

国产600 MW 超临界直流机组实现FCB 功能的可行性研究

罗志浩, 尹 峰, 陈小强, 李 泉

(浙江省电力试验研究院, 杭州 310014)

摘 要: 目前国产600 MW 超临界直流机组在设计时普遍不考虑快速切负荷(FCB :Fast Cut Back)功能。通过对国内进口机组的调研和对浙能兰溪发电厂3号机组主辅设备的可行性研究, 分析了国产机组实现FCB 功能的难点, 指出实现FCB 的关键是FCB 信号的正确启动和传递、机组发生FCB 后汽机转速的准确控制及小机汽源的稳定、锅炉的低负荷稳燃及FCB 后的汽压疏导。通过对机组各个系统的控制策略完善, 优化设备联锁关系, 对机组的运行调节控制方式及试验风险进行了正确评价, 通过可行性研究为该机组实现FCB 功能和进行功能试验提供理论支持。

关键词: 600 MW ; 直流机组 ; FCB ; 可行性 ; 研究

中图分类号: TK323

文献标识码: A

文章编号: 1007 -1881(2009)01 -0016 -04

Feasibility Study of FCB on Supercritical Unit Made Inland

LUO Zhihao , YIN Feng , CHEN Xiaoqiang , LI Quan

(Zhejiang Electric Power Test and Research Institute , Hangzhou 310014 , China)

Abstract : The function of FCB on supercritical unit made inland isn't always considered in project design . This paper analyze the capabilities of main devices and proper difficulties to realize FCB in detail . At the same time , perfect control strategy of FCB wholly . The feasibility research on FCB will be the well knit support to FCB function realization and venture evaluation .

Key words : 600 MW ; once through unit ; FCB feasibility ; study

0 概述

FCB 是指机组在高于某一负荷定值运行时, 因内部或外部电网故障与电网解列, 瞬间甩掉全部对外供电负荷, 但未发生锅炉 MFT 的情况下, 用以维持发电机解列带厂用电或停机不停炉的自动控制功能。由于对 FCB 在电厂运行中所起作用的定位存在不同意见, 以及顾虑快速减负荷对机炉设备安全性的影响, 长期以来只有部分进口机组设计了 FCB 功能, 并且完成实际试验的也很少, 生产上成功应用的更是屈指可数。国内国产600 MW 机组尚未有实现FCB 功能的先例。随着国内制造业的快速发展, 国产600 MW 超临界直流机组的市场份额将越来越大, 为确保机组的安全停运以及电网大面积事故时“星星之火”的保存, 应全面认识FCB 功能的价值:

(1) 有利于降低电网事故损失: 因电网故障

造成发电厂机组解列, 如果电厂具备发电机解列带厂用电能力, 将有助于电网在最短时间内恢复正常, 其社会效益无法用简单的数字来估量。

(2) 有利于保护机组安全: FCB 能够在控制机组脱离濒临全停的过程中保证热力参数不超过安全定值, 维持预定的系统运行, 给电厂带来更多的安全。

(3) 有利于降低运行成本: 在事故性质方面, 与 MFT 相比, FCB 的触发条件属于存在处理机会的故障, 停机不停炉或发电机解列带厂用电都维持着较高的运行参数, 事故原因一经确认、消除, 机组在热态下重新启动升负荷可节省大量时间和能耗, 对降低运行成本十分有益。

(4) 有利于延长设备寿命: 热力机械寿命计算基本上是以金属应力变化幅度和次数作为依据, 应力是温度的函数。锅炉极端的变工况应该是满负荷时突然发生 MFT, 温度变化幅度最

大,如果不设计FCB 功能,那么发生FCB 的条件毫无疑问会引起锅炉MFT,金属应力变化幅度和次数肯定增加,有损设备性能。而成功的FCB,使锅炉热力参数运行在设计允许范围内,降低了设备损耗,等同于延长了机组使用寿命。

