

全国高等院校水利水电类精品规划教材

FADIANCHANG JISUANJI
JIANKONG

发电厂计算机监控

主编 陈德新 副主编 李延频 王为术



黄河水利出版社

全国高等院校水利水电类精品规划教材

发电厂计算机监控

主 编 陈德新
副主编 李延频 王为术

黄河水利出版社

社

出

5 ·

内 容 提 要

本书主要以水电厂和火电厂为对象,全面介绍发电厂计算机监控的基本知识与技术。全书共分为8章,系统地介绍了发电厂计算机监控技术发展、发电厂计算机监控的基本类型及其特点、计算机监控系统数据采集、监控系统中可编程控制器的应用、现场总线技术、水电厂的计算机监控系统、火电厂的计算机监控系统和监控系统常用的自动化装置。

本书可作为高校热能与动力工程专业、电气工程及自动化专业或自动化专业学生的教材或教学参考书,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂计算机监控/陈德新主编. —郑州:黄河水利出版社,2007.12
全国高等院校水利水电类精品规划教材
ISBN 978-7-80734-271-7

I.发… II.陈… III.发电厂-计算机监控
IV.TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 142501 号

组稿编辑:简 群 电话:0371-66023343 E-mail:w_jq001@163.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm×1 092 mm 1/16

印张:16.50

字数:378 千字

印数:1—1 500

版次:2007 年 12 月第 1 版

印次:2007 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80734-271-7/TM·10

定价:29.00 元

全国高等院校水利水电类精品规划教材 编审委员会

主 任 刘德富 刘汉东

副主任 黄 强 吴泽宁 文 俊 左战军

委 员 (以姓氏笔画为序)

丁光彬 于雪涛 王海军 尹志刚

田 斌 刘传林 刘福胜 刘廷玺

孙明权 许光祥 陈春柏 辛全才

杨国范 杨路华 张 丽 张京穗

侍克斌 程吉林 赖喜德 樊鸣放

前 言

目前,中国的电力生产能力已居世界第二位,随着中国经济的高速发展,中国电力工业发展仍有相当大的潜力和市场,但面对越来越激烈的市场竞争、越来越严格的环境保护要求,电力生产自动化水平和管理水平的不断提高将越来越重要。发电厂采用计算机监控是发电厂现代化生产的必然要求,计算机监控使发电厂的自动化程度大大提高,还可以提高发电厂的运行效率,计算机监控还为实现发电厂无人值班或少人值守奠定基础。计算机监控技术已经成为现代化发电厂的核心技术之一,从事各类能源转换与发电的技术人员掌握计算机监控技术是非常重要的。

本书由华北水利水电学院徐维晖编写第一章、第二章、第六章第一节;王为术博士编写第三章、第七章第一节;中国农业大学李小芹编写第四章和第八章第三节~第五节;李延频编写第五章;许昌学院马俊朋编写第六章第二节~第四节;刘清欣编写第七章第二节~第七节;任岩编写第八章第一节、第二节。

本书由陈德新教授担任主编,陈德新、李延频统稿。

本书在编写过程中,查阅了大量的文献、资料,参考和引用了有关书籍的部分内容,并且得到了有关自动化设备生产厂家的指导和大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中难免存在疏漏或不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2007年8月

目 录

前 言

第一章 发电厂计算机监控技术及发展概述	(1)
第一节 发电厂生产过程自动化的特点及控制要求	(1)
第二节 国内外发电厂计算机监控的发展概况	(4)
第三节 发电厂计算机监控系统的功能	(8)
第四节 发电厂实行计算机监控的意义与效益	(11)
复习思考题	(13)
第二章 发电厂计算机监控系统的基本分类	(14)
第一节 发电厂计算机监控的基本类型及其特点	(14)
第二节 发电厂计算机监控的系统结构	(24)
第三节 计算机控制系统的基本要求	(34)
复习思考题	(36)
第三章 计算机监控系统数据采集	(37)
第一节 发电厂测试技术概述	(37)
第二节 计算机监控系统过程通道	(41)
第三节 模拟量输入输出通道	(48)
第四节 开关量输入输出通道	(53)
第五节 计算机数据采集系统	(65)
复习思考题	(72)
第四章 可编程序控制器的应用	(73)
第一节 可编程序控制器概述	(73)
第二节 可编程序控制器的工作原理	(75)
第三节 可编程序控制器的指令系统	(84)
第四节 可编程序控制器的编程	(89)
复习思考题	(93)
第五章 现场总线控制系统及发电厂监控系统的通信	(94)
第一节 现场总线控制系统概述	(94)
第二节 几种典型的现场总线	(98)
第三节 PROFIBUS 总线	(101)
第四节 发电厂计算机监控系统的通信网络技术	(119)
第五节 基于 PROFIBUS 的总线工业控制系统实例	(129)
复习思考题	(132)
第六章 水电厂的计算机监控系统	(133)
第一节 水电厂的信息源	(133)
第二节 水电厂的分层分布式监控系统	(140)

