

电厂机组 DCS 改造

马瑞红¹,王新超²,李柏良²,王 涛²

(1. 华电淄博热电股份有限公司, 山东 淄博 255075;

2. 山东大学 电气工程学院, 山东 济南 250014)

摘要: 南定电厂机组分布式控制系统 DCS(Distributed Control System)的改造范围包括协调控制、锅炉燃烧器管理、顺序控制、数据采集功能、电气控制系统、汽机的数字式电液调节系统及公用系统,涉及机组几乎所有主、辅机设备的控制和回路控制,I/O 点数为 3 263 点,系统点全部能在 DCS 中进行显示、报警、历史数据分析、控制等功能。改造后以显示器监控取代常规仪表,完善监控覆盖面,适度保留主要参数仪表备用,使运行人员可完全通过显示器和鼠标安全、可靠、高效地监控机组的运行和启停。

关键词: 电厂; 改造; 分布式控制系统

中图分类号: TM 621

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2005)07-0082-04

1 改造的必要性

1.1 目前现状

南定电厂 2×65 MW 机组为母管制抽汽供热机组,于 1996 年投产。由于受当时设计水平及工程造价的限制,机组的控制设备采用常规控制仪表,控制方式为以一对一硬手操为主的机炉集中控制,控制系统主要包括数据采集系统(DAS)、锅炉保护系统、汽机保护系统、自动调节系统、汽轮机液压调节系统及一对一硬手操控制系统。其中 DAS 采用 893 数据采集前端组成,锅炉保护采用东芝 PLC 组成,汽机保护系统采用常规继电器用硬接线组成,自动调节系统采用 KMM 单回路调节器组成,硬手操采用常规按钮开关组成,汽轮机的控制采用液压调节系统实现汽轮机转速、功率、抽汽压力的调节。

1.2 存在问题

a. 采用常规表计,信号转换环节多,计量精度低、故障率高,热控维护工作量大。

b. 表计种类繁多,技术落后,需配置大量备品,资金浪费严重且备品购置困难。

c. 控制系统的控制功能单一,无法实现复杂的控制功能,造成自动控制水平低、自动投入率低,当机组出现异常时不能快速实现顺序控制功能,不利于机组的安全生产。

d. DAS 的输入点不到 200 点,功能有限,机组出现故障时无法进行全面的数据追忆,不利于事故分析。

e. 传统的汽轮机液压调节系统除了其本身固有的缺陷外,如同步器易打滑、系统迟缓率大、调整复杂、不能实现单/多阀切换等,在抽汽特别是双抽

机组中,由于各参数之间耦合关系复杂,液调系统难于实现大范围的解耦调节。

f. 由于控制系统的控制水平低,机组的调节基本靠运行人员手动进行,运行人员劳动强度大,造成调节精度及效率较低。

2 改造方案^[1~7]

取消机炉控制室现有盘台仪表及控制开关,盘上只保留汽包水位表、水位电视、发电机功率、频率、汽机转速表等少量常规仪表,每台机组的操作台设置 4 个 CRT 操作员站和紧急情况下的后备硬手操开关,工程师站设置在原 DAS 工程师站,由于原电子间空间狭小,分布式控制系统 DCS(Distributed Control System)改造后的电子间设置在原吹灰控制室,DCS 机柜均安装在吹灰控制室内,同时在吹灰控制室下安装电缆桥架。DCS 的接地利用电气接地网。

为节省电缆,电动门至电动门配电箱的电缆保留,增加 DCS 机柜至电动门配电箱的电缆;机炉动力的控制电缆保留,在电缆夹层设置过渡端子箱,DCS 的控制信号通过过渡端子箱接入动力控制回路,只增加动力设备状态信号及电流信号电缆;其他信号电缆由于大部分未采用屏蔽电缆且未分层敷设,本次改造需全部更换。

为适应母管制机组的特点,DCS 设置公用 DCS,其控制范围包括主蒸汽母管系统、给水除氧系统、循环水泵房系统、灰浆泵房系统和空压机系统。其中循环水泵房、灰浆泵房、空压机的控制采用远程 I/O 柜,通过通信方式接入公用 DCS 控制系统,原安装的金属壁温就地采集前端保留,通过通信方式接入 DCS。

