

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



REGONG BAOHU  
YU SHUNXU KONGZHI

# 热工保护 与顺序控制

曾蓉 主编  
谢碧蓉 许红兵 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）  
普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 工程热力学             | 尚玉琴 |
| 流体力学 泵与风机         | 张燕侠 |
| 热工与流体机械           | 黄蔚雯 |
| 自动控制理论            | 向贤兵 |
| 热工过程自动控制技术        | 谢碧蓉 |
| 电厂锅炉原理（第二版）       | 丁立新 |
| 单元机组运行（第二版）       | 牛卫东 |
| 自动测量技术            | 丁轲轲 |
| 汽轮机设备及运行（第二版）     | 李建刚 |
| 循环流化床锅炉设备及运行（第二版） | 杨建华 |
| 热工测量及仪表（第二版）      | 潘汪杰 |
| 热力过程自动化（第二版）      | 李铁苍 |
| 火电厂金属材料（第二版）      | 崔朝英 |
| 发电厂动力设备（第二版）      | 易大贤 |
| 火电厂动力设备           | 刘蓉莉 |

### 热工保护与顺序控制

曾 蓉

热工检测技术

曾 蓉

电厂化学

黄成群

ISBN 978-7-5083-8152-7



9 787508 381527 >

定价：24.00 元

中国电力出版社



# 热工保护 与顺序控制

第二版

— 222 —

中国电力出版社

普通高等教育“十一五”规划教材  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



主要内容

REGONG BAOHU  
YU SHUNXU KONGZHI

# 热工保护 与顺序控制

主 编 曾 蓉  
副主编 谢碧蓉 许红兵  
编 写 石 翠  
主 审 王志祥



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

本书全面系统地介绍了现代大型火电机组热工开关量的控制技术，主要讨论了大型火电机组热工过程控制中热工保护与顺序控制系统的构成原理、系统设计及实现技术。主要内容包括：开关量控制系统的基础知识、锅炉热工保护系统、炉膛安全监控系统、汽轮机热工保护系统、火电机组顺序控制系统、火电厂辅助系统顺序控制系统。

本书以 600MW 机组为主，紧密联系当前火电机组的实际，力求全面、系统地介绍大型火电机组热工保护与顺序控制的最新发展成果。

本书可作为高职高专电力技术类热控及相关专业的教材，也可供电力、化工、冶金、石油、机械等部门从事过程自动控制专业工作的技术人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

热工保护与顺序控制/曾蓉主编. —北京：中国电力出版社，  
2009

普通高等教育“十一五”规划教材·高职高专教育  
ISBN 978-7-5083-8152-7

I. 热… II. 曾… III. ①热电厂—热工操作—保护装置—  
高等学校：技术学校—教材②热电厂—顺序控制—高等学校：  
技术学校—教材 IV. TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 190632 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 357 千字

定价 24.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制定了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型学校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

近十多年来,大容量、高参数、高效率的大型发电机组在我国日益普及,由于 600MW 火力发电机组具有容量大、参数高、能耗低、可靠性高、环境污染小等特点,在我国《电力工业科学技术发展规划(1994~2000~2010~2020 年)》、《电力工业技术政策》、《电力工业装备政策》中都把 600MW 机组的开发研究和推广应用作为一项重要内容。自 1985 年以来,我国已有 100 多台 600MW 机组陆续投入电网运行,已逐渐成为发电主力机组。

本书以 600MW 机组为主,紧密联系当前火电机组的实际,力求全面、系统地介绍大型火电机组热工保护与顺序控制的构成原理、系统设计及实现技术,并融入最新发展成果,注重知识的深度与广度的结合。

本书由重庆电力高等专科学校曾蓉主编,并编写绪论、第四~七章,保定电力职业技术学院许红兵编写第一、二章,重庆电力高等专科学校谢碧蓉编写第三章、第五章第十四节。本书由上海电力学院王志祥主审,并提出了宝贵的建议,在此表示深深的谢意。