第三节	水电厂电厂控制级·····	(144)
第四节	水力发电厂计算机监控的现地单元·····	(164)
复习思考题	·····	(179)
第七章	火电厂的计算机监控系统·····	(180)
第一节	火电厂的信息源与测点分布·····	(180)
第二节	火电厂电厂级计算机控制系统·····	(185)
第三节	火电厂单元机组的协调控制系统·····	(196)
第四节	火电厂单元机组的联动控制·····	(200)
第五节	火电厂顺序控制系统 ·····	(203)
第六节	火电厂计算机监控的现地单元·····	(208)
第七节	典型火电厂分散控制系统及应用·····	(215)
复习思考题	·····	(225)
第八章	发电厂自动化装置及其在监控系统的应用·····	(227)
第一节	微机自动巡回检测装置·····	(227)
第二节	微机交流电量采集装置·····	(231)
第三节	微机同期装置·····	(235)
第四节	微机励磁调节·····	(244)
第五节	自动化装置与计算机监控系统的通信·····	(251)
复习思考题	·····	(253)
参考文献	·····	(254)

第一章 发电厂计算机监控技术及发展概述

电力是现代社会的必需品。发电厂是电能生产的工厂,发电的过程是把各种不同形式的能量如水能、热能等转换成电能。发电厂可以利用的能源有多种,通常发电使用的能源有煤炭、天然气、石油类化学燃料、原子能、水能、风能、海洋能、地热能、太阳能等,根据发电能源可分为水力发电厂、火力发电厂、原子能发电厂、风力发电厂、太阳能发电厂等。在我国,目前起主导作用的仍是用煤炭作燃料的火力发电厂和用水力作能源的水力发电厂。

截至 2006 年底,中国发电装机容量达到 6.22 亿 kW,同比增长 20.3%,同时首批国产超临界百万千瓦机组相继投运,标志着中国电力工业技术装备水平和制造能力进入新的发展阶段。

2006 年,中国发电量达到 28 340 亿 kWh,同比增长 13.5%。其中,水力发电量约占全部发电量的 14.7%;火力发电量约占全部发电量的 83.17%;核发电量约占全部发电量的 1.92%;其他发电量约占全部发电量的 0.21%。

目前,中国的电力生产能力已居世界第二位,随着中国经济的高速发展,中国电力工业发展仍有相当大的潜力和市场,但面对越来越激烈的市场竞争、越来越严格的环境保护要求,电力生产自动化水平的提高和管理水平的不断提高将越来越重要。发电厂采用计算机监控是发电厂现代化生产的必然要求,同时计算机监控使发电厂的自动化程度大大提高,还可以提高发电厂的运行效率,也为实现发电厂无人值班或少人值守奠定基础。

发电厂是一种特殊的工厂,它的生产系统比一般工厂复杂,各系统之间的联系比一般工厂紧密,发电厂的控制要求不但要求有很高的速动性、精确性,也要求各系统之间有很好的协调性与联合锁定(本专业简称“联锁”)性。因此,研究发电厂计算机监控时,首先要了解发电厂的生成过程及其特点。

第一节 发电厂生产过程自动化的特点及控制要求

不同形式的发电厂,其电能生产的过程不同。这里主要介绍火电厂与水电厂的生产过程。

一、火电厂的生产过程及控制要求

火力发电是电力生产的主要组成部分,是指使用化石燃料(即煤炭、石油、天然气)通过燃烧释放出热能加热工质,再通过热力原动机驱动发电机的发电方式。原动机主要是锅炉和汽轮机,燃汽轮机或内燃机。

现代化的火力发电厂是一座自动化程度较高的电能生产工厂,规模大、系统复杂、设备多。以燃煤火电厂为例,其生产系统可包括燃烧系统、汽水系统和电气系统。

(一)火电厂生产系统的构成

1. 燃烧系统

燃烧系统的主要任务是利用煤的燃烧,将水变成蒸汽,把化学能变为热能。燃烧系统包括燃料制备、燃料输送、通风、烟气和除灰等系统。

2. 汽水系统

汽水系统又称热力系统,是火电厂的动力部分的核心,其主要任务是产生蒸汽推动汽轮机做功,把热能转换为旋转机械能,带动发电机旋转,产生电能。汽水系统包括由锅炉、汽轮机、凝汽器、给水泵等组成的汽水循环系统、冷却系统和水处理系统。

