

# 循环流化床锅炉FSSS系统BT保护优化研究

郝杰

国能亿利能源有限责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

**摘要:** 随着DCS控制系统在火力发电厂生产中广泛应用,自动化水平得到大幅度提升,但在生产中伴随DCS系统运行中的故障影响也时有发生,对发电设备的安全稳定运行仍然存在较大的风险,要求DCS系统软逻辑保护的可靠的同时也要求具备独立于DCS以外的硬手操保护作为后备应急手段。本文结合某电厂FSSS系统运行存在的实际情况分析,并提出解决方法。

**关键词:** DCS; FSSS; 安全; 可靠

国能亿利能源有限责任公司电厂4×200MW火力发电机组,工程采用采用(CFB)循环流化床锅炉、直接空冷凝汽式汽轮机、发电机采用空气冷却方式。发电机组DCS系统采用北京国电智深公司生产的EDPF NT PLUS系统,包括单元制机组控制系统和单元公用系统控制网。单元机组控制部分包括数据采集监视系统(DAS)、顺序控制系统(SCS)、自动调节系统(MCS)、炉膛安全监控系统(FSSS)及电气控制系统(ECS)等,公用系统控制网与两台单元机组的通讯总线网络相连,能通过任一单元机组的DCS操作站实现对公用系统设备进行监控,公用系统主要有厂用压缩空气控制系统、启备变电源系统组成。依据《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》、《分散控制系统(DCS)失灵应急处置预案》,为了保证在机组DCS分散控制系统失灵(系统全部电源失去、控制系统网络阻塞等)状态具有可靠地的后备硬手操功能,在分散控制系统失灵以及无可靠的后备操作监视手段时运行人员可通过硬手操设备立即停机、停炉,防止事故扩大,避免设备损坏事件的发生,对锅炉FSSS系统BT保护硬回路进行优化完善,增加锅炉BT连锁风机跳闸硬回路控制功能。

炉膛安全监控系统(Furnace Safeguard Supervisory System),即FSSS系统,也称燃烧器管理系统(Burner Management System)。FSSS系统保证锅炉燃烧系统中所有设备按规定操作顺序运行,按具体条件安全启动和停止,并能在危险工况下迅速切断进入锅炉炉膛的全部燃料(包括油和煤),防止锅炉爆燃引发爆炸等破坏性事故发生,以保证炉膛安全的保护和控制安全。FSSS系统由两个部分组成,燃烧器控制管理系统BCS(Burner Control System)和炉膛安全保护系统FSS(Furnace Safeguard System)。<sup>[1]</sup>

(1) 燃烧器控制系统BCS功能: 实现锅炉燃烧系统的

设备监控,保证点火系统,油枪和磨组系统的安全运行和启动、停止控制。一般配有6台给煤机(磨煤机);点火油枪采用高能点火器点燃,火焰检测采用单燃烧器独立检测,每支燃烧器设置有两种火焰监测装置。

(2) 炉膛安全系统FSS功能: 在锅炉启动前和停炉后对炉膛内部进行通风吹扫,防止油燃料或者煤燃料等在炉膛集聚。在触发到危及人身、设备安全的工作情况时,触发主燃料跳闸(即MFT),快速切断煤和油燃料,紧急停止锅炉运行。

(3) FSSS的控制逻辑功能包括几方面: 油泄漏试验、炉膛通风吹扫、燃油投切管理、燃煤控制、燃料跳闸。<sup>[2]</sup>

## 1) 油泄漏试验

检验泄漏至关重要,防止阀门内漏造成重大影响。所以在锅炉进行炉膛吹扫前必须做油泄露试验,检查油跳闸阀和油回油阀或油燃烧器油阀是否泄露,以保证在阀关闭时无油漏入炉膛。

## 2) 炉膛吹扫

锅炉停运后,在炉膛里会积聚燃料混合物,所以在锅炉启动点火前要向炉膛通入足够的风量,把可燃混合气体稀释,以防止在点火时锅炉内发生爆燃。

## 3) 燃油控制

当炉膛吹扫完成后,需要进行锅炉点火,由于燃油的着火点低,在启动点火中通过燃油控制实现点火与暖炉,在燃烧不稳定时也能起到稳燃作用。

## 4) 燃煤控制

当锅炉已经用油点火及暖炉,在满足一定条件下,可以投入煤粉,进行燃煤控制。

## 5) 燃料跳闸控制

燃料跳闸分为主燃料跳闸(MFT)和油燃料跳闸(OFT)。

主燃料跳闸(MFT)是FSSS系统中最核心的安全保护功能,当出现设计危及锅炉安全运行时工况时,触发MFT动作,快速切断所有进入炉膛的燃料(油和煤),实现紧急停炉停机的目的,以保证设备安全,避免事故发生。同时,保护逻辑均具有首出显示的提示功能,将引起主燃料跳闸的第一原因记忆并在电脑画面上显示,为故障分析提供了直观的作用。

