

上汽机组 ETS 系统隐患分析及优化

甘长贤（神华国华广投（柳州）发电有限责任公司）

1. 系统概述

广东国华台山 1-5 号机组（600MW 亚临界）汽机危急遮断系统（ETS）由上海汽轮机有限公司（STC）生产。ETS 系统应用了双通道概念，允许重要信号进行在线试验，在线试验时仍具有保护功能。其 PLC 由主、辅 PLC 组成并独立运行，主辅 PLC 都含机组所有主保护功能，主比辅 PLC 多 ETS 通道试验功能。I/O 卡件公用就地设备的输入信号和输出信号，其 PLC 冗余配置属功能性冗余。主辅 PLC 输入、输出共同驱动所控制的对象，当出现一套 PLC 故障时不影响就地设备运行。

2. 问题分析

台山一期 5 台机组 ETS 系统的双通道设计不论是从交流电源的冗余配置、切换、监视，还是直流电源的冗余和防止并列、熔断开关的选择等都符合 DL/T5455、GB 14048 等相关设计标准和规范，但原设计仍然存在一些问题。尤其是长期稳定地运行了 7 至 10 年时间后，相关器件老化使得问题暴露得更明显。

1) AST 危急遮断电磁阀控制回路只有软回路，通道保护信号进入 PLC，通过软件判断触发遮断指令，使就地 AST 电磁阀失电泄掉 EH 压力油实现停机。即便是 ETS 系统主保护中的手动停机也是由运行操作台的手动停机按钮送至 PLC 系统进行逻辑判断实现，当 PLC 系统故障时存在主保护拒动可能。

2) 台电一期 5 台机组 ETS 系统总进线电源（220VAC）有两路，分别取自 UPS 不间断电源盘和 APS 厂用电电源盘（保安 A 段）。其交流供电部分如图 1 所示：交流 220V 电源由两路电源冗余供电，分别供给主、辅 PLC、ETS 通道一、二的 AST 停机电磁阀及试验电磁阀，并通过 RAK3 继电器进行电源故障切换。由图可以看出机组运行时 APS 路作为主供电电源，该路故障时才会由 RAK3 继电器切换至 UPS 路。主路电源来自汽机保安 A 段，当厂内电网波动（台风、雷电、电网异常、设备故障等）导致系统供电波动或者厂用电切换时保安 A 段掉电，而 RAK3 由于老化等原因导致辅供电 UPS 切换不及时，则直接导致机组跳闸。

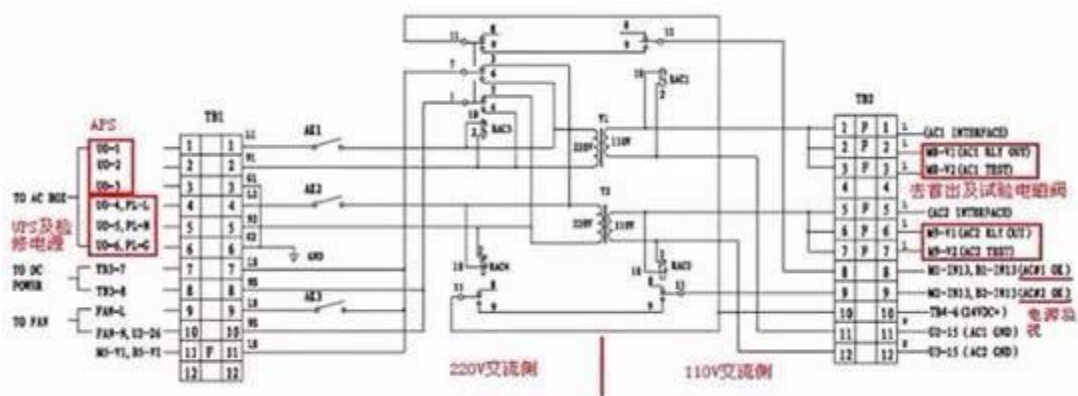


图 1 交流电源箱接线图

3) 控制柜风扇电源及检修插座的配置。主、辅 PLC 220V 电源及机柜风扇电源同时取自电源继电器 RAC3 接点 1, 7。当机柜风扇故障短路或者接地时, 势必会对该线路上的主辅 PLC 供电产生严重影响, 甚至引起 PLC 电源失去导致机组跳闸。而检修电源直接取自 220V 交流母线且没有设空开或熔断保护器。检修人员用柜内检修电源带外部负载进行工作, 由于外部负载不可靠引发将对交流母线造成干扰或掉电, 威胁 ETS 系统正常运行。