对于汽轮机控制系统,将原液调系统改为高压抗燃油纯电调 DEH,需将原所有的液压调节系统拆

除。拆除原低压油油动机,每个阀门加装一个高压抗燃油油动机及弹簧操纵座,油动机与阀门采用一对一方式。原液压调节保安系统中转速变送器、放大器、中压调节器、低压调节器取消,保留旋转阻尼及危急遮断器、主油泵、滤油泵、危急遮断及复位装置、危急遮断油门、喷油试验装置。EH 系统增加 4 个串并联结构的 AST 电磁阀(工作在失电停机方式),增加 2 个并联的 OPC 电磁阀,1 个隔膜阀。低压安全油通过隔膜阀与 EH 系统高压安全油相连,低压安全油动作时,隔膜阀失压动作,泄去 EH 系统的 AST 安全油,关闭所有阀门,停机。OPC 电磁阀由 DEH 控制,在 103 % 超速及甩负荷时,OPC 电磁阀动作,快速关闭阀门。AST 电磁阀由 ETS 控制。EH 系统采用独立的供油装置供油,保证供油稳定和清洁。

3 改造内容

改造范围包括协调控制、锅炉燃烧器管理、顺序控制、数据采集功能、电气控制、汽机的 DEH 及公用系统,几乎涉及机组所有主、辅机设备的控制和回路控制,I/O 点数为 3 263 点,系统点全部能在 DCS 中进行显示、报警、历史数据分析、控制等功能。并具有在 DCS 中进行监控、显示、报警、历史数据分析的功能。改造后以 CRT 监控取代常规仪表,完善监控覆盖面,适度保留主要参数仪表备用,使运行人员可完全通过 CRT 和鼠标安全、可靠、高效地监控机组的运行和启停。

DCS 系统由数据采集系统(DAS)、顺序控制系统(SCS)、微控制系统(MCS)、锅炉炉膛安全监控系统(FSSS)、电气控制系统(ECS)及公用系统等组成。

3.1 系统功能说明

3.1.1 DAS

DAS 按扫描周期连续采集有关的模拟量、开关量、脉冲量等信息,将整个电厂所有运行参数、输入输出状态、操作信息、异常情况等信息,以实时的方式提供给操作员,同时以各种方式进行记录和存储。操作员能以手操的方式对运行状态进行控制和处理,保证电厂以最佳的状态安全可靠地运行。

整个数据系统包括信号处理、CRT 显示、记录和打印、历史数据存储和再现、事故追忆 SOE 以及性能计算。

3.1.2 MCS

MCS 是将单元机组汽包锅炉-汽轮发电机视为一个完整的控制对象。从参数检测、连续调节、联锁保护、逻辑控制、显示报警、监控管理到数据通信上均将其作为一个整体进行控制。在能量平衡控制策略的基础上通过前馈/反馈控制、连续/断续控制、非线性控制、方向性控制等控制机理的有机结合协调控制机组功率与机前压力,保持机组各输入/输出的能量与质量的平衡。协调处理电网负荷需求与机组实际出力、锅炉燃料/给水输入与汽轮发电机功

率输出以及锅炉燃烧等各子控制回路间需要/可能的平衡。在保证机组具备快速负荷响应能力的同时,维持机组主要运行参数的稳定。

具体 MCS 控制框图如图 1 所示。

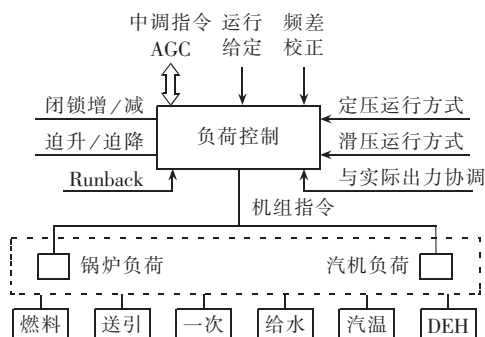


图 1 MCS 框图

Fig.1 The block diagram of MCS

针对 65 MW 机组提出 MCS 改造基本构想。MCS 设计旨在强调机组运行安全性、可靠性为原则,并具有以下特点:

- 运行人员确认,故障切换,故障闭锁等措施;
- 联锁保护、方向闭锁、超驰控制等安全设计;
- 对于多输出系统设计有多路平衡原则,保证手/自动切换无扰;
- 设计有机组设备故障时的 Runback 和防止误操作设计;
- 系统掉电后安全设计;
- 控制范围符合实际,达到电厂设备许可的情况。

采用分散控制系统实现的整个单元机组的闭环控制系统将取代原来组装仪表构成的独立的闭环控制系统。新的闭环控制系统将与全厂的其他主要控制系统通过冗余的实时数据高速公路连为一体,并通过 CRT 完成所有调节回路的监控操作。先进的控制算法进一步完善汽包锅炉控制策略,提高系统控制品质。

3.1.3 SCS

机组的 SCS 是一个具备完善人机接口和联锁保护功能的分级、模块化控制系统,用于完成整台机组中的各主要设备的监视操作、顺序启停和联锁保护等功能。

采用分散控制系统实现的整个单元机组的顺序控制将取代原来采用分立元件构成的各个独立的小程控系统。并将取消原来主盘和辅盘上的各个操作按钮和把手。新的 SCS 将与全厂的其他主要控制系统通过冗余的实时数据高速公路连为一体,并通过 CRT/键盘完成所有受控设备的监控操作。一个完整的 SCS 将完善机组的保护逻辑、提高机组启停和运行的自动化水平,有利于实现机组的全能值班。

3.1.4 FSSS

采用分散控制系统实现锅炉炉膛安全监控主要功能是在锅炉启动、停止和正常运行等各种运行方

式下,连续监视燃烧系统的各种参数与状态,根据顺序逻辑程序和安全联锁条件控制各种联锁装置和燃烧系统中的相关设备,完成必要的设备操作或事故处理,防止爆炸性的燃料和空气混合物在锅炉的任何部分积聚,避免锅炉爆炸等未遂事故的发生,保障锅炉的运行安全。FSSS的设计符合NFPA85C, NFPA85F等安全防爆规范和锅炉制造厂的要求。

3.1.5 ECS

ECS包括发变组控制、厂用电、励磁系统和同期装置的接口等。它主要实现以下功能:

- a. 具备厂用系统电气设备控制操作功能;
- b. 可以进行工作到备用或备用到工作电源之间的正常切换操作;
- c. 具备中央信号及事故报警功能;
- d. 可实现所控电气设备开关、闸刀的状态监视;
- e. 记录事故开始时间及各开关、闸刀等开关量操作的先后顺序;
- f. 对所控电气设备的操作实现五防功能;
- g. 能反映电流、电压、有功、无功、温度等参数;
- h. 具备与单列微机保护、微机励磁调节器、同期装置的通信能力;
- i. 与单列微机励磁调节器配合实现调节功能。

3.2 DEH

1号、2号双抽机组的汽机容量为65 MW(最大75 MW),主汽压力8.8 MPa,汽机工业抽汽压力为0.98 MPa,采暖抽汽压力为0.1 MPa。汽轮机组采用全液压式调速系统。这种调节系统除了本身固有的缺陷外,如同步器易打滑、系统迟缓率大、调整复杂、不能实现单/多阀切换等,在抽汽特别是双抽机组中,由于各参数之间耦合关系复杂,液压系统难于实现大范围的解耦调节。而进行改造之后,DEH的一个主要目标就是要实现功率与抽汽的解耦调节。

