

Abnormal Analysis of Unit 7 Trip in Wangji Expansion Phase III , Zimbabwe

Zhanshan Feng

PowerChina Power Investment Corporation, Lanzhou, Gansu, 730030, China

Abstract

The paper introduces the situation of Unit 7 in the third phase of the Wangji project expansion in Zimbabwe, where the connecting screw between the high-pressure control valve stem and the control seat coupling of the steam turbine broke, causing a change in the steam intake of the turbine. The high-pressure control valve of the unit was greatly adjusted, resulting in a significant change in the steam intake of the unit. As a result, during the operation of the turbine, the rotor moved in the direction of the main shaft, generating axial thrust beyond the set value range, which caused severe wear of the working thrust tile, leading to the “axial displacement over limit” protection action of the turbine and causing the unit to trip. Based on the on-site inspection results, the paper conducts an in-depth analysis of the fault process and causes, and proposes preventive measures and maintenance suggestions.

Keywords

thrust tile temperature; CCS control mode; single valve control mode; active power; adjustment

津巴布韦旺吉扩建三期 7 号机组跳闸异常分析

冯占山

中电建电力投资集团有限公司, 中国 · 甘肃 兰州 730030

摘 要

论文介绍了津巴布韦旺吉项目扩建三期 7 号机组因汽轮机高压调节阀阀杆与操纵座联轴器连接螺丝断裂, 引起汽轮机进汽量变化, 机组高压调节阀大幅调节, 造成机组进汽量大幅度变化, 从而使汽轮机在运转过程中, 转子沿着主轴方向窜动, 大轴产生超过定值范围的轴向推力, 继而引起工作推力瓦磨损严重, 致使汽轮机“轴向位移超限”保护动作, 造成机组跳闸。论文根据现场检查情况, 在此基础上对故障过程与原因进行深入分析, 并提出了预防措施及运维建议。

关键词

推力瓦温度; CCS 控制模式; 单阀控制模式; 有功功率; 调整

1 引言

电力系统的飞速发展对热工控制系统的性能不断提出新的要求, 而汽轮机数字电液调节系统作为电厂中负荷调节的执行机构, 它的设备性能和可靠性将直接影响机组负荷控制的稳定性和安全性^[1]。

2 机组情况概述

津巴布韦旺吉项目 7 号机组汽轮机采用东方汽轮机有限公司生产的 N335-16.70/538/538 型亚临界、一次再热、单轴、两缸两排汽凝汽式汽轮发电机组; DCS 系统采用 GE OC6000e2.7.3SP1 版本控制系统, 汽机数字电液控制(DEH)、汽机紧急跳闸系统(ETS)总成在 DCS 系统中, 将其控制装置作为 DCS 的功能站连接在 DCS 通讯网上, 实现其人机界面在 DCS 操作员站完成对其进行监视和控制。

【作者简介】冯占山(1990-), 男, 中国黑龙江鸡东人, 本科, 工程师, 从事热控检修研究。

3 事件经过

2023 年 10 月 22 日 07:35:26, 7 号机组 ETS 保护动作跳闸, 首出条件为“轴向位移大”, 发电机跳闸, 锅炉 MFT 联锁跳闸(机组负荷 > 30%, 汽机跳闸条件动作), 工作面推力瓦温度从 58℃ 开始上升。在 07:35:53 时, 推力瓦温度迅速上升到 154.8℃ (测点量程为 0~150℃), 随后超出了可测量的范围, 变成坏点。在 07:36:52, 推力瓦温度下降到 47℃, 07:41:20, 推力瓦温度稳定在 47℃, 待机组冷却下来检查发现工作推力瓦磨损严重。工作推力瓦磨损情况如图 1 所示。



图 1 工作推力瓦磨损情况

4 异常情况介绍

4.1 保护动作情况

查看7号机组DCS系统历史曲线,ETS系统首出报“轴向位移超限”保护动作,电气两套保护装置均报“热工保护动作”保护信号,FSSS系统首出报“ETS跳闸”保护动作。

4.2 事件详细过程

10月22日,7号机组负荷稳定在295MW,8号机组负荷为305MW。津巴布韦—南非电网互联接头在06:00跳闸。电网开始波动,400kV母线电压在404~413kV之间波动。

06时55分27秒,7号机组CCS控制模式运行,DEH单阀模式运行,机组负荷由296.96MW降至254.95MW,机组负荷指令设定值为295MW(因津巴布韦电力控制系统中缺少AGC控制功能,负荷设定值未随着电网需求负荷波动)。负荷设定值与实际负荷偏差由4.58MW降至-41.5MW,汽轮机总阀位指令由92.01升至98.76,汽机主控指令由92.33升至99.1号高调门指令由35.77升至69.92,轴向位移1由-0.21升至0.11后降至-0.45,工作推力瓦温度1由49.39℃升至50.76℃。本次负荷波动共计7.8秒,机组参数稳定时间为20秒。

