


火力发电机组自启停 控制技术的应用

■ 潘凤萍 陈世和 陈锐民 朱亚清 等 著

 科学出版社

火力发电机组自启停 控制技术的应用

潘凤萍 陈世和 陈锐民 朱亚清等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

机组自启停控制系统(APS)可以使机组按照规定的程序进行设备的启停操作,提高了机组运行的安全性和经济效益,因此对发电机组特别是大容量超超临界机组自启停控制技术进行研究和应用,成为近年电厂热工自动化和自动控制技术的研究热点之一。本书是作者多年来从事自启停控制技术研究和应用,并进一步总结和高的结果,它涵盖了自启停控制系统设计和应用中各个方面的内容,对自启停控制技术的发展、意义、APS的设计框架、机组级控制系统设计、全程控制技术、特殊控制策略、APS调试技术以及实际工程应用等方面进行了详细阐述。

本书可供大型火力发电厂、电力研究院、电力设计院等单位从事热工自动化、节能优化运行等专业的技术人员使用,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

火力发电机组自启停控制技术及应用/潘凤萍等著. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-028169-2

I. 火… II. 潘… 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(2010)第 123340 号

责任编辑:汤 枫 王志欣 / 责任校对:郑金红

责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

深海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 1 月第一次印刷 印张: 26 3/4

印数: 1—2 500 字数: 518 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

近年来,随着我国超临界和超超临界机组建设步伐的加快,600MW、1000MW 火电机组已成为当今国内火力发电的主力机组。超超临界机组在可靠性、可用率、运行性能等方面相当的前提下大幅提高了发电效率,是国内外燃煤机组发展的主导方向和未来 30 年洁净煤发电的主流技术。截至 2009 年,我国投运的百万超超临界机组已达到 20 多台。

超超临界机组具有设备数量多、容量大、运行参数高且控制系统结构复杂等特点,其对机组自动化水平有着更高的要求。机组自启停系统(APS)作为提高自动化水平行之有效的方法,受到越来越多的关注和重视。

在过去,机组启动和停运过程中存在着大量复杂的人工操作,也不可避免地会发生误操作事故,而 APS 的实现,取代了手动操作,从而也消除了其中的安全隐患,提高了机组启停的正确性和规范性,大大减轻了工作人员的工作强度。此外,APS 实现了快速准确的机组启动,缩短了机组启、停设备的时间,降低了启停过程中的煤耗和油耗,提高了机组效率,节省了能源,创造了经济效益。因此,实现 APS 是体现机组高自动化水平的一个重要标志,已成为火电厂自动化的发展趋势。

广东电网公司电力科学研究院热工所早在 2005 年就开始了机组自启停系统的设计研究工作。先后在湛江奥里油电厂、沙角 C 电厂、华能海门电厂完成了自启停系统的设计和调试,在工作中,积累了大量宝贵的实践经验,逐渐形成了一套独特且行之有效的控制理论和控制方案。热工所设计完成的华能海门电厂百万千瓦超超临界机组 APS 的顺利投运,在国内尚属首例,标志着我国 APS 技术已经走向成熟。

这本《火力发电机组自启停控制技术及应用》是热工所多年研究工作的积淀,它系统地阐述了对 APS 关键技术的理解,包括系统框架设计,功能组控制技术,与 MCS 的接口技术,给水全程控制技术,送、引风的全程控制技术,锅炉水、煤、旁路协调自动热态清洗控制技术,锅炉全程控制技术,除氧器全程水位控制技术,机组负荷全程控制技术,锅炉干/湿态转换自动控制技术,主蒸汽温度控制技术为核心

技术。该书完整地提出了 APS 的技术理论,是国内第一本有关 APS 技术的书籍,填补了这一领域的空白;同时,该书推动了 APS 设计理论的完善和发展,为我们提供了参考和借鉴。此外,这本书倾注了热工所全体工作人员心血和智慧,它丰富了我国热工自动控制的内容,极大地推动了我国热工控制先进技术的发展,特此为序。

