

· 热工专业 ·

俄制 500 MW 超临界汽轮机 DEH 改造

邓金波

(天津国华盘山发电有限责任公司, 天津蓟县 301900)

摘要:天津国华盘山发电有限责任公司 500 MW 超临界汽轮机原系统属于电液联合控制,其系统功能和控制精度均存在不足。2007 年利用大修的机会对调速系统进行了纯电调改造,为机组的协调控制及 AGC 功能的实现奠定了基础。

关键词:超临界汽轮机;DEH;协调控制;改造

中图分类号:TK325

文献标识码:B

文章编号:1003-9171(2007)增刊 2-0179-04

DEH Improvement of Russian 500 MW Supercritical Turbine

Deng Jin-bo

(Tianjin Guohua Panshan Power Generation Co. Ltd., Jixian 301900, China)

Abstract: The original governor system of 500 MW supercritical turbine in Tianjin Guohua Panshan Power Generation Co. Ltd. is the electro-hydraulic control system. There were defects in the system function and the control accuracy. The DEH improvement was implemented on the occasion of the capital repair of unit, it laid the foundation for the cooperative control of unit and the realization of the AGC function.

Key words: supercritical turbine; DEH; cooperative control; improvement

1 设备系统简介

天津国华盘山发电有限责任公司 1 号机组俄制 500 MW 超临界压力、单轴、凝汽式汽轮机,型号分别为 K-500-240-4,主蒸汽压力为 23.54 MPa,主蒸汽温度为 540℃。

1.1 汽轮机原调速系统状况

原俄制大功率超临界汽轮机的调速系统为电液共存调速系统(见图 1),可分为电气部分和液力部分。电气部分控制同步器电机,其主要作用是通过慢速控制系统(МКУ)和电液转换器快速动作机构(БКУ)控制机组的有功功率,改善汽轮机控制系统的动态特性。液力部分由高速弹性调速器、调速器滑阀组、中间滑阀和配汽机构油动机等组成。其主要作用是根据电气部分来的信号开启汽轮机的调节汽门,并具有一次调频的能力,当电气部分出现故障时,允许液力部分短时间运行。即汽轮机的控制环节都需要转换成二次控制油压的变化,再通过配汽机构完成各调门的开启

1.2 原俄制调速系统存在的主要问题

(1) 液调控制系统中存在着调速器、调速器

滑阀组和中间滑阀组等串联部分,这些环节中的任何一个出现问题都将造成整个系统故障,风险集中。

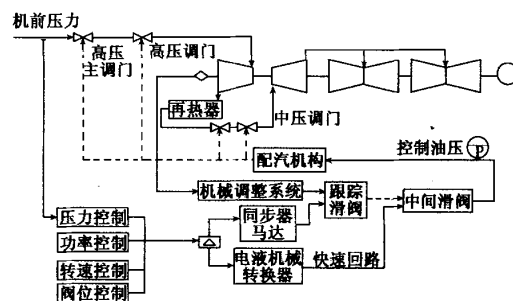


图 1 改造前调节系统图

(2) 机组调速系统管路错误的使用了碳钢管,使抗燃油老化速度加快,现在 1 号机组调速油质颜色发黑,管道腐蚀物严重威胁安全生产。

(3) 同步器存在卡涩、迟缓率大等问题。通过同步器电机经中间滑阀控制全部调门,控制精度低,负荷波动较大,制约 AGC 功能的实现。

(4) 中间滑阀调速器滑阀划伤,腐蚀和磨损等引起机组负荷大幅度摆动。

(5) 开放式油源油质难以控制,大量蒸汽的混入造成含水量的升高,对油质的理化指标控制较差。

(6) 抗燃油系统工作压力为4 MPa,系统庞大,机械液压装置结构复杂故障率较高,系统迟缓率大,检修困难、维护工作量大。

(7) 调速系统控制功能单一落后,单一顺阀切换,阀门活动试验、挂闸操作均需要现场人工操作。

2 俄制K-500-240-4型DEH改造工程

2.1 DEH系统改造工程系统总体设计

改造将原来的抗燃油系统改为高压抗燃油纯电调控制系统(简称DEH),系统工作油压为14.0 MPa,DEH控制系统采取一对一的方式来实现对机组的控制,即DEH发出的阀位控制指令通过10块LYF710A(阀门驱动)卡分别送到10个可调节型汽门(4个高压调节阀、4个中压调节阀和2个高压主汽阀)的电液伺服阀(MOOG阀)上;MOOG阀将电气信号转换成液压信号,驱动各油动机直接带动调节汽门的蒸汽阀头开启和关闭,减少了液压执行机构的环节,不仅从根本上解决了机械液压调节部套固有的弊病,提高了闭环阀位控制精度,控制由开环变为闭环,而且通过变换阀门的不同函数曲线实现了阀门管理,使机组运行的安全性和经济性得到有效的改善。

