# 汽轮机主保护系统(ETS)接入 DCS 系统一体化分析

#### 张文超

(山西昱光发电有限责任公司 山西 朔州 036900)

摘要: 汽轮机主保护系统 (ETS) 是汽轮机保护最重要的一环。它是汽轮机电跳闸的出口,其运行安全与否直接影响到汽轮机的安全运行。ETS 监测汽轮机的一些重要参数,当这些参数越限时,输出跳闸信号到跳闸电磁阀,卸掉保安系统的保安油,使汽轮机的主汽阀和调节阀迅速关闭,完成汽轮机跳闸动作,使汽轮机紧急停机,处于安全状态,以避免产生严重的后果。本文以呈光电厂一期机组为例,分析了汽轮机主保护系统接入数据采集、控制系统 (DCS) 的实施过程。

关键词:保护;安全;跳闸

## 1 原设备系统情况

原 ETS 系统为上海电气电站设备有限公司上海汽轮机在显光电厂一期机组建设时提供, ETS 控制柜中安装有1个直流电源箱、1个电超速控制箱、2套 PLC 组件、1个交流电源箱和1个用户接口(输入输出端子排)和1个人机接口面板。

直流电源箱内包括 2 个直流电源。2 个直流电源的 输出通过隔离二极管连接在一起,形成 1 个供给可编程 控制器输入通道、转速监视器和操作面板的 24V 直流电 源母线。每个直流电源分别由 1 个 220V 交流电源供电。

电超速控制箱由3个数字式转速监视器和1块仿真卡组成。3个转速信号分别来自3个安装在盘车装置齿轮旁的磁阻发生器。磁阻发生器输出的是交流脉冲信号,其频率正比于汽轮机转速。3个转速监视器分别将3个输入信号进行数字化处理,并且当转速超过超速遮断设定点时,断开继电器的触点。

图 1 直流电源装置

可编程控制器组件为施耐德公司的可编程序控制器——昆腾 (Quantum) 系列 PLC。由两套冗余的 PLC 组件组成: 主 PLC 和辅 PLC。主 PLC 提供所有的遮断、报警和试验功能。辅 PLC 是 1 个包含遮断、报警和试验功能的冗余 PLC 单元。

交流电源箱主要由变压器 T1、T2 以及电源继电器组成。变压器 T1、T2 分别将通道 1 和通道 2 的 220V交流电压转换成 110V 交流电压,用以对遮断电磁阀、试验电磁阀的通道 1 和通道 2 分别供电(图 1)。

电气控制柜的用户接口(输入输出端子排)由安装 在控制柜背后的四排端子排组成,端子排用U0、U1、 U2、U3和U4来识别。

人机接口面板是一个触摸式显示屏幕,通过标准的串行口和 PLC 相联系。运行人员通过人机接口面板向ETS 发出指令,完成汽轮机各种遮断功能的试验,同时亦向运行人员显示 ETS 反馈的信息。人机接口面板安装在 DCS 电子间 ETS 控制柜门板上(图 2)。



图 2 人机接口面板

- 104 -

#### 2 一体化 ETS 系统介绍

昱光电厂二期 ETS 系统采用与主机 DCS 系统相同的 ABB 控制系统,主要由 MPS 模件电源系统、通讯系统、控制系统和连接系统组成。

MPS 模件电源系统提供 5VDC、15VDC、-15VDC、24VDC、48VDC 及 125 VDC 等不同等级的电源。电源系统可同时为 Harmony 设备(如 Harmony I/O blocks、Harmony rack I/O、rack 控制器、rack 通讯模件)和现场设备提供操作电压。

控制器与外界通讯为一个冗余串行总线,控制器采用通讯模件(NPM),可与外界交换点数据和模件状态信息,控制器之间及控制器与通讯模件(NPM)之间的通讯为对等通讯(Peer-to-Peer)。控制器和 I/O 模件通讯使用扩展总线,扩展总线是控制器与其 Rack I/O 模件间的一条并行通道。

控制系统主要由控制器和 Rack I/O 模件组成。控制器采用的是 BRC410 模件,与一期控制器 BRC400 模件可以通用。Rack I/O 模件主要为开关量输入 DSI14 模件和开关量输出模件 DSO14,与一期 DCS 模件相同。

