

# 浅谈妈湾电厂三期 ETS 和 METS 改造

饶峰

(深圳妈湾电力有限公司, 深圳 518052)

**摘要:** 针对深圳妈湾电力有限公司三期 5 号、6 号机组 ETS 系统故障频繁的问题, 通过对系统进行重新设计, 将原来的 ETS 系统, 拆分成为主机 ETS 系统和给水泵(俗称小机)METS 系统, 优化了保护系统构成, 解决了原 ETS 系统大小机保护相互交叉、不利于检修隔离等问题。同时采用最新的 DCS 系统, 解决了原系统硬件老化、备品备件无法采购的问题, 大大提升了汽轮机保护系统安全性能。

**关键词:** ETS 保护系统; METS 保护系统

**中图分类号:** TK323

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8676(2017)S1-0062-06

## Discussion on Upgrading of Power Plant Protection System

RAO Feng

(Shenzhen Mawan Power Institute Co., Ltd., Shenzhen 518052, China)

**Abstract:** According to the problems in ETS protection of Shenzhen Mawan Power Company 5#—6# plants, the system was redesigned. The original system has been splitted into Turbine ETS system and water pump METS system. The protection system has been optimized, and the original size of the ETS system for protection cross, inconvenience of the maintenance of insulation has been solved. At the same time, the latest DCS system was adopted to solve the problem of hardware aging and spare parts procurement, which greatly improved the safety performance of the steam turbine protection system.

**Key words:** Turbine ETS protection; METS protection

深圳妈湾电厂三期 5 号、6 号机组 DCS 适合采用升级替代的方式完成, 这样可以利用现有的全部电缆, 保持大部分的端子接线方式不变, 既能大幅度降低改造费用, 同时能够大大降低改造的风险。因此, 经过多次讨论决策, 最终决定采用上海新华控制最新的 XDC 800 系统。

原 ETS 系统, 包括主汽轮机保护和给水泵汽轮机(俗称小机)保护系统, 在运行维护过程中, 两套保护系统相互交叉, 不能相互隔离, 非常不利于热工人员的维护。新的 ETS 系统采用新华公司最新的 XDC 800 系统, 其系统架构和功能构成, 都和原来的新华公司 XDPS 400 型 ETS 系统, 有了很大的差

别, 因此整个 ETS 系统都必须进行重新设计, 将原 ETS 系统分拆为: 主汽轮机 ETS 部分和给水泵汽轮机 METS 部分。

## 1 改造方案的实施

### 1.1 主汽轮机 ETS 部分的改造

汽轮机 ETS(Emergency Trip System)系统, 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<sup>[3]</sup>。在汽轮机启停过程和正常运行时, 对轴向位移、转速、轴承振动、轴瓦温度、润滑油压、抗燃油压、凝汽器真空、锅炉主燃料失去、发电机故障等信号进行实时监控, 当这些参数越限超过极限值(保护设定值)时, 输出跳闸信号到跳闸电磁阀, 然后由跳闸部套泄去保安油, 使汽轮机的主汽门和调节阀门迅速关闭, 完成汽轮机跳闸的功能, 使汽轮机

紧急停机, 处于安全状态, 以避免发生严重后果。

整个 ETS 系统, 由系统保护柜和现场执行部套两大部分组成: (1) 保护柜, 内含冗余的保护卡件, 信号输入输出通道等, 保证就地现场保护信号的可靠输入; (2) 现场执行部套, 由四只高压跳闸电磁阀 (AST1/AST2/AST3/AST4), 其在油路上, 设计成为“二或一与”逻辑, 其逻辑如图 1 所示。