因此,对机组FCB 功能的研究特别是超临界国产机组的FCB 功能研究显得有特别的意义。

1 机组设备配置

兰溪发电厂是浙西南电网负荷中心的大型骨干支撑电源,可满足浙江电网特别是浙西南地区快速增长的电力需求,对改善电网的运行状况,提高电网运行的安全性、经济性、可靠性,特别是优化浙西地区的电源结构具有十分重要的意义,2008 年的雪灾充分证实了建设这一骨干电源的必要性,同时也提出了机组实现FCB 功能的紧迫性。该机组实现FCB 功能,希望达到当系统原因(双龙变故障或两条500 kV 出线故障)造成500 kV 母线全停,通过“零功率出口”,实现FCB 功能,将机组迅速转为只带厂用电的“孤岛运行”,一旦系统恢复,就能马上使机组并入系统运行。

兰溪发电厂3号机组为600 MW 超临界燃煤机组,锅炉采用北京巴威公司制造的超临界、中间再热螺旋炉膛直流锅炉,型号为B & WB - 1903 /25.40 - M。采用正压直吹MPS 中速磨制粉系统,前后对冲燃烧方式,并配置36 只低NO_x 双调风旋流煤粉燃烧器,燃烧器上层前后各配8 个OFA 风门。露天戴帽布置,喷燃器以下紧身封闭。在尾部竖井下设置2 台豪顿华三分仓空气预热器,燃用具有中等结渣性的烟煤,机组配有带启动循环泵的启动系统。汽机采用东方汽轮机厂生产的中间再热凝汽式汽轮机,机组型号为N600 - 24.2 /566 /566。汽机高低压旁路系统采用两级串联旁路,高旁容量是在额定压力和温度下的40 %BMCR 流量,低旁容量是40 %BMCR 流量加高旁额定减温水流量。高压加热器采用大旁路系统。给水系统采用2 台容量为50 %的汽动给水泵和1 台30 %的电动给水泵。除氧器可滑压运行。凝汽器为单流程双背压,高低压凝汽器各配2 台50 %容量的机械真空泵。仪控设备采用北京ABB Bailey 控制有限公司制造的Symphony

控制系统。

机组调试阶段经过性能试验和调整,机组自动调节品质已达到标准要求,在机组移交生产运行后,对各套自动品质进行了优化。机组在调试阶段共进行了如下RB 试验:燃料RB、送引风机RB、一次风机RB、给水泵RB(电泵不启)、给水泵RB(电泵启)。机组在调试阶段进行了50 %、100 %甩负荷试验,并取得了成功。

主设备的可控性好坏基本决定了机组能否实现FCB 功能。为实现机组的FCB 功能,机组主设备的可控性应能满足调节功能的需求。

2 FCB 研究重点

2.1 FCB 动作后的炉压力飞升超压

3 号机组配有2 个电磁泄压阀,总排放量316.4 t/h;3 个分离器安全门,总排放量775.5 t/h;2 个再热器出口安全门,排放量301.9 t/h。汽机高低压旁路系统采用两级串联旁路,即使在机组处于600 MW 的满负荷状态下,也可以通过高低旁和电磁泄压阀排放多余工质。当机组FCB 动作时,通过打开锅炉过热器PCV 阀快速排汽泄压;快开汽轮机高压和低压旁路,使蒸汽减温降压,解决锅炉压力飞升超压。需在停机后修改过热器安全门和分离器安全门定值。FCB 动作后,主汽压力由旁路进行控制,控制设定值采用锅炉燃料量对应值。

2.2 FCB 动作后的锅炉快速减热负荷

兰溪发电厂所有机组的各项RB 试验都已成功,在RB 过程中,各主参数控制品质优良。然而,机组FCB 过程中,由于旁路配置为40 %BM - CR 流量,需要锅炉快速减热负荷到40 %以下。考虑到机组特性,FCB 动作后保持2 台磨煤机运行,锅炉指令超弛给定35 %。投入跳闸磨煤机的对应层油枪。根据机组RB 试验的经验,考虑到锅炉负荷指令突降,炉膛压力波动较大,炉内燃烧工况极不稳定的原因,在机组满负荷FCB 过程中,跳磨间隔时间设置为5 s。

2.3 DEH 转速控制

当FCB 发生后,机组转速快速上升,机组PLU 动作(功率负荷不平衡保护,当汽轮机负荷瞬间减少,变化率大于4 %/ms 且功率与负荷的差值大于40 %额定负荷),通过CV、IV 的快关

