

# “两个细则”下广安电厂 AGC 控制策略优化

郭伯春

(四川广安发电有限责任公司,四川广安 638000)

**摘要:**以四川广安发电有限责任公司 600 MW 机组为例,详细介绍“两个细则”规定的火电机组投入自动发电控制 (AGC) 指标,并针对投入 AGC 控制后暴露的问题,从“投运率、调节容量、响应速度、调节精度”4 个方面对 AGC 控制策略进行完善和优化,优化后的 AGC 能够满足其调节性能的要求。

**关键词:**两个细则;自动发电控制 (AGC);控制策略;响应速度;调节精度;优化

**Abstract:** Taking the automatic generation control (AGC) of 600 MW unit in Guang'an Power Plant for example, the indicators required by the "two rules" when AGC is put into operation in thermal power unit are introduced in detail, and the control strategies of AGC are optimized and perfected in four aspects, that is, "rate of putting into operation, regulation capacity, response speed, regulation accuracy", according to the problems exposed when AGC is put into operation. Finally it proves the AGC system after its optimization can meet the performance requirements pretty well.

**Key words:** two rules; automatic generation control (AGC); control strategy; response speed; regulation accuracy; optimization

中图分类号:TK323 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2012)02-0091-04

## 0 引言

AGC(automatic generation control)即自动发电控制,指发电机组在规定的出力调节范围内,依据中调负荷指令,实时调整负荷,以满足不断变化的电力需求,使电网处于经济运行状态。2011年9月实施的《华中区域并网发电厂辅助服务管理实施细则》和《华中区域发电厂并网运行管理实施细则》(以下简称“两个细则”),对本区域内发电厂投入AGC规定了具体的指标和考核办法。由于发电厂之前对投入AGC的重视程度不够,直接投入AGC,存在负荷响应速度慢、主蒸汽压力波动大等问题,需要对原有控制策略修改和完善,对协调控制组态和方案调整和优化,才能满足“两个细则”的要求。

## 1 “两个细则”中 AGC 指标

“两个细则”中,对火电厂投入AGC的投运率、调节容量、响应速度、调节精度等指标做了详细的规定<sup>[1]</sup>,以供本区域内火电厂投入AGC时遵照执行(如下表1)。

## 2 广安电厂 AGC

广安电厂600MW机组采用中速磨冷一次风机正压直吹式制粉系统,共6台中速磨煤机,燃烧设计煤种时5台运行,1台备用。DCS系统采用爱默生Ovation系统,与AGC相关的I/O测点,通过电气RTU与中调通信,实现投入AGC的硬件要求。

表1 华中区域火电机组AGC调节性能要求

额定容量 /MW	投运率 (每月) /%	调节范围下限( 额定容量的百分数) /%	调节范围上限( 额定容量的百分数) /%	调节速度 /min <sup>-1</sup>	调节精度 /%
100(含) - 200	90 以上	75	100	2.0%	±3
200(含) - 300	90 以上	66	100	2.0%(直吹式制粉系统机组为1)	±3
300(含) - 600	90 以上	60	100	2.0%(直吹式制粉系统机组为1)	±3
600 及以上	90 以上	55	100	2.0%(直吹式制粉系统机组为1)	±3

