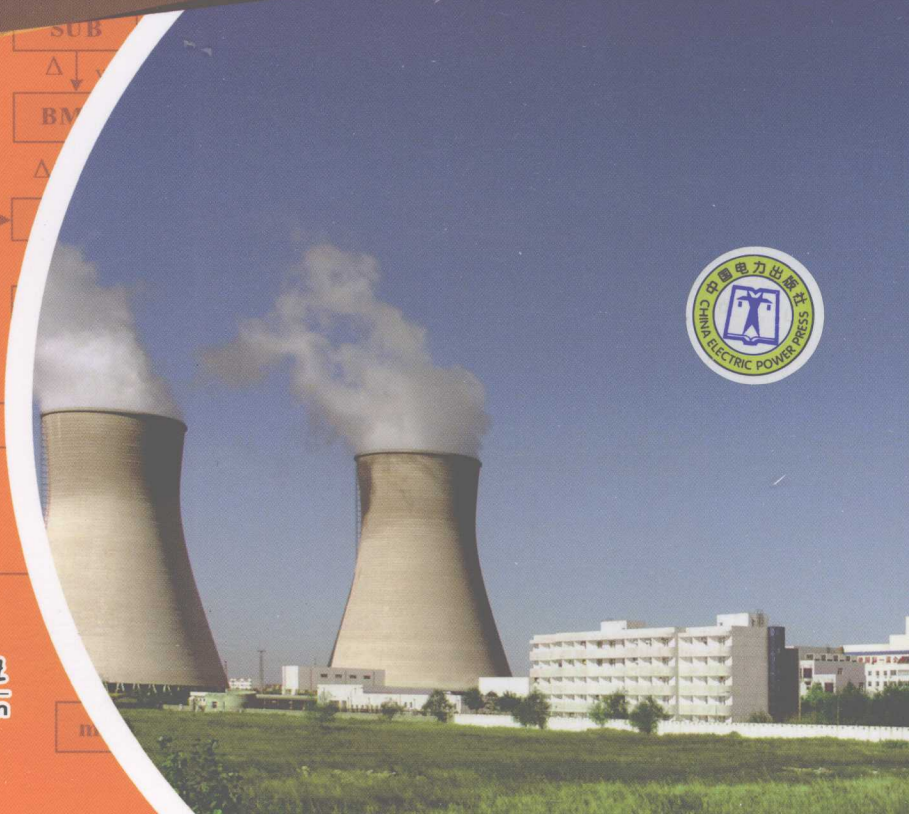


超(超)临界机组 控制方法与应用

刘 维 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

6

517

min开度1

SH挡板 Y7-1

超(超)临界机组 控制方法与应用

刘 维 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书以火电机组自动控制为背景,介绍了工程中机组协调控制,汽轮机与锅炉各个子系统调节控制的工程实现方法及DCS系统的相关问题。

在介绍实用控制方法的同时,为了将这些方法提高到理论的高度,本书对比了模拟、数字控制系统的特性,提出了控制周期、闭环工作周期的概念;利用闭环工作周期概念,得到了常见动态环节的“相位、动态增益”计算方法;采用这些解析公式,证明了串级调节回路的若干基本特性;在此基础上,给出了串级调节回路的“相位、工作周期”设计方法。

本书计算了不同串级回路的特性,如给水系统、蒸汽温度系统、汽轮机控制系统等,这些实例计算的结果可供工程参考;同时,本书利用量化计算,比较了模拟、数字装置的可控性差异,提出了对数字控制装置快速性、确定性的技术要求。

本书介绍的串级回路设计、分析方法,适用于热工受控过程,也适用于一般工业过程。因此,本书适用于热工及一般自动化工程工作者,并可作为控制工程类研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

超(超)临界机组控制方法与应用/刘维编著. —北京:中国电力出版社,2010

ISBN 978-7-5083-9038-3

I. 超… II. 刘… III. 火力发电-发电机-机组-自动控制系统 IV. TM621.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第106074号

中国电力出版社出版、发行

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

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010年1月第一版 2010年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 20.75印张 495千字