电磁阀将CV、IV快速关闭,以防止汽机超速,此时调速器设定值(GOV SET)为零。不平衡信号消失后,调门开启维持汽机3 000 r/min运行。当机组转速大于3 060 r/min,加速度大于49 r/min²时加速度继电器动作,快关中压调门,抑制汽轮机的转速飞升。

因DEH系统在机组带负荷状态无汽机转速闭环控制,如采用发电机出口开关合闸信号作为机组带负荷的标志,当DEH系统收到发电机出口开关合闸信号,DEH将从转速控制转变成负荷控制。因此需要改进控制策略,增加FCB工况下的DEH转速闭环控制,控制汽轮机转速在3 000 r/min。

2.4 FCB 动作后工质的补充

机组FCB动作后,由于锅炉的热惯性和燃料系统的延时性,锅炉热负荷降到50%仍需要一定时间。在此阶段,多余蒸汽只能通过过热汽安全门以及电磁泄放阀排向大气。客观上造成一定程度的工质循环不平衡。

低压旁路打开后,所用减温水取自凝结水泵出口,流量很大。因此,为维持凝汽器的水位相对平稳,应设计FCB过程中联锁启动备用凝结水输水泵,以增加机组在FCB工况下的补水能力。

2.5 FCB 动作后汽动给水泵汽源切换

正常运行时,汽动给水泵的汽源取自汽轮机四级抽汽,汽轮机甩负荷后,抽汽压力迅速跌落。此时若紧急启动电动给水泵,由于带液力耦合调速装置的电动给水泵启动时间长达10多s,而此时直流锅炉煤水比平衡的迅速破坏将导致锅炉MFT。要使汽动给水泵维持正常运行,必须迅速将其切到备用汽源。汽动给水泵的备用汽源由本机冷再(再热器冷端)供给。由于高压旁路快速开启,机组冷再蒸汽依然存在。因此,有必要对小机的高低压调门实现变重叠度的优化控制。

2.6 三大主机之间的反向逻辑设计

机组原设计的机、电、炉大联锁具备正向和反向功能,即:锅炉MFT动作联锁汽机ETS动作、汽机ETS动作联锁发变组保护动作;发变组保护动作联锁汽机ETS动作,汽机ETS动作联锁锅炉MFT动作(负荷大于40%)。

根据机组FCB功能实现的目标,在原发变

组保护动作联锁汽机ETS的信号中,需要启动在电气侧屏蔽FCB的保护类型。启动FCB功能时取消汽机ETS动作联锁锅炉MFT动作逻辑。

2.7 启动FCB 电气信号的设计

FCB信号需反映机组的突然甩负荷,目前每台机组装有2套零功率切机装置,动作于停机。利用零功率作为FCB信号,能较好地实现设计目的,当对侧双龙变发生严重故障或2条500 kV出线故障时,造成2条500 kV出线突然送不出负荷时,零功率装置判断零功率,启动FCB,机组迅速转为只带厂用电的“孤岛运行”。但需解决如下2个问题:

(1)主变的2个500 kV开关可能还在合位,需设计相应回路以跳开主变开关。

(2)励磁调节器的配合问题。系统故障时,机组突然甩负荷,由于此时发电机并没有解列,故启动调节器初始给定值置位功能不起作用,将造成发电机严重过电压。

根据上述分析的零功率的几种可能情况,可设计如下系统故障判断逻辑。

当零功率动作而发电机开关、汽机主汽门均正常时,则肯定是系统原因造成机组甩负荷,故可启动500 kV开关跳闸;当判断出系统故障时,通过出口继电器的常闭接点,断开发电机并网信号回路,达到启动励磁调节器初始给定值置位功能,防止发电机过电压。系统故障逻辑判断见图1。