3. 电气系统

电气系统的主要任务是发电机接受汽轮机传递的旋转机械能产生电能,并合理地实现发电、变电、输电和用电。电气系统主要由发电机、变压器、线路、配电装置和各类开关、互感器及电工仪表所组成。

由此可见,火电厂主要由炉、机、电三大部分组成,除了主设备之外,还有很多辅助设备系统与之配合,保证主机安全运行与发电设备的稳定性。

(二)火电厂的控制特点与要求

火电厂生产系统的特点是能量转换的过程比较复杂,系统庞大,炉、机、电三大系统之间相互联系。这就为整个火电厂的控制带来很大的困难。很难设想用一套控制设备把全厂的设备全部控制起来,因此火电厂的控制历来是由几个相对独立又相互联系的控制系统进行控制。火电厂的控制系统一般有燃烧监控系统、送风控制系统、给水监控系统、蒸汽温度监控系统、炉膛压力控制系统等。根据火电厂生产过程的特点,各系统之间的控制需要协调一致,但一个设备调整时,与之相关的设备要跟着调整;另外,当操作一个设备时,要看与之相关的设备受到何种影响,相关设备允许不允许这台设备操作、要不要与这台设备联动等,这要求火电厂的控制系统要具有协调性和联锁性。因此,单元机组的协调控制系统与控制联锁是火电厂控制的一大特点。例如炉、机协调控制系统,要求协调锅炉、汽轮机的运行,在负荷变化较大时,能维持两者间的能量平衡、保证主蒸汽压力的稳定;协调机组内部各子控制系统(燃料、送风炉膛压力、给水、气温等控制系统)的控制作用,在负荷变化过程中使机组的主要运行参数被控制在允许的范围内,以确保机组有较高的效率和可靠的安全性;协调外部负荷请求与主/辅设备的实际能力的关系,在机组主/辅设备受到出力限制的情况下,根据实际情况,限制或强迫改变机组负荷。

二、水电站的生产过程及其控制要求

(一)水电站的生产过程

水电站是利用水能生产电能的工厂。水电站建成以后,水库中具有一定能量的水通过过流部件(引水管道和蜗壳)流入水轮机,驱动水轮机旋转将水能转变为机械能,再通过发电机将机械能转变为电能,最后通过变电、送电设备将电能送到用户。水电站的生产过程包括四个部分,它们之间的关系如图 1-1 所示。

这四个部分的具体作用如下所述:

(1)集中能量。河川径流是由集水区域、降水量及其他影响径流的因素综合决定的。

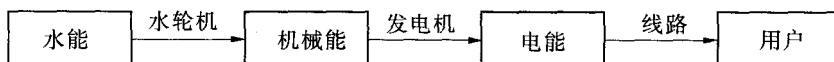


图 1-1 水电站的生产过程方框图

修建相应的水工建筑物可以汇集水量、集中水头,从而达到集中能量的目的。

(2)输入能量。将集中的水能通过引水管道和蜗壳输送到水轮机,使水轮机旋转,从而产生机械能,产生能量的大小与流量和水头有关。

(3)变换能量。水轮机旋转时带动同轴的发电机旋转,将机械能转换为电能。这是水电站生产过程中最重要的一个环节。

(4)输送电能。这是水电站生产的最后一个环节,就是把水电站发出的电能经过变电、配电送到电力系统或用户的过程。在这个环节中没有能量的转换,只是改变电能的参数。

(二)水电厂的动力设备

1. 主机设备

水轮机和发电机是水电厂电能生产过程中最主要的动力设备,因此把水轮机和发电机称为“主机”。水轮机是水电站的“心脏”,水流的能量通过水轮机时,产生旋转机械能,带动发电机旋转产生电能。水电厂的发电机一般采用三相交流同步发电机,它所产生的电能以固定的频率和电压输送到电力系统,再送到各个用户。

2. 水轮机调速器及其系统

水轮发电机运行过程中,必须保证电能的质量,即必须保证稳定的电压和频率。频率与水轮发电机的转速有关,要保持供电频率不变,就必须通过水轮机调速器根据外界负荷的变化自动调整水轮机导水叶的开度,调节进入水轮机的水量。调速器还担负开停水轮发电机组的任务。在水电厂中,调速器是调节水轮发电机组转速或有功功率的重要自动化装置。

3. 水电厂的辅助设备

辅助设备是水电厂必不可少的设备。为了保证主机的正常运行,水电厂设有油、气、水系统,称之为机组的辅助设备系统。油系统又分为透平油系统和绝缘油系统,透平油的作用是油压设备的操作、机组及其他转动设备的轴承的润滑和冷却;绝缘油的作用是变压器等电气设备的绝缘、冷却和油断路器设备的灭弧。