钟 清

2010 年于广州

前 言

超超临界机组尤其是百万千瓦超超临界机组的设备数量多、容量大、运行参数高、控制系统结构复杂,因此机组对运行人员的操作和管理水平提出了更高要求,在机组运行尤其是机组启动和停运过程中,如果运行人员仅靠手动操作,不仅容易发生误操作事故,而且极大地影响了机组运行的安全性和经济性。机组自启停控制系统(APS)可以使机组按照规定的程序进行设备的启停操作,不仅简化了运行人员的操作,减少了误操作的可能性,提高了机组运行的安全可靠,同时也缩短了机组启动和停运时间,提高了机组的经济效益,因此对发电机组特别是大容量超超临界机组自启停控制技术进行研究和应用,提高机组的安全可靠性和经济性,成为近年火电厂热工自动化和自动控制技术的热点之一。

本书是国内第一部有关自启停控制技术的科技专著,将自启停控制技术作为控制领域中一种新的工程应用学科和技术进行了专门论述,首次系统地对自启停控制技术研究意义和重要性、自启停控制系统的总体框架、自启停控制系统的接口技术、机组级控制系统的设计,尤其是全程控制策略(包括给水全程控制、风烟全程控制、燃料全程控制、主蒸汽压力全程控制、主蒸汽温度全程控制、负荷全程控制、除氧器水位全程控制等)进行了归纳和总结。本书在学术上为火电厂热工自动化控制技术的发展起到了推动作用,是我国热工控制技术发展的里程碑。本书内容涵盖了自启停控制系统设计中各个方面的内容,对系统相关的工作原理也进行了深入的剖析,对从事自启停控制技术组态和应用的工程技术人员有较大的帮助和参考作用。

本书共分为 15 章。其中,第 1 章对自启停控制系统研究的现状、意义、内容、实现过程及应用前景进行了介绍;第 2 章介绍了 APS 的总体框架及机组级控制系统设计方案;第 3 章介绍了 APS 功能组设计技术;第 4 章介绍了 APS 与 MCS 全程控制的接口技术及典型回路设计;第 5~10 章重点介绍了全程控制技术,包括从管道注水到机组满负荷给水全程控制技术、燃烧过程全程自动控制技术、具有自动并退及出力自动平衡功能的送/引风全程控制技术、蒸汽温度全程自动控制系统、主蒸汽压力全程控制策略、负荷全程控制及具有凝结水母管压力自适应能力的除氧器水位全程控制技术;第 11 章对实现机组自启停控制系统功能的特殊控制策略,包括给水、燃料和旁路协调自动热态清洗控制技术,采用 BCP 泵的锅炉干/湿态转换自动控制技术及前后墙对冲锅炉油燃烧器自动管理进行了介绍;第 12 章介绍了 APS 调试技术;第 13~15 章分别介绍了 APS 技术在 1000MW 超超临界机

组和 600MW 燃煤、燃油亚临界机组中的应用。本书第 1 章由陈世和撰写,第 2 章由陈锐民撰写,第 3 章由李锋和张红福撰写,第 4 章和第 5 章由朱亚清撰写,第 6~9 章由潘凤萍和陈锐民撰写,第 10 章由朱亚清撰写,第 11~15 章由潘凤萍撰写。全书由潘凤萍统稿。

广东电网公司电力科学研究院(以下简称广东电科院)热工所史玲玲在本书的撰写过程中提供了较大的帮助,武汉大学方彦军教授、广东电科院曾纪良教授级高工、黄卫剑高工、张曦博士在书稿的修订和整体编排方面提出了很多宝贵的意见。广东电科院热工所在自启停控制技术方面所取得的进步是与陈世和、陈锐民两位所长的大力推进密不可分的,他们作为主管领导,一直关心和支持自启停控制技术研究及推广应用,尤其是在百万千瓦机组自启停控制技术方面,从项目的策划、实施、总结和提高都提供了大量的帮助和具体的指导意见,有时甚至是亲自斧正。感谢热工所领导和同仁在本书写作过程中所提供的大力支持。感谢清华大学倪维斗院士、中国电力设计规划总局侯子良教授级高工和华南理工大学陆继东教授,他们对自启停控制技术研究、总结和提高给予了大量的关心和支持。

