

## Symphony 分散控制系统的电气监控系统 (ECS) 特点

刘力军<sup>1</sup>, 魏韞顿<sup>2</sup>, 高菁<sup>3</sup>, 霍刚<sup>4</sup>

(1. 河北经贸大学信息技术学院, 河北 石家庄 050061; 2. 河北省送变电公司, 河北 石家庄 050021; 3. 河北省青银高速公路管理处, 河北 石家庄 051530; 4. 河北省电力研究院, 河北 石家庄 050021)

**摘要:** 介绍了目前国内火力发电厂的电气监控系统特点, 并且指出了电气监控系统纳入 DCS 时的注意要点; 根据 Symphony 分散控制系统 (DCS) 在西柏坡电厂的实际应用, 分析了电气监控系统 (ECS) 纳入 DCS 监控的范围; 以 Symphony 分散控制系统为基础, 从硬件和软件两方面分析电气监控系统的实现过程, 以及在电厂的实际应用。从应用的角度, 分析了火电厂 ECS 控制系统的特性, 着重讨论了 ECS 信号采集的三种不同方法, 并且根据每种方法的安全性指出了使用范围; 浅谈了信号在 DCS 内部快速传递的注意事项。

**关键词:** 电气; 监控; 实现; 应用

## Characteristic of electricity supervisory control system by the symphony DCS

LIU Li-jun<sup>1</sup>, WEI Yun-jie<sup>2</sup>, GAO Jing<sup>3</sup>, HUO Gang<sup>4</sup>

(1. School of Information Technology, Hebei University of Economics &amp; Business, Shijiazhuang 050061, China; 2. Hebei Electric Transmission and Transformsformaton Corporation, Shijiazhuang 050021, China; 3. Administrative Office of Qingyin Highway, Shijiazhuang 051530, China; 4. Hebei Electric Power Research Institute, Shijiazhuang 050021, China)

**Abstract:** The paper introduces the characteristic of electrical supervisory control system (ECS) in domestic thermal power plant and points out some factors when ECS is connected in DCS. Based on the application of symphonys DCS in Xibaipo power plant, it analyses the connection range of ESC connecting, and at the sametime illust rates the realization of ESC form the aspects of hardware and software respectively. The control features of ESC are discussed and three ways of ESC signal collecting are detailed. Some warnings of single transmission in DCS are pointed out.

**Key words:** electric; control; realization; application

中图分类号: TM764

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)13-0074-03

## 0 引言

300 MW 及以上容量机组的热工控制已全面采用 DCS 控制系统, 逐步形成了数据采集 (DAS)、模拟量控制 (MCS)、顺序控制 (SCS)、燃烧器管理 (BMS) 四大系统。从实际运行情况来看, DCS 较好地实现了其控制功能, 并发挥了安全经济、使用可靠的优点, 取得了良好的效果, 而电气控制仍然采用较常规的控制手段, 使用盘台上一对一硬手操方式。随着计算机的快速发展和控制技术的不断提高, 使得机炉控制与电气控制日益显得不协调, 控制水平也逐渐拉大。为了解决这一矛盾, 有效的办法就是将电气纳入 DCS 控制之中, 这样既利用 DCS 已成熟的分散控制技术, 又能提高电气控制水平。电气控制纳入 DCS 以后, 可充分利用 DCS 的手段, 使电气防误操作等功能实现更方便、更完备, 并且将相关量的显示报警与电气设备的控制调节有机地结合

起来, 有效提高整个电气控制的安全性和可靠性。

西柏坡电厂 #5、#6 机组是 2×600 MW 超临界机组, DCS 系统采用了美国 ABB 贝利公司研制的最新产品 Symphony 分散控制系统, 它已经将 ECS 控制系统纳入到 DCS 的管理范围, 从 Symphony 系统在西柏坡 ECS 的应用, 显示出其控制特点的控制逻辑的严密性, 控制策略的成熟性。

## 1 电气系统监控的特点

电气系统与热工自动化系统相比在运行过程和控制要求上有着很多不同之处, 我们有必要首先对本文的研究对象有深入的了解。发电厂电气系统的主要特征可归结为以下几点:

a) 电气设备相对于热工设备而言控制对象较少, 操作的频率低, 有的系统或设备在正常运行状态下, 时常几个月或更长时间才操作一次。但电气设备的操作准确性要求很高, 特别是发电机-变压