印数 0001—3000册 定价 45.00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

序

中国人工智能学会理事、智能控制与智能管理专业委员会委员刘维,研究员级高工,在长期从事控制理论与控制工程相关工作的基础上,撰写了《超(超)临界机组控制方法与应用》专著。该专著具有以下特点:

1. 控制理论与控制工程实践相结合

作者长期从事控制工程实践工作,善于从工程实际中发现问题,继而提高到控制理论上进行研究,提出解决方案、设计控制策略,并应用于控制工程实践。在解决工程实际问题的同时,又检验了理论方法的正确性与合理性。

2. 创新研究成果与丰富实践经验的总结

(1) 专著提出了基于“相位、工作周期”原理的串级调节系统的设计新方法,并应用于超临界机组控制策略分析与串级调节系统设计。实际工程系统的运行结果表明,应用取得了成功。这在工业自动化控制与调节系统的工程设计和技术实现方面具有重要科技意义与广泛的应用价值。

(2) 专著从提高控制系统可控性方面,提出了控制装置控制周期的概念,即完成工艺变量的输入、控制策略运算、控制信号的输出全过程所需要的时间 T_0 ,并实际应用 in 控制系统的量化分析,同时还比较了模拟装置、数字控制装置之间的区别。最终指出:提高装置的快速性、增加可控性,是数字控制系统的关键问题。

(3) 专著提出了大型机组协调控制的策略,发展了多变量、大系统协调控制理论,给出了控制系统的“定规则调度”方法,即定时启动、周期执行、正确顺序、循环往复。同时指出了这是实现高精度控制的系统装置应满足的必要条件,总结了大型集散控制系统分析设计、技术实现、工程应用的实践经验。

3. 内容丰富、理念清晰、工程实用

(1) 内容丰富。该专著内容涵盖模拟调节系统、数字控制系统,串级调节系统、协调控制系统,锅炉控制系统、汽轮机控制系统,信号测量方法、抗干扰技术,故障诊断方法、冗余技术。

(2) 理念清晰。控制理论分析、物理概念清晰。

(3) 工程实用。控制系统工程设计、实际应用方法技术。

因此,该专著的出版有助于促进控制理论研究与控制工程实践相结合,为我国控制理论与控制工程的和谐发展作出了积极的贡献。

中国人工智能学会荣誉理事长、中国自动化学会荣誉理事

涂序彦

前言

作者长期从事控制理论与实践工程相结合的工作。自 1985 年以来,作者一直工作在电站控制工程领域,因此本书为作者多年来的工作总结。本书内容包括:大型发电机组协调、调节控制的方法;采用“相位、工作周期”方法,分析、研究机组的控制策略;从控制系统可控性的观点,研究受控过程对控制装置的技术要求;提出了控制器控制周期的概念、闭环系统工作周期的概念;研究了数字控制装置的快速性、确定性问题,以及对于系统可控性的影响;研究了控制装置实现快速性、确定性的技术实现路径,分析了 I/O 系统、信号诊断系统的技术要素,讨论了实现的技术要点。

工业过程控制中广泛采用串级 PI 调节策略,是人类长期工程实践经验的结晶。工程中,如何简洁、方便地分析、设计、调试串级调节回路,依然是一个关键问题。本书采用了“相位、闭环工作周期”的解析原理,分析、设计了超临界机组的典型调节策略,并借助这种典型设计,介绍了串级调节回路的分离设计方法。

现代控制理论提供了时域、频域的理论方法。当采用控制理论处理工程问题时,往往遇到“数学模型”问题,特别是面向自动化工程的技术人员,工程项目经常变换、对象繁多、工期短、模型不精确是我们经常遇到的难题。

对于常用的串级 PI 调节策略,本书采用了“相位、工作周期”的解析方法,并获得了比较好的效果。解析方法的特点是:物理概念清晰、需要的数学知识相对较少;对受控对象的模型精度要求比较低;分析结果可以满足工程的需要。虽然本书以机组自动调节为主题,但采用的分析、设计方法,适用于一般自动化工程,该方法依然属于频域方法。

