

大中型火电机组AGC快速响应控制策略优化的研究

孙永斌

华电电力科学研究院有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要] 从现阶段AGC投入过程中我国大中型火电机组所存在的负荷调节响应慢、纯延迟、主汽压力大等问题, 严重影响到火电机自身的运行效率和我国日益发展的技术以及对火电机组运行要求两者之间并不相符合。本文主要在锅炉主控回路多变量智能解耦控制的优化控制方案的基础之上, 对该如何提升锅炉本身的响应速度, 控制机组本身的负荷相应延迟时间进行分析, 实现机组AGC快速响应。

[关键词] 大中型火电机; AGC快速响应; 控制优化策略;

Study on Optimization of AGC Fast Response Control Strategy for Large and Medium-sized Thermal Power Units

SUN Yongbin

Huadian Electric Power Research Institute Co., Ltd., Zhejiang Hangzhou, China 310000

Abstract: The problems existing in the large and medium-sized thermal power units in China, such as slow response of load regulation, pure delay, high main steam pressure and so on, exist in the process of AGC input at the present stage. It seriously affects the operation efficiency of the pyromotor itself, the developing technology of our country and the operation requirement of the thermal power unit, which do not accord with each other. Based on the optimal control scheme of multivariable intelligent decoupling control in the main control loop of boiler, this paper analyzes how to improve the response speed of the boiler itself and control the corresponding delay time of the load of the unit itself. The quick response of unit AGC is realized.

Keywords: Large and medium-sized pyromotor; AGC fast response; Control optimization strategy

前言

随着近些年经济以及技术的不断发展进步, 现阶段我国在经济发展过程中对于电的需求越来越高, 同时由于太阳能发电、风力发电等多种发电形式的出现以及发展, 风电比重的不断增长带来的是电网安全压力的不断提升。为了保证并网火电机组能够具备足够的调峰能力并实现快速响应, 从而进一步满足电网需求, 需要加强对发电机组运行以及调度的自动化水平进行分析和研究。

1 项目介绍

通过中电国际清河电厂9号机组的AGC试验, 检验机组AGC逻辑的正确性、升降负荷速率、相关参数的调节品质, 考核协调控制系统的负荷响应能力和适应负荷连续变化的能力, 考察控制系统的自动发电控制水平。按一定的速率跟踪中调要求的负荷指令出力, 满足中调AGC控制技术要求。

自动发电控制(AGC)的基本原则是要求各控制区域负责供应本区域的负荷, 并经常假设整个互联系统中各控制区的频率基本相等。自动发电控制系统的任务是根据电网的实时信息及时合理地进行发电调整, 将系统频率、联络线功率保持在额定值允许的偏差范围内, 保证时差、联络线交换电能偏差为零或在规定的范围内控制全网以最经济的方式运行, 并对电网负荷的波动作出最快的响应。自动发电控制系统是提高电网运行质量、满足现代电网调度管理要求的必备技术手段。9号机组AGC功能实现过程中, 远动(RTU)为辽宁电力调度中心与机组的DCS建立了联络通道。远动接受网调的AGC控制信息, 送至DCS; 远动接收DCS送出的机组AGC投/切等状态量, 送至网调。机组协调控制(CCS)系统的正常运行是AGC正常投运的基础。

2 优化方案的提出与建立

2.1 常规协调方式下的系统调节特性

对于采用直吹式制粉系统的火电机组来说, 机组出现的纯延迟一般出现在改变煤量到蒸汽流量出现变化时, 举

例来说 300MW 机组的延迟时间一般会高于一分半钟, 但不会超出两分半钟的时间。而除此之外一旦机组处于滑压段运行过程中, 会需要一个主汽压力变化, 此时为了满足主汽压力出现有效的变化, 还需要更长的时间使得从蒸汽流量发生变化到该变化量逐渐积累, 达到变化界定值。在此过程中为了保证主汽压力反方向偏离能够处于允许范围内, 此时在常规协调控制方式下还需要提出延时和闭锁指令, 适当的扩大汽压控制偏范围, 虽说此方式能够有效的控制主汽压力反向偏离数值, 但会对机组负荷调节容量、速度、精度和响应时间造成影响, 使得现有条件下的相关参数无法和电网考核要求想满足。

2.2 优化控制方案的设计思想

在对现有的控制方案进行优化设计构想的过程中, 可以在 AGC 动作过程中允许锅炉内燃料量出现一个近似阶跃的快速变化, 这会大大的缩短汽压所需要的反应时间。同时也可以通过在 AGC 动作指令超前量后设置对速率进行控制的功能, 减少由于燃料量出现快速变化从而为风烟系统所造成的影响。调门动作的快慢和快速变化量的大小之间具备线性相关的关系, 同时快速变化量的大小也会对负荷变化量产生非常大的影响, 在多变工况情况之下方案的可行性会进一步提升, 能够在实际机组运行过程中发挥出很好的作用。在负荷指令变化的初期阶段, 此时当汽压的响应不断加快时, 此时的调门就可以发挥出自身的作用在短时间内改变负荷, 此时如果炉内的燃料能够在某一时段内保持超前量, 汽压所出现的负向偏离就不会超出所允许的范围之内, 此时想要实现指令变化初期的负荷快速响应只需要在合理的设置一个锅炉主控指令前馈。