器组(以下简称发变组)及厂用电源,一旦出现问题后果将非常严重。因此,对于发变组及厂用电源断路器,特别是发电机并网、厂用电源的切换等,必须充分考虑操作的安全可靠性。

b) 电气设备的保护装置或自动装置,其可靠性要求非常高,动作速度快。例如,发变组保护动作速度要求在 40 ms 以内;自动准同期(ASS)采用同步电压方式,转速、电压调整和滑压控制要求在 5 ms 以内;电压自动调整装置(AVR)快速励磁要求时间极短;厂用电快切装置快速切换时间一般小于 60~80 ms,同步鉴定相位差为  $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 。这些都对电气监控系统的性能提出了较为苛刻的要求。

c) 300 MW 及以上机组一般每台机组共用 1 台启动-备用变压器,任一台机组检修都不能影响另一台机组的正常运行,因此在 ECS 联入 DCS 时,DCS 控制应考虑其控制方式,以确保只能有 1 台机组的 DCS 实现对共用部分的控制,同时另一台机组的 DCS 能够实现实时监视,并且这两种不同的监控权限能够在两台机组间实现切换。

d) 电气设备电气系统的联锁逻辑较为简单,但电气设备本身的操作机构却十分复杂。

总结以上特点,可以得出这样一个具有普遍意义的结论:将发电厂电气监控系统(ECS)纳入到 DCS 中,需要重点保障 ECS 的采集信号的可靠性(信号通讯、采集的可靠性),控制信号的快速性,才能保证电气系统在最安全合理的工况下工作。

## 2 电气监控系统纳入 DCS 监控的范围

根据单元机组的运行和电气控制的特点, Symphony 在西柏坡电厂 ECS 系统监控范围十分广泛,将发电机-变压器组和厂用电源等电气系统的控制都纳入其监控范围。

从升压站(不包括升压站)至电厂侧的所有主厂房内电气系统均纳入 ECS 监控,主要系统归纳为:

- 发变组系统;
- 发电机励磁系统;
- 高压厂用电源系统(包括厂用电源正常切换);
- 低压厂用电源系统和 400VPC;
- 高压启/备变电源系统(2 台机共用);
- 柴油发电机组和保安电源(仅监视);
- 直流系统和 UPS 系统(仅监视);
- 自动同期系统;
- 厂用电快切系统。

电气主要保护安全自动装置因要求 DCS 实现其功能目前尚有一定的难度,并且要增加相当大的费

用。原则上不要求通过 DCS 实现其功能,仍保留其装置,但它们与 DCS 之间要有接口,常规方式采用硬接口。保留的保护自动专用装置主要有如下几种:

- 发变组保护装置;
- 自动准同期装置(ASS);
- 自动电压调整装置(AVR);
- 厂用电快切装置;
- 故障录波装置。

## 3 ECS 系统采集信号的可靠性

西柏坡电厂的 ECS 系统是基于 ABB 公司 Symphony 分散控制系统建立起来的,应用其可靠的硬件性能和强大的软件功能实现了对电厂电气部分的监控,需要重点保障 ECS 采集信号的可靠性(信号通讯、采集的可靠性),控制信号的快速性。为了节省基建费用和提高系统的安全性,通过将信号重要性分成三个等级:普通信号,重要信号,特别重要信号, ECS 系统采用了三种通讯方式:软件通讯方式、硬接线方式、硬接线+软件通信方式。

### 3.1 硬接线方式

硬接线方式电气信息通过硬接线接入 DCS(见图 1)。接入信息主要包括开关量输入(DI)、开关量输出(DO)和模拟量输入(AI),接入方式为空接点和 4~20 mA 直流信号,这是最为普通常见的方式。

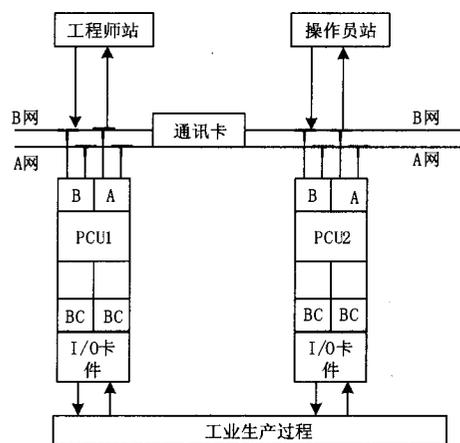


图 1 硬接线方式结构  
Fig.1 Frame of hard link

硬接线方式的优点是:电气量的 I/O 模块柜集中布置,便于管理,设备运行环境好;信号传输中转环节少,对现场信号的反应快速、可靠,连接电缆一次敷设正确后,发生故障的概率较低,维护工作量小。虽然硬接线方式一次性投资较高,但是硬接线方式是最可靠、快速的方式。因此,在通信方式逐步应用的情况下,目前对可靠性、实时性和确

定性要求很高的电气连锁与控制, 仍然保留了硬接线方式。因此, 在西柏坡电厂的 ECS 系统中重要的监测信号, 例如: 断路器的状态、重要报警点、温度测点等全部采用了硬接线方式。有些重要 DI 测点为了提高信号的实时性, 不采用普通 DI 卡件, 而采用 SOE 卡件, 加快了信号采集速度。

