

# 超超临界机组 AGC 控制技术的应用与研究

罗嘉,朱亚清,张曦,李锋

(广东电网公司电力科学研究院,广东 广州 510600)

**摘要:** 电网的频率反映了发电有功功率和负荷之间的平衡关系,是电力系统运行的重要控制参数,AGC 控制是解决电网频率波动的最有效途径之一。以华能海门电厂为例介绍了 AGC 功能在 1 000 MW 超超临界机组上实际投运的效果,并对 AGC 功能投运的基础协调控制系统作了分析。

**关键词:** 超超临界机组;自动发电控制;协调控制

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)24-0080-03

## Research and application of AGC control strategies in ultra supercritical unit

LUO Jia, ZHU Ya Qing, ZHANG Xi, LI Feng

(Guangdong Electric Power Research Institute, Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** Frequency of grid reflect the relation balance between load and active power, and is an important parameter in electric power system. The control strategies of AGC is effective way for fluctuation of frequency of grid. AGC function used in 1 000 MW ultra supercritical unit in Haimen power plant is introduced and analyse the coordinated control system.

**Key words:** ultra supercritical unit; AGC; coordinated control system

电网频率是电能质量三大指标之一,电网的频率反映了发电有功功率和负荷之间的平衡关系,是电力系统运行的重要控制参数,与广大用户的电力设备以及发供电设备本身的安全和效率有着密切的关系。传统的频率调节方法是依靠调度员指令或指定的调频厂的调节来保持频率的质量,但随着电力系统规模的不断扩展,负荷的变化速率不断提高,在正常情况下,负荷波动的最高速率可达 600 MW/min,在这种快速的负荷变化情况下,依靠传统的频率调节方法,要将电网频率始终控制在规定的范围内已是相当困难了。

负荷除了瞬间波动以外,在一天中还会有较大幅度的变化,这需要改变大量发电机组的出力,才能得到发电有功功率和负荷之间的平衡。尽管各级电网调度所根据负荷预计对管辖范围内的发电厂安排了发电计划曲线,但是,负荷预计本身一般存在着 1%~2%的偏差,另外电网中意外故障的发生,也会打破发电有功功率和负荷之间的平衡。随着电力系统的发展,电网中单个设备故障都会造成发电有功功率和负荷之间的严重偏差,而靠人工调整发电出力则需要较长的时间才能达到新的平衡。针对这些问题,采用自动发电控制(AGC)是一种

很有效的技术手段。

超超临界发电是一项有效利用能源的技术,其水蒸汽工质的压力、温度均超过以往机组的参数,从而可以大幅度提高机组热效率。超临界机组的效率比亚临界机组提高 2~3 个百分点,而超超临界机组的效率可比超临界机组提高 2~4 个百分点。配有污染物排放控制技术的超超临界机组在国际上已经是成熟的商业化的发电技术,在可用率、可靠性、运行灵活性方面较之以前类型机组都有很大的优势。所以研究超超临界机组 AGC 控制技术具有非常重要的意义。本文以华能海门电厂 1 期 2×1 000 MW 机组工程为研究背景,该厂三大主机均由东方电气集团提供。

### 1 广东电网 AGC 标准

并入广东电网的机组,其中 1 000 MW 超超临界 AGC 功能及性能应同时满足以下各项指标要求,如图 1 所示。

(1) AGC 调节范围达到单机额定容量的 50%。

(2) 火电机组 AGC 响应速率与响应时间要求:

AGC 实际调节速率  $\geq 1.5\%$  机组额定有功功率/min;  
AGC 响应延迟时间  $\leq 90$  s; 机组实际负荷反向延时  $\leq$

# 技术与方法 Technique and Method

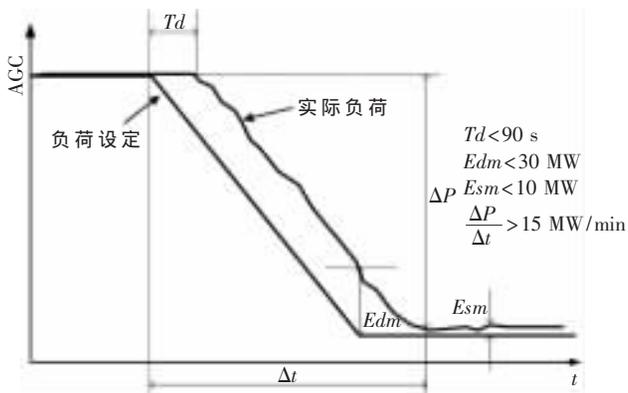


图1 机组 AGC 变负荷试验性能指标要求示意图

4 min。

(3)在调节量以规定的速率所需时间达到目标负荷时,实际负荷偏差不超过机组额定容量的 3%。

## 2 协调控制

AGC 的基础是单元机组的协调控制系统 CCS(Coordinated Control System)。单元机组的基础闭环系统的投入是 CCS 的基础,主要是指锅炉燃烧、送风、引风、给水、减温和汽机的闭环系统,如图 2 所示。对于火电机组来说,机组的主要参数在机组负荷大范围波动或快速波动的时候必须保证在安全范围之内。

