

 西安交通大学“十一五”规划教材
能源与动力工程系列教材

电厂热工过程控制系统

主编 巨林仓
编者 刘齐寿 杨清宇
张 钊



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安交通大学“十一五”规划教材
能源与动力工程系列教材

电厂热工过程控制系统

主编 巨林仓
编者 刘齐寿 杨清宇
张 钊

83 82883096 (总编办)

西安交通大学出版社

http://www.xjtu.edu.cn

(029)82883280

(029)82883280 (总编办)

西安交通大学出版社

787mm×960mm 1/16 印张14 插页1页 280字

2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷

ISBN 978-7-5603-3076-2/TM·77

32.00元

西安交通大学出版社
地址：西安市咸宁西路28号
邮编：710048
电话：(029)82883280
网址：http://www.xjtu.edu.cn
电子邮箱：xjtu@126.com

西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书力图体现火电厂自动化系统和热工控制内容概貌。从火电机组的自动化内容入手,介绍了实现火电机组自动控制的典型 DCS;阐述了协调控制、锅炉给水控制、汽温控制、燃烧控制、汽轮机控制、旁路控制、给水泵汽轮机控制的原理和系统组成;介绍了机组顺序控制系统、安全监控系统的功能和组成原则;同时结合控制系统原理和应用,给出了控制系统实例。

全书图文并茂,理论联系实际,特别注重原理和工程实用性。本书可作为高等学校能源与动力工程专业“电厂热工控制系统”课程教材,也可供相关科技人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电厂热工过程控制系统/巨林仓主编. —西安:西安交通大学出版社, 2009.7

ISBN 978-7-5605-3076-5

I. 电… II. 巨… III. 火电厂-热力工程-自动控制系统 IV. TM621.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 032139 号

书 名 电厂热工过程控制系统
主 编 巨林仓
责任编辑 李海丽

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印张 14 插页 1 页 字数 260 千字
版次印次 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3076-5/TM·77
定 价 22.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82664954
读者信箱:jdly31@126.com

版权所有 侵权必究

前 言

现代火力发电机组,特别是大容量、高参数机组,其复杂程度越来越高,对其操作、控制和保护的要求也越来越高。自动化技术日新月异的发展为火电生产的自动化提供了可靠的基础。

本书根据能源动力类及其相关专业的“电厂热工控制系统”教学需要而编写,可作为高等学校能源动力、机械类专业电厂热工过程控制系统课程教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书在历年能源动力类“电厂热工控制系统”课程教学的基础上,根据教学改革的需要编写而成。力求基本概念准确,基本原理清晰,重点内容突出。

全书共分为7章。第1章火电厂自动化综述,第2章火电厂自动化系统。介绍了过程自动化技术的发展、分布式控制系统和典型的火电厂DCS系统、现场总线控制系统、全厂监控信息系统及600 MW机组自动化系统配置和设备布局。第3章介绍单元机组协调控制系统任务、控制方案和控制系统组成。第4章介绍锅炉模拟量控制系统,包括给水控制、汽温控制、燃烧控制的任务、控制原理、控制方案和系统组成;同时简要介绍了直流锅炉的控制特点以及主要辅机控制原理。第5章介绍汽轮机功频控制的原理、数字电液控制系统、汽动给水泵控制系统、汽轮机旁路控制系统的组成和原理。第6章介绍火力发电机组典型的自启/停、功能组级和设备组、输煤、吹灰、除灰除渣和水处理等顺序控制系统的任务和组成。第7章介绍炉膛安全监控系统或燃烧器管理系统原理和组成,汽轮机监控仪表工作原理和组成。第3、4章都给出一套工程控

制系统,但对其只做了最简要的说明。

西安交通大学巨林仓编写第1章、第3章和第4章,并对全书进行了统稿。西安交通大学刘齐寿编写第6章和第7章。西安交通大学杨清宇编写第2章。张钊老师编写第5章。全书由西安交通大学宋又祥教授主审,在西安交通大学出版社的大力支持和编辑李海丽的悉心编审下,得以顺利出版,在此一并致谢。

尽管作者对于本书书稿进行了认真的修改,但由于水平所限,书中的不足和疏漏在所难免,真诚希望读者批评指正。

编 者

2009年4月

目 录

第 1 章 火电生产自动化

- 1.1 火力发电生产过程特点 (1)
- 1.2 火电生产过程自动化任务 (2)
- 1.3 火电机组自动控制系统 (9)

