

DCS 在发电机组 锅炉和汽轮机系统中应用

冯美英

(柳州职业技术学院 电子电气系, 广西 柳州 545005)

摘要: 介绍了发电机组锅炉和汽轮机的集散型控制系统(DCS)设计。对煤气燃料控制、送风量控制、引风控制、给水控制、除氧器控制、过热蒸汽温度控制、高压加热器出水温度调节、凝汽器热井水位调节等系统可能出现的问题给出了相应的解决方法,并对系统设置相应的联锁保护。所得出的 DCS 控制配置方案冗余配置,保障了系统的可靠运行。对所有常规仪表只保留了手操器及几块关键参数的显示表,所有控制、显示、联锁功能全部由系统完成。

关键词: 锅炉; 汽机; 集散型控制系统

中图分类号: TP 277

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)09-0120-03

1 发电机组锅炉和汽轮机系统的 DCS 控制设计思路^[1-2]

在发电机组中锅炉的负载是汽轮发电机,对蒸汽的温度和压力都要求较高,控制不好会造成汽轮发电机损坏或降低其效率,故在设计中设置了燃烧自动调节系统,主要完成:

a. 对进炉煤气量进行自动调节控制,维持蒸汽压力在额定要求的 90%~104% 范围之内;

b. 系统根据炉内含氧量测量仪表测量到的烟气含氧量对送风机、引风机(变频调速)进行自动调节,确保在负荷变化时,烟气含氧量在 2%~4%、炉膛负压在 10~20 Pa(煤气压力低于 3000 Pa 时,炉膛负压控制值为 20~30 Pa)。

所设计的发电机锅炉和汽轮机的集散型控制系统(DCS)总体监视流程图如图 1 所示。

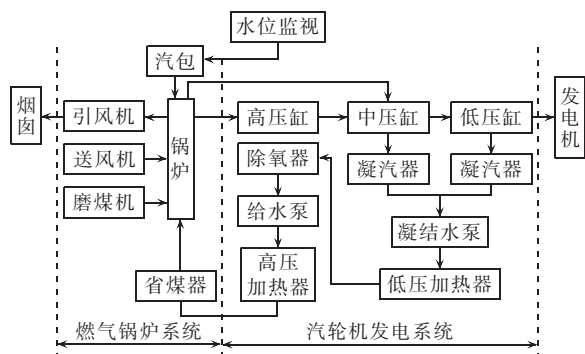


图 1 发电机锅炉和汽轮机系统的 DCS 监视流程图

Fig.1 Block diagram of power plant boiler and steam turbine DCS

1.1 燃气锅炉系统^[3]

煤气燃料控制系统:以锅炉过热蒸汽出口压力为

主监控点,炉膛温度为副监控值,控制进入锅炉燃烧室的煤气调节阀,压力高则减少进炉煤气量,压力低则增加进炉煤气量(调节时并以炉内温度为参考),以维持蒸汽压力的恒定。

送风量控制系统:烟气管道上的氧化锆测量仪表测量来的烟气含氧量随煤气量的增减发生改变,则必须对变频送风机的速度作相应的调节,保证气、风比的恒定,以维持烟气含氧量在 2%~4%,使煤气能有效完全燃烧。系统同时收集气、风流量的比值,一旦发生氧化锆测量仪表损坏,则自动改变调节方式为配比调节。

引风控制系统(炉膛负压控制系统):煤气、送风量的改变会使炉膛内的压力发生变化,炉膛压力的恒定是锅炉稳定运行的重要指标;炉膛出口压力变送器测量来的信号经系统的比例、积分、微分(PID)运算后对变频引风机的速度作相应的调节,维持炉膛负压在 10~20 Pa(煤气压力低于 3000 Pa 时,炉膛负压控制值为 20~30 Pa)。

给水控制系统(汽包水位控制系统):锅炉汽包液位,给水流量,蒸汽流量和温度、压力等信号经 PCS7 AI 输入模块送入系统,实施补偿运算、逻辑判断和 PID 调节后,输出信号控制锅炉给水泵变频电机转速(或调节阀开度)以维持汽水平衡。当给水流量和蒸汽流量处于下限时,上述三冲量控制系统变为不稳定,系统自动切换至直接用汽包水位实施单冲量控制。

除氧器水位控制系统:除氧水箱水位由系统进行 PID 调节控制并设高低限声音报警。

除氧器压力控制系统:由测量除氧水箱压力,进行 PID 调节加入的蒸汽量,维持饱和和蒸汽压力下的水温恒定(105℃)。

过热蒸汽温度控制系统:过热蒸汽温度信号取自锅炉高温过热器出口联箱,经 PCS7 AI 输入模块

送入系统,经 PID 调节运算,输出信号经上、下限幅后控制减温水量以维持过热蒸汽温度(约 435 ℃)恒定,确保汽轮机安全稳定运行。

各位置点参数显示:锅炉的 25 点温度、20 点压力、5 点流量、3 点液位、电力间的 37 点温度、5 点压力、1 点液位及转速、速度、振动、位移、膨胀、电流、电压、有功功率、无功功率等均在系统电脑屏幕的工艺流程示意图上对应位置进行指示。