水系统又分为技术供水系统和排水系统。供水系统的任务主要是供给机组运行时所需要的冷却水、润滑水、消防水等;排水系统的任务主要是排出厂房和水系统的漏水和生产用过的水。

气系统即压缩空气系统,压缩空气在水电厂有着广泛的用途,如调速器油压装置中的充气、机组的制动用气、空气断路器的操作和灭弧;此外,还为风动工具、设备清扫供气。

水电厂的电气系统与火电厂的电气系统基本相同,不再赘述。

(三)水电厂的控制特点与要求

水电厂的生产过程是实现水能、机械能与电能的转换。与火电厂的生产过程相比,水电厂的生产过程要简单得多。水流通过水轮机产生旋转机械能,直接带动发电机发电。

大中型水轮发电机组采用直连方式,水轮机与发电机组成一个同步旋转的整体。因此,水力机组的特点是运行灵活、启停迅速、操作简便、自动化程度高。也正是这种特点,使水力机组通常在电力系统中担负调峰、调频的任务,这就使机组的负荷经常变化,而且机组会经常启停,与之相关的控制系统则要求快速、准确。水电机组各系统之间的协调比较容易,各部分的联锁也相对简单,但水电厂控制系统自动化程度要求较高。

第二节 国内外发电厂计算机监控的发展概况

一、水电厂计算机监控的发展概况

从 20 世纪 70 年代起,计算机监控在国外一些水电厂已取得了实质性的进展,出现了用计算机控制的水电厂。最初,由于计算机比较贵,全厂只用一台计算机实现对主要工况的监视和操作,通常不实现闭环调节控制。后来,随着计算机性能改善和价格下降,出现了采用多台小型计算机实现闭环调节控制的水电厂,其代表是美国总装机容量达 6 150MW 的大古力水电厂。随着高性能计算机的出现,微机在水电厂监控系统中得到普通的应用。现在,新投入的水电厂大都采用由多台计算机构成的计算机控制系统。世界各国的发展是不平衡的,目前还缺乏关于水电厂实现计算机监控的完整统计资料。就国家来说,美国、法国、日本和加拿大等国在这方面是比较领先的。

我国水电厂计算机监控系统的研制工作起步较晚。在 20 世纪 70 年代末,原水电部就组织了南京自动化研究所(现改为电力自动化研究院)、长江流域规划办公室(现改为长江水利委员会)和华中工学院(现改为华中科技大学)研究葛洲坝水电厂采用计算机监控系统问题。随后,中国水利水电科学研究院(简称水科院)自动化研究所开始了富春江水电厂计算机监控系统的研制工作;天津电气传动设计研究所(简称天传所)也开始了永定河梯级水电厂计算机监控系统的研制工作。这些监控系统于 20 世纪 80 年代先后投入运行。

与此同时,也引进了一些国外研制的监控系统。采用 GAE 公司产品的有葛洲坝大江电厂、隔河岩水电厂和龚嘴梯调;采用西门子公司产品的有鲁布革水电厂、广州抽水蓄能电厂(二期)、龚嘴水电厂;采用 ABB 公司产品的有潘家口、天生桥二级、溪口、宝兴河梯调和二滩等水电厂;采用贝利公司产品的有十三陵抽水蓄能电厂和天荒坪抽水蓄能电厂;采用法国 CEGELEC 公司产品的有广州抽水蓄能电厂(一期)、葛洲坝水电厂;采用依林公司产品的有小浪底水电厂。

十多年来,国内的研制工作也取得了很大的成就,已投运的几十个计算机监控系统中大多数是由国内单位研制的。技术水平也有了很大的提高,达到了国外 20 世纪 90 年代的水平。许多新技术,如分层分布处理、分布式数据库、开放式系统、网络结构、多媒体、专家系统等,都得到了相应的应用。电力自动化研究院和水科院自动化研究所还推出了自己的系列产品,不仅在国内有广泛的应用,而且还出口国外。

目前的大中型水电站几乎都实现了计算机监控,已有超过 40 座大型水电厂实现了计算机监控,详见表 1-1。根据 DL/T5065—1996《水力发电厂计算机监控系统设计规定》,