改造后采用一个独立的高压抗燃油供油装置。每一个进汽阀门均有一个执行机构控制其开关,其中中压主汽阀执行机构和三抽、四抽逆止门执行机构及热段排汽阀执行机构为开关型两位式执行机构,高压主汽阀执行机构、高、中压调节阀执行机构为伺服式执行机构,可以接受来自于DEH控制系统的 ± 40 mA的阀位控制信号,控制其开度,启动快排及厂用快排执行机构也为伺服式执行机构,但其控制信号是来自于DCS系统的4~20 mA的阀位信号。所有阀门执行机构的工作介质均为高压抗燃油,单侧进油,除热段排汽阀执行机构外所有阀门执行机构均靠液压力开启阀门,弹簧力关闭阀门。而热段排汽阀执行机构也是单侧进油,但其关闭时由液压力完成,开启阀门则由弹簧力完成。电液转换器采用MOOG公司生产的MOOG72(高压调节阀)、MOOG761伺服阀,

中压主汽门采用开关电磁阀进行控制。

控制系统硬件采用日立公司H5000M系统,伺服卡采用日立公司提供的LYF710A液压伺服控制模块,其他I/O模块与DCS系统模块通用。DEH系统的设计方案采用的是与DCS系统一体化的设计方案,DEH系统为环行网络上的一个站点,共同使用同一数据库,报警信息、操作信息、画面组态全部在原有基础上修改和增加。用以实现与DCS、等其它系统的数据交换,以便实现事故追忆、报表打印、生产管理等功能。使DEH/MEH系统所有信息全部融入到DCS系统中,保证完整性和一致性。

DEH控制系统具有较完善的硬件、软件自诊断功能,可检测出模板级、通道级的故障点。同时,DEH在自动方式下具备对高、中压主汽门及调节门进行在线试验的功能。

2.2 液压危急遮断系统

此次改造设计保留汽轮机的机械危急遮断系统,起机时首先通过挂闸电磁阀20/RS使危机遮断器滑阀复位,然后由DEH控制系统开启高压主汽阀,全开后,高、中压调节阀执行机构接受DEH的阀位指令信号开启相对应的蒸汽调节阀门,从而实现机组的启动、升速、并网带负荷。

在超速保护系统中布置有两个并联的超速保护电磁阀(20/OPC-1、2)当机组转速超过103%额定转速时或机组甩负荷时,该电磁阀带电动作,迅速关闭各调节汽门、抽汽逆止门,打开中压缸快速排汽,限制机组转速的进一步飞升,控制汽轮机维持并网转速。

在保安系统中保留原调速系统的两只飞锤式危急遮断器和危急遮断器滑阀,危急遮断器滑阀和危急遮断器杠杆的工作介质由原来的4 MPa的抗燃油改为1 MPa透平油,通过密封油管道供油,并重新设计和加工撞击子弹簧。当转速达到109%~110%(额定转速时,危急遮断器的撞击子飞出触动危急遮断器杠杆,压下危急遮断器滑阀,泄掉薄膜阀上腔的保安油,使EH系统危急遮断(AST)母管的油泄掉,从而关闭所有的进汽阀门,进而实现停机。除此以外在EH系统中还布置有4个2“或”1“与”的自动停机(20/AST-1、2、3、4)电磁阀,它们能接受汽机顺控系统汽轮机停机信号,工艺保护动作情况下遮断汽轮机。