由于时间仓促及编者水平所限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2009 年 1 月

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 前言                           |     |
| 绪论                           | 1   |
| 第一章 开关量控制的基础知识               | 7   |
| 第一节 概述                       | 7   |
| 第二节 开关量变送器                   | 10  |
| 第三节 常用控制电器                   | 16  |
| 第四节 开关式阀门驱动装置及其控制电路          | 19  |
| 复习思考题                        | 30  |
| 第二章 可编程序控制器 (PLC)            | 31  |
| 第一节 概述                       | 31  |
| 第二节 可编程序控制器的组成和工作原理          | 34  |
| 第三节 OMRON 可编程序控制器的结构、类型及内部资源 | 39  |
| 第四节 OMRON 可编程序控制器的指令系统       | 43  |
| 第五节 可编程序控制器的编程原则             | 53  |
| 复习思考题                        | 55  |
| 第三章 锅炉机组的热工保护                | 57  |
| 第一节 概述                       | 57  |
| 第二节 锅炉汽压保护(主蒸汽压力高保护)         | 57  |
| 第三节 汽包锅炉水位保护                 | 60  |
| 第四节 直流锅炉断水保护                 | 61  |
| 第五节 再热器保护                    | 62  |
| 复习思考题                        | 63  |
| 第四章 炉膛安全监控系统                 | 64  |
| 第一节 炉膛安全监控系统概述               | 64  |
| 第二节 炉膛爆燃及防止                  | 66  |
| 第三节 FSSS 的组成                 | 70  |
| 第四节 FSSS 的公共控制逻辑             | 80  |
| 第五节 燃油控制逻辑                   | 101 |
| 第六节 燃煤控制逻辑                   | 107 |
| 复习思考题                        | 115 |
| 第五章 汽轮机热工保护系统                | 117 |
| 第一节 概述                       | 117 |
| 第二节 电涡流传感器                   | 120 |
| 第三节 轴向位移的监视保护                | 125 |

|            |                    |     |
|------------|--------------------|-----|
| 第四节        | 机组热膨胀监视            | 127 |
| 第五节        | 汽轮机振动监视            | 130 |
| 第六节        | 机组转速监视             | 136 |
| 第七节        | 主轴偏心度监测与保护         | 138 |
| 第八节        | 汽轮机监测仪表            | 140 |
| 第九节        | 汽轮机瞬态数据采集管理系统      | 145 |
| 第十节        | 轴承安全监测与保护          | 148 |
| 第十一节       | 凝汽器真空监测与保护         | 150 |
| 第十二节       | 防止汽轮机进水保护          | 151 |
| 第十三节       | 汽轮机紧急跳闸系统 (ETS)    | 153 |
| 第十四节       | 单元机组的热工自动保护        | 155 |
|            | 复习思考题              | 158 |
| <b>第六章</b> | <b>顺序控制系统</b>      | 159 |
| 第一节        | 大型火电厂顺序控制系统        | 159 |
| 第二节        | 机组自启停顺序控制系统        | 168 |
| 第三节        | 锅炉风烟系统顺序控制功能组      | 169 |
| 第四节        | 汽机侧顺序控制功能组         | 184 |
|            | 复习思考题              | 190 |
| <b>第七章</b> | <b>火电厂辅助系统顺序控制</b> | 191 |
| 第一节        | 概述                 | 191 |
| 第二节        | 输煤程序控制系统           | 192 |
| 第三节        | 吹灰程序控制系统           | 201 |
| 第四节        | 水处理程序控制系统          | 206 |
| 第五节        | 锅炉除灰程序控制系统         | 210 |
| 第六节        | 辅助生产车间网络化集中控制      | 214 |
| 第七节        | 烟气脱硫控制             | 222 |
|            | 复习思考题              | 226 |
| <b>附录</b>  | <b>逻辑图符号说明</b>     | 227 |
|            | <b>参考文献</b>        | 228 |

## 绪 论

随着我国国民经济的高速发展,电力工业通过引进、消化、吸收国外的先进技术和管理经验,得到了迅速的发展。单机容量的增大和电网容量的迅速扩大,使我国进入了大电网、大机组、高参数、高效率、高度自动化的时代。

由于火电机组在我国发电结构中占主要部分,因此装机容量和发电量的不断增加,也给环保带来了巨大的影响。由于环保压力的不断增大,电力工业在快速发展的同时,正加大污染防治,努力减轻生产活动对环境的影响,通过结构调整、技术进步、装设脱硫装置等综合对策,着眼于走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染小的新型工业化道路。600MW及以上大容量火力发电机组具有容量大、参数高、能耗低、可靠性高、环境污染小等特点,装机数量日益增多。大容量机组的不断增多对热工自动化水平提出了更高的要求。因此,在电厂自动控制工作中必须采用先进的热工自动化技术,发挥各种控制技术的功能,对机组进行全面有效的管理、监控,提高大型发电机组的安全经济运行水平,保证机组在启停工况、正常运行工况、参数异常工况和运行危急工况下的自动监测、控制和保护,以实现发电机组的安全、经济运行。