### 3.2 软件通讯方式

与硬接线方式相对应的通讯方式是软件通讯方式, 它有下列几个方面的明显优势: 安装方便、低成本, 具有良好的连接性, 易于移植到高速网络。但是, 当多个站点监听到空闲时而同时发送数据, 将不可避免产生通讯冲突, 而且通讯负荷越高, 冲突越多, 因此它具有传输不确定性和重载下低性能的缺点, 信号实时性差, 根据现场检验, 信号要滞后 1 s 以上, 因此出于节省费用和安全运行考虑, 部分信号采集采用了软件通讯方式, 软件通讯方式采用 MODBUS 通讯协议与就地 PLC 通讯, 主要监测电流、电压等信号 (如图 2)。

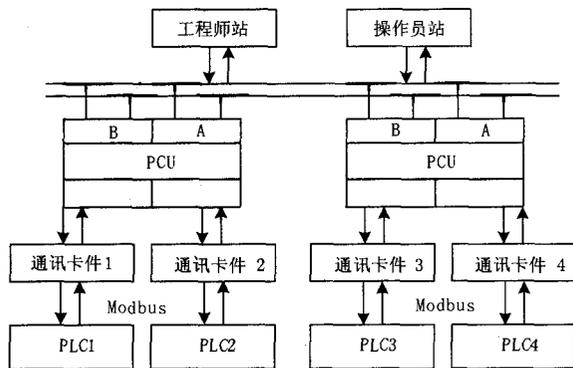


图 2 软件通讯方式结构

Fig.2 Frame of communication software

重要信号 A 由 PCU1 传送到 PCU2, 在正常情况下, 只要采用软件通讯即可完成信号传输, 但是为了防止系统通讯故障, 另外增加两路硬接线信号, 从 PCU1 不同的 DO 卡件传递到 PCU2 不同的 DI 卡件, 然后在 PCU2 中信号三取二综合判断, 这样即保证了信号的安全快速传输, 又节约了成本 (少采用一对硬接线信号)。

## 4 ECS 系统控制信号的快速性

### 4.1 控制逻辑简化

由于 ECS 系统存在控制逻辑简单, 控制设备比较少, 所以 ECS 系统组态的工作量相对较小 (相对于汽机、锅炉), 因此 ABB 公司 Symphony 分散控制系统在系统组态时没有采用针对于开关量设备的固定成熟逻辑组态格式 (固定格式考虑问题较多, 逻辑模块比较多, 系统复杂), 而采用了 MSDDRV 块, 直接根据设计逻辑进行系统组态, 相对于固定组态格式, 控制逻辑简化, 模块减少, 减少了 ECS 的系统扫描时间, 加快了 ECS 的响应速度, 因此提高了控制信号的速度。

### 4.2 减少复杂控制模块的应用

在 ECS 的控制逻辑中, 每种控制模块的执行周期可能会不一样, 简单控制模块 (AND 模块、OR 模块、NOT 模块等) 一个扫描周期肯定可以执行完毕, 而复杂控制模块 (顺序控制模块、设备监视器模块等) 则需要 2 个、3 个扫描周期才可以执行完。因为控制模块的执行周期不同, 同时由于 ECS 的组态逻辑比较简单, 所以才可能舍弃简单、易用 (执行周期长) 复杂模块, 而采用简单控制模块。根据实际试验, 同样一个简单 5 步顺控逻辑, 用简单控制模块搭建的逻辑比复杂控制模块搭建的逻辑系统执行时间可以减少三分之一。

### 4.3 采用高速可编程控制器

由于 ECS 纳入到 DCS 之中, 因此 ECS 必须采用与 DCS 相同的控制系统, 这样才便于系统软件通讯, 减少网络冲突。但是由于 DCS 的反应时间相对比较慢, 如果要将一些需要高速控制的系统完全纳入 ECS, 则系统不可能有良好的控制品质, 因此采用高速可编程控制器 (PLC) 作为子系统的控制器。例如: 西柏坡电厂 ECS 系统的自动同期系统采用了以下控制方式, ECS 系统作为上级控制系统, 在启动自动同期信号满足的情况下, 发出自动同期指令送到下级控制系统自动同期装置, 自动同期装置采用高速 PLC 作为处理器, 完成自动并网、准确计算开关两侧的电压、频率和相角差等功能。