3 改造后新系统的技术特点

3.1 使用与调整灵活、方便

经过改造后的汽机DEH控制系统的所有控制操作全部在操作员站上直接完成。逻辑中的相互闭锁,阀门的开启顺序,阀门之间的配比关系,高中缸之间配比关系等都可以在工程师站上进行便捷的修改。所有这一切只需要在静态条件下调整阀门伺服卡与阀门机械位移的对应关系即可。完全避免了以往需要调节各种油口面积来完成油动机位置改变的机械复杂工作。

3.2 启动方式程序化

改造后,机组的启动方式实现程序化,根据预先设计好的启动方式来进行选择,就可以按照此运行方式启动,而不需要进行任何人工干预,可以避免运行人员误操作。

主要控制方式有:高中压联合方式启动(高调门与中调门联合控制机组);中压缸启动(高压、中压主汽门开满,中压缸启动完成后后切换成高中压(GV/IV)联合控制方式)。

DEH主要控制汽轮机转速和功率,即从汽机挂闸、冲转、暖机、过临界、同期并网、带初负荷到带全负荷的整个过程,通过TV、GV、IV和RSV

实现,同时具备防止汽机超速的保护逻辑。

3.3 控制系统高的可靠性

改造后的DEH控制功能分别由2对冗余的R600 CH控制器实现,所有调节门均采用双支冗余LVTD进行开度测量,伺服控制模板均采用双回路输出,现场伺服阀采用冗余双线圈结构。控制系统网络采用双光纤冗余配置,在信号的处理方式上,重要信号均冗余配置并分配到不同的模板上,与汽机保护系统、协调系统的信号采用硬接线3冗余方式。

控制系统电源、电磁阀电源均采用输出二极管隔离,保证一路电源异常另一路无延迟供电设计。上述设计最大程度上保证了控制系统的安全,并全部高于国家标准。

3.4 丰富多样的控制功能

改造后汽轮机的所有控制均由DEH系统实现,设计和实现了中压缸预热、中压主汽门预热、高压主汽门预热等功能,启动阶段设计了高中压调速汽门、主汽门的严密性试验功能,机械超速试验、OPC超速试验、撞击子喷嘴试验等功能,各种功能完善可靠(见图2)。