另外由于微电子技术的迅猛发展,也促使大型火力发电厂现代热工自动化技术飞速发展。20世纪70年代中期,以计算机技术(Computer)、通信技术(Communication)、控制技术(Control)和显示技术为基础的计算机分散控制系统(Distributed Control System, DCS)的问世和技术的快速发展,将热工自动化水平推上了一个崭新的台阶,分散控制系统已广泛应用于大型发电机组的自动控制中,取得了十分显著的经济效益和社会效益。

### 一、控制系统的内容及功能

大型火电机组热工自动化技术,包括以下四个方面的内容:控制(Control)、报警(Alarm)、监测(Monitor)、保护(Protection),简称CAMP。在锅炉点火、汽轮机冲转、机组自动同期并网直至正常运行及事故处理的全过程中,各参数由监测装置进行自动监视,当参数出现异常时,自动发出报警信号,同时调节装置进行自动调节,实现系统或辅机的顺序控制;当设备异常或运行参数达到危险值时,能自动采取保护措施,防止事故扩大,从而保证设备和人身的安全。具体控制功能如下所述。

#### 1. 数据采集及处理系统

火力发电机组单机的过程变量(模拟量、开关量信号等)采集进输入通道,并对采集的信号数据进行初步的数据处理(滤波、隔离、A/D转换、标度变换、线性化处理等),称为预处理。必要时还要对测量值进行精确度补偿计算,如汽包水位的压力、温度补偿,蒸汽流量的压力、温度补偿,给水流量、空气流量的温度补偿,热电偶的冷端补偿及线性化等,然后将处理后的数据通过数据通信网络送到操作员站。在操作员站对获取的数据进行复杂的数据处理(如性能计算、二次参数计算等),最后通过显示器、打印机和硬拷贝机等设备实现显示、打印制表和拷贝功能。同时,建立实时的分布式数据库供运行人员随时调用所需的信息。操作员站还将实时输出报警信息,并给出操作指导,最大限度地满足操作人员的需要。

数据采集及处理系统 (Data Acquisition System, DAS) 一般通过组态可实现显示、操作、记录和管理等功能。它是一个开环的系统, 不直接参与对生产过程的控制。

## 2. 模拟量控制系统

模拟量控制系统 (Modulation Control System, MCS) 通常也称为自动调节系统, 它的功能是在单元机组运行时, 在锅炉和汽轮发电机组能力许可下, 使机组功率能快速而又稳定地适应电网负荷变化的需要, 同时保证机组安全经济稳定地运行, 各运行参数都保持在允许的范围内, 如使锅炉主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热蒸汽温度、炉膛负压, 汽包水位等参数维持在规定值。

## 3. 锅炉炉膛安全监视系统

炉膛安全监视系统 (Furnace Safeguard Supervisory System, FSSS) 也叫做燃烧器管理系统 (简称 BMS), 是现代大型火电机组必须具备的一种监视系统。它能在锅炉运行的各个阶段, 连续地密切监视燃烧系统的大量参数与状态, 不断地按照安全规定的顺序对它们进行逻辑判断和运行, 必要时发出操作指令。通过各种连锁装置, 对制粉系统和众多的燃烧器以及相关设备, 严格按照既定的合理程序, 完成必要的操作或处理未遂性事故, 如负荷的增减, 自动地启动有关设备, 进行紧急跳闸, 切断燃料, 使锅炉紧急停炉, 以保证锅炉燃烧系统的安全, 有效防止人为的误判断、误操作。

## 4. 汽轮机监测仪表系统

汽轮机监测仪表 (Turbine Supervisory Instrumentation System, TSI) 系统是一种可靠的连续监测汽轮发电机组转子和汽缸的机械工作参数的多路监控系统, 用于连续显示机组的启停和运行状态, 并为 DCS 提供信号。当被测参数超过整定值时发出报警信号, 必要时采取自动停机保护, 并能提供故障诊断的各种测量数据。

## 5. 汽轮机控制系统

汽轮机控制系统 (Turbine Control System, TCS) 习惯上叫做汽轮机数字电液调节系统 (简称 DEH), 它的主要功能是对汽轮机在各种运行工况下进行监视、保护、控制和实现汽轮机的自动启动与停止。汽轮机调节系统和锅炉系统除了相互交换必要的信息外, 还要接受协调控制系统的指挥, 共同执行电网调度的指令, 完成汽轮机组的自动启停, 实现并网带负荷过程中的转速、压力、负荷、汽封调节和热应力控制等, 实现汽轮机主要参数的监视、自动保护等功能。

