

300MW 汽轮机中压缸启动过程中定速不稳原因分析及处理

沈 杰

(江苏徐矿综合利用发电有限公司, 江苏 徐州 221007)

摘 要: 采用 XDPS-400e 控制系统的国产引进型 300MW 循环流化床机组在中压缸启动过程中存在 2900rpm、3000rpm 定速不稳, 导致机组无法按期并网, 甚至出现 103% 转速保护动作等问题, 本文从控制逻辑方面进行原因分析并进行处理, 取得了较好的效果。

关键词: 中压缸启动; 定速不稳; 控制逻辑; 恒流量计算

0 引言

徐矿综合利用发电有限公司装机为 2×300MW 循环流化床机组。锅炉为东方锅炉有限公司生产的 DG1065-17.5/541/541-II19 型循环流化床锅炉, 汽轮机为上海汽轮机厂生产的引进型 K156 (N300-16.7/538/538) 机型, 控制系统为上海新华的 XDPS-400e。由于循环流化床锅炉在炉膛中上部布置有屏式受热面, 在点炉初期因为蒸汽流量少, 床温高易出现金属超温现象。故在冲转时选择中压缸启动 (带旁路中压缸冲转) 方式, 以此增大蒸汽流量, 避免受热面超温。所谓中压缸启动, 就是在旁路投入的状态下挂闸, 采取中压缸先进汽的方式冲动汽轮机。转速在 600rpm 前由中调门控制转速, 汽轮机转速升至 600rpm 后, 控制方式由 IV 切换至 TV-IV 联合控制, TV 与 IV 按照一定比例开启, 两门同时控制机组转速; 转速升速至 2900rpm, 保持一定时间, DEH 记忆此时 IV 开度, 记忆结束后 IV 会保持当前开度维持中压缸进汽流量不变, 以达到保证对低压缸叶片、通流部分的冷却。此时机组的转速控制由 TV-IV 联合控制切换为 TV 控制。我厂两台机组在 2900rpm 阀切换后以及机组升速 3000rpm 时, 转速波动较大, 定速不稳, 不仅长时间无法并网, 还会经常出现 103% 超速保护的情况, 严重影响到机组启动节点及机组安全。此文从逻辑分析及运行操作方面找出了问题解决办法。

1 存在问题分析

- (1) 主汽及再热汽压力波动大;
- (2) 汽机调速及相关系统存在缺陷;

- (3) 高压调门调节线性差;
- (4) 调速系统迟缓率大;
- (5) 蒸汽参数选择不当;
- (6) IV 控制逻辑不合理。

2 原因排查

2.1 汽压波动大

机组在阀切换过程中因为主汽门会关闭到很小的开度使机组转速出现下降趋势后方会开启高调门, 此时主汽压会发生较大的变化, 进而影响到再热汽压力的变化, 因再热汽热容积较大, 变化滞后时间较长, 为了维持再热汽压力不变, 操作人员会对高低压旁路进行调整, 调整的过程中主、再热汽压力, 高压调门、中压调门开度的变化互相干扰叠加, 导致机组转速波动大。针对此种问题, 发电部在调整提前量、调整幅度、锅炉燃烧辅助调整、低压旁路手自动调整方面进行尝试, 均不能很好的解决此问题。

2.2 高调门及中调门摆动, 导致进汽量波动, 进而影响机组转速

通过现场及盘面观察, 未发现调门摆动现象。就地及盘面检查 EH 油系统油压未见波动现象。各调阀指令及反馈正常, 跟踪良好。静态试验, 各阀门开关灵活, 动作正常。基本可排除此原因影响。

2.3 调门调节特性分析

阀切换后出现转速波动问题, 此时转速为 GV 调节, 若 GV 调节特性差会产生此现象。综合两台机组所有历史数据, 定速不稳现象在投产初期及大修前后均出现过, 且在机组大修时对高调门阀芯、阀座进行检查, 均未发现异常。在调门严密性试验

合格的情况下,高调门全部关闭后仍然超速的现象,据此判断,由高调门线性问题导致机组定速不稳原因可排除。

2.4 调节系统迟缓率分析

由汽轮机组在 2900rpm 以下升速平稳,2900rpmTV-GV 阀切换前转速控制稳定及带负荷后负荷波动及负荷响应均负荷要求等现象,基本可以排除调速系统迟缓率影响因素。

2.5 蒸汽参数分析

过热蒸汽压力选择过高,会导致汽机高调门开度过小(3%以下),阀门工作在非线性区,导致转速波动大。为了排除此种原因,在多次冲转过程中分别选取了 4MPa, 5MPa, 6MPa 等几个压力等级,但转速波动未见明显好转。