3.5 完善的阀门管理

汽轮机的控制最终需要作用到各个阀门来实

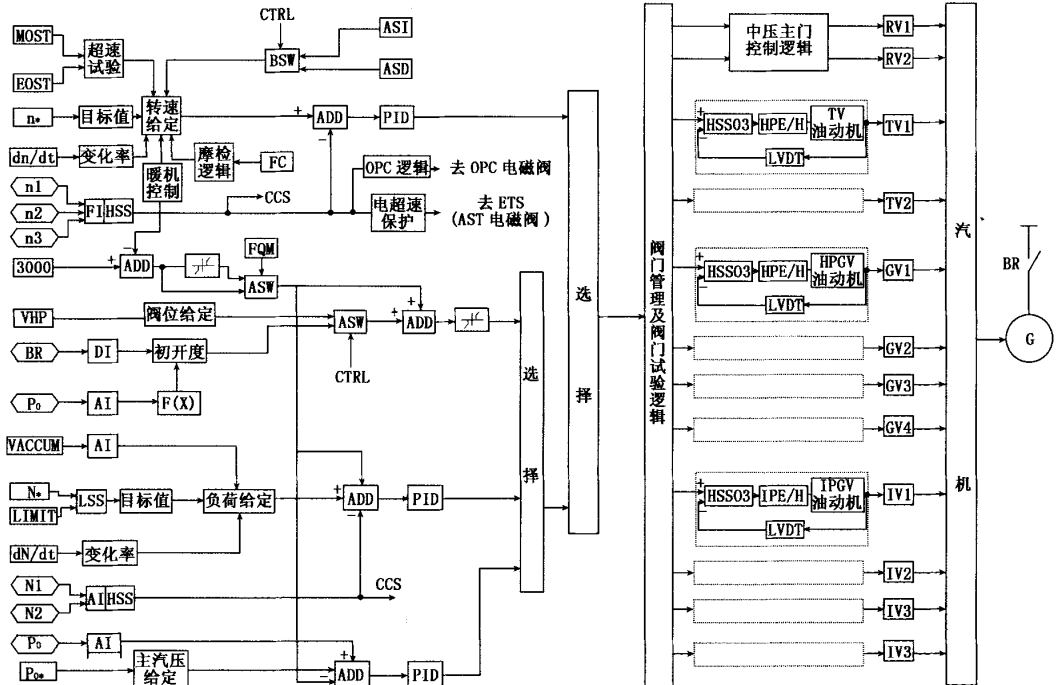


图3 DEH控制原理图

表1 调速系统改造前后技术参数对比

项目	改造前	改造后
油质	开式循环,难以控制	闭式循环,油质易于管理
配汽形式	固定,喷嘴调节	可调,喷嘴调节/节流调节
执行机构	采用杠杆和铰链连接,机械间隙误差大;存在较大的滞环,关闭时间常数约为0.3 s	执行机构与阀门刚性连接消除了机械误差,采用无差调节执行机构无滞环,采用单侧进油执行机构弹簧关闭时间小于0.15 s
调整/维护	系统部套多,维护量大,调整困难	维护量小,调整方便
死区	控制滑阀为正遮盖滑阀存在较大的死区	采用零遮盖的伺服阀无死区
可靠性	中间环节较多增加了系统运行的不可靠因素	减少中间环节提高了系统运行的可靠性
电磁遮断	采用两个并联的电磁开关,易误动	危急遮断系统采用2或1与4个电磁阀直接控制各个执行机构,既防误动又可防拒动
转速控制	闭环,0~3 500 r/min,精度±3 r/min,甩负荷后转速超调量大,不能维持空转	闭环,0~3 500 r/min,精度±1 r/min,甩负荷后转速超调量不大于7%,可维持空转
主汽压控制	△0.3	△0.03
不等率	可调	3%~6%连续可调
迟缓率	调节系统的死区为0.2%~0.5%或更大	调节系统的死区小于0.06%
投入协调负荷精度	6~9 MW	3 MW
投入协调远程水吹灰扰动	17 MW	7 MW
投入协调蒸汽吹灰扰动	12 MW	4 MW
阀门管理	无	有
远方挂闸	无	有
保护电磁阀在线试验	无	有
阀门活动试验	现场活动	CRT 活动
DEH 阀门预热	现场实现	CRT 实现
DEH 阀门整定	无	CRT 实现

现各种控制功能,改造后中压调速汽门和高压调速汽门的配汽曲线,阀门的重叠度均需要由DEH控制系统实现,阀门管理的意义在于对各阀门的曲线设置以完成不同工况下的控制,同时使阀门的流量特性最优,减少调节阀的截流损失,提高汽轮机效率(见图3)

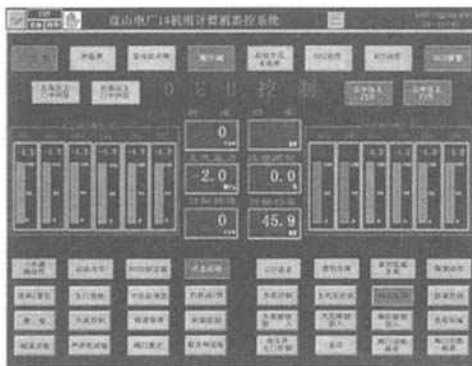


图2 DEH控制系统操作画面

阀门管理主要有喷嘴的节流配汽(单阀)和喷嘴配汽(顺序阀)控制。改造根据俄罗斯提供各调速汽门阀门曲线,设计单阀和顺序阀曲线和切换控制逻辑,并顺利在压力控制方式下由单阀切为顺阀控制,压力波动为0.15 MPa,切换过程中轴瓦温度和汽机振动均无明显变化。

机组300~500 MW各阀门开启情况与原系统基本一致,符合原汽轮机的设计曲线,在实际运行中还要不断摸索管理曲线,根据实际的阀门特性情况,以最优曲线使汽轮机达到最高效率。

3.6 运行期间的在线试验功能

阀门活动、严密性及超速等功能性试验按照最理想的方式进行设计,实际操作过程中,只需按下一个按钮,其他执行就会按程序化进行,操作灵活安全。如试验过程中出现异常,则由安全逻辑将机组尽快返回到安全工况。

4 DEH改造后与原调速系统技术参数对比

改造后DEH系统进行静态试验后,一次冲转并网成功,并顺利投入机组的协调控制,彻底消除了原系统的安全隐患,控制精度大大提高,调速系统改造前后技术参数对比见表1。

通过改造前后的参数、功能的对比,改造后的高压纯电调系统的控制精度、可靠性比原系统均有较大的提高。

5 结论

将俄制500 MW超临界汽轮机调速系统改为
(下转第193页)