## 6. 顺序控制系统

顺序控制系统 (Sequential Control System, SCS) 通常用于生产过程中主辅机的自动启动停止操作以及局部工艺系统的运行操作。它将关系密切的若干控制对象集中起来, 按照一定的生产规律, 按照预先拟定的顺序、时间或者条件, 有计划、有步骤地使生产工艺中的各有关设备自动地依次进行一系列操作。顺序控制是开关量控制领域内最主要的一种控制方式。

## 7. 旁路系统

旁路系统 (Bypass Control System, BPS) 在机组启动、停止和发生事故的情况下, 对机组进行自动调节和保护。改善机组的冷、热、温态启动的特性时, 自动满足滑参数启动的要求。在发电机负荷锐减或解列只带厂用电负荷, 或者在主汽门关闭、汽轮机停机时, 旁路阀能在 2~3s 内开启, 使锅炉维持点火状态运行。当电网故障时, 使锅炉逐渐调整负荷, 并保持锅炉在最低负荷下稳定燃烧, 汽轮机组带厂用电或维持空转运行。旁路系统具有调节蒸汽流量的作用, 使主蒸汽和再热蒸汽的压力和温度维持在某一规定值, 可缩短启动时间, 减少汽轮机金属的疲劳损伤, 保护再热器, 避免锅炉安全门频繁动作。

## 8. 电气监控系统

电气监控系统（ECS）的单元机组部分和公用部分实现几乎全部电气开关量的控制功能，并实时显示各开关的分、合状态和设备状态的显示、报警、电流、电压、功率等模拟量。

ECS的特点是控制对象相对较少，控制频度低；要求自动保护装置可靠性高，动作速度快；电气系统的连锁逻辑较简单，但电气设备的操作机构复杂。因此，要求控制装置具有很高的可靠性，除了能实现设备正常启停和运行操作外，尤其要能实现实时显示异常运行和事故状态下的各种数据和状态，并提供相应的操作指导和应急处理措施，保证电气系统在最安全、合理的工况下运行。

## 二、热工保护

热工保护就是当机组在启停和运行过程中，出现了异常情况或危险工况时，发生危及设备和人身安全的故障时，能根据故障的情况和性质，自动地采取保护和连锁措施，对个别的或一部分设备，以至一系列设备进行操作处理，以消除异常和防止事故扩大，从而保护系统中有关设备和人身安全。热工保护是通过设备工作状态和机组运行参数严密监视，发生异常时，及时发出报警信号，必要时自动启动或切除某些设备和系统，使机组维持原负荷运行或减负荷运行。当发生重大故障而危及机组设备安全时，停止机组（或部分）运行，避免事故。

热工保护包括锅炉机组的热工保护、汽轮机组的热工保护及炉、机、电大连锁保护三大方面。

### 1. 锅炉机组的热工保护

锅炉机组的热工保护主要包括锅炉汽压保护、水位保护、直流锅炉断水保护、再热器保护、炉膛安全监视、主燃料跳闸保护和机组快速甩负荷保护等。

### 2. 汽轮机组热工保护

汽轮机组的热工保护主要包括汽轮机轴向位移保护、缸胀和差胀保护、超速保护、振动保护、主轴弯曲保护、轴承温度高和油压低监视保护、凝汽器真空低监视保护、给水加热器保护和汽轮机进水保护等。

### 3. 炉、机、电大连锁保护

大型火电机组都采用单元机组运行方式，炉、机、电在生产中形成一个有机的整体，其中某些环节出现故障时，必然会不同程度地影响整个机组的正常运行。例如，当锅炉灭火、送风机或引风机全停、炉膛压力过高或过低时，必须紧急停炉。停炉后蒸汽停止供应，迫使汽轮机和发电机紧急跳闸。又如，当汽轮机超速、轴向位移过大、真空过低、润滑油压低等情况发生时，汽轮机必须紧急停机，同时连锁控制发电机跳闸。此时，必须使锅炉转入最低负荷运行，投入旁路系统或停炉。当电网故障或发电机故障时，机组也必须采取相应的保护措施，以保障有关设备不受损坏。

连锁是一种处理有关设备的控制之间的相互关系的控制技术，属于被控对象的执行级控制，是保护范畴的控制功能。连锁是利用被控对象之间相互存在的简单逻辑关系，使这些被控对象相互牵连，形成连锁效应，从而实现自动保护功能。