连接系统为端子单元,为一扁平电路板,提供了工厂设备与 I/O 模件间的输入/输出连接,I/O 模件与端子板之间采用预制电缆连接。

# 3 接入 DCS 系统的优点和必要性

#### 3.1 升级改造后提高可靠性

现有 ETS 系统采用的 PLC 控制设备繁杂,需经过多种设备转接,每一处转接的地方都存在安全隐患,并且显光电厂 1 号机曾经因为 ETS 系统故障导致非停,报警记录为安全油压低,经检查调阅各系统参数均正常,最终分析判断是控制柜内闪发失电,由于没有监视手段,无法最终确定原因,为防止再次误动将逻辑由反向改为正向,增加电源监视,可以避免电源闪发跳闸。但根据《防止电力生产事故的二十五项重点要求及编制释义》9.4.8项要求"汽轮机紧急跳闸系统跳机继电器应设计为失电动作",改成正逻辑的做法违法了二十五项反措的要求。

新一体化 ETS 系统,采用集成线路和电路板来实现,工艺精度比旧系统要高很多,提高了系统的可靠性,采用反逻辑来实现保护,与二十五项反措的要求相符合。

## 3.2 升级改造使昱光电厂 ETS 系统更加智能和先进

昱光一期 DCS 控制系统为 ABB, ETS 系统是施耐德 PLC, 两者系统不能兼容。而且现有 ETS 系统没有上位机,仅在电子间控制柜门上镶嵌有老式人机接口面板,面板功能简单,保护动作后,首出只能在 PLC 柜人机接口处查看,重新挂闸后首出消失。由于该人机面板在电子间,运行人员不能实时对其进行监视,出现问题

从物理空间上也需要经过两道门和一段路才能到达,对 问题不能第一时间处理。

新一体化 ETS 系统,由于都采用 ABB 控制系统,信号状态及模件状态都可进入 ETS 监视画面,且其和 DCS 画面都在运行操作员站进行显示和报警。相关信号都进入历史服务器,能对历史数据进行保存和调取。

#### 3.3 升级改造的必要性

现有 PLC 控制 ETS 系统作为早期产品,电子元器件出现老化、寿命到限的情况,PLC 控制系统已使用 8年,该 PLC 大部分设备已经停产淘汰,无法储备备件,新设备无法兼容老设备运行。

新一体化 ETS 系统都采用 ABB 控制系统 RACK 系列,二期系统仅仅是一期系统的升级版,系统向下兼容,大部分二期模件和控制器都能直接作为一期的备件,少部分由于系列相同,经过固件和软件升级亦可使用。

## 3.4 一体化 ETS 改造技术应用

显光电厂二期的 ETS 一体化成功应用给一期改造提供了宝贵的经验。一期 DCS 控制系统可完全与 ABB 的 ETS 系统兼容,将 ETS 与 DCS 其他 NPM 连接在同一节点上,实现数据实时传输和共享,可共用同一上位机,从而实现监视同步、数据调取同步。

随着科技的不断进步,DCS 控制系统的日益完善,控制器及卡件的运算时间快速提升,已经能够达到危急 遮断系统(ETS)所必须的要求。目前新建电厂大部分 实现了 DCS 与 ETS 一体化,其中除显光电厂 3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup> 机组外还有河南平顶山姚孟 5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup> 机组,河北华电鹿华 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 机组,内蒙古杭锦旗 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 机组,河南华电渠 东 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 机组,黑龙江大唐鸡西 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 机组,山西太二 12<sup>#</sup>、1<sup>3#</sup> 机组,内蒙古鄂温克 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 机组。

运行人员可实时监测 ETS 系统控制器和卡件状态,设置电源状态报警,可随时调阅历史记录,为日常查阅和事故调查提供了有利手段,新系统更加自动化、智能化、安全化。

### 4 作业条件

- (1) 机组停运;
- (2) 办理检修工作票;
- (3) 作业组成员了解 DCS 系统的运行状态及可靠 性运行小时数,
- (4) 清点所有工具、测量仪器仪表和专用工具齐全, 检查合适,试验可靠,
  - (5) 准备好检修用的材料和备件;
- (6) 开工前召开专题会,对参加检修人员进行组内 分工,并且进行安全、技术交底;
- (7) 参加检修的人员必须熟悉作业指导书,并能熟记熟背作业指导书的检修项目,工艺质量标准等,

- 105 -

(8) 参加本检修项目的人员必需安全持证上岗,并 熟记作业指导书的安全技术措施。

## 5 风险辨识

## 5.1 检修总体危害辨识

- (1) 参加检修的人员进行安全教育和技术培训,达到上岗条件;
  - (2) 作业组成员的着装要符合工作要求;
- (3) 使用电气工具时,要安装漏电保护器并穿戴绝缘手套,防止人员触电:
  - (4) 所带的常用工器具应认真清点,不许遗落在设备内;
- (5) 各作业过程作业组长要进行安全交底,做好危险预想。