第 2 章 火电厂自动化系统

- 2.1 过程自动化技术的发展 (10)
- 2.2 分布式控制系统 (16)
- 2.3 火电厂 DCS 系统 (26)
- 2.4 现场总线控制系统 (34)
- 2.5 全厂监控信息系统 (40)
- 2.6 600 MW 机组自动化系统 (43)
- 习题与思考题 (53)

第 3 章 单元机组协调控制系统

- 3.1 单元机组协调控制系统的任务和特点 (54)
- 3.2 负荷控制 (57)
- 3.3 协调控制系统的组成 (61)
- 3.4 能量平衡原理 (65)
- 3.5 600 MW 单元机组协调控制系统实例 (69)
- 习题与思考题 (77)

第 4 章 锅炉模拟量控制系统

- 4.1 给水控制系统 (78)
- 4.2 蒸汽温度控制系统 (94)
- 4.3 燃烧控制系统 (108)
- 4.4 直流锅炉的自动控制系统 (125)
- 4.5 其它控制系统 (133)
- 习题与思考题 (134)

第 5 章 汽轮机控制系统	
5.1 汽轮机控制的任務	(135)
5.2 功頻控制系统	(137)
5.3 数字电液控制系统	(142)
5.4 给水泵汽轮机控制系统	(147)
5.5 汽轮机旁路控制系统	(148)
习题与思考题	(153)
第 6 章 顺序控制系统	
6.1 概 述	(154)
6.2 火电机组顺序控制系统	(155)
6.3 输煤顺序控制	(168)
6.4 吹灰程序控制	(174)
6.5 水处理程序控制	(179)
习题与思考题	(183)
第 7 章 安全保护系统	
7.1 锅炉炉膛爆燃机理	(184)
7.2 燃烧器管理系统	(188)
7.3 炉膛火焰监测	(194)
7.4 主燃料跳闸控制	(199)
7.5 炉膛吹扫控制	(203)
7.6 汽轮机安全监控系统	(205)
习题与思考题	(215)
附录:热工控制系统常用英文缩写	(216)
参考文献	(218)

第 1 章 火电生产自动化

火力发电机组由锅炉、汽轮机、发电机及其辅助设备组成,系统庞大,工艺过程复杂,众多设备需要协调运转,有数千个过程参数及设备状态参数需要监测、操作或控制。为了保证电力生产高度的安全性、可靠性和经济性,提高大型火力发电机组的自动化水平就显得特别重要。目前,以计算机为基础的分布式控制系统(Distributed Control System, DCS)普遍地应用在火力发电厂中,形成集监测、控制、保护、操作以及管理于一体的多功能自动化系统。

1.1 火力发电生产过程特点

电力工业是人类现代文明赖以维持和发展的基础工业,在我国的电力生产结构中,火力发电生产占主导地位。因此,对火力发电生产的特点和生产过程的控制进行研究也成为十分重要的问题。火力发电生产过程是把煤、石油或天然气等燃料的化学能,经过燃烧转换为热能,再由热能到机械能,机械能到电能转换的全过程,它具有以下特点。

1. 火力发电生产是一个不可中断的连续过程

一方面,电能的生产是一个连续的生成过程,火力发电生产过程必须连续进行;另一方面,电能的需求具有很大的随机性,且不能大量贮存,电厂所发出的功率必须和用户需求的功率相平衡。生产的连续性和负荷的适应性是电力生产的两个显著的特点,这两个问题处理不好就会影响供电质量,甚至会给国民经济带来巨大的损失。所以,对电力生产过程进行有效的控制是必不可少的。

2. 火力发电机组是一个庞大的复杂系统

火力发电生产包含了化学能到热能、热能到机械能、机械能到电能的多次能量形式转换,因而生产过程设备多、系统组成庞大且复杂。各种热力设备,由于工作原理、结构不同,其动态特性存在很大差异,系统中设备相互间也有很大的影响。要使每台设备都能工作在最佳状态,使整个系统协调一致地工作,保证机组的正常运行,必须依靠自动控制系统。