FSSS、TSI系统、汽轮机旁路系统和辅机连锁保护等都属于热工保护的内容。

## 三、顺序控制

顺序控制主要用于主、辅机的自动启停操作和局部工艺系统的运行操作。顺序控制系统能按照预先规定好的顺序、时间或条件，使生产工艺过程中的设备自动地依次进行一系列操作。

顺序控制按系统构成方式不同分为开环系统和闭环系统。开环控制时，顺序的转换与动作将取决于输入信号，而与动作结果无关。闭环控制时，顺序的转换与动作不仅取决于输入

信号，而且受生产现场来的回报信号的控制，即与动作的结果有关。

根据火电厂的生产特点，顺序控制的应用范围一部分在锅炉、汽轮发电机部分及其辅机的启动、停止；另一部分在辅助系统，如输煤系统、水处理系统、除灰除渣系统等。辅助系统的顺序控制也称为程序控制，每一部分又分成若干局部顺序控制系统。

#### 四、自动报警系统

自动报警系统是生产过程自动化的一个重要组成部分。它的作用是监视机组运行过程中的各种工况参数和设备状态。当发生参数越限或设备故障时，以声光形式发出报警信号，引起操作人员的注意。及时采取防范措施，保证机组正常运行。

一台 300MW 机组需要监视和报警的项目达 500 多个，而一台 600MW 机组需要监视和报警的项目多达 1000 多个，这些被监视的热工参数，机组主、辅设备和各个自动装置的工作情况处于正常状态时，自动报警系统处于待机状态。而当这些被监视对象出现异常情况时，自动报警系统开始动作，发出音响报警并用灯光显示被监视对象出现异常的内容和部位，以便查找故障及事故处理。

目前自动报警系统中的部分或全部已纳入 DCS 或辅助系统控制系统中，操作员在 CRT 上监视；也有部分独立设置自动报警系统，以光字牌形式显示。

综上所述，顺序控制、热工保护和报警均属于开关量的控制范畴。在这类控制中，检测、运算和控制用的全部信息的传递和变换都是以开关量信号进行的，因此，顺序控制、热工保护和报警技术也就是用来处理热力生产过程中存在的大量开关量信息的一门控制技术。

#### 五、火电厂开关量控制技术发展概况

开关量控制技术作为生产过程自动化的重要方面，是随着生产的发展和技术水平的提高而发展的。反过来，开关量控制技术又为提高过程自动化操作水平和迅速自动处理故障的能力，提供了有效的技术手段。它在火电厂自动化生产中发挥了独到的控制作用，并和其他的自动控制系统互相联系、互相补充、共同发展，共同完成整个单元机组的自动控制任务。

20 世纪 50 年代初，由于单机容量小，运行参数低，机组热力系统全部为母管制系统，机组监视和操作控制全部是分散进行的，采用就地手动控制方式。它是在汽轮机、锅炉设备以及许多主要辅机附近各自安装相应的热力控制盘，设备值班人员就地进行监视和控制机组工况。通过电话和简单的联系信号手段与主控室的值长联系，接受指挥。在就地控制盘上，主要是显示和监视仪表，在锅炉盘上配有一些单回路调节装置。对机组的操作基本上由值班人员就地手动来完成。这种控制方式的特点是：分散控制，就地手动操作和记录报表，灵活性高，控制及时，故障分散，投资少。缺点是：由于控制分散，值班员设置较多；各局部之间协调不及时；而且依靠人工监视和操作控制，脑力劳动和体力劳动强度大，事故处理时，因人的经验和操作水平不同而有较大差别，一旦发生故障时，往往容易出现判断失误，动作速度慢，联系不协调等。但在当时，由于是小机组，问题还不突出。

20 世纪 60 年代初，中间再热机组的出现，形成了单元机组，密切了锅炉和汽轮发电机的联系，与此相应的控制方式则发展成为集中控制的方式。

集中控制方式，机组的全部指令都是由一个控制室发出，形成了远方操作控制方式。对于大容量单元机组，由于热力系统变得复杂和辅机数量的增加，在正常运行和发生事故远方操作量和保护处理量急剧增加，这将给机组的操作和监视带来极大的困难。联动控制、程序控制等开关量控制技术得到应用，控制设备为常规仪表，如单元组合仪表及组件组装式仪表，随着机组容量的不断扩大，常规仪表的局限性也越来越明显。主要表现在仪表尺寸过