汽轮机共有10个阀门:1个高压主汽门、4个高压调门、4个中压调门及1个低压抽汽门。将原液压调节系统改为高压抗燃油纯电调DEH,需将原所有的液压调节系统拆除。拆除原先的低压油油动机,每个阀门加装一个高压抗燃油油动机及弹簧操纵座,油动机与阀门采用一对方式。原液压调节保安系统中转速变送器、放大器、中压调节器、低压调节器取消,保留旋转阻尼及危急遮断器、主油泵、滤油泵、危急遮断及复位装置、危急遮断油门、喷油试验装置。EH系统增加4个串并联结构的AST电磁阀(工作在失电停机方式),增加2个并联的OPC电磁阀,1个隔膜阀。低压安全油通过隔膜阀与EH系统高压安全油相连,低压安全油动作时,隔膜阀失压动作,泄去EH系统的AST安全油,关闭所有阀门,停机。OPC电磁阀由DEH控制,在103%超速及甩负荷时,OPC电磁阀动作,快速关闭阀门。AST电磁阀由ETS控制。EH系统采用独立的供油装置供油,保证供油稳定和清洁。机组的主汽门油动机为开关型,采用调门冲转方式。1号、2号机DEH配置

2个机柜(1个控制柜、1个端子柜)。控制柜中放一对冗余的DPU,1个阀门控制(VCC)站,3个基本控制I/O站,1个超速保护(OPC)站。VCC站共配9块VCC卡,对应9个阀门伺服机构。另配1个操作员站,1个工程师站。配1个硬件后备手操盘,作为DEH故障情况下应急操作。DEH与电气远操和微机负荷控制、电气自同期装置,通过硬接线接口,以实现DEH的远方控制。DEH与ETS通过硬接线接口。在OPC动作或110%超速动作时,通过ETS联跳所有抽汽逆止门。在机组甩负荷时,抽汽机组抽汽逆止门对机组的超速影响较大。因而,除保证可靠联跳抽汽逆止门外,抽汽逆止门关闭速度及其关闭严密性是非常重要的。

在双抽机组中,在满足一定的逻辑(条件)后,抽汽可以投入。如65 MW机组一般在负荷大于30 MW以后才能投抽汽。在汽轮机正常抽汽工况范围内,功率、抽汽压力回路均可投入。在边界情况下,功率回路自动切除,机组按以热定电方式运行。在抽汽工况范围内,这3个回路也可独立选择投入(闭环)或切除(开环)运行。并且,为运行人员操作方便,对抽汽操作,在CRT上增加了软手操,直接操作抽汽调门的增/减。另外,双抽机组DEH中,设计有硬件手操盘,可在冗余DPU均故障时,手动操作VCC卡件,通过硬件增减各阀门。可以看出,双抽机组在并网后,因各抽汽回路独立投、切,抽汽也可独立选择供汽(投抽汽)或不供汽,并可选择各种手操方式,其运行组合方式就很复杂。为保证各种运行方式转换时,功率、抽汽不产生扰动,DEH的跟踪回路非常重要,在回路投切或手、自动切换时,保证各阀门阀位不变。在抽汽投入或切除时,抽汽调节门缓慢运动到工作位置或全开位置。汽机复位(挂闸)。

采用高压抗燃油数字电液控制系统,将原先汽机的调节系统改造后,对整台机组经济、安全运行的意义十分重大。主要有如下优点:

- a. 取消机械的配汽机构后,减小了原配汽机构中的机械回差、机械磨擦等,调节精度大大提高;
- b. 由计算机实现优化的喷嘴配汽运行,减少原配汽中的节流损失,降低热耗,提高了机组的经济性;
- c. 机组启动用单阀控制,可提高转子使用寿命,通过阀门切换仍可实现喷嘴调节,进汽方式的转换可由运行人员方便地选择;
- d. 对阀门的升程流量可进行非线性修正,所以系统在全工况范围内,可认为是一个线性系统,计算机采用变参数调节,保证在全工况范围内稳定;
- e. 可以保证实现协调控制(CCS),接受AGC控制指令,增加机组快速响应调峰能力;
- f. 对抽汽机组,在运行工况范围内,可实现功率/抽汽的解耦控制,满足生产热电负荷控制要求;
- g. DEH是一个无差控制系统,功率信号参与调节(而原液压调节系统是一个纯转速有差调节系