07时12分02秒至08秒,07时12分52秒至58秒,机组负荷分别波动两次,负荷偏差分别由1至-46.98和0.51至-47.56,其余参数基本与上次相同。

07时25分23秒开始至29分10秒期间共计波动9次后,退出CCS控制模式,进入阀位控制模式,参数逐渐平稳。

29分47秒功率控制稳定投入,其间负荷在304~244MW之间波动76次,负荷指令跟踪调节正常,4台高压调节阀在34%~69%之间大幅度调整76次,直至33分51秒,退出功率控制,切换为阀位控制。

35分01秒,再次稳定投入功率控制模式,35分24秒

112,轴向位移数值开始快速上升,35分24秒898,轴向位移超限保护动作,ETS动作,机组跳闸。

在07时35分53秒,推力瓦温度迅速上升到154.8℃(温度测点量程0~150℃),然后超出了可测量的范围。在07时36分52秒,推力瓦温度下降到47℃,直到07时41分20秒,温度稳定。08时20分,机组转速降至0,投入盘车运行。

4.3 现场检查和试验

①由于津巴布韦—南非电网互联接头在06:00跳闸。电网开始波动,初步怀疑为电网波动引起机组大幅度调整,导致机组跳闸及推力瓦烧毁。经联系当地电网调度人员得知,在06:00后,津巴布韦电网和南非电网无设备跳闸,电网电压稳定;对比8号机组同一时间段内电网电压及负荷,未发现负荷波动,故排除由于电网波动引起机组跳闸的原因。

②机组在CCS模式下,CCS指令作为功率回路的指令直接作用到DEH功率回路上,查阅DCS历史曲线,机组有功功率波动时,CCS指令未发生变化;检查两组CCS指令接线,接线牢固,电缆绝缘良好,排除由于CCS指令异常误发和接线异常引起机组有功功率波动的原因^[2]。

③由于DEH系统为单阀控制,1~4号高压调节阀指令均相同,逐一检查DEH控制柜至高压调节阀之间指令接线和电缆绝缘,未发现异常,排除由于DEH系统指令接线异常引起机组有功功率波动的原因。

④机组有功功率信号是由电气侧3路功率变送器信号送入DEH系统进行三取中逻辑判断后作为功率回路的反馈,机组CCS模式退出条件中包含功率信号品质判断异常,检查功率变送器接线及电缆均正常,且机组CCS模式未退出,可排除由于功率信号异常引起机组有功功率波动的原因。DEH有功功率逻辑判断如图2所示。