大,难以集中显示和操作,不能实现复杂的控制规律,控制系统的扩展变更困难。

计算机于 20 世纪 60 年代初首次应用到工业过程的自动化系统中,随着计算机控制技术的发展,美国 Hollywell 公司于 1975 年 11 月推出了世界上第一套新型的分散控制系统 TDC-2000。它以计算机网络为骨干,将若干执行不同任务、分散安装在不同地方的微型计算机连接起来,分层实现自动化系统的各种功能,面向过程的控制器完成现场信息的采集、处理、控制算法计算和控制输出的直接数字控制(Direct Digital Control, DDC),主要特点为以 CRT 显示器为中心的显示操作站,面向运行操作人员实现对过程控制的集中管理;上层的计算机基于过程的实时数据进行企业级的决策处理;计算机网络使它们的信息得到充分的共享。计算机分散控制系统的特点是分散控制、集中管理、管控一体化。

20 世纪 80 年代中期,我国开始随进口的大型火力发电机组引进具有国际先进水平的分散控制系统,如美国西屋公司的 WDPF,贝利公司的 Network-90 和 INFI-90 等。主要用于火电厂局部自动化系统的实现,如协调控制系统(CCS)、数据采集与处理系统(DAS)、汽轮机数字式电液控制系统(DEH)等。

分散控制系统 DCS 是利用计算机技术对生产过程进行集中监测、操作、管理和分散控制的一种控制技术。DCS 目前已广泛应用于电厂的机组控制。DCS 具有通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好、运行安全可靠等特点。

目前,DCS 在火力发电机组中得到了普遍的应用,并覆盖了整个发电机组的所有自动化功能。DCS 的应用大大提高了我国热工自动化的水平、管理水平和电能的质量,降低了能源消耗和原材料消耗,提高了劳动生产率,保证了电厂的安全运行。近些年来,我国自行研制开发的分散控制系统,如上海新华电站工程公司的 XDPS、北京和利时公司的 MACS 等也在大型火力发电机组上得到应用,表现出良好的性能。

随着科学技术的发展,现场总线控制技术(FCS)也应用于火力发电机组中。总线控制技术是一种新兴的控制技术,其核心是总线协议,即总线标准。应用现场总线技术可用一条通信电缆将控制器与现场设备(智能化、带有通信接口)连接,使用数字化通信完成底层设备通信及控制要求。应用现场总线技术,要求现场设备(传感器、驱动器、执行机构等设备)是带有串行通信接口的智能化设备,现场总线采用计算机数字化通信技术连接智能化现场设备,控制器可从现场设备获取大量信息,增强了现场级信息集成能力;可实现设备状态、故障、参数信息传送,可完成设备远程控制、参数化及故障诊断工作,可靠性高、可维护性好;不同厂家产品只要使用同一总线标准,就具有互操作性和互换性,因此设备具有很好的可集成性。目前在电厂中已逐渐开始应用。

## 六、开关量控制系统的组成

开关量控制系统由控制对象和自动控制器、测量变送器、执行器等组成,其核心是自动控制器。

目前,随着大型单元机组高度自动化分散型控制系统在电厂的广泛应用,新建机组则无一例外地采用了 DCS 系统,DCS 还向辅助车间控制延伸,如应用于补给水系统、脱硫系统等,使得主辅机、主辅系统之间的相互渗透,相互牵连,机、炉、电成为一个有机的整体。图 0-1 为某 600MW 机组全厂自动化系统配置图。其中主机系统由 DCS 实现控制,脱硫控制系统也由同类型 DCS 实现;辅助系统的控制系统,由 PLC+上位机方式实现,且与 DCS 网络通过通信接口实现信息交换。

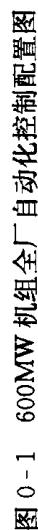


图 0-1 600MW 机组全厂自动化控制配置图

## 第一章 开关量控制的基础知识

### 第一节 概 述

#### 一、开关量信号及开关量变送器

在模拟量控制(自动调节)系统中,检测、运算和指挥执行机构用的信息主要是模拟量信号。而在开关量控制(顺序控制等)系统中,所用到的信息都是“有”、“无”两种状态的信号,例如开关的通断、参数是否达到限值等。这种仅具有两种对立状态的量称为开关量。仅具有开关量信号的控制,称为开关量控制。

模拟量控制中的模拟量信号常常通过模拟量变送器获得,而开关量控制中也常常通过开关量变送器获得开关量信号。开关量变送器与模拟量变送器相比具有三个特点。

##### 1. 输出开关量信号

开关量变送器的主要用途是用来测量被测参数,输出相应的开关量信号。变送器的工作过程如下:当被测物理量在某一范围内变化时,变送器输出一种状态的信息;当被测物理量达到某一值并继续变化时,变送器输出另一种状态的信息。它的输入—输出特性如图 1-1 所示。