统),提高了机组的负荷适应性;

h. 增加超速保护(OPC)功能,系统增加了与基本控制分开的、独立的 3 路测速通道作独立的三选二 103 % 及 110 % 超速保护,同时,DEH 还可输出 110 % 超速信号,通过保护系统停机;

i. 方便地实现每个调节门的阀门活动试验或全行程试验,提高机组安全性;

j. 液压控制部分采用高压抗燃油,去掉原液压调部分,使机械部分结构紧凑、简单、易于日常维护。

4 预计达到的目标

a. 可降低设备维护费用及备品储备量,例如采用常规仪表的 1 个压力参数,需由变送器(6 000 元/台)、配电器(1 500 元/台)、数显表(1 000 元/台)三部分组成,而采用 DCS,只有变送器(6 000 元/台)、输入卡件(每点 1 500 元)两部分组成。

b. 可减少信号的转换环节,提高控制系统的可靠性,同时可记录所有数据,利于事故分析及判断。

c. 通过 DCS(含 DEH)技术改造,可整体提高机组的控制水平及控制精度,减轻运行人员劳动强度和减少运行人员数量,提高劳动效率及机组的经济性。

参考文献:

[1] 何衍庆,陈积玉,俞金寿. XDPS 分散控制系统[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
[2] 黄布余. 分散控制系统在过程控制中的应用[M]. 北京:中国石化出版社,1994.
[3] 白 焰. 分散控制系统中的功能分配原则[J]. 东北电力技术,1995,(1):32-35.
BAI Yan. Function distribution principle of distributed

control system[J]. **Northeast Electric Power Technology**, 1995,(1):32-35.
[4] 李红园. DCS 控制组态在调试中部分改进介绍[J]. 微计算机信息,1998,4(1):42-45.
LI Hong-yuan. Brief introduction of improvements about DCS control configuration in debugging[J]. **Control & Automation**, 1998,4(1):42-45.
[5] 范 辉,路学谦. 电气监控系统纳入 DCS 的几点体会[J]. 电力自动化设备,2001,21(3):52-54.
FAN Hui,LU Xue-qian. Experience in integrating the monitoring and control of electrical part into DCS[J]. **Electric Power Automation Equipment**,2001,21(3):52-54.
[6] 刘火军. 分散控制系统在电厂热控系统改造中的应用[J]. 山东电力技术,2001,(5):52-55.
LIU Huo-jun. Application of DCS in power plant renovation[J]. **Shandong Electric Power Technology**,2001,(5):52-55.
[7] 王爽心,李亚光. 火电机组控制中提高 DCS 应用水平的途径[J]. 中国电力,2000,33(2):51-53.
WANG Shuang-xin,LI Ya-guang. To improve application level of DCS in control system of thermal power generating units[J]. **Electric Power**,2000,33(2):51-53.

(责任编辑:戴绪云)

作者简介:

马瑞红(1970-),女,山东临朐人,工程师,从事电力系统继电保护方面的工作;
王新超(1962-),男,山东临朐人,副教授,从事继电保护、DCS 应用等方面教学和研究工作;
李柏良(1978-),男,山东烟台人,硕士研究生,主要从事继电保护、DCS 应用等方面的研究工作;
王 涛(1980-),男,山东聊城人,硕士研究生,主要从事继电保护、DCS 应用等方面的研究工作。

DCS retrofitting of power station

MA Rui-hong¹,WANG Xin-chao²,LI Bo-liang²,WANG Tao²

(1. Zibo Huadian Thermoelectrical Power Co., Ltd., Zibo 255075, China;
2. College of Engineering, Shandong University, Ji'nan 250014, China)

Abstract: The DCS(Distributed Control System) retrofitting of Nanding power station unit relates to almost all master and auxiliary device controls and loop controls,including coordination control system,furnace safety supervisory system,sequential control system,data acquisition system,electrical control system,digital electro-hydraulic control system and public system. Its I/O point number is 3 263,and the system points are all involved in DCS for display,alarm,historical data analysis,control and so on. After retrofitting,monitors replace the conventional instruments,with some key parameter instruments standing-by,while the monitoring range is expanded. Operators can supervise the unit operation,including start-up and shut-down,via displays and mice safely,reliably and efficiently.

Key words: power station; retrofitting; distributed control system

作者申明:在贵刊 2005 年第 4 期上发表的《多台并联变频调速水泵的控制方式》一文,由于作者本人疏忽,作者单位有误,现更正为“上海交通大学 电气工程系,上海 200050”。特向编辑部和读者致歉!