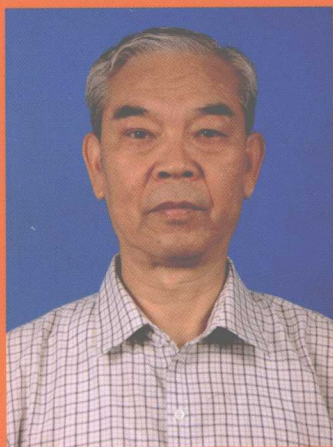
为了分析数字控制装置的可控性问题,本书从模拟调节器开始,比较了模拟、数字系统的特性及差异,讨论了电站工程对数字控制装置的技术需求。当然,可靠性是装置能否使用的基础;控制装置的快速性、确定性是实现高性能控制的必要条件;作业自动化是 DCS 系统的进一步发展方向。

本书编写过程中,热工自动化界的著名专家李子连先生,一直给予大力支持和鼓励,并仔细审阅了本书,提出了许多宝贵意见;同时,和利时公司领导及专家施用昉、罗作桢、魏汇川同志也给予了帮助;国内著名学者、中国人工智能学会荣誉理事长、中国自动化学会荣誉理事涂序彦教授为本书提出了中肯的意见,并在百忙之中为本书编写了序言。在此一并表示感谢!

本书虽经多次校阅,但不足之处恐难避免,恳请读者批评指正。

作者

2009 年 10 月



刘 维 北京市人，北京和利时系统工程
有限公司副总工程师，华北计算机系统工程
研究所（原信息产业部电子第六研究所）研
究员级高级工程师。1978年入学中国科学院
研究生院，1981年获控制理论及应用专业工
学硕士学位。同时担任中国人工智能学会理
事、智能控制与智能管理专业委员会委员。
长期从事控制理论与工程实践相结合的工作，
享受国务院颁发的政府特殊津贴。

目 录

序
前言

绪论	1
第 1 章 模拟调节系统和数字控制系统	8
1 运算放大器和模拟调节系统	8
1.1 运算放大器和虚拟地原理	8
1.2 模拟调节器的运算原理	9
1.3 运算与实现的装置系统	13
1.4 模拟与数字控制装置的差异	14
2 线性系统的零点、极点描述和频率响应特性	16
3 常见系统的延迟计算	19
3.1 单极点系统	19
3.2 可化为单极点的双极点系统	20
4 结果和评述	22
第 2 章 闭环动态过程和串级调节系统的分析、设计方法	25
1 闭环控制回路的基本概念	25
1.1 负反馈和小偏差调节	25
1.2 增益、相位和闭环工作周期	26
1.3 闭环回路的信号衰减	28
2 常见工艺环节的动态增益、相位移计算	28
2.1 纯延迟环节	28
2.2 比例环节	29
2.3 积分环节	30
2.4 比例—积分调节器环节	31
2.5 微分环节	32
2.6 比例—微分调节器环节	32
2.7 比例—微分—积分调节器环节	33
2.8 一阶惯性环节	33
3 电站工艺过程中重要的一阶惯性环节分析	35

3.1	汽轮机转子的转动方程	35
3.2	流量、容积、液位系统	38
4	锅炉给水系统分析和串级 PI 调节回路的设计方法	39
4.1	汽包锅炉给水工艺系统的描述	40
4.2	锅炉给水工艺系统的流速分析	40
4.3	控制性能的判别和优化准则	42
4.4	串级调节系统的特性分析	43
5	串级 PI 调节器特性的评述	50
6	给水串级调节回路的设计方法	51
6.1	给水系统内环路 PI 控制器的设计	52
6.2	汽包水位控制回路 PI 调节器的设计	52
6.3	抗负荷扰动的前馈回路设计	54
6.4	计算实例	55
7	串级回路中内、外环路的耦合度	58
7.1	给水串级调节器系统的隔离度计算	58
7.2	一般串级调节器的隔离度分析	60
8	本章结束语	62
第 3 章 可控性和控制周期		63
1	数字控制器的可控性和控制周期	63
1.1	控制周期 (T_0) 的定义	64
1.2	控制周期是不可控环节	65
1.3	汽轮机控制系统 (DEH) 及其控制周期	65
1.4	锅炉给水控制系统的控制周期分析	67
1.5	结果的讨论	69
2	控制周期 T_0 与闭环动态调节过程	69
2.1	控制周期 (T_0) 相当于一个纯延迟环节	69
2.2	汽轮机控制系统的结构	70
2.3	阀位调节回路工作周期的计算	71
2.4	转速调节回路工作周期的计算	73
2.5	不同控制策略的比较	73
3	常用控制模块的在线、递推算法和确定性问题	75
3.1	不完全微分算法	76
3.2	比例+积分+前馈调节算法 (PIF)	76
3.3	比例+积分+微分+前馈调节算法	77
3.4	一阶惯性算法	78
3.5	最小二乘滤波算法 (LSF)	78
3.6	变化率的最小二乘算法 GRD (Gradient)	79
3.7	超前滞后校正算法	79