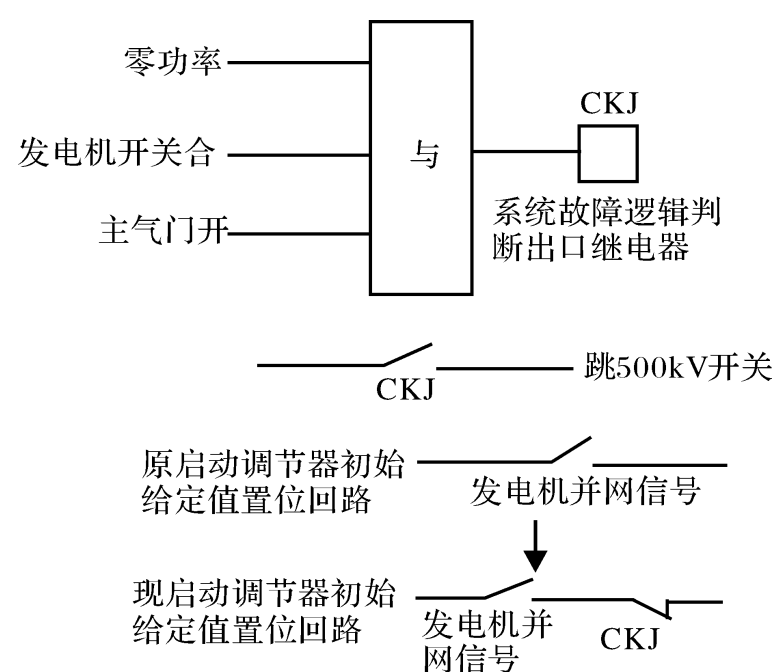


图1 系统故障判断逻辑示意图

3 机组实现FCB 需改造的项目

兰溪发电厂要实现FCB功能,需要完成以下几项改造。

3.1 FCB 信号组成

由零功率信号、发电机开关合以及主汽门开信号与成电气FCB 信号，由电气FCB 信号发变组保护信号未发与成汽机FCB 信号。锅炉FCB 信号组成如图2 所示。

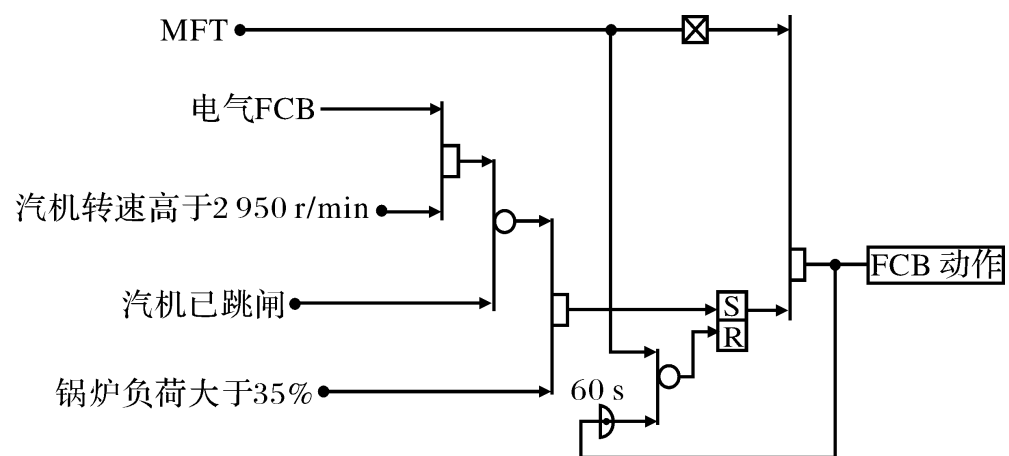


图2 锅炉FCB 判断逻辑示意图

3.2 MCS 的FCB 控制

FCB 发生时，锅炉降负荷率自动改变为200 %/min，负荷目标值自动改变为35 %，减水速率可适当放慢。

3.3 FSSS 的FCB 控制

FCB 发生时，立即从上至下顺序自动延时切除锅炉燃烧器，保留2 台磨煤机运行，投1 层油助燃，开脱硫旁路挡板，跳增压风机。

3.4 DEH 的FCB 控制

FCB 发生时，DEH 系统PLU 动作，瞬时快速关闭所有调节阀，ACC 动作快关中调门，CCS 控制方式自动切换为DEH 转速控制方式。转速目标值设定为3 000 r/min，维持机组转速3 000 r/min 运行。