3 排除以上几个原因后,对最后一条原因进行重点分析

中压缸冲转过程中当转速升至 2900 rpm 时会进行转速记忆,记忆此时的主汽压力、再热汽压力及中压调门开度,以保证在此后的阀切换和升速过程中中压缸的蒸汽过流量不变,避免出现因鼓风摩擦损失过大导致动静部分过热现象。在 2900rpm TV-IV 到 TV 阀切换后,IV 此时不参与机组转速调节,只是根据压力变化调整阀门开度。机组升速 3000rpm 后 IV 流量指令经修正后保持与热再压力的反比关系,新 IV 流量指令生成后通过一个 6 段的分段函数形成中调门开度指令,辅助参与转速调节。但在运算和操作过程中往往出现如下情况:

3.1 转速记忆时工况不稳定

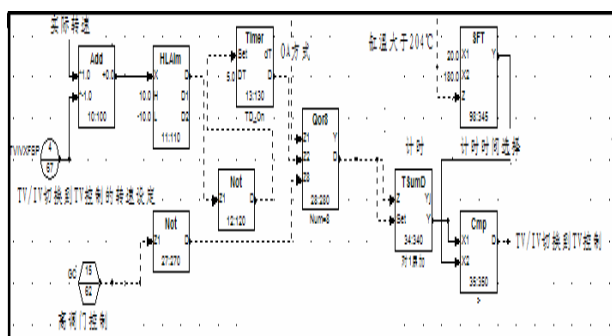


图 1 2900rpm 计时控制逻辑

目前逻辑为实际转速与 TV-IV 切换到 TV 控制设定转速 2900rpm 偏差在 ± 10 rpm 以内时延时 5s 开始自动计时,计时完毕阀门控制方式即切换至 TV 控制方式,特别在热态时,计时时间只有 20s。此

时汽机转速处于 2040rpm 到 2900rpm 快速升速末段,转速及主再热汽压都并不稳定,影响记忆参数的准确性(如图 1 所示)。

3.2 TV-GV 切换时再热汽压波动大

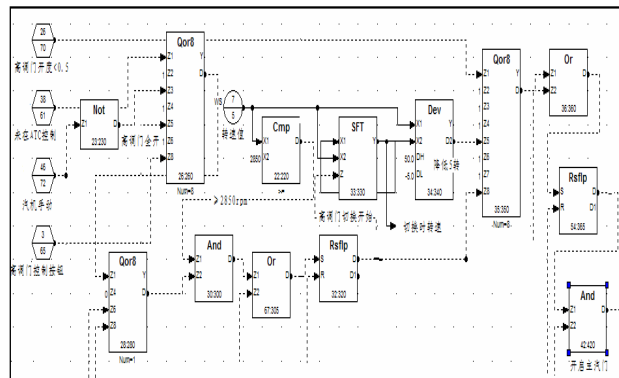


图 2 TV-GV 阀门切换逻辑

如图 2, TV 切换至 GV 控制时,因 GV 要关闭到转速下降 5rpm 以上且调门开度 $<0.5\%$ 方开启 TV,此时主汽压力势必产生较大变化进而引起再热汽压力变化,如果再热汽压力低于记忆压力,IV 会开启以维持中低压缸流量,进一步加剧了热再压力的下降,如此形成恶性循环,最终中调门全开,因中调门特性及中压缸恒流量计算的偏差,此时中压缸实际进汽量大于记忆转速时的流量,即使 GV 全关,转速仍高于设定值,且很难控制转速稳定。

3.3 IV 阀位开度的形成逻辑不完善

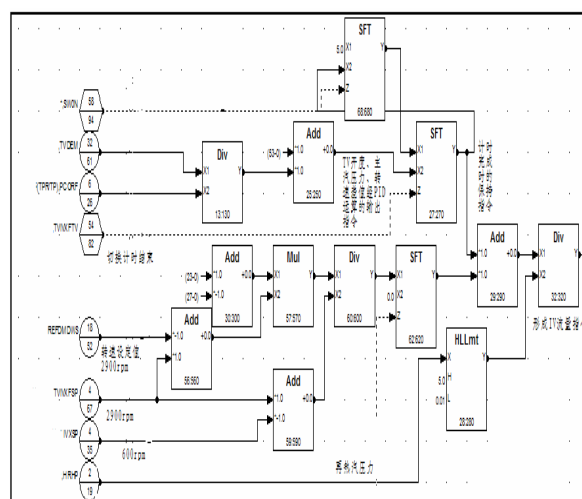


图 3 2900rpm IV 记忆及 IV 流量指令形成逻辑

在 TV-IV 切换至 TV 控制后,逻辑控制在转速指令维持 2900rpm 时,IV 开度变化只因再热汽压力变换而变化,不受其他因素影响,IV 记忆流量指令和再热汽压力成反比关系,形成新的流量指令经分段函数形成阀门开度指令送执行机构。见图 3。