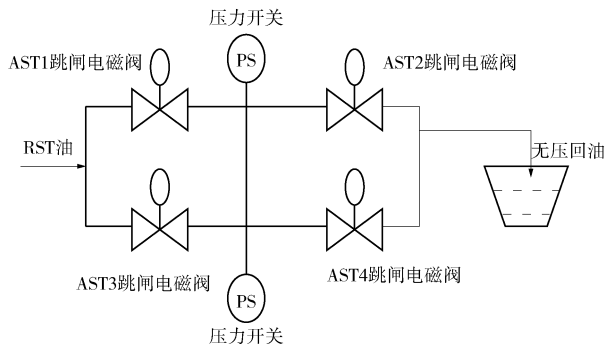


图 1 现场执行部套逻辑图

Fig. 1 Logic diagram of EH execution unit

妈湾电厂三期 5、6 机组主机保护装置, 采用的是失电保护模式。现场执行部套, 其跳闸电磁阀采用常开方式, 使用的是 220 VAC 供电, 机组挂闸正常运行时, 电磁阀是保持长带电, 使得电磁阀关闭, 闭锁安全油, 只有当电磁阀失电时, 其才会开放油路。

系统保护柜, 采用新华最新的 XDC 800 系统, 其保护卡件内部固化保护逻辑, 既可以不依赖 DCS 主控制器独立工作, 又能向 DCS 系统上传其内部各保护信号状态, 作为系统监视。其一组主保护卡件由三块保护卡组成, 组成“三取二”的冗余设计, 保护信号经过保护卡逻辑表决后输出的两路开关量信号, 一路用于驱动 AST1/AST3, 另一路用于驱动 AST2/AST4, 这样, 只有当两路输出开关量同时动作时, 才能驱动跳闸部套油路动作, 从而实现保护停机目的。

新华公司一组保护卡件, 能够接入 24 路保信号 (其中一路用于复位), 由于我厂保护信号较多, 并且考虑到需要预留的空余保护通道以便以后系统的扩展, 因此设计之初, 便决定使用二组保护卡件。这样总共六块保护卡, 每三块一组, 组成两组保护卡, 然后将两组保护卡“三取二”之后的开量串联, 同时驱动跳闸电磁阀。其系统构成原理如图 2 (一组)、图 3 (二组) 所示。

保护原理, 以“抗燃油压力低”保护信号为例, 其保护流程为: (1) 现场四只抗燃油压力低开关, 送出四路油压低开关量信号, 分别为 EH 油压力低 1、EH 油压力低 2、EH 油压力低 3、EH 油压力低 4, 送至保护柜, 通过端子排并线, 变为 12 路信号, 分别送入三块保护卡; (2) 每块保护卡都同时接收这四路压力低信号, 保护卡内进行“二或一与”逻辑判断, 送出六路开关量; (3) 这六路开关量信号, 送入一块“三取二”卡件, 进行硬件的三取二运算。得出两路最终的保护信号; (4) 两路最终的保护信号串入 24 VDC 继电器回路中, 驱动二组继电器, 通过继电器隔离后, 转换为动断 (常闭) 触点分别断开就地两组跳闸电磁阀的电源, 使得电磁阀 AST1/3 和 AST2/4 失电, 泄压安全油实现汽轮机跳闸保护。

妈湾电厂主要的保护信号有: 抗燃油压力低、轴向位移大、汽轮机 110% 超速、轴承振动大、轴瓦温度高、润滑油压力低、凝汽器真空低、锅炉主燃料失去、发电机故障<sup>[4]</sup>、DEH 柜失电等。其各种保护信号, 按照其现场采用装置冗余数量, 各自有不同的逻辑判断, 有“二或一与”、“三取二”、“二取或”、“二取与”等四种方式。以保证能够满足各自不同的保护方式。同时预留了部分空余通道, 这样, 为以后系统的扩展提供了可能。设计完成后的两组保护信号逻辑原理图和通道布置图如图 4、图 5 所示。

## 1.2 给水泵汽轮机保护部分 METS 的改造

妈湾电厂三期 5、6 机组给水泵<sup>[5]</sup> (小机) 保护装置, 采用的是带电保护模式。当小机有保护信号时, METS 柜发出保护指令, 将使得就地小机保护电磁阀带电, 触发部套安全油泄压, 完成保护动作。