### 5.2 工作准备阶段的风险分析

- (1)检修作业前做好 ETS 系统部分备份和完全备份;
- (2) 检查 ETS 系统组态内无强制点;
- (3) 停止 ETS 系统控制站主备 CPU 运行;
- (4) 停 ETS 系统供电电源;
- (5) 检修场地应敷设胶皮或塑料布, 防止污染地面。

## 5.3 检修阶段的风险分析

- (1)每天开工前工作负责人向工作班组成员讲述安全注意事项,工作结束后总结当天的安全工作情况;
  - (2) 使用电动工/器具必须配用漏电保护器;
  - (3) 高空作业应使用工具带、安全带或防坠器;
- (4) 严禁上下抛掷工具、材料,每天使用的工具必须装在工具带内;
- (5) 检修时所有工作人员要认真负责, 杜绝带情绪和饮酒后作业;
- (6) 必须执行文明施工和检修制度, 检修现场铺设 胶皮、塑料布或石棉纸, 保证三不落地, 每天收工,
  - (7) 认真清扫卫生,做到工完、料静、场地清;
- (8) 更换就地表计、一次元件等时,关闭相应的一次门和二次门;
- (9) 当进行一次元件的检修时,为防止 ETS 模件通道烧损,应切断模件供电;
- (10) 线路绝缘检查时,将相关模件保险退出,防止 高压串入模件,造成模件损坏;
- (11) 更换 I/O 模件时,要检查跨接器、拨码开关设置,防止模件工作不正常;
- (12) 同时防止静电损坏模件,必须佩戴静电手环进行插拔模件,
  - (13) 指定专人做好记录,确保记录真实、准确、工整;
- (14) 严格按照检修工艺和工序进行施工,防止设备损坏事件发生。

#### 5.4 测试阶段的风险分析

(1) 确保 ETS 控制柜内电源接线正确无误;

- (2)测量每块模件端子板接线的接地电阻和电压符合要求后方可送电,避免接线接地或串进强电烧毁模件,
  - (3) 检查模件正常带电;
  - (4) 检查模件工作是否正常;
- (5) EH 油泵试运前必须认真检查是否有相关工作 卡、工作票,确认全部措施恢复完毕后方可进行;
  - (6) 汽机专业设备恢复正常;
  - (7) 检查 ETS 系统各电源供电保险正常可靠运行;
- (8) 确保中主门快关电磁阀及调门伺服阀密封良好 且紧固,防止汽机挂闸后高压抗燃油渗漏;
- (9) 汽机打闸时,要确认就地阀门附近无人时方可进行。

#### 5.5 文明施工作业措施

- (1) 严格按《检修工序、工艺及质量标准》和《检修质量验收卡》开展工作;
  - (2) 所有工作必须坚持"四不开工、五不结束";
- (3) 检修人员必须严格遵守工作纪律,严禁工作现场打闹、嬉戏等造成不良影响事件发生。

## 6 组织及人员分工

#### 6.1 组织措施

- (1) 在逻辑修改过程中,设工作人员 2 名,1 人负 责逻辑实施,1 人负责监护和指导;
  - (2) 各小组织成员,分工明确,各负其责;
  - (3) 所有工作人员必须保持良好的精神状态;
- (4) 所有的组织措施、安全措施、技术措施准备就 绪后方可进行工作。

### 6.2 用工人员组织

确定施工负责人及参加工作的人员,要求组织得当、 分工明确,对安全、质量、文明施工负责。

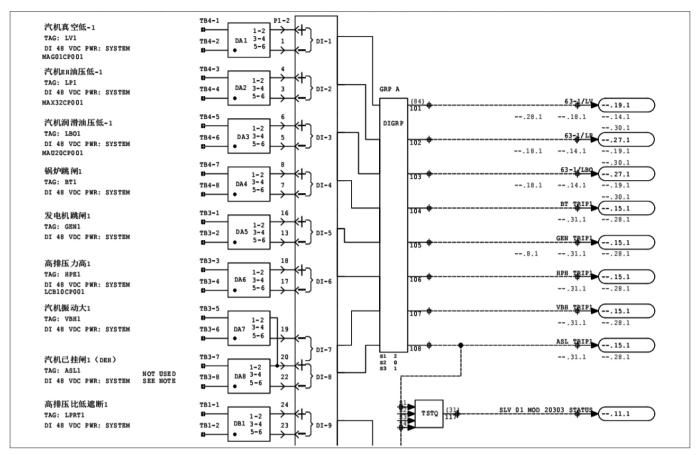
办理工作票等相关的手续。开工前对安全技术措施、安全措施(包括危险因素控制措施)进行交底,危险因素控制措施到位后,方可开工。

检修过程中要严格执行检修工艺质量标准,质量记录要准确。检修现场、零部件存放要符合安全文明生产规定。指定专人做好记录,确保记录真实、准确、工整。按《电业安全生产规程》要求对检修工的安全进行监护。布置作业现场,检查装设照明设施。讨论落实检修项目,掌握检修进度。