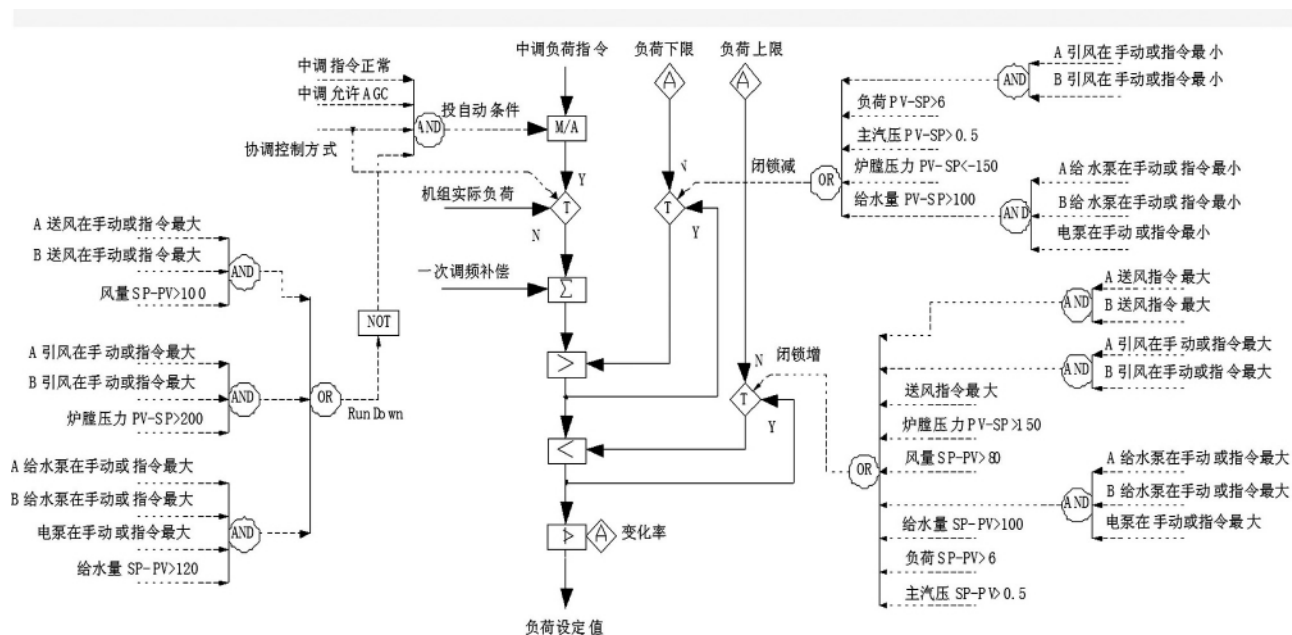


图1 广安电厂600 MW机组投入AGC控制原理图

软件方面,在协调控制系统的负荷设定回路(如图1所示)增加投切AGC的手/自动站,在“投自动条件”满足时投入自动,中调负荷指令与“一次调频补偿”相加后,作为负荷设定值。其中引入的负荷上限和下限,在发生“闭锁增”或“闭锁减”时,起到限制负荷变化范围,保证机组的正常出力的作用;引入“变化率”,防止中调负荷指令变化过快,超过机组响应能力,影响机组安全运行。由于中调负荷指令存在频繁且较大变化以及不可预知的特性,机组投入AGC会引起主参数大幅度波动,特别是主蒸汽压力、燃料量、主蒸汽温度等受到影响很大,不利于机组的稳定运行。加之直吹式制粉系统燃料量变化的响应速度慢,调节滞后导致过热器超温,影响机组安全运行。另外,机组主参数的波动,引起调节系统的执行机构频繁动作,磨损严重且故障率高,调节精度下降,维护量和维护费用增加。譬如广安电厂一次风机出口调门执行器由于长期动作频繁,运行中发生突然关闭的异常现象,严重影响投入AGC。

### 3 AGC控制策略优化

投入AGC后,受中调负荷指令特性的影响,要求机组自动控制能力更高,需要协调控制系统具有更高的调节水平。针对广安电厂600 MW直吹式制粉系统机组的实际情况,主要通过以下4个方面对AGC控制策略完善和优化,来满足AGC指标。

#### 3.1 保证AGC投运率

从AGC投运的条件来看(如图1所示),需要满足“中调指令无异常、中调允许AGC、协调控制方式、RunDown”4个条件。当前通过电气RTU与中调通信,基本解决了DCS与中调的接口问题,运行机组未发生“送风出力已最大仍小于设定值100”、“引风出力已最大仍小于设定值200”、“给水出力已最大仍小于设定值120”等极端异常工况时,其中3个条件都能满足,只有“协调控制方式”需要重视。对于火电厂来说,机组长期稳定地投入协调控制方式,是件复杂而繁重的工作,特别是机组长时间运行或大小修后,与协调控制系统相关的测量系统和执行机构特性参数会发生改变,控制参数不匹配,应调整有关参数,包括静态参数和动态参数,并进行必要的扰动试验,特别是负荷扰动试验,使协调控制系统能满足大幅度负荷变动的要求。

为保证AGC投运率,应选择合理的协调控制策略。协调控制系统中,以锅炉跟踪为基础的协调控制方式(简称CCBF方式),由锅炉和汽轮机共同完成主蒸汽压力和机组功率的调节任务,锅炉侧重于主蒸汽压力控制,汽轮机侧重于机组功率控制,在负荷变动过程中,能有效地利用锅炉蓄热,快速适应机组负荷指令的要求,同时主蒸汽力压的偏差也不大,可保障机组稳定运行;加之中调负荷指令特性的影响,投入AGC时应考虑减少主蒸汽压力的波动,同时减小其他参数的波动,为更有效地减小主蒸汽压力的动态偏