原 ETS 系统, 包括主汽轮机保护和给水泵汽轮机保护系统, 在运行维护过程中, 两套保护系统相互交叉, 不利于热工人员的维护。利用此次 DCS 整体升级改造的机会, 本人在系统设计之初就提出: 将给水泵汽轮机保护和主机 ETS 保护分离。将小机保护接入小机控制 MEH 机柜。具体实现方式: 将原系统的两台小机控制部分 MEH 柜分开, 重新设置为 XCU14 和 XCU15 机柜, 将 A 小机保护功能接入 XCU14 柜, 将 B 小机保护功能接入 XCU15 柜。

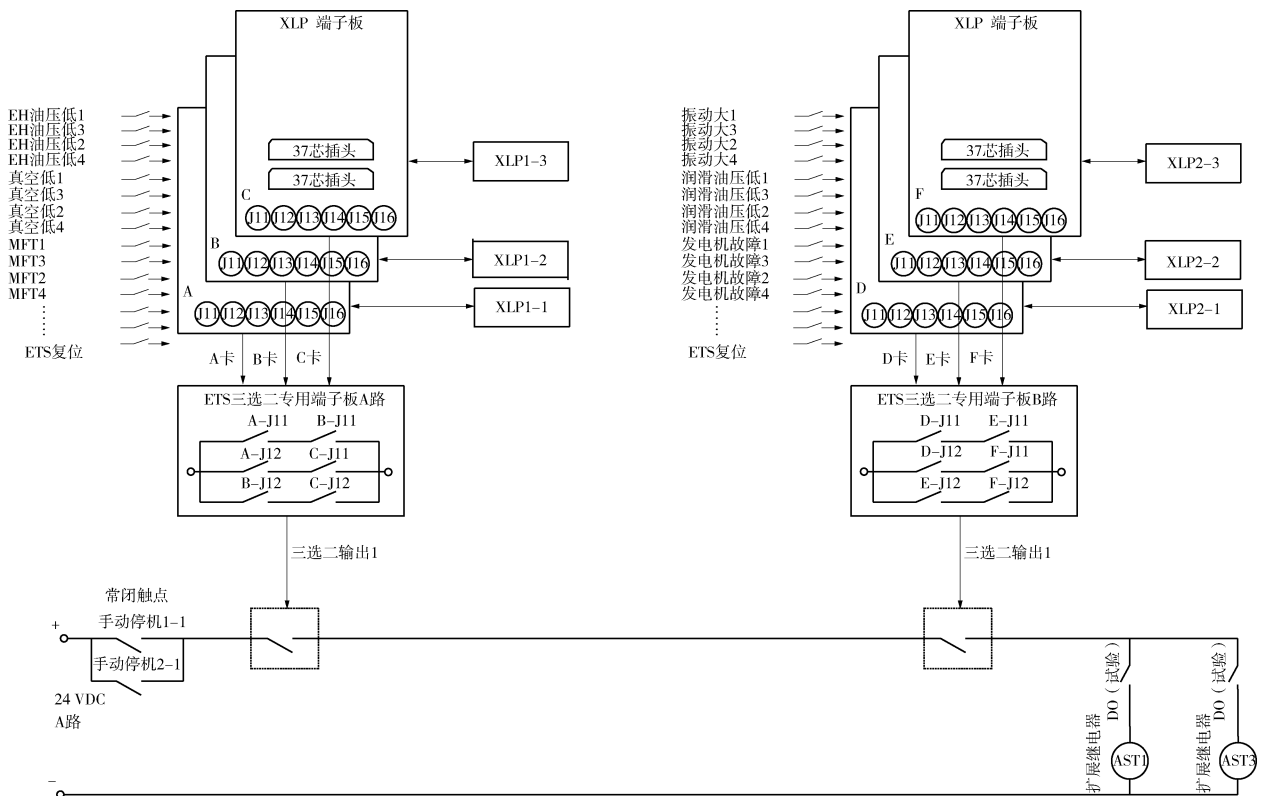


图 2 新的 ETS 系统原理图 1

Fig. 2 Schematic diagram 1 of new ETS system