3.8 控制器的确定性和意义	79
4 本章结束语	81
第4章 大型机组的协调控制策略及实现方法	82
1 大型超临界机组控制工程的基本特点和问题	82
1.1 受控对象的基本特点	82
1.2 控制策略的主要问题	83
2 两类协调控制策略的分析、比较	83
2.1 汽包锅炉发电机组的协调控制策略思想	83
2.2 超临界、直流锅炉机组的协调控制策略	85
2.3 超临界、直流锅炉的给水—燃料比值控制	88
3 超临界单元机组的运行方式	89
3.1 机组协调控制方式	89
3.2 汽轮机跟踪锅炉方式	90
3.3 锅炉跟踪汽轮机方式	91
3.4 手动运行方式	91
4 直流锅炉、超临界机组协调控制策略的实现方法	92
4.1 机组负荷指令的来源及输入	92
4.2 手动负荷指令及 DPC 负荷指令的形成	93
4.3 负荷指令的变化速率限制	94
4.4 机组参与电网调频功能	95
4.5 辅机故障减负荷功能	96
4.6 锅炉动态加速指令 (BIR) 的生成	97
4.7 汽轮机主控制器 (TM) 及主蒸汽压力的非线性、平滑控制策略	100
4.8 主蒸汽压力调节控制和锅炉负荷指令的生成	102
第5章 直流锅炉的给水控制系统	106
1 直流锅炉给水—蒸汽工艺系统	106
1.1 给水泵系统	106
1.2 汽水分离器及启动分离器系统	106
1.3 喷水减温器系统	108
1.4 锅炉旁路系统	109
1.5 锅炉给水控制系统的工作阶段	110
1.6 焓值控制	111
1.7 给水—燃料比值和焓值控制策略	112
2 给水系统和焓值控制的实现方法	113
2.1 分离器出口的流体温度控制	113
2.2 分离器出口焓值的设定及计算	115
2.3 给水流量信号的测量	116
2.4 微过热区蒸汽焓值的设定值形成回路	117

2.5	焓值控制中的算法问题	119
3	超临界直流锅炉给水指令的生成	119
3.1	负荷指令转化、时间协调和交叉限制功能	120
3.2	最小流量控制回路	121
3.3	锅炉子系统负荷指令的生成规律	122
4	给水系统的执行控制回路组态	122
4.1	给水流量的测量和温度校正	122
4.2	给水泵投入台数的自动校正	123
4.3	给水主 PI 调节器回路	124
4.4	给水泵驱动级调节回路	125
5	曲线拟合的算法问题	128
5.1	正交空间及其基本性质	129
5.2	内积和 Hilbert 空间概念	131
5.3	最小二乘曲线拟合的算法	133
5.4	一维数据的优化拟合程序	137
5.5	二维数据的函数优化拟合程序	138
第 6 章	燃料及磨煤机控制系统	141
1	混燃比值和燃料流量控制指令的生成	141
2	燃料回路工艺和计量	143
2.1	燃料油供油系统	143
2.2	磨煤机及相关变量测量点	143
2.3	燃料量测量、磨煤机负荷指令生成及给煤量调节回路	143
3	磨煤机制粉及送粉系统的控制策略	146
3.1	磨煤机负荷及一次风量的基本控制方法	146
3.2	改进的磨煤机负荷控制方法	148
4	磨煤机出口煤粉温度控制	150
第 7 章	通风系统的控制策略	154
1	通风系统工艺	154
2	通风系统的总体控制策略	156
3	风量测量及氧量校正	157
3.1	风量测量	157
3.2	氧量校正和空气流量指令的生成	158
4	通风流量的调节控制	162
4.1	AFC 信号的前馈校正作用	163
4.2	增益自动校正功能	164
4.3	分层配风的调节控制	164
5	FDF 送风压力控制	165
6	引风机 (IDF) 引风压力控制	167