差,广安电厂采用“直接能量平衡的 CCBF 方式”投入 AGC 的控制策略。

### 3.2 完善调节容量

机组投入 AGC 后,其调节容量与当前运行的主要设备状况有关(如图 1 所示),出现负荷闭锁增或闭锁减时,将无法达到额定容量的 55%~100% 调节范围要求。为了避免负荷闭锁增和闭锁减发生,对一、二次风量测点、炉膛压力测点等,进行定期检查和取样管路吹扫,对一、二次风量取样还加装了在线连续吹扫装置,从而保证长期测量的准确性和可靠性;提高入炉煤的质量,从燃料上满足负荷的需求;把电动给水泵长期投入备用,备用时其液力耦合器的开度跟踪最大出力的给水泵,单台给水泵跳闸后电动给水泵立即投入运行,减小对给水量扰动;出现高压加热器解列、煤质差等情况时,应适当更改 AGC 的手动输入上限值。

广安电厂 600 MW 直吹式制粉系统机组 AGC 负荷在 55%~100% 全范围变化时,需要在动态过程中启停磨煤机,因此会引起煤量和炉膛压力较大的扰动,需优化燃料量主控调节参数,去掉不必要的延迟时间,使其能够在尽量短的时间内响应因启停磨煤机而引起的煤量变化,来减小扰动。另外,还需要优化各个主系统和子系统与负荷变化的函数关系,达到投入 AGC 后协调控制良好,不影响负荷调节容量指标。

### 3.3 提高响应速度

#### 3.3.1 提高燃料响应速度

广安电厂 600 MW 直吹式制粉系统,从煤量指令上升到给煤机转速变化,到磨煤机一次风量变化,再到入炉煤粉变化,最后燃烧产生热量变化,这个过程需要约 160 s 左右,严重影响 AGC 负荷扰动时燃料响应速度。因此,其控制策略完善如下。

利用负荷指令的前馈<sup>[2]</sup>,迅速改变给煤量,使锅炉的燃烧率发生变化,以适应负荷变化的需要。在煤量指令变化的同时,提前改变一次风量,充分利用磨煤机存在大量余粉,提高燃料响应速度。一次风量主要受冷、热风调门开度和一次风压的影响,在磨煤机热风调门控制回路中引入了给煤量作为前馈,根据给煤量变化来提前调整调门开度,同时用一次风量的测量值进行修正,从而使入炉燃料能快速响应负荷变化;对于调节一次风压的一次风机出口调门开度,按照负荷与一次风压的对应关系优化其控制参数,从而提高不同负荷下一次风压的响应速度。

#### 3.3.2 采用“定-滑-定”的联合滑压方式

为了在低负荷下具有快速的负荷响应速度,又有较好的经济性,广安电厂 600 MW 机组在投入 AGC 时,采用“定-滑-定”的联合滑压方式。即根据滑压运行方式下负荷变动过程中主汽压力的变化规律,在滑压函数曲线后经过一个两阶惯性环节后形成主蒸汽压力设定值,使主蒸汽压力设定值变化速率特性为抛物线,变负荷初期,主蒸汽压力设定值缓慢变化近似定压运行,利用锅炉蓄热使机组获得快速的变负荷速度;在中后期随着预加前馈的反应,锅炉热量的变化使主蒸汽压力逐渐变化,此时压力设定值也迅速变化;负荷稳定后,主蒸汽压力设定值缓慢接近滑压曲线压力点,这样既能满足快速变负荷的要求,又能在稳态时保证滑压运行要求。

### 3.4 优化调节精度

#### 3.4.1 校准热量信号

对于广安电厂采用的“直接能量平衡的 CCBF 方式”投入 AGC 的控制策略,锅炉的热量释放与机组的能量需求,有如下关系式。

$$P_s \times \frac{P_1}{P_t} = P_1 + C_k \times \frac{dP_b}{d_t}$$

式中  $P_s$  为机前压力定值;  $\frac{P_1}{P_t}$  为汽轮机调节级压力与机前压力之比,代表汽轮机调门的有效阀位;  $P_s \times \frac{P_1}{P_t}$  为能量平衡信号,表征不同工况下汽轮机的能量输入;  $C_k$  为锅炉的蓄热系数;  $P_b$  为汽包压力;  $p_1 + C_k \times \frac{dP_b}{d_t}$  为热量信号,间接表示进入锅炉的燃料量和相应风量,作为燃料主控调节器的测量值,其计算是否准确直接影响 AGC 的调节精度。

