

电站热工优化控制平台智能 AGC 优化组件的开发应用

陈卫, 陈波, 尹峰, 罗志浩, 陈小强

(浙江省电力公司电力科学研究院, 杭州 310014)

摘要: 大型火力发电机组锅炉大多采用直吹式制粉系统, 在机组的 AGC 运行控制中, 尚无法实现自动过渡磨煤机启/停断点, 给运行人员人工预判和操作带来了判断时机难、操作压力大, 汽温、汽压和负荷频繁波动等问题。TOP(电站热工优化控制平台)系统智能 AGC 优化组件通过磨组实时带载能力监控、电网负荷时间趋势预判、启磨窗口自适应调整、机组运行状态优化控制等技术, 能准确给出磨组启停时机和磨组启停顺序, 实现了机组 AGC 连续自动运行。

关键词: TOP; AGC 优化; 磨组; 智能启停; 负荷断点

中图分类号: TK232:TP273

文献标志码: A

文章编号: 1007-1881(2013)03-0054-04

Development and Application of Intelligent AGC Optimization Module on Power Plant Thermal Optimized-control Platform

CHEN Wei, CHEN Bo, YIN Feng, LUO Zhi-hao, CHEN Xiao-qiang

(Z(P)EPC Electric Power Research Institute, Hangzhou 310014, China)

Abstract: At present, most of boilers of the domestic large thermal power generating units use direct-fired pulverizing system. In operating control of AGC of units, automatic transition to startup or shutdown breakpoint can not be implemented yet, which brings problems such as difficult in determination, big operating pressure, frequent fluctuations of steam temperature, steam pressure and load to manual determination and operation of the operators. By monitoring on real-time load capacity of pulverizer group, judgment of grid load time trend, self-adjustment of pulverizer startup hatch and optimized control of unit operating status, the intelligent AGC optimization module on power plant thermal optimized-control platform can accurately display the startup/shutdown time and the sequence of pulverizer group, enabling continuous automatic operation of AGC on thermal power plant.

Key words: TOP; AGC optimization; pulverizer group; intelligent startup/shutdown; load breakpoint

0 引言

并网发电机组与电力调度中心约定的负荷调节范围理论上应该和机组实际能达到的负荷变动范围一致。目前大型火力发电机组大多采用直吹式制粉系统作为锅炉燃料的供给系统, 相对于中间仓储式制粉系统而言, 直吹式制粉系统磨组运行的台数和磨组的出力需和机组的负荷保持同步, 应根据负荷的增减及时调整磨组的出力或启/停磨组。而磨组的启动需要一定的时间, 这就

造成了在负荷变化的全范围中存在由于磨组启动带来的过程断点。在 AGC(自动发电量控制)实际运行控制中, 磨煤机断点负荷附近尚无法实现自动过渡, 只能靠人工预判和操作, 导致运行人员判断时机难以把握且操作压力较大, 出现机组汽温、汽压和负荷频繁波动等问题。

TOP(Thermal Optimized-control Platform, 电站热工优化控制平台)智能 AGC 优化组件通过磨组实时带载能力的监控分析、电网负荷时间趋势的智能预判、启磨窗口的自适应调整、机组运行状

态的优化控制等手段,准确、及时地给出了磨组启/停时机和磨组启/停顺序,在磨组全程顺控启/停的基础上使机组 AGC 连续自动运行成为可能。

1 TOP 系统智能 AGC 优化组件

1.1 组件构成

TOP 优化控制组件共包括了 4 个主要的子功能组,分别是:磨组启/停窗口智能判断功能组;磨组启/停趋势超短期判断高级算法功能组;磨组选择优化判断功能组;磨组顺序控制功能组。TOP 系统智能 AGC 优化组件的整体算法逻辑及各主要子功能组结构如图 1 所示。

1.2 磨组启/停窗口智能判断功能组

磨组启/停窗口应根据磨组所具备的带载能力范围、机组 AGC 工况下的负荷变动速率和磨组启动所需要的时间等参数智能判断,同时考虑机组负荷趋势的预测结果。

TOP 系统的智能 AGC 优化控制组件中,磨组启/停窗口智能判断功能组使用了 5 个高级算法功能和 1 个数据挖掘功能。通过计算当前磨组平均煤量和磨组上/下限带载能力进行比较,综合考虑负荷随时间的变化趋势和动态煤量,给出

机组的暖磨要求和启磨要求,算法编制原则如下:

(1)进行磨组启动时间预测时,需要适当考虑暖磨速率的修正。

(2)将负荷随时间变化趋势的预测结果转为无量纲的因子,该因子反映当前时间内机组负荷变化趋势的可能性。当因子正向变大时,表示机组可能即将处于负荷上升期;当因子负向变大时,表示机组可能即将处于负荷下降期。

(3)对 AGC 速率下的动态煤量预估,考虑以 10%MCR(机组最大连续出力工况)幅度大小的负荷变动为预估过程。

(4)磨组平均煤量计算时,不能单纯考虑煤量的算术平均,还要考虑到运行人员所设定的煤量偏置,除去该煤量偏置后对可用容量进行计算,从而给出计算需要的煤量均值。

1.3 磨组启/停趋势超短期判断高级算法功能组

当机组把 AGC 控制方式下的负荷调节范围扩大至覆盖磨组启/停断点后,机组负荷的变化趋势应作为 AGC 控制方式下磨组启/停时机的重要判断条件之一。例如,当下一时段的机组负荷趋势向上时,应提前启动磨组,以适应负荷要

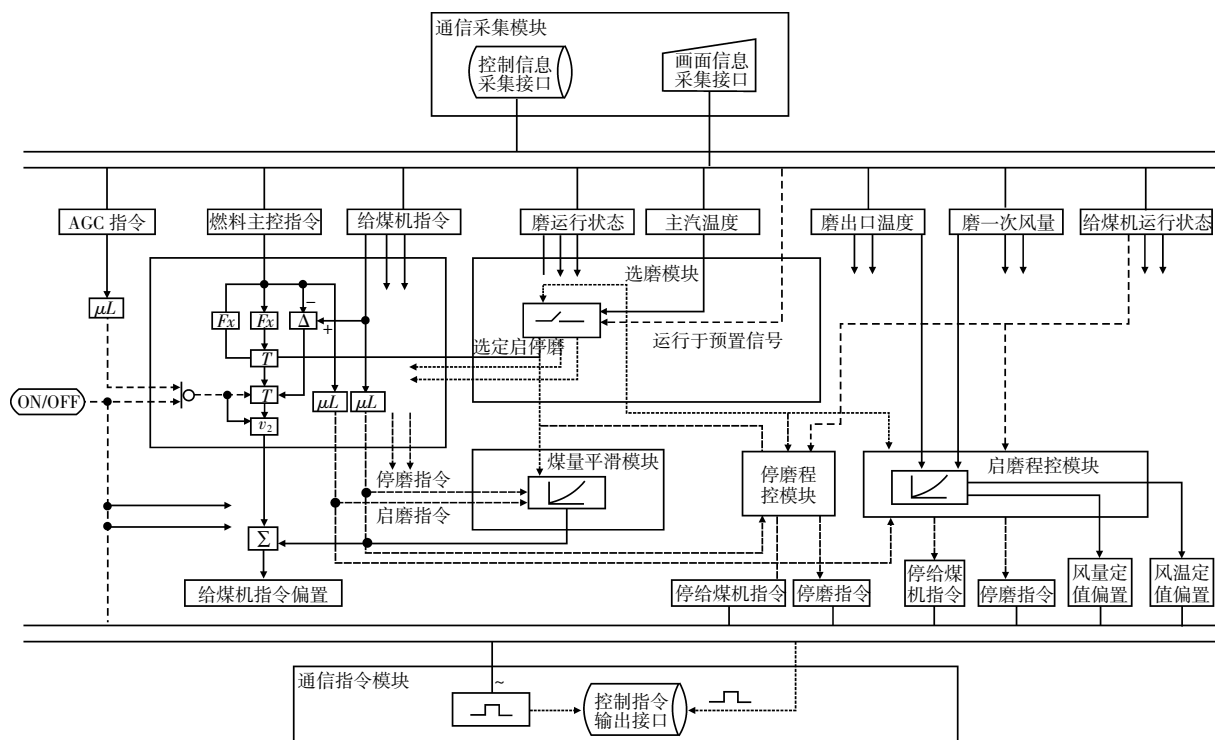


图 1 TOP 系统智能 AGC 优化组件的算法逻辑

求,反之亦然;当下一时段的机组负荷趋势稳定时,即使运行磨组的负荷已较高也不必急于启动新的磨组,以减少磨组的启/停次数。

机组负荷的变化和电网负荷变化基本相同,负荷超短期预测的要求只是一个趋势的判断,对于机组负荷时间趋势的预测并不需要精确到能够确定某一时刻的用电量。只需对负荷变化的大趋势进行判断,从而给予磨组启/停判断辅助性的决策信息。