### 3.3 硬接线+软件通信方式

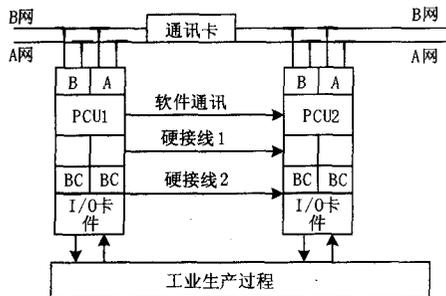


图 3 硬接线+软件通讯

Fig.3 Hard link & communication software

ECS 中采用硬接线+软件通信方式的测点一般是系统中极其重要的网间传输点, 一般采取三取二方式, 保证信号传输的安全性。举例如图 3 所示,

## 4 建议和结束语

对比修改硬件电路和修改保护程序, 修改程序容易的多, 因此建议把保护软件升级。

①把目前正在使用的定制版 RCS-9612A II\_02206 版本号: 3.09 升级为 RCS-9612A II\_02206 版本号: 3.3.31 版。彻底消除了纽扣电池失效对重合闸软压板的影响, 利于电网的安全运行。

②通过与厂家核实, 我们城郊供电分局目前使用的所有 RCS-9612A 标准版均可升级为定制版: RCS-9612A II\_02206 版本号: 3.3.31 版。升级后, 使其增加了远方投退重合闸软压板的功能, 减小了运行人员工作量, 提高了工作效率。

③在对使用 RCS-9612A II 型保护的间隔进行保护检验或保护装置电源断电时间较长时, 必须测

量主 CPU 板中的纽扣电池电压 (不必拔掉插板, 可直接测量; 标准电压 3.6V, 低于 2.6V 为不合格)。若发生电池失效, 软件升级后的保护装置仅会使“报文”清除, 而不影响设备的正常运行, 更换电池后可正常工作。

同时建议厂家在今后的保护装置中, 对硬件电路进行改进。

收稿日期: 2006-09-28

作者简介:

徐伟 (1978-), 男, 大专, 助工, 从事变电运行工作; E-mail: Xuwei02@jxep.com.cn

李自刚 (1979-), 男, 本科, 助工, 从事变电检修工作。

(上接第 67 页 continued from page 67)

### 参考文献

- [1] 王济, 胡晓. Matlab 在振动信号处理中的应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 知识产权出版社, 2006.  
WANG ji, HU Xiao. Matlab Application in Vibratory Signal Processing[M]. Beijing: China Water Power Press, China Intellectual Property Press, 2006.
- [2] 飞思科技产品研发中心. MATLAB 7 辅助信号处理技术与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.  
Feisi R&D Center. MATLAB7 Assistant Signal Processing Technology and Application[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [3] 陈华丽. 配电网谐波测量(硕士学位论文)[D]. 武汉: 武汉大学硕士论文, 2003.  
CHEN Hua-li. Measure of Power Network Harmonic, Thesis[D]. Wuhan: Wuhan University, 2003.
- [4] 飞思科技产品研发中心. 小波分析理论与 MATLAB 7

实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

Feisi R&D Center. Wavelet Analysis Based on MATLAB[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.

- [5] 赵红怡, 张常年. 数字信号处理及其 Matlab 实现[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.  
ZHAO Hong-yi, ZHANG Chang-nian. Digital Signal Processing Based on Matlab[M]. Beijing: Publishing House of Chemical Industry, 2002.

收稿日期: 2006-12-20; 修回日期: 2007-02-09

作者简介:

陈明军 (1962-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为电能质量分析, 电力系统继电保护和控制;

毛樟梅 (1979-), 女, 硕士研究生, 研究方向为小波理论在电力系统谐波分析中的应用. E-mail: cross\_m@163.com

(上接第 76 页 continued from page 76)

## 5 结语

随着我国电力事业的飞速发展, 今后电源建设特别是容量 600 MW 及以上大型火电机组的建设必将得到发展, ABB 公司的 Symphony 分散控制系统西柏坡电厂 ECS 系统的成熟应用, 可以为今后建设机组起到借鉴作用。

### 参考文献

- [1] 高伟. 计算机控制系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.  
GAO Wei. Computer Control System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [2] 陈良根, 张进, 田兰. ECS 在巴蜀江油电厂的应用[J]. 四川电力, 2003.

CHEN Liang-gen. Computer Control System's Application in Jinagyou Power Plant[J]. Sichuan Electric Power Technology, 2003.

- [3] 杨彦, 陈勤昌. 125 MW 机组改造中 DCS 的 ECS 应用[J]. 华东电力, 2002.  
YANG Yan, CHEN Qin-chang. Problems of Application of ECS in DCS for 125 MW Unit Retrofit and Its Countermeasure[J]. East China Electric Power, 2002.

收稿日期: 2006-12-19 修回日期: 2007-03-07

作者简介:

刘力军 (1968-) 女, 硕士, 讲师, 研究方向为电子技术应用; E-mail: llj1995@163.com

魏颀颀 (1975-) 女, 硕士, 工程师, 研究方向为自动控制;

高菁 (1981-) 女, 本科, 助理工程师, 研究方向为自动控制。