7 一次风机 (PAF) 的送风压力控制	168
8 大型锅炉左、右侧通风系统的平衡控制	169
8.1 A、B 送风通路固有不平衡的校正作用	170
8.2 手动工况下的控制信号补偿功能	171
8.3 PI 调节器位置反馈跟踪信号分析	171
8.4 RB 工况的动态补偿作用	172
9 送风机 (FDF) 的总风流量控制方法	172
9.1 控制策略的总体思想	173
9.2 二次风流量控制回路	173
9.3 一次风机控制回路	174
第 8 章 蒸汽温度控制系统	175
1 蒸汽过热系统的工艺过程	175
1.1 工艺过程	175
1.2 蒸汽温度的控制概念	176
1.3 蒸汽焓值响应的近似描述	178
2 减温器喷水的主蒸汽温度控制系统	179
2.1 串级调节回路分析和计算	179
2.2 串级调节回路的实现	183
2.3 一点认识	183
3 再热蒸汽温度控制系统	184
3.1 再热蒸汽温度的控制手段和装置	184
3.2 再热蒸汽温度的烟道挡板控制	186
3.3 再热蒸汽温度的喷水减温控制	188
第 9 章 汽轮机控制系统	192
1 大型汽轮机控制系统的功能	192
2 汽轮机转速测量技术	194
2.1 转速测量的技术特点	194
2.2 转速测量方法	195
2.3 转速测量系统的结构和配置	197
3 汽轮机的启动升速控制过程	198
3.1 汽轮机升速控制	198
3.2 升速控制的组态实现	199
3.3 汽轮机的同期并网和转速的摆动控制	200
3.4 转速调节器分析	200
4 汽轮机调节系统的功能	203
4.1 电液伺服系统和阀位控制回路	204
4.2 控制器驱动级回路	204
4.3 一次调频控制回路	205

4.4	低值选择回路	206
4.5	汽轮机控制方式的切换	206
5	汽轮机及机组的电网调频作用	207
5.1	汽轮机调速系统的功能	207
5.2	一次调频的能量分析	208
5.3	机组的自动频率控制 (AFC) 回路	209
5.4	负荷调度功能	210
6	汽轮机保护跳闸后的超速估算	210
7	汽轮机的保护系统	212
7.1	保护功能的设置	212
7.2	转速保护信号的输入系统	212
7.3	汽轮机紧急跳机保护系统 ETS	213
7.4	保护动作的执行及甩负荷幅度	217
8	DEH 系统的故障诊断方法	218
8.1	DEH 系统结构和故障诊断范围	218
8.2	故障诊断方法	219
9	汽轮机调试仿真系统和启动应力控制系统	220
9.1	汽轮机调试仿真系统结构	220
9.2	汽轮机的启动应力控制系统	221
10	DEH 系统的典型结构	224
10.1	D-EHG 控制器系统	224
10.2	汽轮机启动/停机控制器	224
10.3	功率不平衡 (PLU) 保护系统	224
10.4	运行、监视的操作员站系统	225
第 10 章	信号测量及 I/O 技术	226
1	信号输入、输出系统的结构	226
1.1	系统结构及技术分析	226
1.2	控制器总线的分类及特点	227
1.3	现场总线技术的发展方向	228
2	4~20mA 模拟信号的输入技术	229
2.1	技术需求	229
2.2	输入信号的电流环测量技术	229
2.3	输入电阻对测量精度的影响	229
2.4	多个指示器的串接和线性动态范围	230
3	热电阻的温度测量方法	230
3.1	电桥测量及电缆电阻	231
3.2	测量误差分析	232
3.3	恒流源测量方法	236