组件中将采用基于滑动窗口时间序列的数据挖掘法对机组负荷时间趋势进行统计预测。在对机组负荷时间趋势进行预测前,做出如下假设:机组所在地的经济、政治、环境等因素在一定时间内稳定,或随时间的变化缓慢改变,且对机组发电量的影响为主导因素;电网调频要求和其他影响因素对机组发电量的改变视为小概率事件。

数据挖掘是知识发现过程中的一个步骤,它利用特定的知识发现算法,在一定的算法效率的限制下,从数据中挖掘有用的知识。如果挖掘的数据之间存在时间关系,则这类数据被称为时间序列。在数据的挖掘研究领域,时间序列数据挖掘主要集中于时序数据相似性的挖掘,关键是找到合适的特征变量来表征机组的负荷时间趋势。

1.4 磨组选择优化判断功能组

在得到磨组启/停窗口给出的磨组顺控指令后,机组将根据磨组选择优化判断功能组的计算结果,对优选后的磨组进行操作。主要综合考虑机组的汽温变化趋势、机组运行磨组布置、磨组运行的切换要求和磨组的检修或故障等情况,并使用了 4 个高级算法功能。

通过统计当前机组汽温情况预测温度变化趋势,然后综合考虑磨组布置、运行的切换要求和检修或故障等情况,根据磨组启/停窗口给出的磨组顺控指令对磨组进行实际操作。

1.5 磨组顺控功能组

磨组顺控功能组为几个功能组中较为独立的 1 个功能组,在得到顺控操作指令后,该功能组进行计算,将上游功能组的计算结果传递给合适的磨组,完成启/停过程。

对磨组自动启/停操作的同时,应兼顾磨煤机、给煤机等重要设备的自身安全运行及煤粉在炉膛内的稳定燃烧,防止爆燃。因此在启/停过程

中首先应确保一次风压稳定不越限,这样才能保证磨煤机进口的一次风有足够高的静压以克服磨煤机及粉管的阻力,维持正常的一次风量和出口温度;同时协调暖磨、步煤及正常控制各个阶段磨煤机通风量和风温之间的关系。按照规程及运行人员的实际操作进行顺序模拟逻辑编程,经组态由 DCS(分散控制系统)控制各种设备,进行自动操作和调整。在完成磨组顺序控制功能组的算法编制时遵循以下原则:

(1)根据前期试验参数,吹扫时对应冷风挡板开度大概在 50%左右,此时所维持的冷一次风量为 80 t/h(保证大于设计吹扫风量 65 t/h);同时可根据制粉系统冷/热态情况设置吹扫时间。

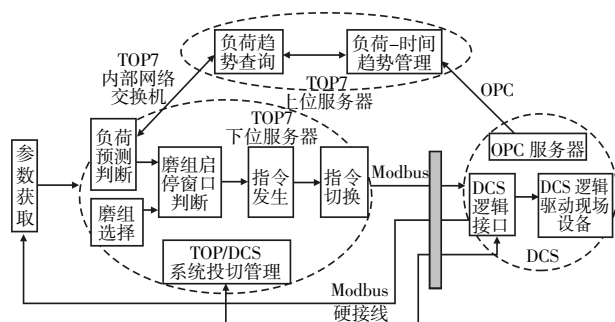
(2)在热风挡板投入闭环后开始暖磨,热风挡板控制的设定值为当前风量;此时冷风调节挡板以 5%/min 的速率至 40%/min,降低实际进磨风量会导致热风调节回路开大,从而加速磨内升温。在此环节中冷风门的动作幅度应尽量平缓保证风量调节不发生剧烈扰动,冷风门的开度目标值根据前期试验确定,设定依据为:保证温升率低于 3°C/min,逻辑中设置温升率保护回路:根据不同的温升率,适量增减热风调节设定值;另外在暖磨过程中还设定了超温保护,一旦出口温度高于 80°C 发出脉冲指令瞬间关闭热风调整门。

(3)当磨煤机出口温度升至设计暖磨温度 70°C 时,投入冷风调节挡板闭环控制,设定为当前值。在冷/热风自动控制稳定一段时间后(逻辑设为 3 min),以风温/风量为判断依据,满足暖磨设计要求后视为暖磨结束。

(4)暖磨结束后,程控启动给煤机,给煤机指令以一定速率升至 30 t/h,同时等待磨煤机的电流大于启动电流后视为咬煤成功,该步骤完成后,给煤指令再次降到最小设定给煤量,完成整个步煤工作,以备投入燃料主控。