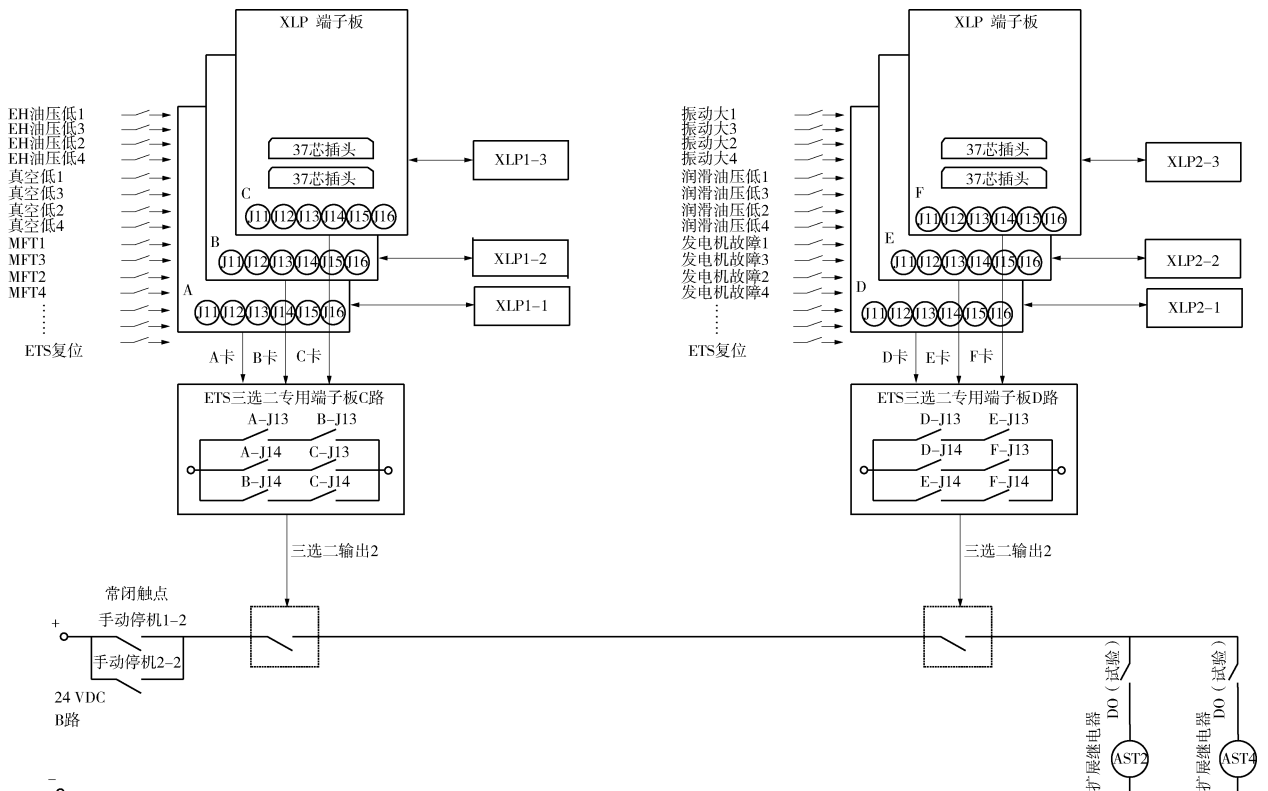


图 3 新的 ETS 系统原理图 2

Fig. 3 Schematic diagram 2 of new ETS system

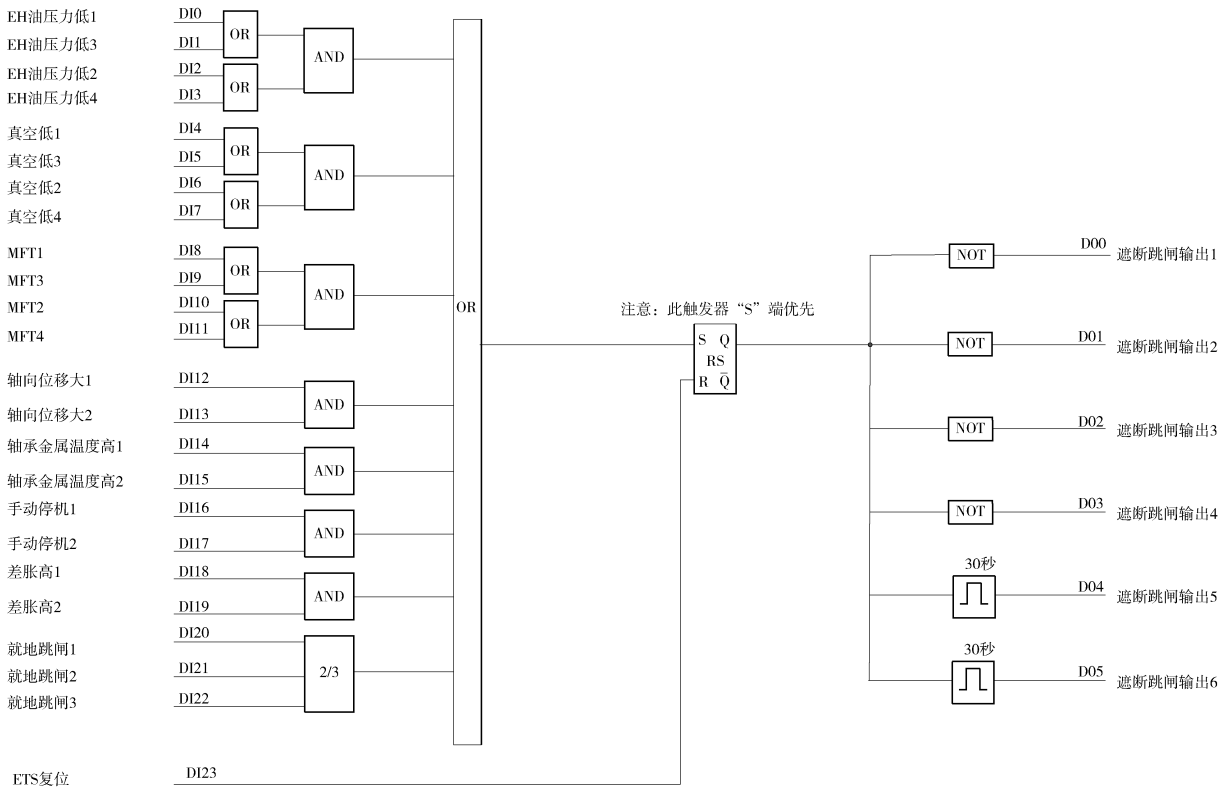


图 4 一组保护原理逻辑及通道信号布置  
Fig. 4 Schematic diagram of ETS system 1

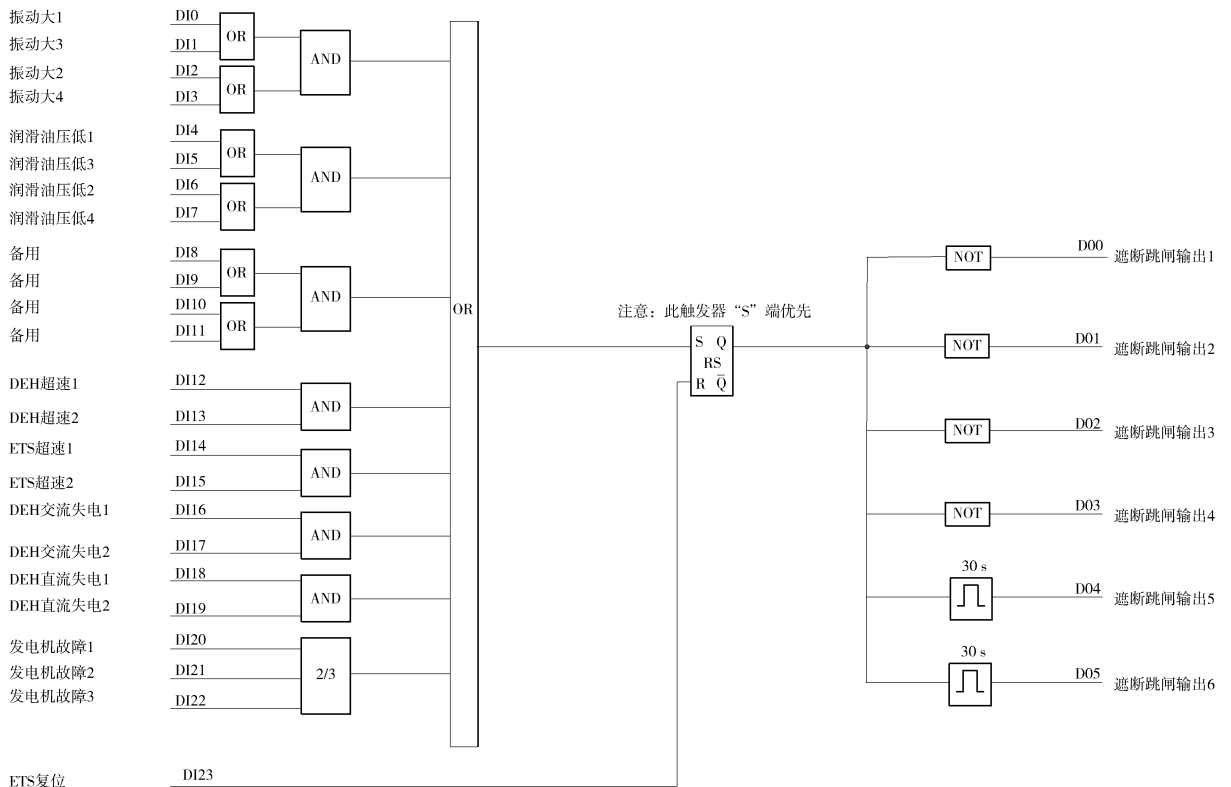


图 5 二组保护原理逻辑及通道信号布置  
Fig. 5 Schematic diagram of ETS system 2