4	热电偶温度测量	237
4.1	温差电动势与接触电动势	238
4.2	热电偶的基本定律	238
4.3	热电偶测量模件	239
5	抗干扰的测量技术	240
5.1	抗共模干扰信号的测量技术	240
5.2	器件参数和输入级电路设计	242
5.3	闭环放大系统的共模抑制比	244
5.4	滤波器及信号时延的计算	246
5.5	集散系统的电磁兼容性 (EMC)	248
6	电动执行装置的信号输出级	253
6.1	脉冲型控制信号的形成	253
6.2	采用变频器的电动执行装置	254
7	事件顺序记录 (SOE) 信号的输入及排序技术	255
7.1	系统概述	255
7.2	SOE 系统的结构	255
7.3	精确校时的实现方法	257
8	DO 输出电路及继电器触点容量的分析	257
8.1	DO 输出电路的使用形式	258
8.2	继电器触点容量的分析	258
第 11 章	信号的故障诊断及冗余	261
1	输入信号的常用冗余方式	261
1.1	输入信号的基本冗余方式	261
1.2	带有补偿、校正环节的信号双重化方式	261
1.3	两输入信号求和、平均的冗余切换方式	261
1.4	信号三取一的方式	262
2	模拟输入信号的故障诊断和切换	262
2.1	故障分类及诊断思想	262
2.2	故障诊断过程	263
2.3	模拟量的平滑切换功能	265
3	双重化输入信号的故障切换逻辑	265
3.1	实现的功能	265
3.2	故障判别及切换逻辑	265
4	三信号冗余、诊断及切换逻辑	267
4.1	逻辑功能	267
4.2	逻辑说明	267
5	模拟输出通道及执行器的故障诊断	269
5.1	诊断算法	269

5.2 诊断逻辑及说明	269
6 开关量输出通道及执行装置的故障诊断 KDG	271
6.1 诊断逻辑和说明	272
6.2 “开”操作及故障诊断	272
6.3 “关”操作及故障诊断	273
6.4 初始化及复位操作	274
6.5 执行装置的自滑动故障诊断	274
第 12 章 集散控制系统技术的展望	275
1 装备技术进步的基本方向	275
2 人工智能与工程作业自动化	276
3 机组控制策略的研究	277
3.1 关于预测控制方式	278
3.2 自适应控制问题	278
3.3 燃烧场的控制问题	278
3.4 受控过程特性的自动辨识、控制系统参数的自动整定问题	278
4 经济运行的决策支持系统	279
5 集散控制系统的装备技术	280
附录 A 东方锅炉厂 1000MW 超超临界锅炉的技术特性	281
附录 B 哈尔滨锅炉厂 1000MW 超超临界锅炉的技术特性	292
附录 C 上海锅炉厂 1000MW 超超临界锅炉的技术特性	299
附录 D 国产化的 DCS 系统——HOLLiAS-MACS 系统在大型超（超）临界机组控制 工程中的应用	306
参考文献	315

绪 论

在大型火力发电机组控制工程中,采用计算机系统的历史已有 30 多年,使用 DCS (Distributed Control System) 控制系统装备的历史也有 20 多年。在此期间,发电机组主设备从亚临界参数提高到超临界、超(超)临界参数;单机容量也从 300MW 发展到 600、1000MW;计算机控制系统的功能范围也从单纯的数据采集功能 DAS (Data Acquisition System),扩展到调节控制 MCS (Modulating Control System)、顺序控制 SCS (Sequence Control System)、锅炉保护 FSSS (Furnace Safety Supervisory System)、汽轮机数字电液控制系统 DEHG (Digital Electric-Hydraulic Governor)、给水泵汽轮机控制系统 MEH (Micro Electro-Hydraulic Control System)、电气控制系统 ECS (Electrical Control System)、紧急跳机保护系统 ETS (Emergency Trip System) 等。

进入 21 世纪,DCS 系统的控制功能范围进一步扩展到脱硫系统、循环水供水系统、燃料系统等辅助工艺系统。大机组 DCS 系统的控制功能已经覆盖了机组运行的方方面面,成为机组发电不可缺少的控制、运行中心。当前的机组 DCS 系统已经融入电厂的生产管理信息系统,是电站生产状态总体监视、优化运行的重要数据来源。可以这样说,离开 DCS 系统,电站将无法正常运行。