感谢湛江中粤能源有限公司吴吕斌总工、钟振林主任和广东电科院田翔副总经济师,他们提出了在湛江奥里油电厂实施自启停控制系统的先进理念,使我们对自启停控制技术的认识从无到有,不断地丰富深入,最后形成自己独特的技术。感谢百万千瓦机组自启停控制系统的倡导者华能海门电厂孙叶柱副厂长,正是由于他积极推进,才使我们在百万千瓦机组上有了发挥的空间,使我们的自启停控制技术迈上了新的台阶。感谢粤电集团沙角 C 电厂肖杰专工和华能海门电厂孙伟鹏主任,在他们的帮助下使我们对火电机组工艺系统有了深刻的认识,为自启停控制系统在沙角 C 电厂和海门电厂的顺利实施创造了条件。

感谢钟清院长,在她的领导下广东电科院的科研工作取得了突飞猛进的进步,感谢她在百忙之中为本书作序。感谢何宏明副院长、高新华副院长和江学荣院长顾问,在他们的关心、支持和鼓励下,我们在自启停控制技术的研究和应用上不断取得新的进展。

本书是作者所在单位对近几年在自启停控制技术研究 and 应用工作进行的总结和提炼,虽然我们开展自启停控制技术研究已有一段时间,但对控制理论的挖掘还不够深入,水平还有限,因此书中内容和文字上不妥之处在所难免,敬请读者指正。

作 者

2010 年 11 月于广州

目 录

序

前言

第 1 章 自启停控制系统概述	1
1.1 APS 技术研究必要性	3
1.2 APS 技术研究意义	4
1.3 APS 技术发展现状	5
1.4 APS 技术内容	9
1.4.1 实现 APS 需完成的工作	9
1.4.2 APS 自启停过程中的技术难题	11
1.5 APS 技术实现过程	13
1.5.1 项目设计阶段	14
1.5.2 APS 方案设计	14
1.5.3 APS 控制系统组态	16
1.5.4 APS 控制系统仿真试验	16
1.5.5 APS 控制系统调试	17
1.6 APS 的推广应用	18
第 2 章 APS 机级组控制系统设计	20
2.1 自启停控制系统的总体框架	20
2.2 断点的思想	21
2.3 自启停控制系统设计范围	22
2.3.1 APS 启动过程设计范围	22
2.3.2 APS 停止过程设计范围	24
2.4 APS 操作画面设计	24
2.4.1 APS 人机接口界面的层次结构	25
2.4.2 APS 的总画面	25
2.4.3 APS 断点画面	28
2.4.4 APS 功能组画面	28
2.4.5 APS 人机接口界面的切换和连接	28
2.4.6 调节回路全程自动下画面的显示	30
2.5 自启停控制系统上层公用逻辑的组态	30

2.6	自启停断点功能宏的组态	30
2.6.1	KEYBOARD	30
2.6.2	MASTERSEQ	31
2.6.3	DEVICESEQ	34
2.6.4	断点执行步序监视时间的实现	35
2.6.5	断点执行跳步功能的实现	36
2.6.6	断点执行状态的定义	37
2.6.7	断点功能宏的应用	37
2.7	APS 和其他系统的接口	40
2.7.1	APS 与 MCS 的接口	40
2.7.2	APS 和 CCS 的接口	41
2.7.3	APS 与 BMS 的接口	42
2.7.4	APS 与 SCS 的接口	42
2.7.5	APS 与 DEH 的接口	42
2.7.6	APS 与旁路控制系统的接口	43
2.7.7	APS 与 MEH 的接口	44
第 3 章	APS 功能组设计技术	45
3.1	功能组设计原则	45
3.2	凝补水系统启动功能组	47
3.3	闭式循环冷却水系统启动功能组	49
3.4	循环水系统功能组	51
3.5	汽轮机油系统启动功能组	55
3.6	密封油功能组	56
3.7	凝结水系统启动功能组	58
3.8	凝结水上水功能组	61
3.9	凝结水正常和排放模式切换功能组	63
3.10	低压加热器水侧投入功能组	65
3.11	低压加热器水侧退出功能组	66
3.12	辅助蒸汽系统功能组	67
3.13	除氧器加热功能组	68
3.14	轴封和抽真空功能组	69
3.15	给水管道的注水功能组	72
3.16	锅炉上水及开式循环清洗功能组	72
3.17	锅炉冷态循环清洗功能组	76
3.18	风烟系统启动功能组	77