如此，两台给水泵的控制 MEH 和保护 ETS 部分就完全合一，不仅不会和主汽轮机保护 ETS 产生交叉，而且能做到两台给水泵之间的完全隔离，同时满足了热工控制的风险分散的要求。

给水泵汽轮机的保护信号，主要有：小机真空低、润滑油压力低、轴位移大、振动大、顺控跳闸、超速跳闸、就地脱扣等信号。其保护卡设置和大机设置类似，只是由于小机保护等级相比大机低，且小机保护信号较少，最终设计的是采用单组保护卡。其完成后其保护逻辑原理和通道布置如图 6 所示(两台小机保护逻辑图完全一致)。

## 2 施工过程

该部分工作安排在机组大修期间完成。两台机组工期近 5 个月。由于前期设计的完善，整个施工过程较为顺利。主要工作量在现场电缆的立旧工作。本着节省改造费用的想法，通过重新设计优化通道接线位置的办法，使得 ETS 机柜和小机 MEH 机柜所有现场保护信号电缆均得以保留，在确保重要保护信号电缆不使用转接，保证系统安全的前提

下，节约了大笔的资金。

## 3 调试过程

在 DCS 整体安装完成后，在检查合格后，系统进行了第一次现场上电。ETS 系统上电一次成功，检查柜内所有模件工作正常。进入现场调试阶段。调试阶段发现了许多问题，但都一一得到解决，其中比较有代表性的有：

1) 锅炉主燃料失去 MFT 保护完善。原设计由锅炉保护系统(FSSS)送出两对信号 MFT 1 和 MFT 2 至 ETS 系统参与保护；新系统扩展为四路主燃料失去信号 MFT 1、MFT 2、MFT 3、MFT 4 通道，同时送入三块保护卡，在每一块保护卡内完成“两或一与”逻辑，输出跳机信号后，再次在三块卡之间进行“三取二”逻辑，最后去动作跳闸电磁阀。既满足了保护的可靠，又防止了保护误动，极大地提高了系统安全性。