从过程控制的观点分析,发电机组工艺是一个多变量的快速受控系统,不仅锅炉—汽轮机工艺过程紧密耦合,而且具有非线性、时变参数、快慢相间的受控对象的特点。它们构成了发电机组自动控制的复杂性和特殊性。

1 复杂的受控过程和模型问题

众所周知,单元式机组由锅炉—汽轮机—发电机及相关联的辅机设备组成。受控过程涉及磨煤机的制粉过程,一次风风力送粉过程,给水泵给水过程,炉内燃烧过程及热量传递、传导过程,水/汽转化过程、高压蒸汽的压缩蓄能过程,汽轮机内的膨胀做功过程,汽轮机的高速旋转过程,机械—电磁能量的转化过程等。这一复杂的过程,既有化学反应也有物理过程,涉及工作介质的能量储存及释放、介质形态的变化与循环,不同形式能量的转化……。描述该复杂过程的数学模型,虽然可以用集中参数、线性、定常系统来表述,然而本质上,该系统具有分布、非线性、时变参数的性质。只是在分析短时间、固定运行参数、小范围变化的性质时,集中参数、线性、定常系统的模型描述才比较准确。受控过程的复杂性、数学模型的不准确性和近似性,是实践工程中经常遇到的问题。

2 快速的受控过程

与某些工艺相比(如发酵过程),发电机组工艺属于快速受控过程。不仅汽轮机控制属于高速旋转机械的精密控制,锅炉的子系统控制也是如此。机组的给水控制、燃烧控制、通风控制、直流锅炉的微过热区焓值控制等,均属于需要快速控制的对象范畴。

快速受控的工艺过程需要 DCS 系统装置具有快速调节、快速保护的能力。控制系统装置的动作慢,将失去可控性和控制精度。本书将从典型工艺出发,如汽轮机系统、给水系统,讨论控制装置的快速性与可控性之间的关系,从而给出对于 DCS 系统的快速性技术需求。

3 紧密耦合、快/慢相间的主要受控工艺

汽轮机控制系统属于高速旋转机械的精密控制,不仅转速快(额定转速 3000r/min)、要求的控制精度高,而且调节汽门的开度与进汽蒸汽压力(汽轮机前压力 p_t)之间的响应速度快。阀门开度的变化对于汽轮机前压力参数(p_t)或与之相关的锅炉出口蒸汽压力参数(p_{ms})影响迅速,是个非常快的受控对象。

为了产生合格参数的蒸汽,必须经历燃烧、热传递、换热、蒸发、焓升、过热等全过程,这是一个以“分钟”计算的慢过程。尽管燃烧过程的子系统,如给水、送风、引风等过程属于快速受控工艺,然而与汽轮机受控过程相比,依然具有滞后、相对慢的特点。

主蒸汽压力参数(p_{ms})表征了汽轮机—锅炉之间瞬态能量的平衡状态,是机组安全运行的标志性参数。主蒸汽压力参数稳定与否,代表了锅炉—汽轮机协调控制的优劣,因此是汽轮机—锅炉间的重要协调受控变量。

一个快速的汽轮机受控过程,一个滞后且相对缓慢的锅炉受控过程,形成了单元型发电机组的主体受控工艺。快速满足发电负荷的需求,时刻保持这个紧密耦合、快慢相间的主受控过程的动态平衡,将主蒸汽压力参数稳定在允许的安全、合理范围内,是单元式机组协调控制的一个重要任务。

4 大型多变量系统

目前,机组 DCS 系统的控制范围很宽,以输入/输出(I/O)点数为标志,1000MW 超(超)临界机组 DCS 系统的 I/O 点数已经达到万点以上。机组受控过程,不仅锅炉—汽轮机对象呈现紧密耦合状态,而且锅炉系统的水、蒸汽、通风、燃料等过程,同样紧密耦合在一起。这是一个典型的大型多变量控制系统。