4) 台山#1、#2 号机组 ETS 系统主辅 PLC 电源, 通过 RAC3 继电器干接点直接取自 220V 交流母线, 没有单独设置空气开关。当其中一套 PLC 故障时将无法进线在线更换, 机组安全运行失去保障。3/4/5 号机组存在此空开 (图 2), 为在线抢修提供可能 (2012 年 4 月我们成功在线更换 5 号机 ETS 系统主 PLC)。

5) 直流电源部分:

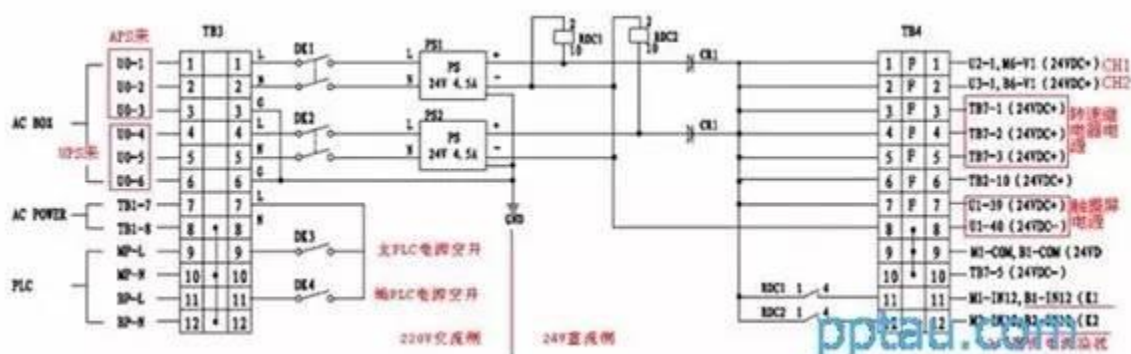


图 2. 直流电源箱接线图

原设计两路交流 220V 分别送至两个 24V 直流电源装置, 24V 电源装置的输出通过 1 个二极管后与另一 24V 电源装置相连, 再通过快速熔断开关 (保险丝) 输出 7 路 24V 直流电源:

- ① 1 号通道输入信号采集电源;
- ② 2 号通道输入信号采集电源;

- ③ 1 号转速继电器电源及频率发生器电源；
- ④ 2 号转速继电器电源；
- ⑤ 3 号转速继电器电源；
- ⑥ 交流电源失电检测；
- ⑦ 操作面板电源。

该直流系统在就地短接情况下，若该回路的熔丝熔断不及时或者不熔断，就会引起整个电源失去导致机组跳闸。2013 年 11 月 30 日 3 号机 A 修后试验时，ETS 系统操作面板故障短路，机组跳闸。

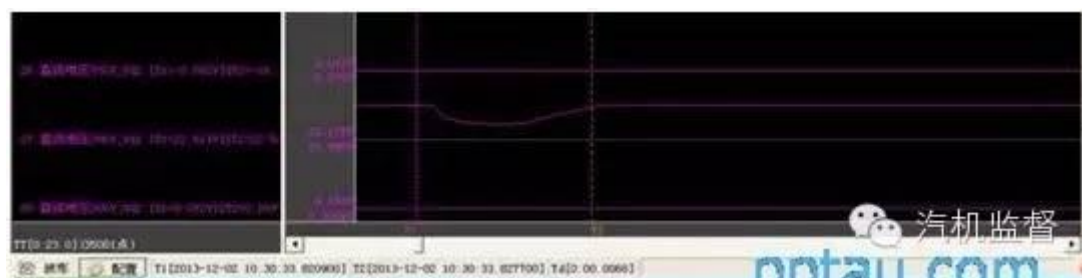
6) ETS 电源系统保险丝试验：

模拟挂闸，对 ETS24V 直流系统进行在线试验，对其输出负载进行接地及短接试验：

(1) 前 6 路电源回路就地设备接地或短接对 ETS 系统正常运行无影响（因为就地设备短接后回路仍带通道负载，24V 直流无变化）。前 6 路电流钳流值分别为 0.15A、0.21A、0.14A、0.11A、0.13A 和 0.02A。