2) 发电机故障保护信号完善。原设计由发电机保护屏送出两路保护信号 GENTRIP 1 和 GENTRIP 2 至 ETS 系统参与保护；新系统扩展为三路发电机

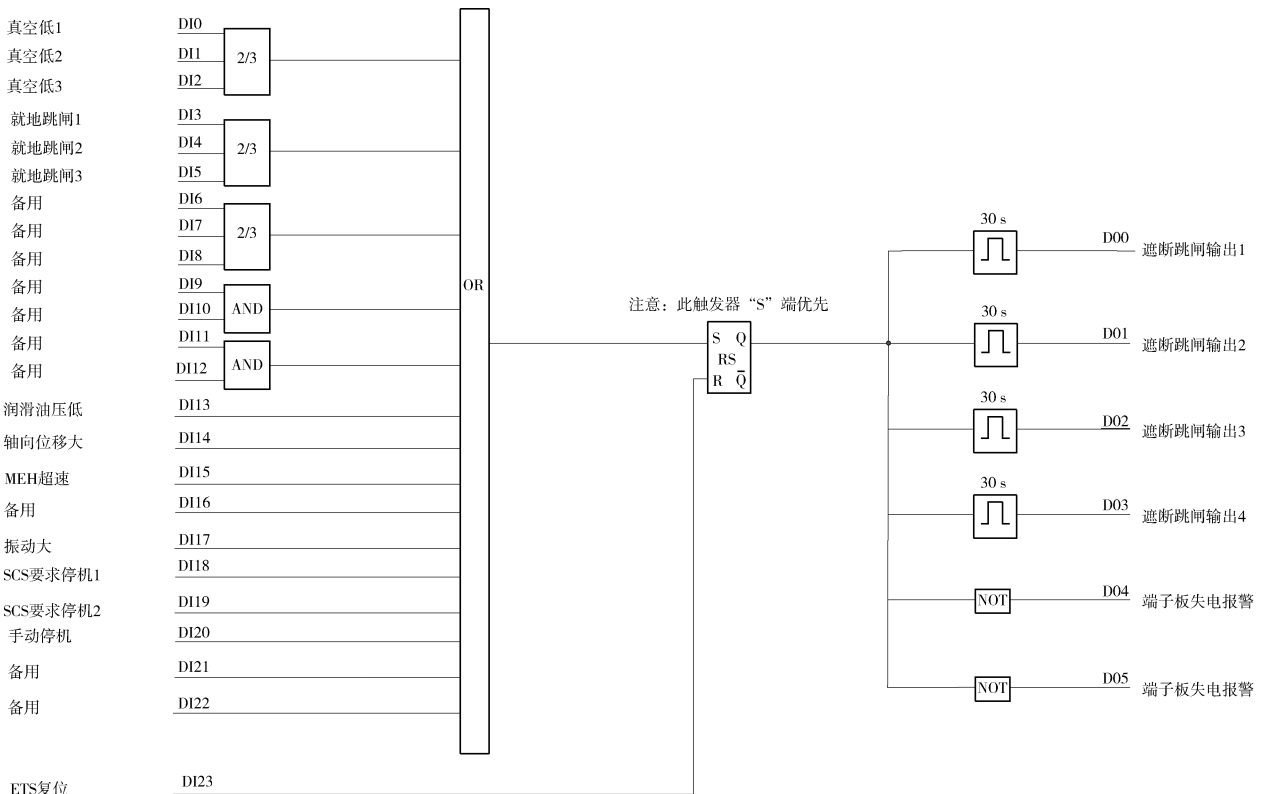


图 6 小机保护信号逻辑图

Fig. 6 Schematic diagram of METS system

故障保护信号 GENTRIP 1、GENTRIP 2、GENTRIP 3, 同时送入三块保护卡, 在每一块保护卡内完成“三取二”逻辑, 输出跳机信号后, 再次在三块卡之间进行“三取二”逻辑, 最后去动作跳闸电磁阀。

3) 新增 DEH 柜直流系统失电报警。DEH 柜作为汽轮机电液调节控制系统, 其必须要求有可靠的电源, 当其控制电源失去时, 汽轮机 DEH 系统处于失控状态, 此时要求紧急停机。原设计仅有两路“交流 220 VAC 失去”保护, 此次新增了两路“直流 24 VDC 失去”保护, 设计更加完善。