3. 火力发电生产的安全性、可靠性极其重要

由于电力工业在社会生产和生活中处于至关重要的位置,供电不足或中断会直接影响到国民经济的正常运行和社会稳定,因此火力发电机组的安全性、可靠性是至关重要的。火力发电过程的许多设备长期工作在高温、高压和比较恶劣环境下,容易出现设备故障。因此必须对设备的状态进行不间断地监测,并进行故障的判断、连锁和保护等,保证设备始终处于良好的运行状态,同时能迅速处理已发生的故障或事故。完成这些工作,必须借助于自动化系统。

4. 火力发电生产与环境保护

目前,煤炭、石油和天然气等化石能源仍在整个能源构成中占据主导地位,这种局面在几十年内不会改变。煤炭化石能源直接应用于火力发电会带来一系列严重的环境污染。比如硫氧化物、氮氧化物对大气的污染、固体废物、水污染和热污染等。当前我国每年火力发电厂的烟尘排放量约为 350 wt,占全国烟尘排放量的 35%。其中微细粒子(小于 $10\ \mu\text{m}$)排放量超过 250 wt,是影响城市大气质量和能见度的主要因素,并严重危害人体健康。因此,减少污染,保护环境已经成为火力发电生产中的重要工作之一。

1.2 火电生产过程自动化任务

现代火力发电机组的特征是大容量、高参数、高度自动化,自动化系统已经成为大型火力发电机组不可缺少的一部分。一台 600 MW 的机组,其检测参数约 10 000 个,需控制的点约 1 200 个之多。所以采用传统的人工操作控制方式根本不可能满足大机组的生产要求,必须依靠先进、可靠的控制设备及系统,才能保证机组安全、经济地运行,提高设备的可靠性及运行效率。

火力发电机组需要控制的参数,可以分为两大类:一类是连续变化的模拟量,如蒸汽压力、温度、给水流量、汽包水位、汽轮机转速等;另一类则是只有两种状态的开关量,如开关的通或断,某些泵、电机的运行或停运等。

模拟量控制主要是为了维持该参数在给定值上或者该参数按事先确定的规律变化。实现这样的控制目标,基本原理是采用反馈的闭环控制。因为反馈控制系统的输出(被控量)直接参与了控制过程,具有修正偏差的能力,可以使被控量与给定值相等或在一定的偏差允许范围内。火力发电厂许多模拟量参数要求保持在一个固定值上,如汽包水位、主蒸汽温度等,因而要求反馈控制系统具有克服各种扰动的能力。当扰动导致被控量偏离给定值时,通过控制使被控量最终回复到给定值上,这样的自动控制系统称为自动调节系统。自动调节是电厂生产过程中的一

个主要控制任务,本书中我们把自动调节也称为自动控制。当被控对象惯性大、响应慢、结构复杂时,单回路反馈控制系统往往不能达到满意的控制效果,这就需要采用比较复杂的控制原理,如串级控制、反馈-前馈控制等。

开关量用来表示某些设备所处的工作状态是运行,还是停运,即开/关。这种信号简单,控制任务也比较简单。但这种开关量的转换往往是有条件的,所以这样的控制系统必须具有较强的逻辑判断功能。

除了基本的模拟量、开关量控制外,保护、优化运行、信息管理,也成为电厂自动化系统的重要组成部分。总体而言,电厂自动化系统必须具备如下基本功能。

1.2.1 数据采集

生产过程数据是运行人员监视和操作的基础,也是计算机进行机组综合管理的原始数据。从广义上来讲,数据采集系统(Data Acquisition System, DAS)应该称为监视系统(Monitoring System, MS)。为了监督生产过程的进行情况和检查对生产过程进行操作后的效果,把反映生产过程运行情况的各个物理参数和各种生产设备的工作状态传递到集中控制室内,以适当的方式显示、处理、记录,使运行人员能及时掌握设备状态和生产过程。配合数字显示、图像显示、越限报警、综合性能指标计算,或对运行趋势进行分析判断,给出运行指导意见。

1. 模拟量输入

电厂热工过程模拟量输入的类型有:温度、压力、流量、液位、电量、转速、固体粉末、化学成份、分析量等等。根据参数的特点及其在系统中的作用,对每个参数可设定不同的采样周期。还要对采样得到的数据进行数据预处理,工程值变换,限幅和报警。