此环节存在如下问题:

(1)流量指令的计算直接引用再热汽压力会造成较大误差。由逻辑图可以看出 IV 流量指令形成后除于再热汽压力形成新的输出信号,此环节的压力引用存在不合理性,根据弗留格尔公式:

$$\frac{G_1}{G} = \frac{A_1}{A} \times \sqrt{\frac{(P_{01}^2 - P_{z1}^2)}{(P_0^2 - P_z^2)}} \times \sqrt{T_0/T_{01}}$$

上式中无下标和下标为 1 的标识为同一量的两种状态。背压 p_z 为机组真空,因其绝对压力极低且基本无变化,可以忽略计算,再热汽温度 T_0 的变化较小在此计算中忽略,中压缸蒸汽流量 G 的变化与通流面积 A 变化和级前压力 p_0 成正比关系,但是公式中所引用的压力及温度均为绝对压力和绝对温度,逻辑运算时取用的则为变送器测量的相对压力和相对温度。再热汽压力高时计算误差较低,再热汽压力不足 1MPa 时误差则比较大。正常记忆压力 0.3MPa 左右,绝对压力和表压力偏差达 33%,误差较大。逻辑计算时 0.4MPa 的表压力变成 0.2MPa,IV 流量输出值就增加 100%,而用绝对压力计算 IV 流量输出值只增加 66%。

(2)形成流量指令后经 6 段分段函数计算,分段函数取点少精度不高,阀门制造偏差、长期运行、大修影响等因素导致流量计算与实际流量误差大,特别在流量开度曲线的后半段流量偏大较多;

(3)形成阀位指令后送去执行机构,此控制过程为开环控制,对于调速系统的震荡无收敛作用;

(4)TV 控制方式下,即使 TV 全关,IV 仍不参与转速调整,只有转速升高 103% 额定转速后 OPC 保护动作关闭 IV,此时转速处于失控状态。

(5)转速控制方式由 TV 切换至 GV 后升速 3000rpm 时,IV 只有在 GV 全关后才不受再热汽压力的影响直接参与转速调整,否则在记忆开度的基础上经过再热汽压力进行修正后输出,以上 1、2、3、点现象仍然存在,继续影响转速控制。

4 针对以上分析采取的措施

4.1 设定转速停留点

在升速至 2900rpm 之前取一稳定转速(避开临界转速)2870rpm 进行各参数调整,待主汽、再热汽压力及汽轮机转速稳定后升速至 2900rpm 进行状态记忆,以确保工况稳定,记忆参数准确,利于后期转速的稳定控制;

4.2 优化再热汽压力调整方案

2900rpm 时或 TV-GV 切换过程中调整再热汽压力等于(比较难调整)或略高于记忆压力,使 IV 开度小于记忆开度,此项操作有两点优点,一是阀门流量特性曲线前半段比较准确,中压缸实际流量与记忆流量偏差不大,二是即使流量出现偏差导致转速降低,TV 或者 GV 进行转速调整,可以保证汽轮机转速控制在要求范围。#2 机组经此次大修后调整试验,效果较好。

5 结论

通过以上运行调整方法,基本上可以消除机组在 2900rpm 及 3000rpm 定速不稳问题,但需运行人员掌握此方法并能熟练运用后方能避免此类现象的再次发生,并没有从根本上解决转速波动问题,因此提出如下建议:

(1)建议增加 2900rpm 手动记忆按钮,便于在参数稳定时由运行人员控制记忆开始时间;

(2)建议修订阀切换逻辑由 GV 全部关闭改为单独由转速下降 20rpm 后开启主汽门,减少阀切换造成的再热汽压的波动;

(3)建议修订 IV 流量生成逻辑中引入再热汽压部分的计算逻辑,将表压力换算成绝对压力,保证计算环节的准确性;

(4)建议参照实际运行效果修订阀门流量特性曲线,减小误差。

参考文献:

- [1] 黄树红.汽轮机原理[M].北京:中国电力出版社,2008. 99-104.
- [2] 靳智平,王毅林.汽轮机原理[M].北京:中国电力出版社, 2006. 83-86.
- [3] 丁可可.热工过程自动调节[M].北京:中国电力出版社, 2007. 55-60.
- [4] 吴季兰.汽轮机设备及系统[M].北京:中国电力出版社, 1998. 152-159.

作者简介:

沈 杰(1977-),男,江苏徐州人,工程师,现供职于江苏徐矿综合利用发电有限公司,主要进行发电运行管理及发电机组优化运行研究, E-mail: shenjiejie2915@qq.com.