

[控制系统]

超临界600 MW机组燃料自动投入的优化

文/湖南华电长沙发电有限公司 宁 睿

通过重新设计容量风风量逻辑，按容量风门流量特性试验计算出修正曲线，使用修正曲线和公式以及容量风门开度的模型，计算得出对应的容量风量，从而保证了风量调整的精确性；重新设计和制作了一次风机自动逻辑结构，增加一次风设定值在对应负荷变化和压力变化下串联回路，自动匹配计算对应工况下需要的风压设定，并同时增加一次风自动在变负荷情况下的前馈作用，以此来提升机组对负荷指令的响应速度。

由于超临界机组需参与电网调峰，因此600 MW机组要求其协调控制系统具备良好的AGC（自动发电量控制）品质。某厂协调燃料自动设计不合理，投入效果差，导致机组负荷跟踪速率不合格，通过重新设计容量风风量逻辑，并重新设计和制作了一次风机自动逻辑结构，以此来提升机组对负荷指令的响应速度。

现状调查

某厂协调燃料自动设计形式为，对应负荷滑压

曲线产生主汽压力设定值，由主汽压力设定与实际偏差通过PID运算，判断需要增减的容量风风量，然后由串级燃料自动副调节器根据得出的需要风量来调节容量风门开度，当变化的容量风风量与达到目标值时调节完成闭环。

第一级PID运算由主汽压力设定与实际测量偏差，得出锅炉燃烧所需要的一次风风量。

第二级PID运算根据需要风量来调节各磨煤机一次风门开度，当变化的一次风风量测量值达到目标值时，调节完成闭环。如图1所示。

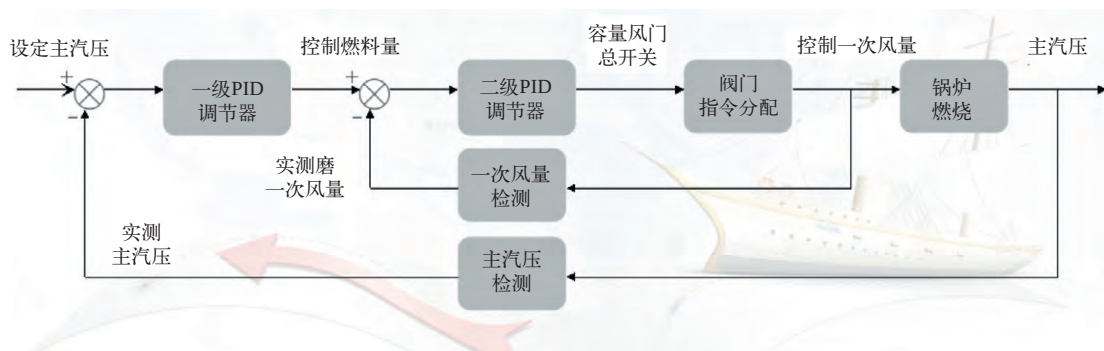


图1 燃料自动设计控制策略简图

由于超临界600 MW机组需参与机组调峰,因此要求其协调控制系统具备良好的AGC品质且机组AGC跟踪速率电网有考核指标。原设计的协调燃料自动投入效果较差,负荷跟踪速率不合格,几乎每天都有电量考核,不能满足生产需要,因此运行值班员为了保证运行参数稳定,将其长期切除,使得机组自动投入率长期低于标准要求。由于湖南电网的特性,机组调峰比较频繁,集控运行值班员操作量大,可能产生的安全风险较多。

存在问题及原因分析

通过现场跟踪自动投入后的情况,经分析后存在以下三个方面的问题。

1) 由于燃料自动投入不稳定,操作员们已习惯减少投入自动,以保证工况稳定。所以投自动的磨煤机一次风门数量较少,每次调整已投入自动的风门总是调整至极限位置。当分配后指令小于35%或大于95%时系统自动闭锁机组负荷指令。机组负荷变化时,会出现燃料自动闭锁功率加减,导致变负荷速率降低。

2) 风量测点一直以来运行不稳定,长期以来都有堵塞、不准确和跳变等故障,无法正确反映锅炉燃料的变化,机组负荷小范围变化时,主燃料控制总是容易出现欠调和超调的现象。

3) 一次风机自动控制器仅能在风压变动时,产生稳定风压的作用。在负荷大幅度变化时,磨煤机一次风门调节裕度有限,由于一次风压需要手动调整,响应速度较慢。机组负荷大范围变化时,跟踪速率则达不到要求。

通过对上述的现象以及分析可以总结出我厂燃料自动主要受限于以下两个因素。

1) 在大幅度变负荷或容量风门开度无调节裕度的情况下,一次风压力变化对于制粉系统送粉能力的影响是至关重要的。由于原设计一次风机自动控制器的设定值,均为运行人员手动设置,控制器仅能在风压变动时,产生稳定一次风压的作用,而不是根据机组的运行工况变化而相应变化,不符合当前机组调节需要。

2) 我厂容量风风量测点一直以来运行不稳定,长期以来堵塞、不准确和跳变等故障现象严重影响燃料自动副调节器正常运作,造成风量无法精确调整。

协调优化

通过上面的原因分析,这次优化方案主要有以下两个大的方向。

1) 通过重新设计和制作一次风机自动逻辑结

构,增加一次风设定值在对应负荷变化和压力变化下串级回路,自动匹配计算对应工况下需要的风压设定,并同时增加一次风自动在变负荷情况下的前馈作用。以此提升机组对负荷指令的响应速度。