今后设计的“总装机容量为 250MW 及以上的大型水电厂应采用计算机监控系统,有条件按集中控制设计的梯级水电厂或水电厂群宜采用计算机控制系统”。

表 1-1 我国大型水电厂(250MW 以上)计算机监控系统投运情况

序号	电厂名称	装机容量(MW)	供货单位	投运年份
1	二滩水电厂	$6 \times 550 = 3\,300$	ABB 公司	1998
2	李家峡水电厂	$5 \times 400 = 2\,000$	电力自动化研究院	1996
3	天荒坪抽水蓄能电厂	$6 \times 300 = 1\,800$	Bailey(贝利)公司	已投运
4	葛洲坝大江水电厂一期、二期	$14 \times 125 = 1\,750$	CAE 公司 电力自动化研究院	1992 1998
5	白山水电厂	$5 \times 300 = 1\,500$	中国水利水电科学研究院	1997
6	水口水电厂	$7 \times 200 = 1\,400$	SI 公司、电力自动化研究院	1997
7	天生桥二级水电厂	$6 \times 220 = 1\,320$	ABB(SC)公司	已投运
8	龙羊峡水电厂一期、二期	$4 \times 320 = 1\,280$	中国水利水电科学研究院	1992 1996
9	五强溪水电厂	$5 \times 250 = 1\,250$	Landis 和 Gyr 公司	1994
10	漫湾水电厂	$5 \times 250 = 1\,250$	电力自动化研究院	1993
11	刘家峡水电厂	$3 \times 225 + 1 \times 300 + 1 \times 250 = 1\,225$	哈尔滨电力自动化研究所	已投运
12	隔河岩水电厂	$4 \times 300 = 1\,200$	CAE 公司	1994
13	天生桥一级水电厂	$4 \times 300 = 1\,200$	电力自动化研究院	1997
14	岩滩水电厂	$4 \times 300 = 1\,200$	电力自动化研究院	1997
15	广州抽水蓄能电厂(一期)	$4 \times 300 = 1\,200$	CEGELEC 公司	1995
16	万家寨水电厂	$6 \times 180 = 1\,080$	电力自动化研究院	1998
17	葛洲坝二江电厂一期、二期	$2 \times 170 + 5 \times 125 = 965$	电力自动化研究院	1989 1994
18	丹江口水电厂	$6 \times 150 = 900$	电力自动化研究院	1990
19	丰满水电厂	约 800(10 台)	东北勘测设计研究院	1995
20	安康水电厂(二期)	$4 \times 200 = 800$	中国水利水电科学研究院	1999
21	新安江水电厂	约 800	华东电力试验研究院	1992
22	十三陵抽水蓄能电厂	$4 \times 200 = 800$	Bailey(贝利)公司	1997
23	乌江渡水电厂	$3 \times 210 = 630$	电力自动化研究院	1993
24	鲁布革水电厂一期、二期	$4 \times 150 = 600$	西门子公司 电力自动化研究院	1990 1998
25	铜街子水电厂一期、二期	$4 \times 150 = 600$	电力自动化研究院	1992 1997

续表 1-1

序号	电厂名称	装机容量(MW)	供货单位	投运年份
26	莲花水电厂	$4 \times 130 = 520$	电力自动化研究院	1996
27	托溪水电厂	447.5	华中理工大学	1998
28	潘家口水电厂	$1 \times 150 + 3 \times 90 = 420$	ABB 公司、电力自动化研究院	1998
29	凤滩水电厂	$4 \times 100 = 400$	中国水利水电科学研究院	1994
30	大东江水电厂	$4 \times 100 = 400$	中国水利水电科学研究院	1997
31	三门峡水电厂	$2 \times 75 + 5 \times 50 = 400$	电力自动化研究院	1995
32	万安水电厂	$4 \times 100 = 400$	电力自动化研究院	1997
33	大峡水电厂	$4 \times 75 + 24 = 324$	电力自动化研究院	1996
34	新丰江水电厂	$2 \times 85 + 2 \times 75 = 320$	电力自动化研究院	1994
35	沙溪口水电厂	$4 \times 75 = 300$	电力自动化研究院	1992
36	江垭水电厂	$3 \times 100 = 300$	电力自动化研究院	1998
37	宝珠寺水电厂	$4 \times 75 = 300$	中国水利水电科学研究院	1996
38	富春江水电厂一期、	$5 \times 60 = 300$	中国水利水电科学研究院	1984
	二期、			1990
	三期			1998
39	紧水滩水电厂	$6 \times 50 = 300$	中国水利水电科学研究院	1997
40	太平驿水电厂	$4 \times 65 = 260$	电力自动化研究院	1997

二、火电厂计算机监控的发展概况

计算机在火电厂中的应用,开始于 20 世纪 50 年代末。1958 年 9 月,美国斯特林 (Sterling) 电厂安装了第一套计算机安全监测系统,1962 年美国小吉普赛电厂进行了第一次计算机控制的尝试。从那时起,火电厂开始了计算机监控的发展历程。