3.18.1	基本介绍	77
3.18.2	功能组设计	78
3.18.3	实际运行效果	83
3.19	等离子系统恢复功能组	85
3.20	制粉准备功能组	86
3.21	煤层启动功能组	87
3.22	高压缸预暖功能组	89
3.23	汽轮机调阀预暖功能组	90
3.24	自动并网功能组	92
3.25	汽动给水泵启动功能组	93
3.26	高压加热器投入功能组	96
3.27	煤层停运功能组	97
3.28	风烟系统停运功能组	98
3.29	真空停运功能组	99
3.30	轴封停运功能组	100
第4章	APS与MCS全程控制的接口技术典型回路	101
4.1	锅炉侧模拟量控制回路	103
4.1.1	引风机导叶控制	103
4.1.2	送风机动叶控制	104
4.1.3	给煤机控制	105
4.1.4	磨煤机热风挡板控制	106
4.1.5	磨煤机冷风挡板控制	106
4.1.6	360阀(给水流量再循环流量调节阀)控制	107
4.1.7	361阀(分离器水位调节阀)控制	108
4.1.8	一次风机入口动叶控制	108
4.1.9	二次风门控制	109
4.1.10	中心风门控制	110
4.2	汽轮机侧模拟量控制回路	110
4.2.1	高压旁路蒸汽压力调节阀控制	110
4.2.2	高压旁路蒸汽减温喷水调节阀控制	111
4.2.3	闭冷水缓冲水箱水位调节	112
4.2.4	凝补水调节阀控制	113
4.2.5	凝汽器水位调节	113
4.2.6	凝结水最小流量再循环阀控制	114
4.2.7	除氧器水位调节	115

4.2.8	辅助蒸汽至除氧器压力调节阀控制	118
4.2.9	汽轮机轴封压力调节	119
4.2.10	小机轴封压力调节	120
4.2.11	汽封减温喷水调节	121
4.2.12	辅助蒸汽至轴封减温喷水调节	121
4.2.13	给水旁路调节阀控制	122
4.2.14	电动给水泵勺管控制	123
4.2.15	汽动给水泵控制	124
4.3	小结	125
第5章	从管道注水到机组满负荷给水全程控制技术	126
5.1	概述	126
5.2	直流锅炉给水全程控制	126
5.2.1	方案设计	127
5.2.2	给水调节系统设计	130
5.2.3	给水系统功能组设计	140
5.2.4	实际投运效果	140
5.3	汽包锅炉给水全程控制	141
5.3.1	给水系统概况	141
5.3.2	给水全程控制实施方案	142
5.3.3	给水全程控制系统设计	143
5.3.4	给水全程自动控制各系统设计说明与实施	147
5.3.5	系统投运	170
5.4	小结	184
第6章	燃烧过程全程自动控制技术	185
6.1	燃烧过程自动控制的任务与自动控制特点	185
6.1.1	电站锅炉燃烧过程控制系统的任务	185
6.1.2	燃烧过程自动控制特点	185
6.2	燃烧过程自动控制系统的基本方案	187
6.2.1	燃烧控制系统基本原理	187
6.2.2	直吹式制粉系统锅炉燃烧过程自动控制系统基本方案	189
6.3	燃烧过程的全程自动控制系统	192
6.3.1	直吹式制粉系统锅炉的燃料全程控制系统	192
6.3.2	送风全程控制系统	211
6.3.3	炉膛压力控制系统	221
6.3.4	一次风压力控制系统	227