3.5 BPS 的FCB 控制

FCB 发生时，汽机旁路系统自动全开，并投入FCB 方式下压力控制，控制压力为设定值（滑压参数），减温水自动。需要增加FCB 动作后，旁路修改逻辑到压力控制方式，压力设定值根据燃料量决定。同时要考虑高低旁的减温能力、通过旁路的工质回收、凝泵的工作能力及凝补水泵的工作能力。

3.6 SCS 的FCB 控制

FCB 发生时，快开2 个电磁泄压阀。当高旁全开信号消失后延时5 s，回座压力满足时自动关闭电磁泄压阀；FCB 发生后，屏蔽汽机ETS 动作联锁锅炉MFT 动作逻辑。

3.7 安全门定值完善

修改机组安全门定值，实现不同定值动作。

3.8 基础自动优化

(1)优化给水泵再循环控制逻辑，防止在给水量快速下降过程中再循环开启。

(2)根据燃料量进行风量控制，对FCB 工况下的风量控制采取一定的延时，以有利于锅炉负压的控制。

3.9 大联锁保护修改

(1)当锅炉FCB 信号发信时，屏蔽汽机ETS 动作联锁锅炉MFT 动作逻辑；

(2)当电气FCB 信号发信时，屏蔽发电机跳闸跳汽机ETS 动作逻辑。

3.10 小机汽源回路改进

改进小机汽源回路，将小机备用汽源的辅汽电动门改为气动门，使之具备快速开启功能。

3.11 励磁调节器初始给定值置位功能回路改进

设计相应回路，确保机组在500 kV 系统故障甩负荷时励磁调节器的初始给定值置位功能正确动作，防止机组发生过电压。

3.12 500 kV 开关并网同期装置及其回路的设计

当机组孤岛带厂用电运行时，若系统恢复，通过装在500 kV 开关控制回路上的自动同期装置实现并网。

4 试验过程

2008 年3 月，在3 号机组A 修后的启动过程中，进行了FCB 试验。当时主要运行参数为：A、B、D、F4 台磨煤机运行，负荷435 MW；总煤量191 t/h；发电机机端电压21.4 kV；主汽压19.02 MPa；主汽温543；再热汽温560；B 汽泵及电泵运行，电泵勺管开度58%，电泵流量650 t/h。

拉开系统500 kV 5031 开关，FCB 动作，高压调门迅速关闭，中调门迅速关闭后开至18%左右；汽机转速先上升，最高至3 101 r/min 后下降至最2 980 r/min，最后稳定在3 000 r/min；F、D 磨跳闸，A、B 层油枪自投正常，A、B 磨运行正常；总煤量维持在78 t/h；炉膛负压先降至最低-1.6 kPa 后上升至最高+0.38 kPa，然后恢复正常；高低压旁路快开；电磁泄压阀

(下转第44 页)

(上接第19页)

A、B快开，主汽压最高至19.7 MPa；主汽温最低至507.8℃，再热汽温最低至516.8℃；发电机机端电压维持在21.4 kV基本没有变化；除氧器水位由100 mm降至-98 mm后回升，热井水位由339 mm降至226 mm后回升。试验过程基本正常。

5 结语

通过对兰溪发电厂3号机组主辅设备的特性及实现FCB功能的难点分析，并通过局部改造和逻辑优化，实现了国产600 MW超临界机组的FCB功能，对其它国产机组实现FCB功能有一定的借鉴作用。试验证明，大型国产超临界直流机组实现FCB功能是完全可行的。

参考文献：

- [1] 姚金环.对FCB若干问题的探讨[J].中国电力,2005,40(5) 59-62.
- [2] 陈又申.电网故障与火电厂机组控制应对//全国火电大机组(300 MW级)竞赛第33届年会论文集[G].282-290.
- [3] 王立地.FCB功能的成功应用与一种新的实现方案[J].自动化仪表,2004,25(6) 48-52.
- [4] 冯伟忠.900 MW超临界机组FCB试验[J].中国电力,2005,38(2) 74-77.

收稿日期：2008-12-15

作者简介：罗志浩(1975-),男,浙江上虞人,工程师,从事电厂热控工作。

(本文编辑：龚皓)

欢迎刊登广告