ETS 控制柜系统接线图、就地控制箱端子接线图等 资料如图 3、图 4 所示。

#### 7 项目实施效果

项目于 2021 年 11 月 30 日完成,新一体化 ETS 系统都采用 ABB 控制系统,信号状态及模件状态都进入 ETS 监视画面,且其和 DCS 画面都在运行操作员站进



## 图 3 ETS 控制柜系统接线图

2022年 第05期

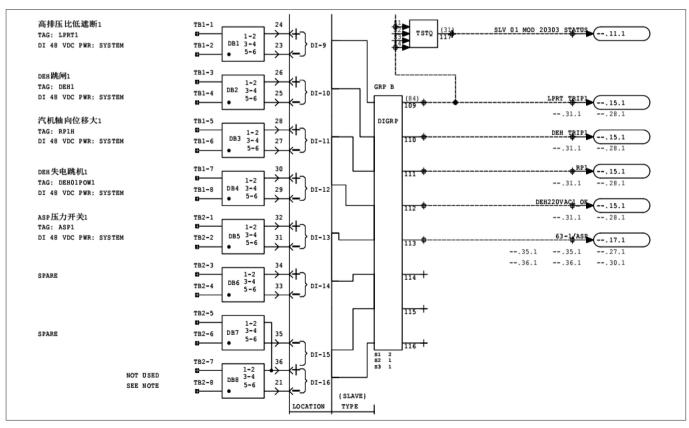


图 4 就地控制箱端子接线图

(下转第111页)

- 107 -

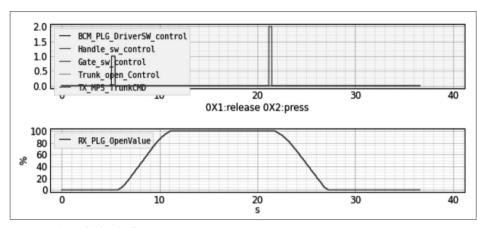


图 8 尾门开启关闭操作

HIL 测试中的应用 [J]. 上海汽车,2012(2):37-40.

[3] 晏江华,刘全周,高帅,马帅.汽车电动尾门硬件在环测试技术研究[J].国外电子测量技术,2020(6):81-85.

[4] 陈永鹏, 侯效东, 等. 汽车 电动尾门控制系统研究 [J]. 汽 车实用技术, 2017 (8):43-45.

[5] 朱石磊, 双元卿. 汽车电动 尾门驱动机构研究[J]. 上海汽车, 2019 (9): 3-6+11.

### (上接第 107 页)

行显示和报警。相关信号都进入历 史服务器,能对历史数据进行保存 和调取。

升级改造后,整个电厂 ETS 和DCS 都将集中在集控室运行操作员站同一块显示屏上,可显示设备信息更丰富,使操作监视更为智能和先进(图 5)。

组危急遮断动作准确,减少保护误动情况,提高机组安全性能。机组启动冲转过程中,由于新系统转速模件内参数设置错误,按常规将齿数设置为60齿,实际ETS转速测量齿轮盘为83齿,从而导致

ETS 转速大于实际转速 700r, 当机组冲转至 2600r 时 ETS 显示 3300r, 导致汽轮机 ETS 保护动作,进而导致 汽轮机跳闸,从侧面也印证了保护的准确性、可靠性。

## 8 结语

注重日常工作资料留存,为后续开展工作提供依据。 系统调试过程中要按清单逐一调试,工作负责人要承担 起责任,熟悉工作内容,有计划、有针对性地安排工作, 提升改造实施进度,缩短工期。

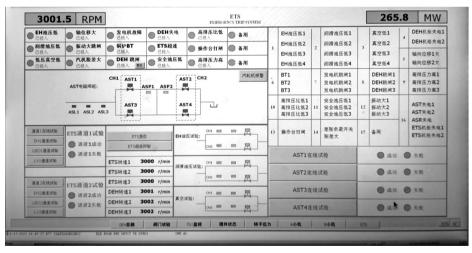


图 5 新 ETS 系统画面集成显示

#### 参考文献:

[1] 张继. 汽轮机 ETS 控制逻辑的缺陷及改造 [J]. 化工自动化及仪表,2021,48(01):96-99.

[2] 孙亚伟,徐士喜.330MW 汽轮机组 ETS 改造可靠性 [J]. 科技资讯,2018,16(08):26-27.

作者简介: 张文超(1988.10-), 男,汉族,吉林省吉林市人,本科,工程师,研究方向: 电厂热工自动控制、一次调频、电力安全防护监控。

- 111 -