6.3.5	辅助风及燃料风控制系统	231
6.3.6	实际运行效果	236
6.4	小结	237
第7章	蒸汽温度全程自动控制系统	238
7.1	概述	238
7.2	过热汽温控制对象动态特性	239
7.2.1	影响蒸汽温度变化的因素	239
7.2.2	直流锅炉过热汽温调节的基本原则	240
7.3	过热汽温控制系统的基本方案	242
7.3.1	具有导前微分信号的双回路过热汽温自动控制系统	242
7.3.2	串级蒸汽温度控制方案	244
7.4	再热汽温控制系统任务与控制方法	245
7.4.1	采用烟气挡板的再热汽温控制	246
7.4.2	采用摆动式燃烧器的再热汽温控制	246
7.4.3	采用微量喷水和事故喷水减温的再热汽温控制	246
7.5	蒸汽温度自动控制系统	247
7.5.1	二级减温控制系统	247
7.5.2	一级减温控制系统	251
7.5.3	具有减温水与给水协调控制功能的主蒸汽温度控制技术	255
7.5.4	烟气挡板控制系统	258
7.5.5	再热汽温事故喷水控制系统	259
第8章	汽轮机旁路控制系统及主蒸汽压力全程控制策略	263
8.1	汽轮机旁路系统的组成与功能	263
8.1.1	汽轮机旁路系统的组成	263
8.1.2	汽轮机旁路系统的功能	264
8.2	高压旁路控制系统	265
8.2.1	高压旁路压力设定值发生器	265
8.2.2	高压旁路压力调节阀控制	271
8.2.3	高压旁路温度调节阀控制	272
8.2.4	高压旁路喷水隔离阀控制	273
8.2.5	高压旁路减温水截止阀控制	274
8.3	低压旁路控制系统	274
8.3.1	压力设定值发生器	274
8.3.2	低压旁路压力调节阀控制	275
8.3.3	低压旁路喷水调节阀控制	276

第 9 章 协调控制系统与主蒸汽压力、负荷全程控制	279
9.1 协调控制系统概述	279
9.1.1 协调控制系统的特点	279
9.1.2 协调控制系统的功能与任务	280
9.1.3 协调控制系统的组成	282
9.1.4 超临界机组协调控制系统的特点	284
9.2 协调控制系统的控制方式	285
9.2.1 基本方式	286
9.2.2 汽轮机跟随方式	287
9.2.3 锅炉跟随方式	290
9.2.4 机炉协调控制方式	291
9.3 机组主控	293
9.3.1 负荷指令运算环节	295
9.3.2 负荷指令限制环节	299
9.4 主蒸汽压力设定值生成回路	305
9.5 锅炉主控	306
9.6 汽轮机主控	309
9.7 机组负荷全程自动控制	313
9.7.1 自动升负荷过程控制	314
9.7.2 自动降负荷过程控制	315
9.7.3 小结	316
第 10 章 具有凝结水母管压力自适应能力的除氧器水位全程控制技术	317
10.1 概述	317
10.2 凝结水再循环阀控制	318
10.2.1 凝结水再循环阀控制的超驰功能	318
10.2.2 凝结水流量信号	320
10.2.3 凝结水再循环阀调节	320
10.3 除氧器水位副调节阀控制	320
10.3.1 除氧器水位设定	320
10.3.2 除氧器水位副调节阀的超驰功能	322
10.3.3 除氧器水位副调节阀的禁增禁减功能	323
10.3.4 除氧器水位副调节阀调节	323
10.4 除氧器水位主调节阀控制	323
10.4.1 除氧器水位主调节阀的超驰功能	325
10.4.2 除氧器水位主调节阀调节	325

10.5	凝结水泵变频控制	326
10.5.1	凝结水泵变频控制的超驰功能	326
10.5.2	凝结水泵变频调节	327
10.5.3	凝结水泵并/退泵控制	328
10.5.4	变频泵与工频泵之间的联锁控制	329
10.6	实际运行效果及总结	329
第 11 章	实现机组自启停控制系统功能的特殊控制策略	330
11.1	锅炉给水、燃料、旁路协调的自动热态清洗控制技术	330
11.1.1	概述	330
11.1.2	锅炉热态清洗的自动控制技术	332
11.1.3	锅炉热态清洗自动控制技术应用及总结	336
11.2	采用 BCP 泵的锅炉干/湿态转换自动控制技术	338
11.2.1	锅炉启动系统的功能及组成	338
11.2.2	分离器储水罐水位控制	339
11.2.3	锅炉干、湿态转换过程自动控制策略	341
11.2.4	机组干、湿态自动转换总结	344
11.3	前后墙对冲锅炉油燃烧器自动管理	344
11.3.1	概述	344
11.3.2	交叉原则和禁增原则	345
11.3.3	以层的概念进行管理	346
11.3.4	同一层内油枪数量自动增减功能	347
11.3.5	机组升降负荷过程中油燃烧器的自动增减	347
11.3.6	奥里油燃烧器的自动增减和燃煤的区别	351
11.3.7	小结	351
第 12 章	APS 调试技术	353
12.1	概述	353
12.2	国内外调试技术比较	354
12.2.1	国内启动调试的一般程序	354
12.2.2	国外启动调试的一般程序	354
12.2.3	调试程序的分析比较	356
12.2.4	国内外调试技术总结	357
12.3	自启停控制系统仿真试验和测试	358
12.4	APS 调试	359
12.4.1	APS 调试的环境和特殊要求	359
12.4.2	APS 调试的危险点分析和预控	360