从图 1-1 中曲线可以看出,开关量变送器是具有继电特性的非线性部件。因此,有时也把它称为继电器,并在继电器前加上被测物理量(即输入量)的名称,如温度继电器就是测量温度的开关量变送器。

又因为这种变送器可以直接配以执行机构组成简单的位式自动调节器,所以也可称为调节器或控制器。但

是,最常用的名称还是开关,并在开关前加上被测物理量的名称,如压力开关、温度开关等。

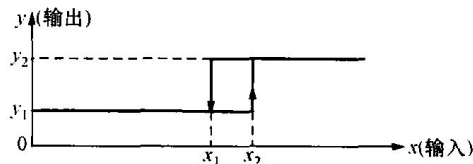


图 1-1 开关量变送器的  
输入—输出特性

##### 2. 动作值具有死区

开关量变送器输出状态转换时被测物理量的值就是开关量变送器的动作值。当被测物理量返回到某一值触点复位,此时的值称为复位值。动作值与复位值之间的差值,称为死区或差值。

在自动控制系统中,不仅需要能测量不同物理量的不同类型变送器,并且对于测量同种物理量的变送器也需要有不同的动作值。因此,绝大多数变送器均有可以在一定范围内任意整定动作值的手段。这样,就可以做到以较少的品种适应较大的用途。

从理论上说,当被测物理量升到变送器的动作值时触点应该动作,降到动作值时触点应该复位。但是,实际上由于机械结构上的原因,一般情况下变送器触点的复位值总要比动作值低一些,如图 1-1 所示。从表面上看,这似乎是变送器的不足之处。但是,在大部分自动控制系统中不但不要求变送器消除死区,相反甚至还要求变送器具有足够大的死区,而且对于不同的场合,控制系统希望变送器具有不同的死区。因为热工被测参数,一般是在一定范围内不断地波动的,如果切换差为零,当热工参数接近切换值时,会多次反复地超过或低

于切换值,造成报警频繁动作,光字牌不断闪光,音响连续出现,执行机构频繁动作,这对运行人员的监控工作极为不利,也不利于设备的可靠运行。为了适应自动控制系统的这一要求,大部分变送器在结构上都考虑了增大死区的措施,还设了整定死区的手段。

### 3. 开关量变送器应具有较高的稳定性和可靠性

对于开关量变送器来说,因为它具有继电特性而且动作值和复位值均可任意整定,所以测量精度并不是什么主要问题,但是要求它的动作值和复位值具有较高的稳定性,也就是说要求变送器的动作值和复位值在长期工作中均能保持在原来的整定值上。

在火电厂自动控制系统中使用的开关量变送器大多数是不经常动作的。自动报警系统使用的变送器是在机组运行工况异常时才会动作输出报警信息的,因此动作的次数不太多。而自动保护系统使用的变送器仅在机组出现危险工况时才动作,动作的机会就更少,有的甚至于几年或更长的时间才有可能动作一次。顺序控制系统使用的变送器,随着被控对象的不同,其动作的机会也不同,动作最频繁的也要在几个小时之内才会动作一次。因此,对于变送器的要求,就是在机组的长期运行过程中它们应处于待机状态,即处于随时准备动作的状态。而且无论待机时间的长短,一旦被测参数达到动作值,它们必须保证能准确动作。

## 二、开关量信息的获取方法

### 1. 通过各种形式的开关量变送器获得

各种参数的开关量信号一般可通过开关量变送器获得,如压力、差压、流量、液位、温度、电量、火焰、位置等开关量变送器。开关量变送器的特点是,转换环节少,结构简单,通常仅由测量元件、杠杆机构和微动开关组成。

### 2. 通过模拟量转换至开关量

在DCS系统中,常用常规模拟测量变送器,再将信号送至DCS系统中经逻辑判断生成开关量信息。

在数字仪表控制系统中,开关量信号也常常可由数字仪表的专门触点产生。

在旧的模拟仪表系统中常常由显示仪表上的附加开关提供开关量信息,不过这种开关量信号可靠性不高。

### 3. 通过各种设备的辅助触点及控制电路获得

设备的状态、控制信息等常通过设备的辅助触点及控制电路获得,例如,油断路器的辅助触点、阀门的控制电路等。

## 三、开关量信号的摄取

开关量控制系统能否可靠动作的先决条件是开关量信号是否真实可靠。如果输入信号不能正确反映被监视的参数或设备状态,开关量控制系统就无法正常地动作。提高信号单元的动作可靠性,可以提高整个开关量控制系统的可靠性。