(1) 数据预处理 首先对输入数据进行量程检查。当输入数据超过量程时,说明检测装置的某环节工作异常,将异常信息输出给运行人员,并同时记入运行档案。

数据预处理包括差值计算、变化率计算和平均值计算。有些系统中还对重点参数进行正确性判断,即对同一参数设置多台变送器(两台或三台),通过正确性判断程序,取出正确数据,以提高重要参数的可靠性。对经过预处理和正确性判断的参数进行限幅检查、报警显示、打印等。

(2) 工程值变换 从 A/D 转换器得到的数字信号,只有通过变换才能成为反映生产过程的工程数据。工程值的变换,原则上是对每一个参数分别进行。对于热电偶直接输入的信号必须进行冷端补偿;对于用差压原理测量的流量信号要进行温度、压力补偿,并进行线性化处理。

(3) 限幅和报警 对于模拟量输入信号可与预先设定的限值进行比较,如果

超过限幅范围,发出报警信号,并作相应的处理。限幅值根据参数的重要程度来确定,可以是定值,也可以是随机组的运行状态而改变的变幅值,还可以有几个限幅值。例如,汽包水位信号的限值可以设计成越限、报警、事故三档,根据实际检测到的水位信号分别进行不同的处理。

当参数在限幅值附近上下变化或为方便系统调试,可以设置不同幅度的不灵敏区或切除报警开关。当出现参数越限或报警时,除了发出声、光报警信号之外,还应该记录、显示、打印有关信息,以帮助运行人员进行处理。

2. 开关量输入

开关量(也称数字量)除自动控制使用的信号外,主要包括辅机运转状态及其相关信息,如给水泵、风机等设备的状态和状态变化时间;设备联锁装置的动作及动作时间,如危机保安器,发电机跳闸是否动作及动作发生时间;以及需要进行性能计算和状态监视用数字量,如锅炉投油时间,油箱油位及压力接点等。

大多数开关量输入采用周期性检测,有些也只有在主设备运行状况发生变化时才检测。一些对机组运行有重大影响的数字量采用中断方式记录,记录时间分辨率在毫秒级。例如发生“跳闸”时,应采用高速记录方法将“跳闸”的顺序记录下来,以便进行事故分析。

3. 脉冲量输入

脉冲量输入主要是一些采用脉冲计量的特殊参数输入量,如累计电功率量,容积式流量计等。脉冲量一般用计数器累计,每隔一定的周期读取计数器的累计值,并加以工程单位转换及修正。与模拟量不同的是,脉冲量输入不能得到参数的瞬时值而只得到平均值。

工业电视作为辅助检测手段已被广泛地应用于生产过程监视中,用工业电视监视锅炉的汽包水位、炉膛燃烧状况、排烟、给水泵等大型设备的运行情况。

作为自动检测补充的工艺信号(声、光、语音)也是一个重要的方面,这种信号通常分为两类。一类是当生产过程出现异常情况时,用来唤起操作人员的特别注意,例如:汽包水位过高、某关键点温度过高的自动报警信号,主机或辅机发生故障停机时的事故信号等。还有一类是用作遥控操作时的检查信号,如遥控发出的“开机”或“关机”是否已经执行,可用灯光信号表示执行的结果。有些自动化系统还设计语音信号作为报警和提示的方式。

1.2.2 运行档案

计算机监控系统都具有完备的显示功能,使机组值班员能够及时准确地了解机组的运行情况。根据机组的实时运行情况,监控系统可自动弹出相应的需要关

注或需要人为干预的 CRT(Crystal Ray Tube)画面,运行人员也可通过操作站键盘或鼠标,选择需要了解或操作的 CRT 画面。CRT 基本画面包括:机组模拟画面或过程流程图画面、操作控制画面、参数细则显示画面(趋势、棒图等)、报警画面(报警参数、状态变量表、追忆表等)。实时显示和操作是自动化系统人机界面的基本功能,同时自动化系统还具有完善的运行档案记录和输出打印功能。

1. 运行记录

运行记录包括系统自动记录和请求记录两大类。主要任务是把系统运行、处理和计算的结果作为数据档案记录、保存下来,并根据需要检索、输出打印。运行记录的种类主要包括:

(1) 操作记录 监控系统运行时,自动记录操作人员通过人机接口进行的操作。

(2) 定时记录 根据设计要求定时将机组运行参数(瞬时值、平均值、累计值)、性能计算指标存入运行档案。

(3) 任意请求记录 根据运行人员的请求,将请求时刻的参数、性能计算指标存入运行档案,以备调用。

(4) 越限、报警、事故记录 这是机组运行出现非正常情况的状态记录。根据具体情况记录出现越限、报警参数及与之有关参数的数值。出现事故时应快速记录有关模拟量、变化过程数字量的状态变化及时刻,并存入档案,以备查询、分析事故。

2. 检索和输出

在一定的权限范围内,可以对自动化系统的运行档案进行检索,必要时可以输出到专用记录设备或打印。打印输出的基本功能包括如下几项。

(1) 定时打印 根据设定定时打印主要参数的瞬时值、平均值,打印班报、日报、旬报、月报等。

(2) 请求打印 运行人员为了解和分析机组运转情况可以随时请求系统打印已经存入档案的数据或机组运行的瞬时参数及状态。

(3) 自动打印 当机组运行时,参数出现越限、报警、事故状态或机组运行状况发生大的变化时,及时提供给运行人员的报告。例如,出现“跳闸”事故时,其过程非常快,系统便将捕捉到的“跳闸”顺序记录在案,并自动打印出来,供运行人员及时分析原因并给予处理。

1.2.3 管理数据处理

对于经过预处理所得到的模拟量数据,电厂监控系统可以再行运算、处理以得

到对全厂生产进行管理、评价的性能指标。下面几个最基本的管理参数。

(1) 机组效率 根据锅炉循环效率和汽轮机循环效率计算,但更常用的是直接从燃烧过程的输入能量和机组电功率来计算。

(2) 循环效率 包括锅炉循环效率、汽轮机循环效率以及附属设备的循环效率的计算。

(3) 设备性能 包括汽轮机内效率、冷凝器性能、给水加热器性能、空气预热器性能等设备的性能计算。

(4) 损失分析 主要包括主蒸汽压力损失、主蒸汽温度损失、排烟损失、冷凝器损失、辅机动力损失等。根据试验求得的最佳工况损失指标与机组实际的运行工况,来求出损失值。

(5) 电厂管理计算 主要是前述的各项计算值的统计。例如:负荷率、利用率、厂耗率、发电量累计、最大发电功率、平均发电功率、平均发电量、补水量、燃料消耗量;主蒸汽压力平均值、主蒸汽温度平均值、冷凝器真空度平均值、循环水温度平均值、给水温度平均值、排烟温度平均值、烟气含氧量平均值等等。

1.2.4 模拟量控制

火力发电机组电厂控制主要是涉及生产过程安全性、经济性的连续变化模拟量控制和开关量控制。模拟量控制系统每时每刻都在工作,控制系统的组成、工作原理比较复杂。单元机组的模拟量控制结构如图 1.1 所示,模拟量控制分为两级:协调控制级和基本控制级。

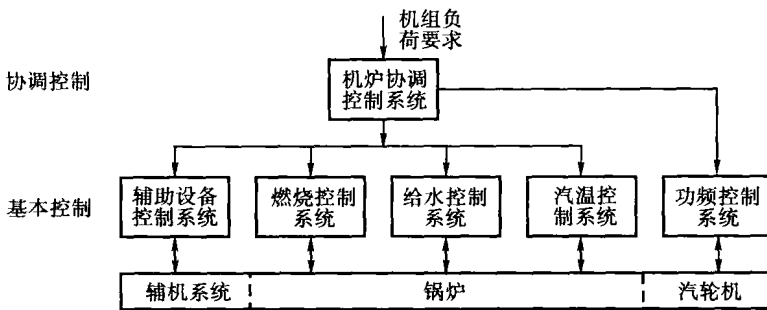


图 1.1 模拟量控制系统结构

从控制系统设计和设备的运行管理划分,分别有涉及机组热工过程模拟量的协调控制系统(Coordination Control System,CCS),与锅炉设备相关的锅炉模拟量控制系统,与汽轮机相关的汽轮机模拟量控制系统以及主要辅机的控制系统。注意,协调控制系统根据控制策略命名,而模拟量控制系统(Modulating Control

