

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2022) 03-066-04 中图分类号: TP277

锅炉MFT功能设计应用分析

The Application of Boiler MFT Functional Design

★ 吴松涛, 贾焕忠 (杭州和利时自动化有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 锅炉主燃料跳闸 (Main Fuel Trip, MFT) 是炉膛安全监控系统 (Furnace Safeguard Supervisory System, FSSS) 最重要的功能, 当出现任何危及锅炉安全运行的危险工况时, 立即切断所有进入炉膛的燃料, 避免事故发生或限制事故进一步扩大, 以确保锅炉设备的安全。本文通过对和利时公司火电项目锅炉MFT系统设计实施要点进行介绍和分析, 希望对其他项目系统设计提供借鉴。

关键词: 分散控制系统 (DCS); MFT; 电源; 信号处理

Abstract: Main fuel trip (MFT) is most important function of the furnace safeguard supervisory system (FSSS). When there is any dangerous condition endangering the safe operation of the boiler occurs, immediately cut off all the fuel entering the furnace to avoid accidents or limit their further expansion, so as to ensure the safety of the boiler equipment. This paper introduces and analyzes the key points of boiler MFT system design and implementation in Hollys thermal power project, hoping to provide the reference for other engineering application.

Key words: Distributed control system (DCS); MFT; Power; Signal processing

1 引言

火力发电机组锅炉MFT作为机组的主保护, 回路动作的可靠性对于锅炉安全运行具有重大的意义。为保证MFT发生后相关设备可靠动作, 设计了冗余动作回路, 即DCS软逻辑与MFT继电器硬回路, 下文对MFT电源设计、触发条件、测点分站、信号处理、接口设计等方面进行介绍。

2 MFT电源设计

2.1 控制器侧

和利时公司DCS控制系统实现MFT逻辑运算的控制站为一对冗余控制器, 通常为域内最小控制器10号站。控制站电源取自DCS系统配电柜的两路冗余220VAC电源, 柜内电源模块分别设置了冗余的电源模块。

(1) 两块系统电源为220VAC转24VDC, 用于给

控制器及模块提供正常工作电源;

(2) 两块现场电源为220VAC转24VDC, 用于提供就地设备用电及继电器动作所需电源;

(3) 两块查询电源为220VAC转48VDC, 用于为开关量DI点提供查询电源。

以上电源经直流电源分配板K-PW11 (K系列硬件) 转换为多路冗余直流电源进行分配, 并对输入的电源电压进行状态检测, 通过预制电缆送至K-BUS02 (I/O-BUS设备), 将电源模块的实时工作状态上传至控制器。任意电源出现故障时, DCS系统软件中“设备报警”触发报警, 亦可通过组态方式触发报警软光字牌进行提示。

2.2 MFT继电器柜侧

MFT继电器柜设计冗余动作A/B回路, 根据项目现场直流电压等级 (220VDC或者110VDC), 选配对应电压等级的继电器。为提高电源安全性, 继电器柜两路直流电源取自单元机组两路不同的直流蓄电池组电源, 以防止电源故障时引起继电器柜动作异常。A/B动作回路分别设置直流电源监视继电器1ZJ及2ZJ, 使用电源监视继电器辅助触点的常开点, 监视“直流电源正常”信号, 接入10号控制站, 从而保证电源故障或检测回路故障时, 及时进行报警, 如图1所示。

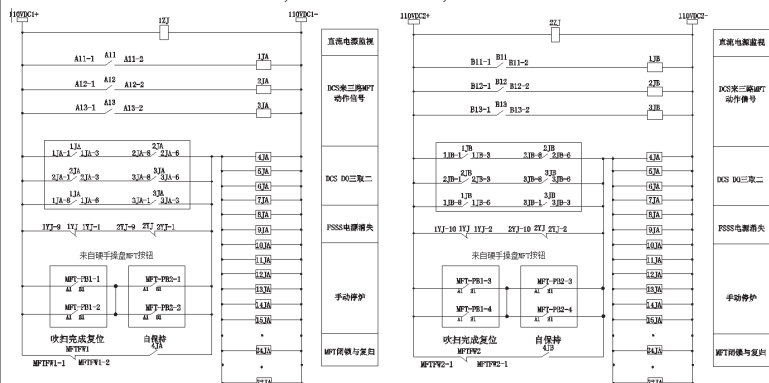


图1 MFT继电器柜A/B动作回路原理图

3 MFT触发条件

3.1 重要辅机跳闸触发MFT

- (1) 两台空预器均停止；
- (2) 两台引风机均停止；
- (3) 两台送风机均停止；
- (4) 两台一次风机均停止。

根据相关规范要求，需要将重要辅机设备分到不同的控制器中，风烟系统按照A/B侧设备分到不同的控制站内。为提高信号传递的可靠性，在项目测点分站整理时需考虑重要辅机设备状态信号进行规划，风烟系统控制站内，至少设计预留已运行、已停止信号各一副；MFT控制站中为判断辅机跳闸采用综合判断信号，所缺少设备状态点需在设备电气开关柜增加扩展继电器予以满足，直接从电气开关柜取状态信号至MFT控制站用于逻辑判断，从而提高可靠性，如图2所示。