从热工保护系统发生故障的效果不同看,故障可分为拒动作和误动作两种失效类型。系统不应该动作而动作,称为误动作;系统应该动作而不动作,称为拒动作。

### 1. 单一信号法

单一信号法是指用单个检测元件组成信号单元的方法。显然,检测元件误动作时,信号单元也误动作;反之,检测元件拒动作时,信号单元也拒动作。

单一信号单元保护系统虽然元件少、结构简单,但系统的可靠性太差,因此产生以下几种信号摄取法:串联、并联、串并联、“三取二”及其他信号摄取法。

## 2. 信号串联法

在某些保护系统中,为了减少信号单元的误动作率,将反映同一故障的检测元件触点进行串联。例如,采用双选轴向位移监测装置,它由两套传感器监测同一轴向位移参数。当两套传感器均发出危险信号时,轴向位移保护装置动作,即两者为“与”逻辑。

由于信号串联,所以在每个检测元件都误动作时,信号单元才会误动作。换句话说,只有一个检测元件误动作时,不会造成信号单元的误动作。因此,信号串联法只适用于特别强调减小保护系统的误动作率,而对拒动作率要求不高的场合。

## 3. 信号并联法

在某些保护系统中,为了减小装置拒动作率,将几个检测元件输出信号并联,因而只要有一个检测元件能正常工作,信号单元就能可靠工作。或者说,只有当所有检测元件都拒动时,信号单元才发生拒动作。例如,为了防止高压加热器水位过高而引起汽轮机进水,采用两个水位表的触点并联成一个高压加热器水位信号。只要有水位过高信号时,即将高压加热器切除。

显然,信号触点并联后,拒动作率大大下降,而误动作率却增加了近一倍。所以信号并联法只能用于要求拒动作率小,而误动作率要求不高的场合。

## 4. 信号串并联法

为了综合信号串联后误动作故障率降低和信号并联后拒动作率降低的优点,将两个信号先进行串联,然后进行并联,如图 1-2 所示。

单个检测元件的误动作率或拒动作率很小时,四信号串并联后的信号单元的误动作率或拒动作率均大大减小。

## 5. “三取二”信号法

为了既减小误动作故障率又减小拒动作故障率,已广泛采用“三取二”信号法。给水流流量、过热器出口温度、炉膛压力等参数,均分别采用三个检测元件测量。当其中两个或两个以上检测元件触点闭合时,信号单元就有输出。“三取二”信号法的逻辑图如图 1-3 所示。

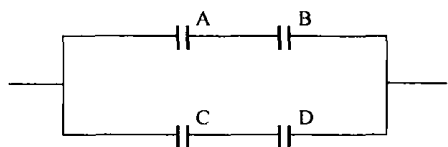


图 1-2 信号串并联法

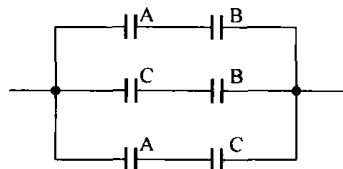


图 1-3 “三取二”信号逻辑图

当单个检测元件的误动作率和拒动作率很小时,“三取二”信号单元的故障率将大大低于单一信号法。

## 6. 信号表决法

在某热工保护系统中装设多个检测元件,如炉膛安全监控保护系统,在炉膛的四个角装有火焰检测器。当每层四个火焰检测器中有两个或两个以上检测到火焰时,则逻辑电路表决为“有火焰”;当三个或三个以下未检测到火焰时,则逻辑电路表决为“无火焰”。这种逻辑判断电路称为 2/4 或 3/4 表决电路,或称为逻辑门槛单元。图 1-4 为 3/4 表决逻辑。

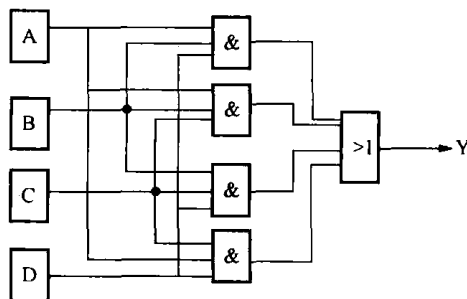


图 1-4 3/4 表决逻辑