

APS 系统在某燃机余热发电项目的应用

周墨涛¹ 苏莉²

(1.杭州和利时自动化有限公司 浙江杭州 310018; 2.西山煤电(集团)有限责任公司发电分公司 山西 太原 030006)

摘要: 机组自动启动停止控制系统 APS 系统是机组实现自动化控制的中心, 它根据机组设备及工艺流程, 预先设定好的控制逻辑。通过大量的运行条件条件以及时间等诸多方面的逻辑判断, 向功能组、子功能组或驱动级、发出控制命令, 使机组能够在冷态、温态、热态、极热态等各种状态下实现自动控制。

关键词: APS 机组自动启动停止控制系统 Automatic power plant startup and shutdown system

1 项目背景

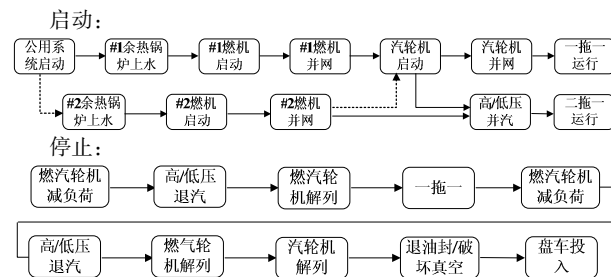
某热电工程建设总装机量为 144MW (2X52MW+40MW) “二拖一” 燃气-蒸汽联合循环直接空冷发电供热机组。燃机为西门子 SGT800 (2 台) 型燃气轮机, 汽机为长江动力 BD40-8.83/0.4 型空冷补汽抽汽式汽轮机, 余热锅炉为杭州锅炉集团 NG-SGT800-R 双压、卧式、无补燃、自然循环燃机余热锅炉。本工程供暖期采用汽轮机抽汽及余热锅炉产生的高、低压蒸汽直接加热热网循环水进行供热, 汽轮机运行方式为抽凝方式。非采暖期汽轮机采用纯凝方式运行。补汽方式为余热锅炉产生的低压蒸汽进到汽轮机进行做功, 提高机组联合循环效率。

DEH、ETS 系统采用与机组 DCS 系统一体化的硬件和软件产品, DEH、ETS 纳入到联合循环 DCS 系统网络中, DEH、ETS 系统的监控将在机组 DCS 操作站上完成, 实现汽轮机、余热锅炉系统设备的一体化控制。燃机蒸汽联合循环 DCS 采用和利时 MACS V6.5.3 软件+K 硬件系统, 燃机控制系统 (TCS) 采用西门子 PCS7 系统。因此, 进行 APS 系统设计时, 需要考虑联合循环 DCS 系统与 TCS 系统的接口问题, 实现跨系统的互联监控。联合循环 DCS 与 TCS 系统之间通过 OPC 协议互联, 重要的保护、连锁、调节信号通过硬接线传递信号。

2 总体设计思路

一、总体架构

在实际应用中, APS 系统的控制多采用断点控制方式, 在断点下设计相关功能组完成特定的控制功能。根据工艺流程及控制相关要求, 结合现场设备实际情况, 此项目 APS 设置 17 个功能组实现断点控制, 进行逐步启动, 也可以根据实际情况选择某功能组进行操作, 这样可以兼顾实际, 灵活操作。总体启动和停止框架如下:



项目 17 个功能组分别是: 1, 凝结水系统; 2, 真空系统; 3, 辅机循环水系统; 4, 蒸发冷却系统; 5, 空压机系统; 6, 汽轮机润滑油系统; 7, 顶轴盘车系统; 8, 汽机油系统; 9, #1 炉高压蒸汽及疏水系统; 10, #1 炉低压蒸汽及疏水系统; 11, #1 炉高压蒸汽并退汽; 12, #1 炉低压蒸汽并退汽; 13, #2 炉高压蒸汽及疏水系统; 14, #2 炉低压蒸汽及疏水系统; 15, #2 炉高压蒸汽并退汽; 15, #7 炉低压蒸汽并退汽, 17, 低压补汽系统。