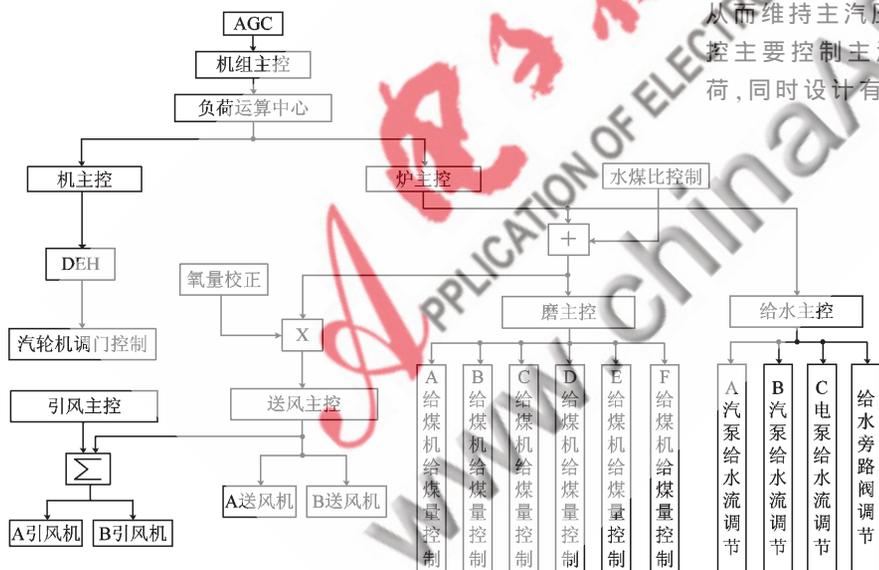


图2 机组主要闭环控制系统

控制负荷的每种方式根据汽机主控和锅炉主控回路确定。其中协调控制方式是最高自动化水平的负荷控制。负荷指令同时送到锅炉主控和汽机主控,功率偏差被控制在最小。常用的四种控制方式分别叙述为:

### (1)手动方式

汽机主控 A/M 站在手动和锅炉主控 A/M 站在手动时采用这种操作方式。在这种方式下锅炉和汽机单独操作,由操作员负责控制负荷和压力。操作员在锅炉主控 A/M 站上设定燃料和助燃风(BM)指令。

### (2)锅炉跟随方式

当汽机主控 A/M 站在手动, 锅炉主控 A/M 站在自动时采用锅炉跟随方式。在这种方式下, 锅炉控制汽机入口蒸汽压力,同时汽机调门采用手动调节以获得期望的功率。主蒸汽压力设定值(TPD)与汽机入口蒸汽压力进行比较,其偏差(TPD $\Delta$ )经发电机输出信号前馈和修正后产生锅炉主控信号(BM)去风和燃料回路,操作员设定调节阀位置建立负荷指令。

### (3)汽机跟随方式

当汽机主控 A/M 站在自动, 锅炉主控 A/M 站在手动时采用汽机跟随方式。在这种操作方式下,汽机控制汽机入口蒸汽压力,通过调节锅炉的燃烧率来获得期望的负荷。操作员在锅炉主控 A/M 站上设定燃料和助燃风(BM)指令。燃料和助燃风的变化将引起锅炉能量水平的改变,从而改变蒸汽压力。

### (4)协调控制方式

在协调方式下, 锅炉和汽机并行操作。如图 3 所示, 在这种方式下锅炉控制汽机入口蒸汽压力,汽机控制功率,两者相互影响。因此,负荷变化过程先于锅炉指令信号,同时压力变化过程修正调节阀位置。当锅炉主控和汽机主控 A/M 站在自动时采用这种方式。机炉协调控制的特点是具有闭环调节主汽压力和机组功率的功能,从而维持主汽压力的稳定和满足机组负荷要求。锅炉主控主要控制主汽压力偏差, 汽机主控主要控制机组负荷,同时设计有汽机侧单向解耦和主汽偏差大的拉回控制回路,在主汽压力偏差过大时,汽机侧帮忙调节,防止压力偏差过大引起锅炉侧的不稳定。在机炉协调控制方式下, 机组目标由操作员手动给定或 AGC 给定;在锅炉跟随、汽机跟随和机炉协调控制方式下, 主汽压力设定值则根据负荷-主汽压力曲线自动设定。