(2) 操作面板电源回路熔丝用 2A 测试时，电压由 23.1V 瞬间降低至 10.473V，6.8ms 后恢复（图中通道 27 曲线）。卡件查询电压没有低于 7.2V 的通道动作值（试验得出），没有触发 ETS 跳闸指令。用原设计熔丝容量 3A 时，熔断不及时，电压瞬间拉低使机组跳闸（反复模拟，试验得出查询电压由 23.1V 瞬间降低至 3.623V，熔断时间约为 44.8ms）。

利用跨平台电力故障录波器及 CAAP2008X 分析软件得出下图：



3. 优化建议及措施

1) 增加一路 ETS 打闸硬回路按钮。原手动打闸按钮作为停机按钮 1，通过增加停机按钮 2，并将其常开节点与按钮 1 的常开点串接作为 PLC 手动打闸条件（同时按下），可有效防止人员误操作，同时降低按钮本身故障带来的保护误动；硬回路方面：停机按钮 1 直接控制 AST 遮断块通道 1 的工作电源，停机按钮 2 控制通道 2 的工作电源，同时按下停机按钮可直接停机，去掉了通过 PLC 系统逻辑判断的中间环节。按钮本身设计有多副接点，在硬回路动作时同时也触发软回路保护，这样也可以实现 ETS 系统本身报警及控制信息的监控。

2) 考虑到电气侧 UPS 电源可靠性更高且有稳压作用，用 UPS 作 ETS 系统主供电。同时规避电源切换时 RAK3 继电器老化切换不及时的风险。

3) 取消检修电源，需要电源检修时，从电子间墙角插座接入，防止外部负载异常对 ETS 系统电源产生影响；风扇电源与主、辅 PLC 电源隔离开，从辅路 220V 母线单独取，防止风扇异常短路时同时影响主辅 PLC 供电。

4) 为#1、#2 机组 ETS 系统主辅 PLC 电源回路上分别单独加装一个单相空开，防止 PLC 故障而无法在线抢修更换。

5) #3、#4、#5 机组 ETS 系统增设两个 24V 直流电源转换装置，其输出作为一路 24V 直流电源，原设计的两个电源转换装置作另一路 24V 直流电，形成两路相互独立的 24VDC 电源。一路作为 CH1 输入信号采集电源以及 1、3 号转速继电器电源，另一路作为 CH2 信号采集电源以及 2 号转速继电器电源、电压频率转换器电源及操作面板电源。改进后，任一 24V 电源故障或者供电电源异常均可避免系统保护误动。

6) 我厂 ETS 系统通道试验可在 DCS 中进行，首出遮断信号在 DCS 上可视，机组运行不需要操作面板，建议取消操作面板，并断开该回路保险丝；日后需要时可接外部 24VDC 电源，或者装设 2A 及以下快速熔断保险丝；其他通道应装设 2A 保险丝。

7) RAC3 为 RR3P-UL 220VAC 继电器，虽电气寿命达 20 万次，但仍要避免温度过高环境下过长周期运行。每次检修对其更换校验合格的继电器（要求释放时间小于我厂 PLC CPU 满载时断电保持时间 20ms）可大大避免继电器故障导致的跳机事故。

台电利用机组大小修机会正陆续对包括增加 ETS 系统打闸硬回路、改 UPS 作为主供电、更换保险丝取消触屏等措施，目前系统改进过的机组运行稳定，为机组长周期运行提供了保障。

参考文献：

- 1] 《火力发电厂热工电源及气源系统设计技术规程》DL/T 5455-2012
- 2] 《低压熔断器第 1 部分：基本要求》GB13539