1.2 汽轮机发电系统^[4]

高压加热器出水温度调节系统:根据高压加热器出口水的温度,调节加热蒸汽量的大小,使进锅炉汽包的水温恒为 160 ℃。

凝汽器热井水水位调节系统:根据凝汽器上的水位,调节排水量的大小,使凝汽器上的水位保持稳定。

如果工艺设备(需相关的控制阀门)能满足相应要求,则能完成轴封压力、高加和低加水位、减温减压装置出口压力和出口温度的控制要求。

1.3 系统联锁保护功能设置^[5]

系统设置以下保护:

- a. 引风机断电时,自动切断送风机电源和燃气供应;
- b. 送风机断电时,自动切断燃气供应;
- c. 压力低于 1 500 Pa 时,自动切断燃气供应;
- d. 蒸汽压力大于 3.7 MPa 时,则启动联锁停炉程序;
- e. 锅筒水位低于中间位置 50 mm 时,发出低水位报警,低于中间位置 150 mm 时,且供水泵已全速运转(或进水阀已全开)了,则启动联锁停炉程序^[6];
- f. 在煤气管路水封处,增加 2 个电磁阀,当煤气压力低于安全值,或突然停电等原因,则自动开启煤气管路上的水封进水电磁阀,而压力正常后,自动打开排水电磁阀,恢复煤气通路,确保安全生产^[6]。

此外,系统还具有表 1 所示的联锁保护功能^[6-7](工艺设备需满足相应的硬件要求)。

2 发电机组锅炉和汽轮机系统的控制配置

2.1 DCS 控制配置设计思路^[8-9]

- a. DCS 的 I/O 模块都选用 DC 24 V 供电,而且 I/O 模块的各通道都通过继电器隔离后才去控制受控制设备(如电磁阀、接触器的线圈),以保证系统安全可靠;
- b. DCS 的 I/O 模块都按带电热拔插设计,每个 I/O 模块都安装在 SM 热插拔底板模块(6ES7 195-7HB00-0XA0)上,更换任一个 I/O 模块时都不会影响其他模块的正常工作;
- c. I/O 模块的每一个通道都采用光电隔离;
- d. 每个 AI 信号的开路和短路故障都能被检测出来并给出报警信号至人机界面;
- e. 对热电阻输入信号,通过四线制连接,模板可以通过端子 IC+ 和 IC- 提供恒定电流以补偿测量电缆中产生的电压降。

2.2 配电系统设计思路^[8-10]

- a. 控制回路的电源采用长延时的 UPS 供电,保证在外部突然停电时重要的电磁阀及监控仪表都能正常工作且保护计算机硬盘不损坏;
- b. 控制回路的电源按子系统设置小型空气开关及熔断器,将短路故障控制在小范围,既降低了短路故障的直接损失,也减少了短路故障的查找时间,增强了生产的安全性;
- c. 控制主站(AS)2 个冗余 CPU 套件的 AC 220V 供电来自不同的回路,不会同时失电。各 DCS 子系统都有一套冗余的直流稳压电源装置,2 个同型号的 DC 24 V 稳压电源的 AC 220 V 进线来自不同回路,2 个稳压电源并联工作,互为备用。

根据广西节能技术研究设计院提供的相关图纸文件,遵循锅炉运行管理的技术规范要求,并借鉴在锅炉自动化控制系统项目中长期积累的工程经验,

表 1 锅炉和汽轮机联锁保护功能
Tab.1 Interlock protection functions of power plant boiler and steam turbine

序号	子组项	信号条件	动作	序号	子组项	信号条件	动作
1	送风机	前后轴承温度高	联锁停	14	润滑油压低	低一值	开交泵
2	引风机	前后轴承温度高	联锁停	15	润滑油压低	低二值	开直泵
3	送风机	停联锁	对应挡板关	16	润滑油压低	低三值	汽机保护
4	引风机	停联锁	对应挡板关	17	润滑油压低	低四值	停盘车
5	汽包水位	高	开事故放水门	18	给水泵	油压低,轴温高	停泵,关出口门
6	点火排汽电动门	过热蒸汽压力高	开	19	给水泵再循环门	流量≤允许值	开再循环门
7	点火排汽电动门	过热蒸汽压力正常	关	20	疏水泵	疏水箱水位高	开疏水泵
8	锅炉出口电动主汽门	MFT 动作	关	21	疏水泵	疏水箱水位低	停疏水泵
9	凝结水再循环门	凝结水流量<允许值	全开	22	除氧器水位联锁	水位高	开疏水门,开溢水门
10	凝泵 A/B	低水压	联动	23	除氧器水位联锁	水位低	关疏水门,关溢水门
11	射水泵 A/B	出口压力低	联动	24	低加	高一值	开紧急疏水门
12	汽动油泵	主油泵压力低	开泵	25	低加	高二值	关进汽门,关进、出水门,开旁路门
13	汽动油泵	主油泵压力高	停泵	26	低加	ETS 动作	关进汽门