System, MCS)按该系统处理的信息类型命名。在有些资料中,把机组的协调控制系统也归并到模拟量控制系统之中。

现代大型火力发电机组都以单元制方式运行,随机组参数的不断提高,机组设备不断完善,控制技术水平不断提高。为使机组能更好地适应负荷变化,除需要系统能更好地协调锅炉和汽轮发电机组工作外,锅炉给水控制系统、燃烧控制系统、过热汽温控制系统、再热汽温控制系统、主要辅机控制系统也必须协调动作。

电站锅炉的模拟量控制主要有:锅炉给水控制、锅炉燃烧过程控制(包括燃料量控制、送风量控制、引风量控制、制粉系统控制等)、过热汽温控制、再热汽温控制,以及根据机组运行的状况,确定机组的运行方式并实现全程控制和滑参数运行控制。

对于汽轮机,最基本且最主要的是保证机组功率和频率的汽轮机功(率)频(率)控制系统;背压式汽轮机还有背压控制系统;大型汽轮机还有汽封汽压、旁路系统、凝汽器水位等自动控制系统。有些机组还配置有热应力控制系统。

要使发电机组经济、安全运行,必须对主要的辅助设备进行了控制。如除氧器压力控制,除氧器水位控制,凝汽器水位控制,加热器水位控制,等等。

在正常运行和连续生产的条件下,模拟量控制发挥着最基本的自动化职能,它对电力生产的经济性和安全性有极大的影响,掌握和分析控制过程的特点十分重要。

1.2.5 顺序控制

顺序控制也叫自动操作。顺序控制的原理是按照预先设计的顺序,有步骤地对生产设备和过程进行一系列操作。火力发电机组的热工顺序控制主要是锅炉、汽轮机、发电机在正常运行、启停过程、事故过程中涉及的大量阀门、挡板、辅机等控制机构的开、关、启、停及切换操作的自动操作。每个操作步骤之间的转换自动执行,无需人为干预。实现顺序控制的装置必须具备必要的逻辑判断能力和联锁保护功能。在每一步操作后,必须判明这一步是否已经实现,是否为下步操作创造好条件。如果条件具备则继续执行下一步操作,否则等候人工处理或自动处理,甚至中断程序。计算机控制系统使这一复杂的操作过程变得十分容易。

机组启停过程的控制项目一般包括:锅炉升温升压控制;启动过程主蒸汽温度控制;燃烧器点火控制;炉膛清扫控制;汽轮机暖机、升速、并网、带初负荷、阀门切换控制;汽轮机热应力控制;汽轮机真空度控制;复位控制等。

锅炉的顺序控制主要有:锅炉点火启动;锅炉吹灰,送、引风机的启停;水处理设备的运行;制粉系统的启停等。

汽轮机的顺序控制主要指汽轮机的自动启动和停机。汽轮机的自动启停分为

两种:一种是模仿人操作的启动过程,按照事先规定好的步骤和时间进行各项操作;另一种是考虑热应力控制的自动启停过程。考虑热应力控制的自动启停过程不仅可以保证机组的热应力处于安全范围之内,延长机组寿命,而且可以充分发挥机组的热应力潜力,缩短启动时间,节省启动费用,避免误操作,提高机组启动过程的经济性和安全性。

1.2.6 自动保护

自动保护是在发生事故或异常情况下,避免生产设备遭受严重破坏,或把事故区域与其它部分隔离,防止事故进一步扩大所采取的紧急措施,这是保障设备安全的最后一关,一般不宜轻易动作,但在动作时必须快速可靠。自动保护包括以下几种措施。

(1)自动切断能源 中断电、气、汽、燃料的供应。如汽轮机的超速保护,锅炉炉膛灭火保护。

(2)自动减放储存的能量 如锅炉的安全阀、防爆门动作等。

(3)各种控制阀、挡板的限位 各种控制阀、挡板的极限位置(最大开度和最小开度)是根据安全运行的要求规定的,正常工作中不允许越限。如果在自动控制过程中控制阀、挡板达到了极限位置,或者控制系统出现故障而发出了报警信号(过大或过小),或者生产过程中出现异常情况,此时应将自动控制或自动操作系统切除,只保留手操(遥控),以便运行人员根据自己的经验或判断进行操作和处理。

(4)联锁 联锁是在出现异常情况或不正确操作时的一种保护功能。在顺序控制的设计中要特别注意。例如,在某一设备发生故障时,要按预定的顺序使其它有关设备自动解列。如果次序错乱或遗漏某一设备,就可能導致事故的进一步扩大或造成设备的损坏。