汽机主控站的输出,作为 DEH 的汽机阀位指令信号送至 DEH 系统。锅炉主控站的输出作为锅炉负荷指令(MW), 分别送到燃料主控和给水主控回路,实现锅炉负荷的控制。当给水或燃料在自动方式时, 锅炉主控输出速率受机组负荷率限制。机组主控的输出作为单元机组目标负荷指令值,经负荷运行中心和负荷率限制后形成机组负荷设定值,并送到汽机主控和锅炉主控,控制机组实际负荷与设定相一致,负荷运算中心包括负荷高限、低限、RB 及调频校正等。在协调控制方式下, 目标负荷可由运行人员手动设定;AGC 运行方式时,目标负荷由中调的 AGC 信号设定。主汽压力设定值经过一个速率限制后,再经一个纯延迟,最后经过一个 LAG 后,形成与锅炉模型对象相对应的值后,最终形成主汽压力设定值。

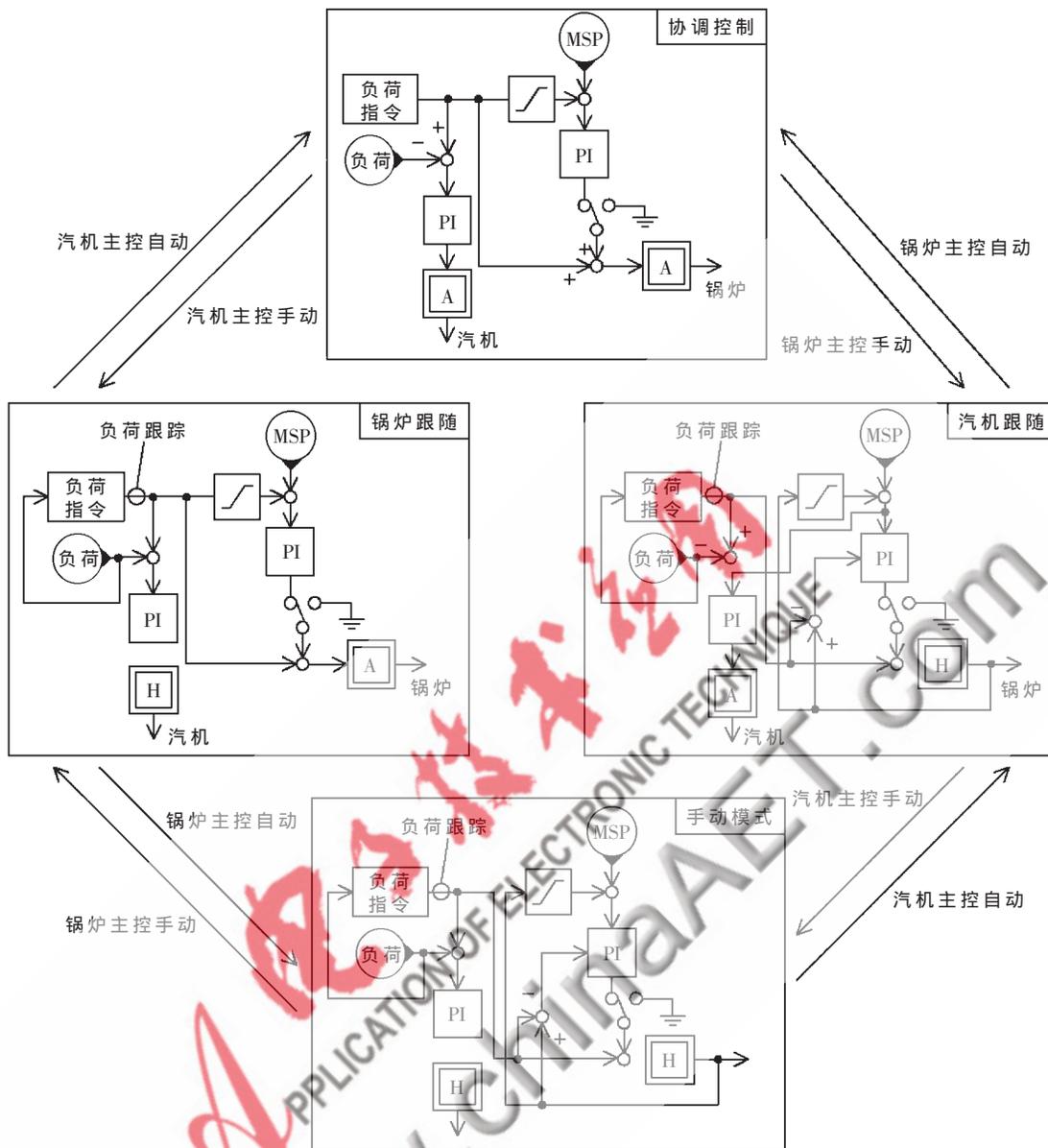


图3 协调控制方式

### 3 AGC 系统投运

#### 3.1 AGC 投入允许条件

以下条件都满足,才能投入 AGC 控制:

- (1) 机组负荷指令大于 300 MW;
- (2) AGC 目标负荷指令与机组负荷目标值相差小于 50 MW;
- (3) 机组负荷没有到达低限值;
- (4) 机组负荷没有到达高限值;
- (5) 发电机频率在 49.5 Hz~50.5 Hz 范围内;
- (6) RTU 装置正常;
- (7) 没有强制退出 AGC 的条件。

当满足 AGC 投入条件后,若没有自动退出 AGC 的条件出现,或机组已在 AGC 控制,则送出一个“AGC 投入允许”信号到中调 EMS。

#### 3.2 AGC 自动退出条件

出现以下任一条件,则自动退出 AGC 控制:

- (1) RTU 装置故障;
- (2) CCS 在负荷跟踪模式;
- (3) CCS 在锅炉跟随模式;
- (4) AGC 目标负荷指令信号故障;
- (5) AGC 目标负荷指令高于 1 200 MW;