广安电厂的控制策略中,热量信号作为燃料的测量值应主要反映燃料的变化,而在调门开度的扰动下,应调整  $P_1$  的变化使之与  $C_k \times \frac{dP_b}{d_t}$  的作用基本相等、方向相反,从而排除调门开度的干扰。但在实际运行过程中,随着调门的开大热量信号也在同步上升,广安电厂 600 MW 直吹式制粉系统,从煤量上升到产生热量变化需要约 160 s 左右,在此时间段内热量信号是不应该产生明显变化。因此,需校正  $P_b$  的微分参数,使之输出与  $P_1$  变化相等,可以通过固定给煤量,然后改变调门开度,使  $P_1$  发生阶跃变化,对应改变  $P_b$  的微分参数使热量信号保持不变。

### 3.4.2 调整机前压力偏差负荷修正作用

汽轮机主控中,功率控制回路采用单回路调节,外加机前压力偏差负荷修正回路,其作用为抑制在大负荷变动过程中,压力偏差不至于过大,导致系统发散。这是以牺牲负荷为代价换取压力的稳定。此压力偏差负荷修正回路是包含死区的机前压力变化对实际负荷造成变化的动态试验函数关系,若修正偏大,有利于压力的稳定,但不利于负荷的响应,造成负荷波动大;修正偏小,利于负荷的稳定,但不利于压力的稳定,原因为压力变化造成的负荷变化对调门的反向动作会让压力更加剧烈的波动。因此,调整机前压力偏差负荷修正作用,使其既负荷的响应,有利于压力的稳定,来满足 AGC 的调节精度指标。

## 4 结 语

广安电厂 600 MW 直吹式制粉系统机组通过对 AGC 控制策略优化和完善后,经过 CCS 负荷变动试验和 AGC 负荷跟随试验,试验结果证明,能够满足

(上接第 32 页)

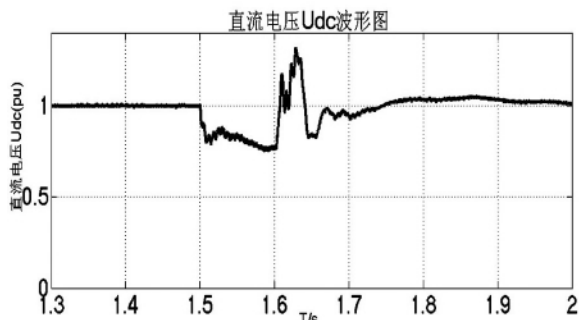


图 21 三相故障直流电压波形

## 4 结 论

采用基于内模控制的 PID 控制算法,克服了传统 PI 控制中参数多且整定复杂的缺点,在控制器设计时只需要调节一个参数,使参数整定简单快捷,容易实现,同时可以保留双闭环 PI 控制系统优良性能,使得系统同时具有良好的鲁棒性和动态响应速度。通过对基于内模控制的 PI 控制构成的 VSC - HVDC 风电并网系统的仿真,仿真结果表明,基于内模控制原

“两个细则”对火电厂投入 AGC 的调节性能要求。机组投入 AGC 后,优化前暴露的问题得到了有效的处理和解决。为了深入优化机组自动调节能力,适应投入 AGC 的需要,2011 年广安电厂利用机组大修机会,对其一次风机和引风机电机进行了高压变频改造,利用高压变频自动控制,一次风压和炉膛压力调节的线性度和快速性得到了很大的提高,既有利于投入 AGC,又节能降耗显著。

### 参考文献

- [1] 国家电力监管委员会华中监管局. 华中区域并网发电厂辅助管理实施细则 [Z]. 2011.
- [2] 毕贞福主编. 火力发电厂热工自动控制实用技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

作者简介:

郭伯春(1976),男,工程师,从事电厂热工仪表及自动装置技术管理及检修方面工作。

(收稿日期:2012-01-12)

理的一个参数整定的 VSC - HVDC 系统参数保有双闭环 PI 控制系统的优良性能,系统鲁棒性好,控制精度高,动态响应快。

### 参考文献

- [1] 刘洋,王钦若. 基于内模控制的 PID 参数整定及仿真 [J]. 广东工业大学学报, 2008, 25(1): 66 - 68.
- [2] 徐应年,赵阳,谌海涛,等. 电压源逆变电源输出电压 IMC - PID 控制技术 [J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(28): 90 - 95.
- [3] Sonali Dasgupta, Gayatri Agnihotri. A Control Strategy of a VSC HVDC System for Power System Enhancement [J]. IEEE Computer Society, 2009, 6(9): 549 - 554.
- [4] Robinson, G. Joós, VSC - HVDC Transmission and Off-shore Grid Design for a Linear Generator Based Wave Farm [J]. 2009, 1(9): 54 - 58.

作者简介:

范帅军(1984),男,硕士研究生,研究方向为电力电子与电力传动。

(收稿日期:2012-02-14)