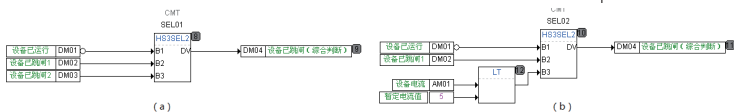


图2 重要辅机跳闸表决逻辑图

对辅机设备停止判断，有时会遇到空预器存在主、辅电机驱动的设备，以及送、引、一次风机存在变频/工频运行方式的设备，需要判断主、辅电机均停止，或者工频及变频状态均未运行。对此，应在风烟系统控制站内判断后，通过三个DO点送至MFT控制站，再进行三取二逻辑判断；发送站DO点及接收站DI点均应分配在不同的卡件中，且尽可能分配在不同的冗余I/O链路上，以提高容错能力。

3.2 开关量触发MFT

- (1) 锅炉手动MFT；
- (2) 炉膛压力高高（炉膛压力高高压力开关判断）；
- (3) 炉膛压力低低（炉膛压力低低压力开关判断）；
- (4) 火检冷却风丧失（火检冷却风母管压力低低判断）；
- (5) 锅炉点火记忆置位时，锅炉给水泵均跳闸（直流炉）；
- (6) 脱硫系统跳闸。

根据DL/T 261-2012《火力发电厂热工自动化系统可靠性评估技术导则》6.2.4.1中“模拟量控制、顺序控制、保护连锁控制操作回路，共用同一个开关量信号时，开关量信号应首先送入优先级最高的保护连锁控制回路。”这些信号测点直接接入MFT控制器内。以上信号通常采用三冗余信号设计，分别接入三块不同的DI卡

件，逻辑中进行三取二进行处理，以提高容错能力。

3.3 模拟量触发MFT

根据DL/T 261-2012《火力发电厂热工自动化系统可靠性评估技术导则》6.2.4.1中“模拟量控制、顺序控制、保护连锁控制回路共用同一个模拟量信号时，模拟量信号应首先送入模拟量控制回路。”

(1) 锅炉总风量低低

按照工艺系统分站原则，送风机风量及氧量控制在风烟系统A侧或者B侧控制器中实现，所以对于总风量累计计算应在送风机风量控制的控制器中实现；参与热二次风量计算的流量、风温、压力信号根据风烟系统的A/B侧，分别分配到控制器中；每台磨煤机一次风量计算的流量、温度、压力信号，分配到对应的磨煤机控制站；再将热二次风流量与六台磨一次风流量进行累加，得到锅炉总风量。

(2) 主蒸汽压力高

主蒸汽压力信号作为锅炉主控的被调量，应分配到协调控制站内。

(3) 锅炉点火记忆置位时，锅炉给水流量低或锅炉给水流量低低

锅炉给水流量计算包括主给水流量+减温水流量，所以参与计算的流量、压力、温度信号应分配到减温水/给水主控所在的控制站内。

由于MFT逻辑中参与判断的信号为开关量，所以控制器之间的硬接线信号传递时，优先考虑使用开关量，为提高可靠性，以上模拟量在相应控制站中计算后与定值比较后，采取与站间开关量传递一样的方式，在相应控制器分别通过三个DO点送至MFT控制站，再进行三取二逻辑判断。

3.4 其他条件触发MFT

- (1) 所有燃料跳闸
- (2) 全部火焰丧失

磨煤机作为重要辅机，通常每台磨煤机分配一对控制器，对应的燃油层设备分配到对应的磨煤机控制站，燃油跳闸及火焰丧失条件通过控制站间网络变量最终在MFT控制站内进行逻辑判断。

(3) 再热器保护动作

再热器保护动作涉及的判断信号，高压、中压主汽门及调门已关信号直接分配进入MFT控制站，高旁及低旁已关信号在旁路控制站逻辑判断完毕后，通过三个DO点送至MFT控制站，再进行三取二逻辑判断。