20 世纪 70 年代初期,微电子技术的重大突破,大规模集成电路的发展,微型计算机和微处理器的出现,为数字控制提供了体积小、功能强、可靠性高、价格低廉的各类半导体芯片和计算机系统,为发展分散控制系统奠定了坚实的物质基础。另外,CRT 显示技术和数字通信技术的进一步发展,也为分散控制系统的研究提供了更加完备的条件。在控制论、信息论、系统工程等理论的指导下,以综合自动化为目标,按照分解自治和综合协调的设计原则,经过数年努力,美国霍尼威尔 (Honeywell) 公司于 1975 年率先研制出世界上第一套计算机分散控制系统 TDC-2000。此后,各种分散控制系统如雨后春笋般不断涌现。

20 世纪 80 年代,超大规模集成电路集成度的提高、微处理器运算能力的增强、计算机网络技术的进步以及市场需求的推进,给分散控制系统的发展带来新的生机,分散控制系统的第二代产品替代第一代产品正是这一成长阶段的具体表征。第二代分散控制系

统,有的是新设计开发的,有的是在第一代产品的基础上引进新技术、扩展新功能、提高可靠性升级而成的。代表产品有:霍尼威尔(Honeywell)公司的 TDC-3000,泰勒(Tylor)公司的 MOD300,日立公司的 HIACS-3000,西屋(Westing House)公司的 WDPF,横河公司的 YEWTORIA,I&N 公司的 MAX-1,西门子(Siemens)公司的 Teleperm-ME,等等。

20 世纪 80 年代中后期,分散控制系统不断完善,这一时期的代表产品有:霍尼威尔公司的 TDC-3000/PM,贝利公司的 INFI-90,福克斯渡(Foxboro)公司的 I/A Series,横河公司的 Centum-xl,西门子公司的 Teleperm-XP,ABB 公司的 Procontrol-P,德国 Hartman and Braun 公司的 Contronic-E,等等。

我国火电厂热工过程自动化方面的计算机应用起步于 1964 年,之后的发展大体经过以下三个阶段:

(1)研究试点阶段。1964 年,国家科委下达在上海南市电厂的 12MW 燃煤机组上进行计算机应用试验的指令。与此同时,水电部确定在北京市石景山高井电厂 100MW 的 3 号燃煤机组上进行计算机应用的试点研究,当时采用的计算机是国产电子管小型计算机,平均无故障运行时间仅 50h,计算机系统的主要功能是数据采集,也做了一些闭环控制方面的试验。之后,又在陕西秦岭电厂、辽宁清河电厂进行了一些试验,由于计算机与自动化元件的原因,都未取得理想的效果。

(2)工程试验阶段。1984 年,在唐山都河电厂 8 号机(200MW)进行了计算机的工程试点,计算机系统的功能主要是数据采集,计算机是华南计算机公司引进技术的 Solar-16,系统的无故障运行时间 MTBF 可提高到 2 160h,主机为 4 320h。1985 年,在江苏望亭电厂分散控制系统的工程试验,所用 DCS 系统是西屋公司的 WDPF,实现了数据采集和模拟量控制。

(3)应用推广阶段。20 世纪 80 年代中期后,计算机在我国火电厂的应用得到了逐步扩大和推广。1986 年以来,我国一批大型火力发电机组陆续采用了分散控制系统,例如:江苏望亭电厂和广东黄埔电厂的 300MW 机组采用了 Wdpe 系统;上海石洞口电厂的 300MW 和 600MW 机组、江苏利港电厂的 350MW 机组以及大坝电厂的 300MW 机组都采用了 Net-work-90 系统;安徽平圩电厂 600MW 机组采用了 Spectrum 系统;华能福州电厂 350MW 机组采用了 MIDAS-8000 系统;湖北阳逻电厂 300MW 机组采用了 HIACS-3000 系统;深圳妈湾电厂 300MW 机组采用了 INFI-90 系统;沙岭子电厂 300MW 机组和漳泽电厂 200MW 机组采用了 TDC-3000 系统;外高桥电厂 300MW 机组采用了 MAX-1 系统。这些系统的应用,在不同程度上提高了单元火力发电机组的数据采集与处理、生产过程控制、逻辑控制、监视报警、联锁保护及操作、管理的能力和水平,加速了我国火力发电生产自动化的发展。

目前,国内新建的大型火力发电机组普遍采用分散控制系统,以适应我国电力工业发展的现状。但除了一些中小型火电机组采用我国自行研制的分散控制系统外,许多大型火力发电厂分散控制系统的设备来源主要靠国外进口。一方面,在国际市场众多的产品,应当选择那些具有先进性、可靠性、适用性,具有火力发电机组控制经验和实绩,并具有国内合作实体与技术支撑的分散控制系统,将有利于我国电力工业自动化的健康发展。另一方面,应当加快开发研制我国自己的大中型系列火力发电机组分散控制系统。