(a) 新树脂初次使用时一定要先浸入 10% NaCl 盐水中,以防树脂开裂;

(b) 树脂在盐酸再生后,应使用二级除盐水连续冲洗 8 h 以上,再装入交换柱内使用。

3 氢型离子交换树脂再生

(1) 存在问题

树脂再生度低会使测定结果偏低,原因如表 1 极限摩尔电导率比较。

离子	极限摩尔电导率	离子	极限摩尔电导率
H^+	349.8	NH_4^+	73.4
Na^+	50.1	K^+	73.5

从表 1 数据可清楚地看出,如果再生不好,交换柱中树脂交换的离子将不是导电性能最高的氢离子,而是其它离子,这样会使测定结果偏低,导致错误的信息,会掩盖水汽系统的恶性水质。

(2) 解决的办法

(上接第 182 页)

高压抗燃油纯电调系统,极大地保证了汽轮机设备安全,并顺利投入协调控制,极大地减轻运行值班员操作量,改造减少了系统维护量和检修工作量,降低了调速系统的迟缓率。整个工程达到预期的效果,DEH 改造后完备的控制功能、高可靠性、高精度、低维护量证明该技术必将是大容量、高参数汽轮机控制方式的不二选择,也是老机组改造的方向,液压调速控制系统随着技术的进步将逐步退出电力市场。

· 消息 ·

我国首台国产 600 MW 超超临界机组投产

2007 年 8 月 31 日,我国首台国产 600 MW 超超临界燃煤发电机组——华能营口电厂二期 3 号机通过 168 h 试运行正式投产。

营口电厂首台国产 600 MW 超超临界机组是继华能玉环电厂首台国产 1 000 MW 超超临界机组投入商业运行后我国电力工业发展的又一个零的突破。

该机组主要特点是:高效、节能、环保。煤耗低,供电设计煤耗 292 g/kWh,低于全国平均水平 70 g/kWh,与同容量超临界机组比,每年可节约标准煤 14 万 t,相当于每年少排放二氧化硫 2 572 t。机组耗水率低,与同容量亚临界比,每年可节约淡水 130 万 t,海水淡化装置年节水 345.6 万 t,并同步实施脱硫工艺和污水零排放。该机组的建设将对我国推广 600 MW 超超临界机组的制造和使用起到示范作用,对实现国产超超临界机组系列化,推动电力工业结构调整、节能降耗、电力市场优化发展有着重要的意义。

华能营口电厂二期工程建设的两台 600 MW 超超临界机组,于 2005 年 4 月开工建设,总投资约 45.8 亿元。预计年内 4 号机组也将投产发电。

本刊编辑部 供稿

(a) 新树脂应用除盐水充分反洗,消除树脂中的低聚合物和未聚合物。

(b) 要选择再生方式,一般采用 4% 的三酸三碱再生,这样充分将树脂含有的有机物质和无机物质再生掉,使氢型树脂再生度达到 95% 以上。

(c) 再生人员必须懂得树脂结构性能,再生流程,再生浓度的配比等一系列操作过程。

(d) 酸碱再生用药应选择分析纯以上等级药品。

4 结论

检修后在线氢电导率仪投运后如果交换柱处理不当,既可以产生测定结果偏低,还可以产生测定结果偏高的不正确的信号。这样会掩盖水汽系统的水质,异常制造紧张的气氛,增加大量的劳动量去查明分析,严重者甚至造成没必要的降负荷或停机。所以要重视在线氢电导率仪中氢型交换柱的处理。

收稿日期:2007-07-31

作者简介:王海欧(1973—),女,助理工程师,化验员。

参考文献

[1] DL/T 824—2002,汽轮机电液调节系统性能验收导则。
 [2] DL/T 711—1999,汽轮机调节控制系统试验导则。
 [3] DL/T 996—2006,火力发电厂汽轮机电液控制系统技术条件。

收稿日期:2007-08-27

作者简介:邓金波(1973—),男,助理工程师,天津国华盘山发电有限责任公司热工室主任助理。