2.3 锅炉主控前馈回路的多变量解耦

根据上文设计方案展示, 可以认为想要保证机组能够实现快速反应, 其关键点所在就是锅炉主控的前馈回路设置。而此部分设置功能主要有各负荷点对应的经煤质修正系数修正后的准确燃料量所构成的基本量和负荷指令的微分、汽包压力的微分、主汽压力经过四分之一相位校正以后的数值所组成的动态分量两部分所共同组成。而对主汽压力的四分之一相位校正前馈算法主要计算步骤如下所示: 此时的 PID 回路其自动被调量要超出设定值并成上升趋势时或低于设定值呈现出下降趋势时, 就能够根据实际状况的不同而在其基础之上叠加一个同向的增大或减小输出指令, 四分之一相位校正叠加必须要满足以上三大条件, 如果实际情况超出这三种条件此时无法进行四分之一相位校正叠。假设在以上三大条件之下, 顺利的开展四分之一相位校正叠, 被调量与设定值之间的偏差将会直接影响到叠加量的大小, 两者呈现一定的正比例关系。在对一些具备大惯性、大延迟调节回路中可以通过四分之一相位校正叠加作用起到非常良好的调节效果。

3 控制方案的实现方法

3.1 实现锅炉调压调节器前馈回路

一般来说在锅炉压力调节前馈中主要有两个回路, 两个回路中最基础的回路就是负荷指令对应煤量的折线函数, 即函数 $T=F(W)$, T 为给煤量, W 为负荷指令。此公式能够在一定程度上表现出负荷变化和煤量变化之间所存在的对应关系, 在对函数曲线进行分析的过程中可以和原有实际计算曲线计算过程相结合并加以借鉴, 但需要注意的是和当前机组中煤质变化的实际情况相结合, 从整体上保证计算的有效性和准确性并适当的增加煤质修正系数。在煤质修正系数计算过程中一般会将单位时间内主汽流量累计与给煤机转速累计的商经换算后进行核算, 一般来说单位时间为十分钟, 可以按照 0.9—1.1 来表示煤质的优劣性。

3.2 滑压段调门回位设计

在滑压段以及定压段运行过程中, 机组会对汽机跳门动作提出不同的要求, 以定压段为例, 此时汽机主控前馈曲线主要根据机组负荷和运行时的调门开度之间所呈现线性相对关系来进行确定。但当机组处于滑压段运行过程中由于机组负荷和运行时的调门开度之间并不具备线性相关关系, 此时为了能够保证前馈作用的合理性需要对整段的函数关系进行重新的整定处理。在保证负荷快速持续响应的前提下, 此时的机组滑压段前馈曲线可以通过比定压段斜率略小的对应实际负荷设定值的线性函数来代替, 但其一个重要的前提就是需要保证调门开度偏离滑压运行的设计开度后能够及时回位, 一旦出现不能及时回位的现象就会对机组经济性产生严重影响, 间接的影响到机组滑压运行。在机组运用汽机主控前馈信号会为设计实现 AGC 的快速响应过程中, 不仅仅能够对负荷的超调现象进行控制, 保证控制具备足够的精准度, 与此同时还能够对锅炉的蓄热状态进行适当的调整, 鉴于主汽压力会受到汽压设定值模型的影响, 可以保证锅炉指令动态超前量逐渐消退的同时企业设定值模型也受其影响, 间接促使主汽压力随之呈现出缓慢下降的状态。总的来说此设计能够在对前馈模型进行巧妙处理的基础之上不断加快锅炉蓄热状恢复速度, 缩短机组进入经济运行状态所需要的时间, 保证机组 AGC 的快速响应能够更好的实现。

3.3 在系统鲁棒性的基础之上开展AGC快速响应设计

而在系统鲁棒性的基础之上开展 AGC 快速响应设计主要从汽压定值变化的自适应性、机组经济工作点的自适应修正两方面开展设计工作。鉴于机组本身的汽压设定值能够实现自动调整,而更好的为实际汽压的偶然变化提供配合,在设计过程中可以通过改变汽压设定值的方式来消除快速相应的干扰项。而对于机组经济工作点的自适应修正主要是通过通过对 PID 模块所具备的闭锁功能进行运用,很好的消除机组在运行过程中负荷与汽压受到偶然因素的影响而出现偏离设定值,锅炉汽压响应滞后对快速响应所造成的影响,最终达到提升系统鲁棒性的目的。

4 试验过程

4.1 查线

根据系统原理图、接线图检查电气远动到 DCS 接线是否正确。确认接入 DCS 系统的负荷控制指令信号正确。

4.2 静态调试

(1) 远动与 DCS 的接口信号静态调试

从 DCS 模拟 AGC 投入信号、允许 AGC 投入信号,检查远动系统接收此信号应正确无误;从远动模拟 AGC 指令信号(4~20mA),DCS 接收此信号正确,误差在允许范围之内。