二、APS 逻辑构架及启/停断点设置方式

APS 的启动方式: 包括余热锅炉和汽轮机启动, 余热锅炉有冷态、温态和热态三种启动方式, 蒸汽轮机的启动有冷态、温态、热态和极热态四种启动方式。

余热锅炉启动方式的判别是根据锅炉汽包压力来判定, 余热锅炉的不同启动方式主要体现在锅炉疏水阀的开启和关闭时间不同。

蒸汽轮机的启动方式的判别是根据汽轮机第一级金属温度决定的。蒸汽轮机的不同启动方式主要体现在汽轮机的冲转压力、暖机转速、升速率、初负荷暖机时间的不同。

APS 接受 DEH 对于汽轮机冷、温、热态的选择, 同时在 APS 操作界面上, 操作员可以手动选择汽轮机冷、温、热态, 系统以操作员选择的状态为优先。

APS 系统控制范围为机组启动和机组停止。启动前机组处于盘车状态。

(1)、蒸汽轮机系统: 汽轮机辅助设备系统、凝结水系统、真空系统、直接空冷系统、润滑油系统、控制油系统、旁路系统等。

(2)、余热锅炉系统: 余热锅炉辅助系统、给水系统、疏放水系统。启动前锅炉高低压汽包水位为启动水位。

(3)、燃机轮机系统: 燃气轮机燃料系统及辅助系统、燃气轮机启动指令。

机组停止

(1)、汽轮机。APS 控制从目标负荷运行到相关设备 (包括辅助设备) 的停止, 具体方式为正常停机。

(2)、燃气轮机。APS 控制从预选负荷开始, 设定减负荷指令, 到燃气轮机熄火、停止。

(3)、余热锅炉。APS 控制从锅炉满负荷到相关设备停止 (包括) 辅机设备和阀门。

三、启停断点设置

APS 启动设置了 9 个断点, 分别为: 1、APS 启动准备 (盘车启动、余热锅炉上水、真空系统建立)。2、第一台燃气轮机启动; 3、第一台燃气轮机并网; 4、汽轮机启动, 5、汽轮机并网 (最终运行模式选择 “一拖一” 模式, 启动 APS 完成) 6、第二台燃气轮机启动; 7、第二台燃气轮机并网; 8、高/低压并汽; 9、投入整套机组 AGC (自动发电)

APS 停机设置了 6 个断点, 分别为: 1、选择首先停止的燃气轮机减负荷; 2、高/低压自动退汽; 3、第一台燃气轮机解列、盘车投入 (如选择将 “二拖一” 运行模式切位 “一拖一” 运行模式, 停止 APS 完成。) 4、第二台燃气轮机减负荷 5、第二台燃气轮机及汽轮机解列; 6、退轴封、破坏真空、盘车投入。

3 控制重点、难点

燃机余热发电的控制重点在于高压旁路和低压旁路控制过程, 涉及到一拖一和二拖一的投入和退出。在高压蒸汽进入汽机前, 蒸汽参数不满足汽机要求, 主要将其通过旁路系统进入凝汽器形成循环, 通过余热加热蒸汽达到汽机要求; 如果在有一台余热锅炉已经运行, 另外一台的余热锅炉也投入时, 又涉及到母管的并汽, 这就需要调节旁路循环和并汽阀门, 控制锅炉蒸汽的温度和压力, 同时也要考虑管道的由于温度变化引起的热应力, 根据经验调整并汽阀门的开度曲线。

高、低旁路采用全程自动控制方式:

高旁压力设定值的生成有两种方式，一种是由运行人员选择，据机组启动过程中的主蒸汽参数和机组设备工况，以及最小阀位/暖管/开门/升压几个旁路启动阶段，自动生成高旁压力设定值的方式；另一种是运行人员直接设定压力定值的直接设定方式。