- (6) AGC 目标负荷指令低于 300 MW。

AGC 控制退出瞬间,CCS 的目标负荷值自动跟踪为负荷设定值,以防止 AGC 控制退出时造成波动。

#### 3.3 AGC 功率指令信号处理

AGC 功率指令信号引入 CCS 时,应该加以限幅,限幅值为高、低限负荷值,并同时滤波,防止因 AGC

## 技术与方法 Technique and Method

目标指令因信号抖动造成负荷不正确波动。

图4所示为AGC指令由700 MW降至500 MW后再升到700 MW,负荷变化率为20 MW/min的变负荷记录

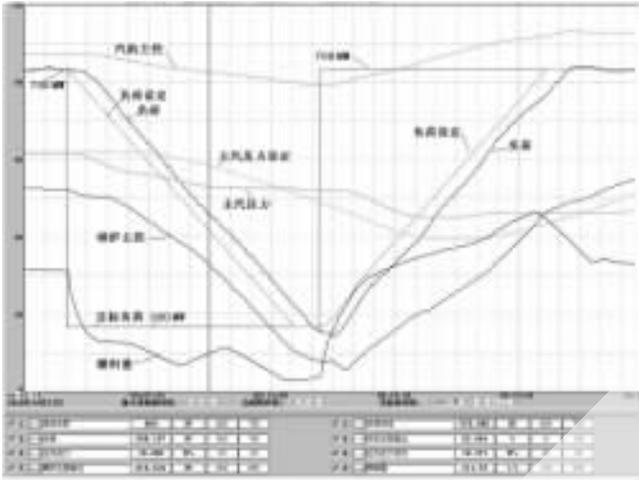


图4 AGC实际投运曲线

曲线,可见AGC变负荷试验中负荷响应时间、实际负荷响应速率、动态偏差、稳态偏差等各项性能指标能达到中调AGC的要求。由此可见该台1000 MW超超临界机组已可以自动地维持电力系统中发供电功率的平衡,从而保证电力系统频率的质量。

### 参考文献

- [1] 邵惠鹤.工业过程高级控制[M].上海:上海交通大学出版社,2003.
- [2] 王传峰,李东海,姜学智.基于概率鲁棒性的锅炉过热汽温串级PID控制器[J].清华大学学报(自然科学版),2009,23(2):23-26.
- [3] 王淼葵.火电机组协调控制对AGC的适应性分析[J].中国电力,1999,32(6):45-47.
- [4] 房方,刘吉臻.单元机组协调控制系统的非线性控制研究[J].中国电力,2004,37(70):61-65.

(收稿日期:2010-06-26)

### 作者简介:

罗嘉,男,1976年生,工程师,硕士,主要研究方向:热工过程控制。

电子技术应用  
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE  
www.chinaAET.com