4) 汽轮机跳闸后联锁跳闸锅炉信号完善。此信号是在汽轮机跳闸动作后, 需要输出一组跳闸信号至锅炉保护 FSSS 系统, 使得锅炉跟随跳闸 (FSSS 内部闭锁“负荷 >30%”信号)。原系统设计为两路信号, 后为了增加可靠性, 重新设计为三路信号, 且将 ETS 柜的电源监视触点并联到该信号上, 其依据的是: 当 ETS 柜电源失去时, 汽轮机必定跳闸, 但其跳闸扩展继电器由于失电不能正常动作, 从而无法送出跳闸信号, 导致锅炉不能跟随跳闸。此种工况虽然是极端工况, 现实中发生概率极低, 但保护设计遵循的原则便是严谨可靠, 需要考虑任何极端情况下系统的可靠性。

5) 新增低负荷时凝汽器真空低保护。此次妈湾电厂三期机组通流改造, 对凝汽器真空保护提出了更高的要求, 需要新增系统在低负荷工况下的凝汽器真空保护。具体实现是: 就地新增三路真空变送器, 采样后送入 DEH 系统, 将凝汽器真空变化为数字量后, 通过高低比较, 当真空度小于 $-88$  kPa 时动作, 再经过“三取二”后, 最终“与上”负荷小于 20% 条件, 送出两路跳机信号至 ETS 系统, 实现跳机保护。

6) 小机保护信号输出信号。新华公司原设计为常指令设置, 其信号触发为装置 (RS 触发器) 设置为 S 端优先。这样, 小机跳机时, 其输出继电器保持闭合, 使得就地小机跳闸电磁阀长带电, 导致线圈发热时间过长 (其电磁阀设计不能满足  $7 \times 24$  h 带电), 容易烧坏电磁阀。调试过程中发现该问题后, 本人主持重新设计了保护卡逻辑, 经过试验正常。最终小机的保护逻辑确定为: 输出指令为短指令 (保持 30 s), 信号触发为装置 (RS 触发器) 设置为 R 端优先, 这样既能解决小机跳

闸电磁阀不会长时间发热问题, 还能保证小机在有跳闸条件时, 小机就地不能手动挂闸成功, 以保证小机安全运行。

## 4 结论

此次妈湾电厂三期 5 号、6 号机组 DCS 整体升级改造完成后, 经过试运行, 各系统工作正常。投入正式运行至今, 已有将近半年时间, DCS 系统运行平稳可靠, 没有发生因 DCS 软硬件故障造成的保护误动等机组非停等。其中 ETS、METS 系统保护功能各种试验均合格, 各保护功能完善可靠。总体来说, 此次改造很好地解决了旧系统模件老化, 大小机保护功能交叉, 维护隔离困难等一系列问题。

### 参考文献:

- [1] 李飞. 国产 DCS 系统在超超临界机组可靠性应用研究 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(3): 85-90.  
LI F. Reliability application and research of domestic DCS System in ultra-supercritical unit [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(3): 85-90.
- [2] 电力行业热工自动化技术委员会. 上海新华 XDC800 系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.  
Thermal Automation Technology Committee. Shanghai xinhua XDC800 system [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2012.
- [3] 降爱琴, 郝秀芳. 数字电液调节与旁路控制系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 116-120.  
Jiang A Q, Hao X F. Digital electro hydraulic control and bypass control system [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006: 116-120.
- [4] 陶林惠, 黄长华, 陈国春, 等. 核电站半速汽轮发电机基座设计探讨 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(4): 123-127.  
TAO L H, HUANG Z H, CHEN G C, et al. Research on design of turbine generator foundation in nuclear power plants [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(4): 123-127.
- [5] 欧卫海. 液偶调速电动给水泵节能改造方案解析——行星齿轮变矩调速器与变频器方案对比 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(增刊 1): 22-26.  
OU W H. Bolier feedwater pump hydraulic coupler energy saving retrofit scheme—compare of planetary gear torque speed solution and variable frequency drive solution [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(Supp. 1): 22-26.