“LN2000 分散控制系统”是我国鲁能控制公司与华北电力大学联合完成的火电厂控制系统。LN2000 分散控制系统融计算机、网络、控制以及现场总线技术于一体,具有开放的结构、分散的 I/O 模块、方便的人机界面、灵活的控制组态和其他强大的软件功能,功能涵盖机、炉、电、辅机 MCS、SCS、BMS、ETS、ECS、DAS 等,特别适用于各种容量机组的电厂控制,也适用于一般工业过程的自动控制。其系统结构合理,技术先进、稳定可靠,技术指标达到甚至部分超过国内同类产品,拥有全部自主知识产权。截至 2004 年 11 月底, LN2000 分散控制系统已成功推广应用了 15 套,有 6 套正在实施,用户反应良好。

第三节 发电厂计算机监控系统的功能

一、水电厂计算机监控系统的功能

水电厂计算机监控系统需要实现的功能与水电厂的装机容量、机组台数、在电力系统中的重要性及承担任务的复杂性(如发电、航运、防洪、灌溉等因素)有关。以下介绍它可能实现的功能,具体需要的功能要根据上述因素来确定,不能一概而论。

(一)数据的采集与处理

水电厂各运行设备的参数需要经常进行巡回检测,校核它们是否异常(越限),还要对数据库进行更新。这些参数有电量和非电量之分。电量包括 SDJ 9—87《电测量仪表装置设计技术规程》中规定的应在中控室监视的参数;非电量包括机组各轴承的油温及部分瓦温,机组的部分定子绕组和铁芯温度,机组冷却器的部分冷风和热风温度,机组的流量、振动、摆度,主变压器油温,上、下游水位和需监视启闭过程或位置的闸门开度等。

(二)开关量监视记录和事件顺序记录(Sequence of Events,简称 SOE)

监控系统需要监视记录的开关量有机组运行工况(停机、发电、调相、抽水等)、各断路器和隔离开关的位置信号、主要设备的事故和故障信号、监控系统的故障信号。事故、故障信号及重要位置状态信号一般采用带中断的输入,一旦这些信号发生变化,立即进行采集处理,并对断路器的位置信号、继电保护和安全自动装置的动作进行顺序记录,以便事后对事故进行分析。

(三)事故追忆和故障录波

发生事故时,对一些与事故有关的参数的历史值和事故期间的采样值进行显示和打印,主要有重要线路的电压、电流、频率和机组的电压、电流等。

(四)正常的控制和操作

对全厂主要机电设备和油、气、水、厂用电等辅助系统的各种设备进行控制和操作。它们是机组工况的转换(如开机、停机、发电转调相、调相转发电、发电转抽水、抽水转发电等)、机组的同步并列、断路器和隔离开关的分合、机组辅助设备的操作、机组有功功率和无功功率的调整、变压器分接头有载调节等。

(五)紧急控制和恢复控制

机组发生事故和故障时应能自动跳闸和紧急停机。电力系统发生故障或失去大量负荷时(如频率过低或过高),能迅速采取校正措施和提高稳定措施,如增加机组出力、投入

备用机组、将机组转入调相运行、切除机组等,使电力系统及时回到安全状态。当系统稳定后,进行恢复控制,使电厂恢复到事故前的运行工况。

(六)自动发电控制(Automatic Generation Control,简称 AGC)

水电厂自动发电控制的任务是,在满足各项限制条件的前提下,以迅速、经济的方式控制整个水电厂的有功功率来满足电力系统的需要。控制整个水电厂的有功功率应包括机组的合理启停,它包含了实现水电厂的经济运行。其主要内容如下:

(1)根据给定的水电厂需发功率,考虑调频和备用容量的需要,计算当前水头下水电厂的最佳运行机组数和组合。

(2)根据水电厂供电的可靠性、设备(特别是机组)的实际安全和经济状况确定应运行机组的台号。

(3)在应运行机组间实现负荷的经济分配。

(4)校核各项限制条件,如机组空蚀振动区、下游最小流量、下游水位变化等,不满足时进行各种修正。

(七)自动电压控制(Automatic Voltage Control,简称 AVC)

自动电压控制是在满足水电厂和机组各种安全约束条件下,比较高压母线电压实测值和设定值,根据不同运行工况对全厂的机组做出实时决策(改变励磁),或改变联络变压器分接头有载调节位置,以维持高压母线电压的设定值,并合理分配厂内各机组的无功功率,尽量减少水电厂的功率消耗。