12.4.3	机组自启停控制系统的调试	361
第 13 章	APS 技术在海门电厂百万千瓦超超临界机组的应用	363
13.1	工程简况	363
13.1.1	汽轮机	363
13.1.2	锅炉	364
13.1.3	发变组	367
13.1.4	控制系统	367
13.2	APS 设计范围	368
13.2.1	APS 启动过程设计范围	369
13.2.2	APS 停止过程设计范围	370
13.3	自启停控制系统主要断点及功能组	370
13.3.1	机组启动准备断点	370
13.3.2	冷态冲洗及抽真空断点	372
13.3.3	锅炉点火升温断点	374
13.3.4	汽轮机冲转断点	376
13.3.5	自动并网断点	377
13.3.6	升负荷断点	378
13.3.7	降负荷断点	379
13.3.8	机组解列断点	380
13.3.9	机组停运断点	381
第 14 章	APS 技术在沙角 C 电厂 600MW 亚临界机组的应用	383
14.1	工程简况	383
14.2	沙角 C 厂 APS 的设计范围	384
14.2.1	APS 启动过程设计范围	384
14.2.2	APS 停止过程设计范围	384
14.3	自启停控制系统主要断点及功能组	385
14.3.1	机组启动准备断点	385
14.3.2	锅炉点火升温断点	386
14.3.3	汽轮机挂闸断点	390
14.3.4	汽轮机冲转断点	391
14.3.5	自动并网断点	392
14.3.6	升负荷断点	392
14.3.7	降负荷断点	393
14.3.8	机组解列断点	394
14.3.9	燃烧器停运断点	395

第 1 章 自启停控制系统概述

近 10 年来,我国电力工业的技术装备水平有了明显的提高,特别是近几年随着超临界和超超临界机组建设步伐的加快,600MW、1000MW 火电机组在电网中所占比例越来越高,并成为主力机组。超超临界机组效率与亚临界机组相比有大幅度的提高,在可靠性、可用率、运行性能等方面和亚临界机组相当,因此其将是国内外燃煤机组发展的主导方向和未来 30 年洁净煤发电的主流技术。截至 2009 年,我国投运的百万千瓦超超临界机组已有 20 多台。超超临界机组尤其是百万千瓦超超临界机组的设备数量多、容量大、运行参数高和控制系统结构复杂,对运行人员的操作和管理水平提出了更高要求,在机组运行特别是机组启动和停运过程中,如果靠运行人员手动操作,不仅容易发生误操作事故,而且极大地影响了机组运行的安全性和经济性。

分散控制系统(DCS)的发展及其在火电机组中应用的不断成熟,为热工自动化技术的发展提供了广阔的空间。而如何改进火电机组的自动控制系统,在保证机组运行安全性的基础上,提高运行的经济性,增强电力企业的市场竞争能力,始终是热工自动化发展的方向。机组自启停控制系统(automatic power plant start-up and shutdown system, APS)作为提高自动化水平行之有效的办法,受到越来越多的关注和重视。

APS 是实现机组启动和停止过程自动化的系统,其优势在于可以提高机组启停的正确性、规范性,减轻运行人员的工作强度,缩短机组启停时间,从整体上提高机组的自动化水平。因而,如何设计机组自启停控制系统,使其强大的功能得到充分发挥,是值得深入研究的问题。