1.2.7 管理控制一体化

管理控制一体化即火力发电厂的综合自动化。随着市场经济的发展,高水平自动控制技术的应用,火力发电生产过程的控制目标已从保证生产稳定、减少事故转变为适应市场经济要求,提高供电质量、降低成本、节约能源、减少污染,以高效益为目标重组整个生产过程,这就要求集生产过程控制、生产调度、企业管理、经营决策于一体。数字化、智能化、网络化为管理控制一体化的实现提供了基础,也给电力生产带来了巨大的经济效益。

1.3 火电机组自动控制系统

现代火力发电机组都采用分布式计算机控制系统(DCS)。电厂 DCS 是电厂生产的指挥和监视中心,DCS 系统与其它辅助控制系统一起,全面实现从过程数据输入输出到数据处理、自动控制、性能计算、记录、机组启停、保护的全过程自动化。按照完成功能的不同,可划分成如下几个子系统。

① 协调控制系统 (CCS)。第 3 章介绍 CCS 的原理和系统组成。

② 模拟量控制系统 (MCS)。第 4 章介绍电站锅炉包括给水、汽温、燃烧等主要过程的模拟量控制原理和系统组成。

③ 汽轮机数字电液控制系统 (Digital Electric Hydraulic System, DEH)。第 5 章介绍汽轮机的转速、功率和功频控制系统的基本原理和组成。

④ 给水泵汽轮机电液控制系统 (Micro-Electro-Hydraulic Control System, MEH) 第 5 章的第 4 节介绍 MEH 原理和组成。

⑤ 旁路控制系统 (Bypass Control System, BPS)。第 5 章的第 5 节介绍旁路控制系统原理和组成。

⑥ 顺序控制系统 (Sequence Control System, SCS)。第 6 章介绍火力发电机组典型的自启停、功能组级和设备组、输煤、吹灰、除灰除渣和水处理等顺序控制系统。

⑦ 燃烧器管理系统 (Burner Management System, BMS) 或炉膛安全监控系统 (Furnace Safeguard Supervisory System, FSSS)。第 7 章介绍 BMS 的原理、组成和功能。

⑧ 汽轮机监控仪表 (Turbine Supervisory Instrument, TSI) 和汽轮机紧急跳闸系统 (Emergency Tripping System, ETS); 第 7 章第 7.6 节介绍 TSI 的原理、工作过程。

第 2 章 火电厂自动化系统

2.1 过程自动化技术的发展

自动化技术的起源可以追溯到古代时候,如我国的指南车以及漏壶(自动计时装置)的出现。而与工业革命同时开始的瓦特蒸汽轮机调速器,则是工业自动化的萌芽。此后,自动化技术随着工业技术、电子技术和计算机技术的不断进步而快速发展。

自动化技术在当今火电生产过程中具有非常重要的地位,特别是大容量高参数机组,没有高水平的自动化设备和自动化系统,是无法保证其安全、经济运行的。因而电力工业发展也促使了自动化装置和系统的日趋完善。

电子技术的发展极大地促进了自动化仪表的更新,从而为过程自动化提供了越来越完备的检测和控制装备。从 20 世纪 60 年代开始,我国已先后设计制造了 DDZ— I 型、II 型、III 型电动单元组合仪表等系列化的自动化设备。70 年代,出现了微处理器和以微处理器为核心构成的计算机控制系统。70 年代中期,出现了分布式控制系统或集散控制系统(DCS),使得控制系统具有更可靠的控制性能。80 年代以来,我国引进和生产了具有世界先进水平的智能化仪表。90 年代后期出现的现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS),使过程控制技术水平产生了新的飞跃。

计算机技术的快速发展,不仅使自动化设备工作的可靠性逐渐提高,而且新型自动化设备的功能愈来愈完善,为各种控制理论在生产过程自动化中的应用奠定了基础。在电力生产过程中,使用计算机不仅能够实现对发电机组的最佳综合控制,而且还能对整个电力系统的生产过程从生产管理、负荷调度到运行操作实现全盘自动化管理和指挥。

2.1.1 基地式仪表控制系统

早期的自动控制系统由基地式仪表和控制对象构成。基地式仪表是指仪表与被控对象在机械结构上是一体的,而且仪表各个部分,包括检测、计算及执行等制