2) 重新设计容量风风量逻辑,通过容量风门流量特性试验计算出修正曲线,使用修正曲线以及容量风门开度的模型,通过计算得出对应的容量风量,从而脱离原测量稳定性很差的风量测点,保证风量调整的精确性。

一次风自动以及协调燃料原有逻辑的说明如下。

1. 燃料控制器(燃料自动串级回路的副调节器)

1) 在炉跟随模式下,设定值从主汽压回路输出(控制器为4PID)取值。

2) 切手动条件(以下任意条件满足均会将燃料自动切手动): ①手动切换按钮。②RB(辅机故障减负荷)。③设定值与测量值的偏差超过 $\pm 100 \text{ T/H}$ 。④所有容量风门均在手动位置。⑤炉跟随机模式下,主汽压测点故障。⑥炉跟随机模式且非滑压控制时,压力控制偏差超过 $\pm 1 \text{ MPa}$ (控制器为2PID)。⑦机组不在炉跟随机模式下,汽机主控不在自动控制方式。

3) 上、下限幅(闭锁增、减): 自动模式下,容量风总指令输出 $>95\%$,闭锁增;指令输出 $<35\%$,闭锁减。

2. 主汽压控制器(燃料自动串级回路的主调节器)

1) 上、下限幅(闭锁增、减)。燃料、送风、给水任一闭锁增,主汽压控制器将闭锁增;燃料、送风、给水任一闭锁减,主汽压控制器将闭锁减。

2) 在滑压模式运行时,设定值跟随预设滑压曲线变化。

3. 一次风控制器

原一次风压控制器的设定值由运行人员手动设定,调节对象为热一次风母管压力,控制对象为两台一次风机的动叶开度。

1) 切手动条件。以下任意条件达成,都将切一次风压总操控制器至手动状态: ①两台一次风机动叶开度控制器均在手动状态。②非RB条件下,控制器的设定值与测量值的偏差超过 $\pm 3 \text{ kPa}$ 。③非RB条件下,热一次风母管压力两测点数值偏差超过 $\pm 2 \text{ kPa}$ 。

2) 跟踪条件。在两台一次风机的动叶开度控制器均在手动位时,输出跟随两动叶开度控制器的输出指令的平均值。

3) 上下限制值。投入自动情况下, 偏置设置为零时, 动叶开度指令限制在35%~90%。

通过优化改动过后的一次风控制器以及相关控制器的详情如下。

一次风控制器设定值由原有的手动输入, 变成自动给定, 由运行人员手动输入偏置值进行修正模式, 最终设定值由以下四个部分得出。

1) 根据机组的运行工况, 设定了目标负荷对应的热一次风压力曲线, 并根据当前运行磨煤机的台数进行斜率修正: 目标负荷下, 热一次风压力曲线, 乘以运行的磨煤机台数的修正系数, 修正系数设定可根据后期调试更改, 目前设置较小。

2) 一次风设定值变化率与容量风门自动投入台数的自适应逻辑。

3) 根据主汽压偏差经过PID控制器调节的一次风压设定值修正控制器输出 (在一次风自动未投入时, 该输出为0, 投入后将根据主汽压偏差调节一次风风压, 限幅 ± 2 kPa)。

4) 运行人员手动设定的偏置值。

修改后的一次风控制器前馈大致分成以下三部分, 累加得到最后的前馈值。

1) 为了规避动叶的机械死区, 加强一次风压自动动作的快速响应, 当一次风自动输出指令回头到一定量时, 调节指令将提前向动作方向动作1.5%。

2) 为了加强一次风压在快速变负荷时的变化速度, 根据实际情况设定了不同负荷下的修正曲线, 在330~630 MW负荷指令下, 变化率接近平均1%开度/10 MW。

3) 根据燃料自动控制前的前馈, 增加了负荷指令一阶惯性曲线、负荷指令二阶惯性滞后差值、主汽压一阶惯性曲线、主汽压二阶惯性滞后差值, 四个数值累加并修正后得到的参数, 作为第三部分的前馈组成。

单台磨煤机的单侧容量风风量的虚拟仪表模型依据修正系数曲线、容量风门开度以及一次风压力值等参数建立, 公式为

$$Q = \lambda K S \sqrt{2p}$$

式中, λ 为修正系数曲线, 与磨煤机热一次风压力有关, 根据历史库内数据取值计算得出; K 为容量风门开度反馈; S 为风管横截面百分比折算值; p 为一次风压力的平均值。

实施效果及遗留问题

在协调优化实施后, 机组自动投入率有了明显的提升, 降低了值班员监盘压力。机组变负荷速率在投入自动情况下有了明显的提升, 基本达到或者超过调度要求速率。AGC指令和发电机功率历史曲线图如图2所示。



图2 AGC指令和发电机功率历史曲线图

此次协调优化虽取得了明显效果, 但是仍存在一些遗留问题。例如, 在锅炉稳态情况下, 由于一次风动叶控制死区较大, 易产生一次风压调整不准确, 导致主汽压波动的现象, 需改进执行器和动叶性能。在变负荷情况下, 遇到起停磨煤

机, 锅炉燃烧有较大范围扰动, 仍然需要操作人员为干预调整, 需增加新的控制策略以消除这些扰动。EA

(收稿日期: 2015.09.19)

(编辑: 杨得润)