操作。因此人们开始想到应当研制“调度员

表 1-2

国外部分大电力系统调

| 序号 | 投入年月 | 电力公司名称 | RTU 台数 | 主机型式 |
|----|----------|--|----------------|---|
| 1 | 1974年12月 | Bonneville Power Administration (BPA) Portland, Oregon, U.S.A. | 50 40 35 | 2×PDP-10+ 2×PDP-11+ 1×PDP-11+ 2×GEPAC 4010+ 2×GEPAC 3000+ 1×GEPAC 30CS+ 2×SEL85 |
| 2 | 1977年2月 | Swedish State Power Board, Stockholm, Sweden | 185 | 2×SIGMA9+ 2×CDC System17 |
| 3 | 1979年3月 | 匈牙利国家调度中心 Budapest, Hungary | 66 | 2×HIDIC-80 |
| 4 | 1979年6月 | Delmarva Power & Light, Wilmington, Delaware, U.S.A. | 127 | 2×CYBER 173-6 + 4×CDC System17 + Data link to PJM |
| 5 | 1981年1月 | 全苏统一电网调度中心 | | 2×EC-1045 3×EC-1011 |
| 6 | 1981年初 | 法国电力局(EdF) 国家调度中心 Paris, France | | 2×MITRA-125+ 2×Solar 16-40+ 至 七个区调的通道 |

度自动化现状一览表

| 主存容量 (字) | 大容量外 存容量 (MB) | 彩色 CRT (台数) | 动 态 模 拟 盘 | 在 线 功 能 | |
|------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------|----------|
| | | | | 已 运 行 | 计 划 中 |
| 256K/台 28K/台 12K | 31,744 kW | 29 | 西 门 子 Mosaic | AGC,EDC, SBC,SM,CE | |
| 32K/台 24K/台 8K | 1792kW | 7 | | AGC, SM CE, SE | AVC, OLF |
| 48K/台 | 1500kW | | | SBC, SVC | |
| 320K/台 60K/台 | 160/台 | 15 | 西 门 子 Mosaic | SM, SE, OLF, CE | OPF, OSC |
| 96K/台 | 16.4/台 | 3 | 西 门 子 Mosaic | AGC,EDC,SM OLF | |
| 96K/台 40K/台 | 24MW/台 8.8/台 | 23 | Mauell | AGC, EDC, SBC,SM SE, CE, OPF | |
| 2(MB/台) 512K/台 | 15~1000 | 5 | 有 | AGC,SM,CE UC ^② | EDC |
| 128K/台 54K/台 | 100/台 | 10 ^① | 有 | AGC, SM, SE, CE | OPF |

| 序号 | 投入年月 | 电力公司名称 | RTU 台数 | 主机型式 |
|----|---------|--|----------------------------|--|
| 7 | 1981年初 | 西欧联调中心(EGL) Laufenburg瑞士 | | 1×PDP-11/70 2×PDP-11/44 1×VAX-11/750 |
| 8 | 1983年 | Union Electrica-Fencsa, Madrid Spain | 60 | 2×PDP-11/44 2×MC-68000 |
| 9 | 1984年 | Penn-Jersey-Marg-Land Interconnection (PJM), Norristown, Pennsy- lvania, U.S.A. | 不详, 但收集 6000遥测 数据 | 2×IBM-4341-M2 1×IBM-3033 |
| 10 | 1984年9月 | American Electric PowerCo, Columbus Ohio, U.S.A. | 100 | 2×VAX-11/780 + VAX-11/730(备用 AGC)十至四个区调的 通道 2×SEL32/27(3个区调) Harris Slash 7 (1个区调) |

注 AGC—自动发电控制;
ASTA—系统事故自动分析;
AVC—自动电压/无功控制;
CE—安全分析;
EDC—经济调度控制;
LF—潮流;

①全图形。

②离线。

续表

| 主存容量 (字) | 大容量外 存容量 (MB) | 彩色 CRT (台数) | 动 态 模 拟 盘 | 在 线 功 能 | |
|---|-----------------------------------|-------------------|--------------|---------------------------|--|
| | | | | 已 运 行 | 计 划 中 |
| 970KB 256KB | 20MB | 2 | 有 灯 光 | SM, OLF, SE, AGC*, OSC | OPF |
| 1MB | 456MB (uin che- ster) | 4 | 有 灯 光 | AGC, EDC, SM | H-T Schedu- luig ^② CE, LF ^② , SE, OLF |
| 8MB 12MB | 6.2GB 10.2GB | 13 | 有 灯 光 | SM, AGC, EDC, CE | SE, OPF(Q) |
| 750K/台 250K 250K/台 96K(2) 128K(2) 64K(1) | 500/台 131 80/台 240/台 | 20 4 (远方) | 有 | | AGC, ASTA, CE, EDC, OLF, OPF, SBC, SE, SM |

OLF——在线潮流;
 OPF——优化潮流;
 OSC——在线短路;
 SBC——遥控断路器;
 SE——状态估计;
 SM——安全监视;
 H-T Scheduling——水火电调度计划;
 UC——开停机计划。