油燃料跳闸即OFT的功能是当锅炉低负荷系统出现故障或锅炉主燃料跳闸时,迅速切断燃油的供给,防止扩大事故造成设备损坏。OFT发生后,系统中油控跳闸阀、供油调节阀和回油阀迅速关闭,所有燃烧油枪同时退出运行。重新启动需再次进行燃油泄漏试验成功后,如MFT信号未触发,OFT已复归,跳闸阀方可重新打开。<sup>[3]</sup>

OFT触发条件:

- (1) MFT。
- (2) 两台燃油泵全停。
- (3) 燃油跳闸阀异常。
- (4) 燃油跳闸阀关闭或开故障。
- (5) 燃油压力低低值( $\leq 0.3\text{MPa}$ )。
- (6) 燃油枪雾化蒸汽压力低低值( $\leq 0.3\text{MPa}$ )。
- (7) OFT手动打闸。
- (8) MFT复归与燃油泄漏试验完成,油跳闸阀全开后又关闭。

(9) 燃油枪跳闸阀在全开,任一组油枪油控制阀未关闭且该组任一油枪检测无火焰延时20秒。

(10) 燃油跳闸阀全开,所有油枪退出或跳闸且任一油控制阀未关,延时2秒。

(11) OFT继电器已动作。

本文中原锅炉安全监控系统(FSSS)中分别配置有锅炉主燃料跳闸MFT保护和锅炉BT保护,锅炉主燃料跳闸设联动设备分别设计配置了软回路(DCS控制逻辑)和硬接线控制回路(MFT跳闸),具体包括以下保护:

#### 1 锅炉主燃料跳闸 MFT 保护:

- 1) BT动作
- 2) 床温高保护(延时3秒)
- 3) 床温低保护且机组功率大于30%(延时3秒)
- 4) 炉膛压力低低
- 5) 炉膛压力高高
- 6) 炉膛总风量 $< 25\%$ (延时2s)
- 7) 一次风量流量低越限(延时30s)
- 8) 锅炉炉膛安全监控系统电源失电
- 9) 汽机跳闸且机组功率 $> 30\%$

#### 1.1 锅炉主燃料跳闸联跳以下设备:

- 1) 停止A、B、C、D、E、F给煤机的运行
- 2) 关闭A、B、C、D、E、F油角阀
- 3) 停止A、B、C、D冷渣器的运行
- 4) 关闭炉前供、回油快关阀
- 5) 关闭过热器、再热器减温水调门/电动总门
- 6) 送信号到吹灰系统(停运吹灰程控)

#### 1.2 MFT跳闸DCS控制软逻辑联动的设备

1) 送三个开关量信号MFT1、MFT2、MFT3到FSSS跳闸柜(三取二)

2) A、B、C、D、E、F给煤机切手动,并停止运行

3) 关闭A、B、C、D、E、F油角阀,并禁止油角阀吹扫

4) 停止A、B、C、D冷渣器的运行

5) 关闭炉前供、回油快关阀

6) 关闭过热器、再热器减温水调门、电动总门

7) 关闭吹灰气源总门,禁止吹灰,吹灰程序复归

8) 联锁石灰石给料机跳闸

9) MFT“与”汽包水位高IV值“或”主再热汽温下降速率超限联锁汽轮机跳闸

MFT动作后机组自动切手动的有:一次风机变频控制切手动、左右侧再热器烟气挡板切手动、AB引风机入口挡板切手动、汽机主控切手动。

#### 2 锅炉 BT 保护:

- 1) 手动锅炉跳闸
- 2) 一次风机全停(延时2s)
- 3) 二次风机全停(延时60s)
- 4) 引风机全停(延时2s)
- 5) 流化风机全停(延时30s)
- 6) 炉膛压力低三值
- 7) 炉膛压力高三值
- 8) 汽包水位高三值
- 9) 汽包水位低三值

锅炉BT联锁跳闸设备:

- 1) 一次风机跳闸
- 2) 二次风机跳闸
- 3) 跳一台电流大引风机
- 4) 锅炉MFT动作

目前锅炉BT保护跳闸联动设备只设计配置了软回路控制回路,在机组DCS分散控制系统发生系统风险包括DCS系统全部电源失去、DCS系统核心控制网络阻塞等恶劣情况下,通过硬手操操作盘上的手动操作按钮只能触发MFT(锅炉主燃料跳闸)硬回路跳闸,无法实现BT(锅炉跳闸)保护。因为DCS分散控制系统发生系统风

险，锅炉主燃料跳闸MFT其他相关连锁和锅炉BT保护软回路控制逻辑会因DCS控制系统失电死机、系统信号网络变量传输中断等情况将失效，无法联动锅炉MFT保护相关连锁和锅炉BT保护及相关的设备联动，给设备安全运行带来了隐患。为保证在DCS分散控制系统发生系统风险时，包括DCS系统全部电源失去、DCS系统核心控制网络阻塞等恶劣情况下，通过硬手操按钮可以将锅炉引风机、一次风机、二次风机、高流风机也能安全停运增加硬回路的优化功能。<sup>[4]</sup>