2 TOP 系统智能 AGC 优化组件的工作

TOP 系统智能 AGC 优化组件各子功能部分的工作逻辑包括:TOP 系统平台投切逻辑;TOP 系统无断点优化组件投切逻辑;安全层级定义逻辑;设备选择 TOP 系统侧安全措施逻辑;设备选择 DCS 侧安全措施逻辑;优化算法关键逻辑。该组件在 TOP 系统的作用结构如图 2 所示。



注：OPC 为用于过程控制的对象连接与嵌入技术；Modbus 为总线协议。

图2 TOP系统智能AGC优化组件逻辑

在AGC过程中磨组启/停时机的判断需要综合考虑AGC的特点、磨煤机的带载能力、机组的燃料热值特性、磨煤机的启/停方式等因素。智能AGC优化组件可以根据上述因素综合、动态给出在AGC过程中磨煤机的最佳启/停时机。即：模块通过学习历史数据掌握机组的磨组启/停时机和负荷变化趋势之间的关系，并通过实时分析磨组带载情况完成磨组启/停时机的判断。

在综合考虑上述因素后，TOP系统给出了AGC过程中磨组的上限燃料余量和下限燃料余量。当上限燃料余量超越磨组启动窗口边界时，经过延时验证触发磨组启动提示；当下限燃料余量超越磨组停止窗口边界时，经过延时验证触发磨组停止提示。优化组件给出的磨组启/停判断和运行过程中实际的负荷需要一致。

3 应用效果

某660 MW超临界机组TOP系统智能AGC优化组件进行了多种运行方式的试验和实际运行，运行方式包括指导模式、顺控操作模式和自动运行模式。通过对磨组启/停时机的学习和判断、制粉系统的启/停过程的优化修改、运行操作习惯的模拟等工作，使优化组件具备了自动判断磨组启/停时机、磨组启/停顺控进行和全程AGC过程中自动跨越磨煤机启/停断点的功能。

从图3中可以看出，TOP系统给出的磨组启动时机稍晚于磨组实际启动时间，考虑到处于早高峰升负荷阶段运行启动磨煤机较早，可以看出该判断基本合适。从图4中可以看出TOP系统给出的磨组停止时机和磨组实际停止时间基本一致。

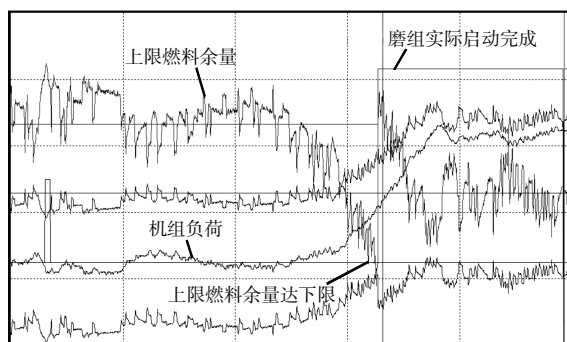


图3 AGC升负荷过程中磨组启动时机判断

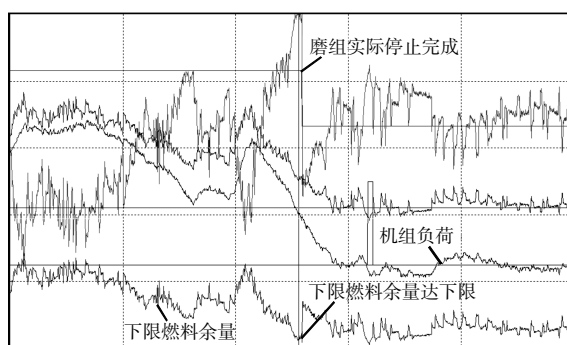


图4 AGC降负荷过程中磨组停止时机判断

4 结语

TOP系统的AGC智能优化组件设计了运行指导模式、顺控操作模式和自动运行模式等运行方式，通过对磨组启/停时机的学习和判断、制粉系统启/停过程的优化调整、运行操作习惯的模仿应用等技术，使该优化组件具备了自动判断磨组启/停时机、磨组启/停顺控运行和全程AGC过程中自动跨越磨煤机启/停断点的自动控制功能，达到了预期的应用效果。

参考文献：

- [1] 张永军,陈波.浙江电网火电机组AGC运行状况及性能考核分析[J].浙江电力,2010,29(3):35-39.
- [2] 苏焯,张鹏,卓鲁锋,等.AGC模式下超临界机组协调控制策略的完善及应用[J].浙江电力,2010,29(2):26-29.

收稿日期：2013-01-28

作者简介：陈卫(1980-),男,江苏南通人,硕士,高级工程师,从事发电厂热工自动化应用和研究。

(本文编辑：陆莹)