(2) 中调与 DCS 接口信号静态调试

在远动与 DCS 的接口信号静态调试完成后,联系中调自动化工作人员,做中调与 DCS 接口信号静态调试。从 DCS 模拟 AGC 投入信号、允许 AGC 投入信号,检查中调自动化系统接收此信号应正确无误;从中调自动化系统模拟 AGC 指令信号(4~20mA),检查信号误差应不大于 2MW。

(3) 依照 SAMA 图检查 DCS 系统中 AGC 功能的软件组态,如发现不符合现场要求时,及时提出并进行修改。

(4) 对静态参数进行检查或设置。

(5) 模拟满足 AGC 切投条件,AGC 切投时,系统无扰动,不影响机组的安全运行。AGC 投入时,模拟 AGC 控制指令信号,机组负荷控制动作方向应与 AGC 控制指令相一致。

4.3 热态调试

(1) 协调控制的投入

在制粉系统、给水系统、送引风系统、主蒸汽/再热蒸汽温度控制系统等子系统投入自动稳定的状况下,投入机炉协调自动,观察过程变量的响应曲线,再微调参数,直到最理想结果。注意投自动前一定要求负荷稳定,通知运行人员注意监视运行状态。

(2) 负荷变动试验

在机组负荷为 60%—100%MCR 时,做负荷变动试验,负荷变化率逐渐从低往高,直至 12MW/min,观察负荷、主汽压力、送风、炉膛压力、主汽温、再热汽温等参数,优化各系统的控制参数,直到满足 AGC 控制要求。

4.4 与中调做AGC动态联动试验

AGC 负荷控制范围为 400MW—600MW,负荷变化率为 12MW/MIN。分二阶段:400~460MW;460~400MW。AGC 试验 1:400~460MW,六台磨煤机运行。试验过程中主汽压力最大偏差为 0.5MPa,负荷最大偏差为 3.8MW,炉膛压力、给水流量和燃料量跟踪良好,基本满足控制要求。

AGC 试验 2:460~400MW,六台磨煤机运行。试验过程中主汽压力最大偏差为 0.5MPa,负荷最大偏差为 5.4MW,炉膛压力、给水流量和燃料量跟踪良好,基本满足控制要求。

5 试验数据分析

中电国际清河发电厂 9 号机组 AGC 负荷跟随试验,在 60%—100%负荷范围内,负荷指令以 12MW/MIN 的变化速率。负荷变动量为 10%额定负荷以上的斜坡方式连续增、减的双向变动试验。在试验过程中得出:负荷响应纯迟延时间 <60s;负荷偏差 <1%Pe;主汽压力偏差 <1MPa;主汽温度偏差 <8℃;再热蒸汽温度偏差 <12℃;炉膛压力 <200Pa。其中除主汽压力偏差过大外,其它动态品质指标满足 AGC 负荷跟随试验要求。主汽压力偏差过大由于斜坡指令达到目标值之后应稳定一段时间再进行反方向的变动试验,如果过快就会造成偏差大,9 号机组采取炉跟机为基础的协调,此种方式机组响应负荷变化较快,由于锅炉有较大迟延和惯性,锅炉参数短时间内会有较大偏差。尤其对滑压运行的机组,滑压运行的机组这方面适应性较差。这方面需要进一步优化调整控制品质。

6 结束语

本文主要对大中型火电机组 AGC 快速响应控制措施进行分析,并从四分之一相位校正叠加的角度提出其和综合

调节手段相结合对于部分机组快速响应问题解决的思路和方案,对于机组运行过程中所存在的机组 AGC 调节响应速度慢、纯迟延时间长、主汽压波动大等问题提供了有效的解决方法,并能够保证机组本身负荷的随动性,并通过改变 AGC 指令实现机组负荷的快速变化。中电国际清河发电厂 9 号机组 AGC 功能完善,负荷响应能力和负荷连续变化适应能力,满足电网 AGC 运行管理要求。

[参考文献]

- [1] 郑飞,金丰.大中型火电机组AGC快速响应控制策略优化的研究[J].东北电力技术,2013,34(5):21-23.
- [2] 郭亮,于昌海,吴继平,etal.四川电网AGC机组协调优化控制策略研究与应用[J].电力系统保护与控制,2016,44(17):159-164.
- [3] 马良玉,宁福军,宋胜男.凝结水节流对机组负荷影响的仿真研究[J].热力发电,2015(3):109-114.
- [4] 陈松操,沈丛奇.自动发电控制(AGC)控制策略优化的研究和应用[J].华东电力,2006,34(5):29-33.
- [5] 马玲,刘和森,石恒初.云南电网水火电AGC机组协调优化控制策略研究[J].南方电网技术,2009,3(S1):36-39.
- [6] 訾娟,朱雪凌,王红琰,etal.火电厂单元机组AGC优化设计与研究[J].华电技术,2006,28(10):1-4.