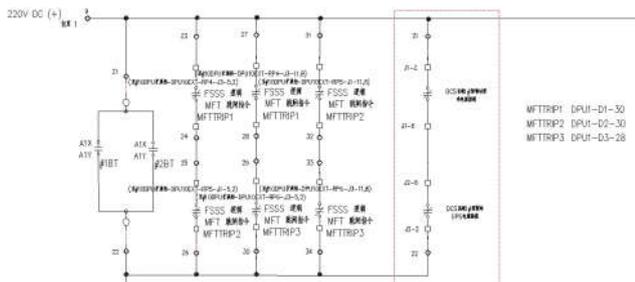


图1 BT主接线回路

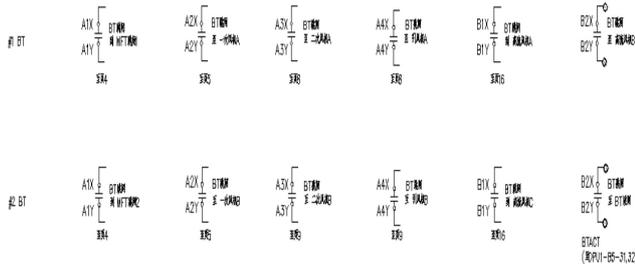


图2 改造后BT回路接点配置

通过优化完善的锅炉BT保护硬接线回路控制，增加了锅炉手动BT硬回路控制功能及锅炉BT连锁风机跳闸硬回路控制功能。具体优化配置方案如下：

保留原锅炉主燃料跳闸MFT所有联动设备控制功能，主要包括停运所有给煤机（主燃料CFB锅炉无磨煤机），关闭油角阀，关闭供油、回油快关阀，停运冷渣器，关闭过热器、再热器减温水调门电动总门，停运吹灰程控；增加锅炉BT保护硬接线控制回路，加装2台AB系列700DC-P800Z2直流接触器，分别作为锅炉BT保护跳闸继电器1、2；取消原锅炉主燃料跳闸回路中手动MFT控制信号，将手动MFT控制信号接入锅炉BT保护硬接线控制回路，实现锅炉BT保护硬手操手动BT控制功能，同时分别取锅炉BT保护跳闸继电器1、2两对开接点（A1X、A1Y）经并联后接入原手动MFT跳闸控制回路中，以实现锅炉BT动作连锁锅炉MFT动作硬回路控制功能；<sup>[5]</sup>分别将原未使用的锅炉主燃料跳闸MFT跳闸继电器上的一次风机、二次风机、引风机、高压流化风机跳闸信号接线，依据A、B侧的配置原则分别接入锅炉BT保护跳闸继

电1、2端子上，BT跳闸继电器输出端子分配：

BT #1跳闸继电器：

- 1) A1X、A1Y：锅炉MFT1
- 2) A2X、A2Y：一次风机A
- 3) A3X、A3Y：二次风机A
- 4) A4X、A4Y：引风机A
- 5) B1X、B1Y：高压流化风机A
- 6) B2X、B2Y：高压流化风机B
- 7) B3X、B3Y：备用
- 8) B4X、B4Y：备用

BT 2#跳闸继电器

- 1) A1X、A1Y：锅炉MFT2
- 2) A2X、A2Y：一次风机B
- 3) A3X、A3Y：二次风机B
- 4) A4X、A4Y：引风机B
- 5) B1X、B1Y：高压流化风机C
- 6) B2X、B2Y：锅炉BT动作
- 7) B3X、B3Y：备用
- 8) B4X、B4Y：备用

分别将锅炉BT跳闸继电器跳闸信号触点并入相对应的原一次风机、二次风机、引风机、高压流化风机跳闸控制回路中，实现锅炉手动BT硬回路连锁风机跳闸控制功能。在DCS系统锅炉MFT控制回路及监控画面增加手动MFT控制软按钮，并增加延时确认功能，防止人员误操作。

通过对BT保护硬跳闸回路优化后的动态试验，动作正确，实现了机组在DCS系统全部电源失去、DCS系统核心控制网络阻塞等恶劣情况失去监控功能时，任然可以安全的停止锅炉主燃料、一次风机、二次风机、引风机、高压流化风机及相关辅助系统的运行，锅炉BT保护和锅炉主燃料跳闸MFT保护仍可以对设备实现有效控制，实现了安全停炉的目的。

参考文献

- [1] 《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》2023
- [2] 《火力发电厂热工控制系统设计技术规定》DL/T 5175
- [3] 《分散控制系统（DCS）失灵应急处置预案》2023版
- [4] 《发电厂热工仪表及控制系统技术监督导则》DL\_T\_1056
- [5] 《火力发电厂热工自动化系统检修运行维护规程》DL\_T\_774