APS 是机组自动启动和停运的控制中心。为了实现机组的自动启动和停止,它按预先设计的控制策略向各设备/系统发出启动或停运命令,并由模拟量自动调节控制系统(MCS)、协调控制系统(CCS)、锅炉炉膛安全监视系统(FSSS)、汽轮机数字电液调节系统(DEH)、锅炉给水泵小汽轮机调节系统(MEH)、汽轮机旁路控制系统(BPC)、锅炉汽轮机顺序控制系统(SCS)、全程给水控制系统、燃烧器负荷程控系统及其他控制系统来协调完成,以最终实现机组的自动启动或自动停运。

APS 可以使机组按照规定的程序启停设备,不仅大大简化了操作人员的工作,减少了出现误操作的可能,提高了机组运行的安全可靠,同时也缩短了机组启动时间,提高了机组的经济效益。因此,对发电机组特别是大容量超超临界机组自启停控制技术进行研究和应用,提高机组的运行效率和经济性,成为近年火力发

电厂热工自动化和自动控制技术的研究热点之一。

APS 对火力发电厂的控制是通过电厂常规控制系统与上层控制逻辑共同实现的。在没有投入 APS 的情况下,常规控制系统独立于 APS 实现对电厂的控制;在 APS 投入时,常规控制系统给 APS 提供支持,实现对电厂的自动启/停控制。

在设计 APS 功能时,MCS、CCS、FSSS、MEH、DEH 等系统均要围绕 APS 进行,协调 APS 完成机组自启停功能。在机组启动过程中,随着机组负荷的增加,MCS 与 FSSS 相互协调自动完成燃烧器的投切功能,以满足燃料全程自动控制功能。要实现这样的功能,APS 下面的功能组的设计就不能是简单的顺控,而应该是一个包括模拟量调节、联锁保护和顺序控制的复合功能组,这种复合功能组具有较强的管理功能。作为中间的连接环节,向下管理好相关的设备,向上尽量减少和 APS 的接口,成为功能较为独立的一块,这样就减轻了上一级管理级 APS 的负担,同时提高了机组的自动化水平。即使在 APS 不投运的情况下,运行人员仍然可调用该功能组,实现局部自动控制自动管理的功能。例如,在给水中程自动控制中,APS 与 MEH、SCS 等系统相互协调,自动完成电动给水泵、汽动给水泵之间的启动、停止、并泵、退泵等功能,以满足全程给水自动控制功能。

APS 是一个机组级的顺控系统,充分考虑机组启停运行特性、主辅设备运行状态和工艺系统过程参数,并通过相关的逻辑发出对顺控功能组、FSSS、MCS、汽轮机控制系统、旁路控制系统等的控制指令来完成机组的自启停控制。但 APS 不是简单的顺控,蕴含其中的更是一种先进的管理理念,APS 借助于顺控实现机组自动启动和停止的功能,顺控只是实现 APS 的手段之一。

广东电网公司电力科学研究院热工所从 2004 年年底开始在湛江奥里油电厂 600MW 燃油机组自启停控制系统设计和调试项目中对机组自启停控制技术进行开发及应用研究,并于 2006 年年底完成了系统投运工作。在系统的应用和实施过程中,对自启停控制系统断点及功能组设计有了深刻的认识,掌握了全程给水控制中的自动并泵、退泵等关键技术,实现了从锅炉上水到满负荷的全程给水控制,掌握了复杂油燃烧器自动管理策略和旁路控制等 APS 实施的关键技术。

2008 年开展沙角 C 厂 2 号机组改造 600MW 机组自启停控制系统设计和调试,在该项目实施过程中研究并掌握了制粉系统的特性,包括磨煤机启动和停止,以及升负荷过程中燃料的自动增加,形成了一套特有的控制方案,解决各个负荷段燃料的自动增减问题。

这些前期工作的积累,为开展百万千瓦超超临界机组自启停控制技术研究及应用项目奠定了坚实的基础。华能海门电厂一期工程是广东省重点项目和国家重点工程之一,是广东电网也是南方电网首个规划建设百万千瓦超超临界燃煤发电机组电厂。华能海门 APS 项目任务重、时间紧,通过专家和技术人员的努力,最终在较短的时间内通过艰苦攻关,实现了海门电厂机组自启停控制系统的顺利投