在MFT控制站中逻辑判断，当锅炉总燃料量（网络变量）大于20%BMCR时，以下条件“或”触发

MFT动作。

- 高压主汽门或调门全关，且高旁阀全关；
- 中压主汽门或调门全关，且低旁阀全关。

(4) 汽机跳闸

汽机已跳闸信号三个直接分配进入MFT控制站，逻辑进行三取二判断，以下条件“或”触发MFT动作。

- 机组负荷（网络变量）小于350MW且旁路门（高旁或低旁）全关，延时10s；
- 机组负荷（网络变量）大于350MW，延时释放10s。

3.5 操作台MFT按钮触发

为防止操作台按钮误动，操作台手动MFT按钮采用双按钮“与门”设置，每个按钮设置八个常开触点，分别用于以下回路：

- (1) 手动MFT按钮至DCS反馈事件顺序记录(Sequence of Event, SOE)信号；
- (2) 手动MFT按钮至DCS反馈信号1、2、3；
- (3) 手动MFT按钮至MFT继电器跳闸A回路，四副常开触点，在MFT继电器柜内通过端子短接实现“并-串-并”，即两个操作按钮各自两副触点并联后的串联信号。

对于手动MFT按钮触发中，软逻辑采用“三取二”的表决方式，硬回路采用“并-串-并”接线方式，降低了误动和拒动发生的概率，从而提高了系统可靠性。如图3所示。

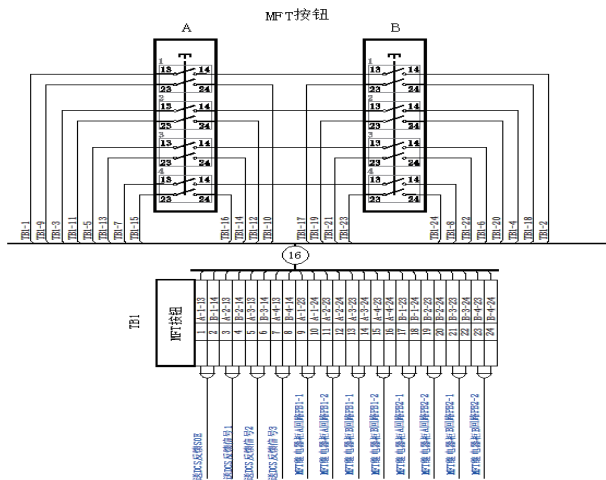


图3 操作台MFT按钮接线

3.6 FSSS失电触发MFT

当DCS系统的MFT控制站两路电源均故障后，通

过DCS系统逻辑端无法触发MFT主保护动作，如果继续运行下去，可能造成非常严重的后果。图1中1YJ及2YJ分别监视FSSS控制站2路220VAC电源进线，将两个电源监视继电器的常闭点串联，分别作用于冗余的A/B回路，直接触发MFT继电器动作。当1YJ及2YJ两个电源监视继电器均失电，MFT继电器硬回路动作。

对此还有一种做法，使用MFT控制站触发MFT继电器柜动作的DO点取常闭触点，MFT逻辑出口取逻辑反，机组正常运行时，DO通道为发“TRUE”，使DO接线板上的继电器一直处于得电状态。控制站内配备了两块冗余220VAC转24VDC现场电源模块，经整流后形成冗余的24VDC电源，提供给柜内DO接线板动作电源，当柜内两块冗余的220VAC转24VDC现场电源模块均故障，DO通道因线圈电源24VDC失去，触点闭合从而触发MFT继电器柜内继电器动作。相当于MFT控制柜内两块现场电源模块故障触发MFT保护动作，但是对于柜内其他电源，系统电源和查询电源缺少手段，例如：当两块查询电源模块均故障后，很多通过柜间硬接线接入的触发MFT的DI信号，同样也无法检测到。由于通过机柜内K-BUS02对柜内每块电源模块工作状态进行实时进行监视，一旦有电源模块故障可立即进行报警，提示检修人员进行维修处理。另外，当采用使用DO接线端子板常闭点的方式，接收跳闸信号的2块DI模块或者输出MFT跳闸的2块DO模块故障时，对于DI点无法接收MFT动作条件；DO模块故障时，其接线板的继电器会被释放，从而触发MFT动作。因此对类似MFT主保护逻辑设计已经采用了“三取二”及冗余等设计方案，可以保证单个故障点发生时，系统及时发出报警，提示检修及时处理，同时不影响逻辑正常判断。所以不建议采用使用DO接线端子板常闭点作为FSSS失电触发MFT动作的触发设计回路。

4 MFT继电器柜动作接口设计

和利时MFT继电器柜采用冗余动作A/B回路，当A/B回路任一路回路继电器动作，都会跳闸燃料（煤粉、燃油）设备，同时提供跳闸信号至SOE及相关的控制器。对于常开点回路，输出继电器取常开点，将A/B回路输出继电器并联作用于就地设备；对于常闭点回路，输出继电器取常闭点，将A/B回路输出继电器串联作用于就地设备。