高压蒸汽并汽功能组：

启动允许条件：两台炉高压温差 $< 20^{\circ}\text{C}$ 且两台炉高压压差 $< 0.15\text{Mpa}$ ；第一步，指令：逐步开启高压主汽电动阀旁路电动阀（按设定的曲线逐步打开）反馈：按照设定的经验曲线逐步渐开至开度 $>90\%$ ；第二步，指令：逐步开启高压主蒸汽电动阀（按设定的曲线逐步打开）和关闭高旁阀自动调节阀，以一定速率 10min 内缓慢关高旁，进入跟随状态，逐步关闭高压主汽电动阀旁路电动阀（按设定的曲线逐步关闭）；反馈：高压主蒸汽电动阀开启（按设定的曲线逐步打开）；高压主汽电动阀旁路阀关闭；高旁阀自动跟随且保持关闭。

高压蒸汽退汽功能组：

启动开始：按下启动按钮；第一步，指令：设定旁路开度目标值（根据两台燃气轮机负荷折算），控制高旁打开速率不高于 $3.8\%/min$ （当打开过程中空冷岛真空下降 $1\text{kpa}(\Delta p)$ 或压力大于 -76kpa ，暂停打开，等待真空恢复 0.5kpa 且小于 -76kpa 后继续），达到预定开度后延时 30s ，此后高旁控制蒸汽压力为 8Mpa ；反馈：高旁自动投入，控制压力正常。第二步：指令：逐步关闭高压主蒸汽电动阀（按设定的曲线逐步打开）；反馈：高压主蒸汽电动阀已经关闭。

控制难点一、负荷控制：

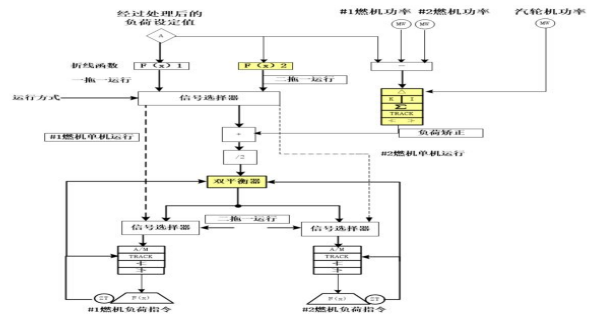
1、负荷指令生成：

燃机的负荷指令由总负荷设定根据折线函数产生。折线函数是根据燃机的说明书及试验确定，目前一般为 70% 左右。

2、指令分配：

燃机运行分为一拖一运行与二拖一运行，当一拖一运行时，燃机初步指令由折线函数 $F(X1)$ 生成，燃机初步指令加上负荷矫正值后，作为目前运行燃机的总指令。

当二拖一运行时，燃机初步指令由折线函数 $F(X2)$ 生成，燃机初步指令加上负荷矫正值后，作为目前运行燃机的总指令。把总指令平均分配给两个燃机。



控制难点二、主蒸汽压力控制：

1、设定值生成：

设计一个主设定站，在滑压方式时，此时压力定值在定值自动设定方式工作，主蒸汽压力定值据机组功率指令设定值自动生成（调试方提供）；定压方式时，则在定值手动设定方式工作，主蒸汽压力定值由运行人员手动设定。

2、指令分配：

主蒸汽压力设定与PV值进行PID调节后输出指令至DEH高调门综合指令。

DCS与DEH之间采用问答方式进行控制，先遥控请求，再控制。

4 结束语

本项目APS方案的实现，相对于手动操作大大缩短了系统的启动时间，为用户节省了人工成本约 16% ，节约了燃料成本 21% ，并且也减少了操作的错误率，提高了机组自动化水平，减轻了运行的人员的工作强度，进一步提高了设备启停的正确性、规范性、安全性。

参考文献：

[1]钱芳,李小虎.面向APS系统的MES系统改造方案及实现[J].冶金动力,2019(10):104-106.
 [2]郑锴.火力发电机组自启停(APS)系统架构设计方案[J].电子技术与软件工程,2019(12):135-136.
 作者简介：周墨涛（1982-），男，湖北孝感人，工程师。