注:表中 1~8 为锅炉部分;9~26 为汽轮机部分。

结合用户现场的实际情况,整个项目由一套高可靠性配置的 DCS 控制系统组成。

3 DCS 控制系统配置示意图

DCS 控制系统配置示意图如图 2 所示^[1,9-11]。

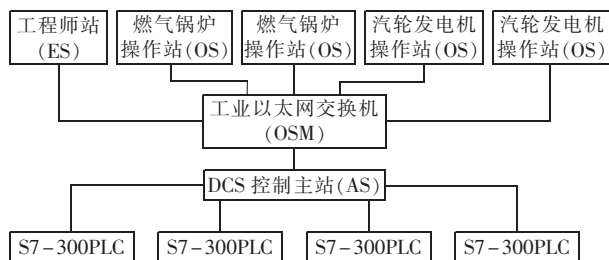


图 2 DCS 控制系统配置示意图

Fig.2 Configuration of DCS

本配置方案是一个高可靠性方案,突出表现在冗余配置方面。

操作站冗余:每个操作站(OS)都挂在 100 M 工业光纤以太网上,任一个 OS 都可与控制主站(AS)通信,因此每个 OS 间都是互为冗余的,任一个 OS 都可替代其他操作站的功能。

供电电源冗余:AS 的 CPU 套件的 AC 220 V 供电来自不同的回路,不会同时失电,各 DCS 子系统都有一组冗余的直流稳压电源装置。

输入信号冗余:冗余输入的热电偶、热电阻、变送器信号接入不同的 AI 模块。

AS 控制站作为生产工艺区的一个现场控制站,对本区内的生产过程数据采集和控制,并完成对于上层网络的数据传输。

完善的冗余配置,保障了 DCS 系统的可靠运行,基本可以消除影响生产的故障,对常规仪表只保留了手操器及几块关键参数的显示表,所有控制、显示、联锁功能全部由 DCS 控制系统完成。

4 结语

DCS 控制系统使企业实现了实时监控和管控一体化,减轻了工人的劳动强度,大幅度提高了生产效

率,保证了生产稳定,进一步提高了企业的经济效益和社会效益。该控制系统在某企业已应用半年多,运行情况良好。

参考文献:

- [1] 王锦标. 计算机控制系统[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] 电力学会. 600 MW 火力发电机培训教材[M]. 北京:中国电力出版社,2001.
- [3] 北京市市政管理委员会供热办公室,北京金房暖通节能技术公司. 燃气供热锅炉技术培训教材[M]. 北京:航空工业出版社,2004.
- [4] 曹长武. 火电厂水汽试验标准方法及应用[M]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [5] 李建军,管春雨. DCS 在 300 MW 直流锅炉机组热工自动化改造中的应用[J]. 东北电力技术,2003(10):36-37.
LI Jian-jun, GUAN Chun-yu. Application of DCS to the retrofitting of thermal processing automation on 300 MW once-through boilers[J]. Northeast of China Electric Power Technology, 2003(10):36-37.
- [6] 徐帮学. 燃气锅炉安装与维护实用全书[M]. 乌鲁木齐:新疆青少年出版社,2001.
- [7] 邵和春. 汽轮机运行[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [8] 欧阳宏. 石门电厂 2 号机组 DCS 系统改造[J]. 湖南电力,2003(2):53-55.
OUYANG Hong. Shimen power plant 2 unit DCS system transformation[J]. Hunan Electric Power, 2003(2):53-55.
- [9] 谢炜. 发电厂 DCS 常见故障分析与预防[J]. 山东电力高等专科学校学报,2003(2):33-35.
XIE Wei. Frequent failures and its prevent of DCS in coal power plant[J]. Journal of Shandong College of Electric Power, 2003(2):33-35.
- [10] 汪晓平. PLC 可编程控制器系统开发实例导航[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [11] 张岳. 集散控制系统及现场总线[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [12] 马誌溪. 电气工程设计[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [13] 刘清方,沈贞珉. 锅炉安全[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2004.

(责任编辑:柏英武)

作者简介:

冯美英(1972-),女,广西柳州人,讲师,硕士研究生,主要从事电气自动化专业教学及研究工作(E-mail:fmy2000@163.com)。

Application of DCS to power plant boiler and steam turbine control

FENG Mei-ying

(Liuzhou Vocational & Technical College, Liuzhou 545005, China)

Abstract: The design of DCS(Distributed Control System) for power plant boiler and steam turbine control is presented. The solutions are given to the possible problems in different subsystems, such as fuel control system, FDF(Forced Draft Fan) control system, IDF(Induced Draft Fan) control system, feed-water control system, deaerator control system, superheat vapor temperature control system, high-pressure heater water outlet temperature control system, condenser level control system, etc.. The system interlock protections are set and the designed DCS is configured in redundancy to guarantee the stable and reliable operation. All functions of control, display and interlock are carried out by DCS, with only a few emergency buttons and meters.

Key words: power plant boiler; steam turbine-generator; distributed control system