(八)人机接口

人机接口是运行人员对全厂生产过程进行安全监控,维修人员对监控系统进行管理、维修、开发的必需手段。它包括以下内容:①系统控制权的设置和切换;②机组及重要设备的状态设置;③测点和设备的投运;④参数整定值和限值的修改;⑤电厂运行方式的设置和切换;⑥显示各种画面;⑦各类打印和报表;⑧操作票显示和在线修改;⑨机组启停和工况转换操作;⑩断路器及隔离开关的开断、关合操作;⑪机组有功功率和无功功率的调整;⑫AGC 和 AVC 功能设置及参数设定;⑬故障和事件报警处理。

(九)通信

监控系统应能与网调、梯调、水情测报系统、溢洪闸门控制系统、大坝安全监测系统、航运管理系统、厂内技术管理系统等实现通信。

监控系统内部通信,包括电厂级与现地控制单元级之间及现地控制单元与调速器、励磁调节器、同步并列装置之间的通信。

(十)自诊断

应具备完善的自诊断能力,及时发现自身故障,并指出故障部位;还应具备自恢复功能,即当监控系统出现程序死锁或失控时,能自动恢复到原来正常运行状态。

(十一)仿真培训

正常情况下,水电厂均由计算机监控系统进行监控,运行人员一般不进行什么操作,久而久之,他们对操作变得生疏,一旦需要,如监控系统发生故障,往往会不知所措,因此需要定期进行仿真培训,新来人员更需如此。

仿真培训功能是在不涉及水电厂生产设备的情况下,对水电厂运行和检修人员进行

基本知识技能、模拟操作和事故处理等方面的培训,以提高水电厂人员的素质,保证水电厂安全运行。利用计算机仿真技术作为培训手段在水电厂日益获得重视,在不少水电厂中得到应用,如委内瑞拉的古里水电厂、中国的葛洲坝水电厂等。

(十二)自动处理水电厂事故

自动处理水电厂事故是一项难度极大、目前尚处于研究探讨阶段,但潜在意义极大的功能。

水电厂发生事故后往往需要在极短时间(几秒或几十秒)内对事故情况做出正确判断,及时采取有效措施,防止事故扩大,并转入安全工况运行。目前,这些均由运行人员进行人工处理。但人的反应能力有一定的局限性,不可能在这么短的时间内掌握并处理大量信息,并对事故情况做出正确的判断,更谈不上采取及时有效的处理对策了。而事故处理的好坏在很大程度上又取决于运行人员的经验和临场控制的能力。特别是在发生重大事故时,运行人员处于高度紧张的状态下,很容易产生失误,结果导致事故的进一步扩大,造成极其严重的后果,许多事例说明了这一问题的严重性。即使不发生失态,运行人员采取各项措施不一定都是最合适的。因此,需要建立一套科学的自动处理事故的手段,它是以科学规则和准则为基础的,自动寻找最佳的处理策略,以期达到最佳的效果。这样的手段无疑将受到水电厂广大人员的极受欢迎。

计算机的人工智能专家系统正是解决这类问题的良好帮手。它可以迅速地对收集到的每一个报警信息,根据其对事故的重要性和紧急程度进行相关处理和排除,把一些无关紧要的信息屏蔽掉,再对剩下的信息进行综合分析。根据存在计算机内的操作规程、事故处理规程、过去处理事故的经验和实例以及一些准则,推出相应的事故处理对策。

水电厂的故事是千变万化的,有关的信息量是很大的,时间又那么紧迫,因此进行自动处理事故工作的难度也是很大的,可以分几步走,先易后难,逐步取得经验,进一步加以完善。可以先对一些较常见的事故,事先拟定一些处理对策,存在计算机内。当出现这类事故时,自动推出对策,揭示给运行人员,由他们采取相应的行动,实现所谓的开环指导。我国葛洲坝二江电厂已经开始实现这种部分事故的开环指导处理,这项工作有待今后进一步深入研究和实践。

二、火电厂计算机监控系统的功能

火电单元机组计算机监控系统的主要功能是控制(Control)、报警(Alarm)、监测(Monitoring)和保护(Protect)四个方面,简称为CAMP。具体应包括下列功能系统:

(1)数据采集系统 DAS(Data Acquisition System)。通过各种测量元件、传感器、变送器、开关触点或继电器等将生产过程的模拟量或开关量信号采集处理,供系统监视、保护和调节、控制时使用。

(2)机组协调控制系统 CCS(Coordinated Control System),又称模拟量控制系统 MCS(Modulating Control System)或闭环控制系统。指机炉闭环控制系统总体,包括燃烧控制、给水控制、汽温控制、辅机控制等,使锅炉、汽机之间的能量保持平衡外,也对主辅设备异常工况进行联锁保护。

(3)顺序控制系统 SCS(Sequence Control System),主要对电厂的各个辅机子系统进行