复杂的受控过程、不够精确的数学模型、快速的工艺过程、紧密耦合及快/慢相间的大型多变量系统构成了机组控制系统的主要特点。这些技术特点要求我们采用系统理论的观点,从全局、总体出发来处理机组控制问题。在分析子系统的问题时,不能忽视局部与总体的关系;当进行优化时,必须从总体优化的观点出发,实现锅炉—汽轮机控制系统的优化,局部优化缺乏本质性意义。

在对大型机组 DCS 系统进行结构分析、总体设计时,子系统的划分准则是个重要的问题。不考虑变送器、执行器、信号电缆等现场装置,机组 DCS 系统的结构可以分为四个层次:

(1) 输入、输出信号层。由信号的端子连接、I/O 模件组成。完成现场过程与控制器之间的输入、输出信号任务。

(2) 控制子系统层。由执行闭环、开环控制任务的众多子系统控制器组成。它接受输入信号,完成数据采集处理任务、控制策略运算任务、设备的保护逻辑运算任务,运算的结果以控制信号、保护信号的形式,经过通信网络或 I/O 模件输出。众多的子系统控制器构成了机组的过程控制层;控制器之间相互独立、自主工作,可称为 DCS 系统的基本控制器。

(3) 机组协调及通信层。由机组协调控制器、通信网络组成。它完成不同控制子系统之间的信息交流、数据通信,执行机组的总体协调控制任务。

(4) 机组状态监视、操作层。也称为操作员站系统。

机组数据库由若干相互独立的操作员站、数据打印站、数据库站组成,包括实时数据库和历史数据库。操作员站系统是控制系统、受控工艺过程与操作人员的工作界面。运行操作人员借助操作员站系统,监视发电机组的工作状态、并发出工作指令。操作层与控制层之间的通信系统,是人/机界面与控制器系统的信息通道,执行控制层数据的向上传送、操作员指令下达的工作。

当前,机组监视及操作层已经与电站的生产管理信息系统(SIS)通信连接,并将机组运行中的状态数据实时送往信息管理系统,供上一级的优化工作使用。

关于机组控制子系统的分解准则,存在两种总体设计观点:①依照受控工艺系统划分子系统的设计思想;②依照控制系统功能划分子系统的设计思想。前者简称依工艺系统划分准则,后者简称依功能系统划分准则。图 0-1 所示为依照 DCS 系统功能划分的机组自动化系统结构,图 0-2 所示为依照工艺过程划分的机组自动化系统结构。

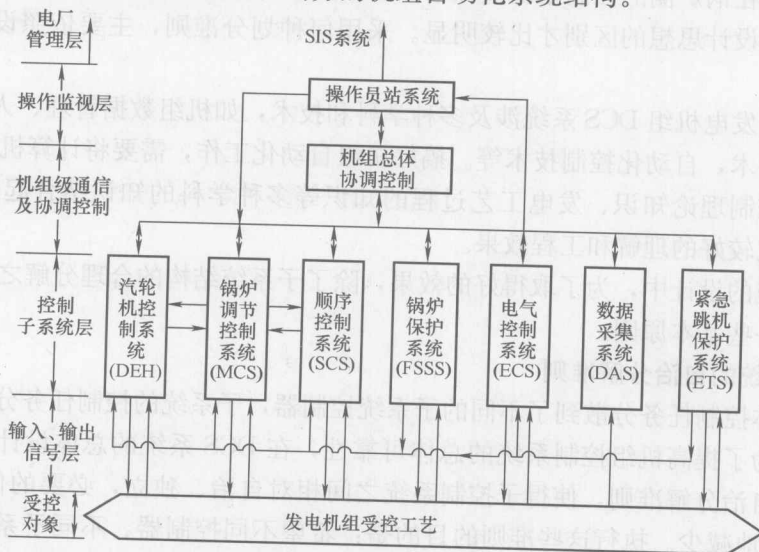


图 0-1 依照 DCS 系统功能划分的机组自动化系统结构

依照 DCS 系统的控制功能进行子系统分解的设计思想强调了数据采集系统、调节控制系统、顺序控制系统、保护系统、电气系统之间的区别,与传统电厂技术人员的组织结构相对应,具有职责分明、工作范围清晰的特点,获得了广泛的应用。

依照受控工艺系统划分子系统的设计准则不再强调调节控制、顺序控制的区别。调节、