MFT跳闸送出信号清单如表1所示。

表1 MFT跳闸送出信号清单

序号	动作设备清单	触点类型	电压等级
1	磨煤机A-F	NO	220VDC
2	给煤机A-F	NC	220VAC
3	磨煤机A-F一次风总风门	NO	220VAC
4	一次风机A/B	NO	220VDC
5	燃油供油快关阀	NC	220VAC
6	燃油回油快关阀	NC	220VAC
7	锅炉燃油就地点火柜A-F	NO	220VAC
8	过热器喷水减温总管电动阀1/2	NO	220VAC
9	再热器喷水减温总管电动阀	NO	220VAC
10	MFT停电除尘A 1/2/3	NO	
11	MFT停电除尘B 1/2/3	NO	
12	MFT至ETS 1/2/3	NO	
13	MFT至脱硫 1/2	NO	
14	MFT至脱硝 1/2	NO	
15	MFT至MEH 1/2/3	NO	
16	相关控制站……	NO	

4.1 输出回路交流与直流回路分开

MFT继电器柜输出继电器“跳闸”指令直接作用于就地设备的控制回路，而就地设备控制回路的控制电压有高压电机直流控制回路的110/220VDC（如一次风机、磨煤机等设备）、交流控制回路220VAC（如给煤机、磨煤机出口门、油角阀等设备），所以在MFT继电器柜内接线端子上存在交流与直流共存的现象。根据二十五项反措“9.1.13 交、直流电源开关和接线端子应分开布置，直流电源开关和接线端子应有明显的标示”的要求，MFT继电器柜输出至就地设备的回路端子，分别粘贴标签端子，同时将直流与交流端子排从空间上进行分开布置。如图4所示。

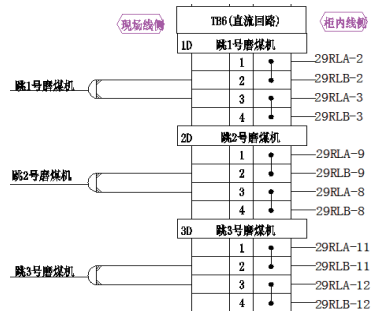


图4 MFT继电器柜直流回路端子排

5 MFT复位逻辑设计

MFT继电器柜A/B冗余回路分别将已动作信号、电

源正常信号送入MFT控制站，用于监视MFT继电器柜的状态。保证每次MFT跳闸时，A/B冗余继电器回路均动作，电源状态做到有效监控。如图5所示。

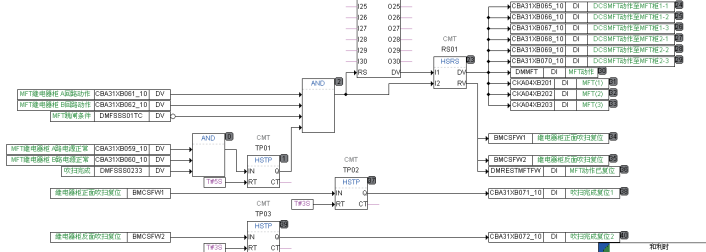


图5 MFT触发及复位逻辑

MFT继电器复位条件为（以下条件and）：

- (1) MFT继电器柜A回路已动作；
- (2) MFT继电器柜B回路已动作；
- (3) MFT继电器柜A路电源正常；
- (4) MFT继电器柜B路电源正常；
- (5) 无MFT跳闸条件；
- (6) 锅炉吹扫完成，脉冲5s。

6 结语

- (1) 将MFT主保护动作系统作为研究对象，将触发MFT的信号及信号的传递均采用三取二的判断方式，提高系统容错能力，防止系统误动及拒动的可能；
- (2) MFT继电器柜硬回路及电源设计均采用冗余设计，防止拒动的发生；
- (3) 从多个角度出发，分析信号的产生到信号传递及触发整个回路，解决存在的“单点保护”的问题；
- (4) 通过优化硬件及逻辑设计，增强了系统自检能力。
- (5) 通过对MFT电源、触发条件、测点分站，信号处理，接口设计等方面设计优化，使MFT主保护动作整体设计应用得到进一步提高，保证了机组设备的运行安全。AP

作者简介：

吴松涛（1983-），男，吉林敦化人，工程师，学士，现就职于杭州和利时自动化有限公司，主要从事火电厂热控自动化系统方面的设计、调试和应用研究。

贾焕忠（1970-），男，河北邢台人，工程师，现就职于杭州和利时自动化有限公司，从事控制系统设计及应用研究。