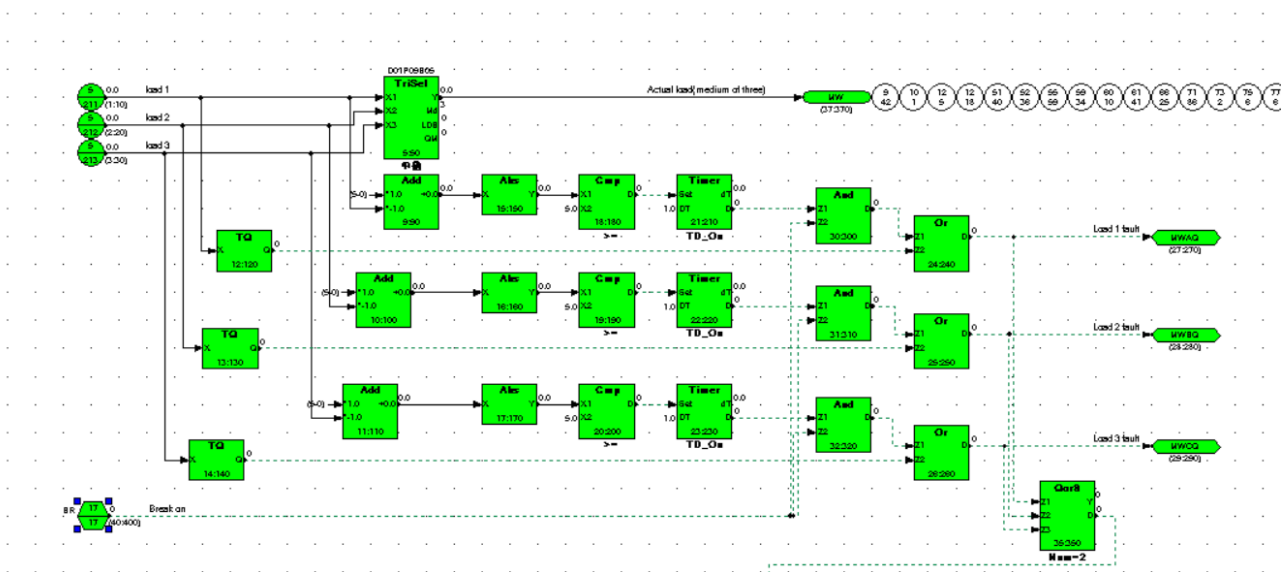


图2 DEH有功功率逻辑判断

⑤经详细查阅 DCS 历史曲线,发现在 CCS 指令未发生变化的时候,调节级压力降低和机前压力上升,判断为汽轮机实际进汽量发生变化导致负荷波动,待盘车停运后,汽机人员对数字电液调速系统全面进行检查中发现,7号机组1号、2号、4号高压调节阀阀杆与操纵座联轴器连接螺栓断裂,判断为7号机组1号、2号、4号调节阀阀杆与操纵座螺栓断裂,引起汽轮机进汽量变化,7号机组有功负荷突变,由于投入 CCS 控制,机组负荷设定值与实际负荷偏差大幅度变化,机组高压调节阀大幅调节,造成机组进汽量大幅度变化,从而使汽轮机在运转过程中,转子沿着主轴方向窜动,大轴产生超过定值范围的轴向推力,工作推力瓦磨损超温损坏,致使汽轮机“轴向位移超限”保护动作,造成机组跳闸。螺栓断裂情况如图3所示。



图3 螺栓断裂情况

5 暴露问题

①本次汽轮机调节阀阀杆与操纵座联轴器连接螺栓断裂作为本次事件的直接原因,由历史曲线查看情况判断为突发性损伤事件,表示该螺栓制作工艺存在薄弱点,强度无法满足机组满负荷、长周期调整的强度值,随长时间运行调整至临界值,发生断裂。

②在设备管理和维护方面还存在不足。设备维护单位未严格按照要求定期对调节系统各连接部位进行检查,未能及时发现并消除设备运行中可能存在的隐患,致使调节阀阀杆与操纵座螺栓机组在满负荷、长周期运行后发生断裂^[3]。

③由于津巴布韦与南非电网稳定性较差,经常性发生电网设备跳闸,引起机组负荷波动,7号机组负荷发生波动时,运行人员没有引起足够的重视,忽视了异常情况对机组的影响。

④由于津巴布韦电力系统无 AGC 功能,津巴布韦旺吉扩建项目7号和8号机组未设计 AGC 功能,在机组有功

率实际波动的情况下,机组负荷设定值没有跟随实际负荷进行自动调节,负荷设定值与实际负荷偏差大幅度变化,引起高调门快速跟踪响应调整,为事件的发生埋下了安全隐患。

⑤7号机组在发生有功功率多次波动时,运行人员事故应急处置慌乱,仍然投入功率控制回路而未切换为阀位控制,盲目保发电量而忽视机组运行安全,是推力瓦损坏的原因之一。

6 防范措施

①与厂家协调沟通,综合分析调节阀阀杆与操纵座联轴器连接螺栓断裂的原因,对存在质量问题的设备进行更换,确保机组能够在满负荷、长周期调整的工况下安全稳定运行。

②加强人员技术培训,规范运行操作流程,提高运行人员对于异常工况的重视程度,完善机组跳闸应急处置措施,运行人员加强反事故演练,确保紧急情况下机组安全停运。

③加强设备维护和定期检修工作。严格按照检修规程的要求和工艺标准,加强对现场汽轮机数字电液调节系统设备的检修维护。定期对高压、中压调节阀各紧固部分的连接情况,确保紧固,并举一反三,对机组其他具有处理条件的部位消除隐患;对暂时不具备条件的部位采取可靠措施,利用机组检修机会进行全面处理。

7 结语

通过对这起由于高压调节阀阀杆与操纵座联轴器连接螺栓断裂导致机组跳闸设备损坏事故的原因和暴露问题进行分析,并采取有针对性的改进防范措施,消除了汽轮机调节系统存在的隐患,提高了汽轮机控制的稳定性和可靠性,有效避免了类似事故的重复发生。

这起机组跳闸设备损坏事故充分暴露出人员事故处理和设备维护管理方面存在的不足,需要认真从中汲取教训。要严格按照《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》和《检修运行维护规程》的要求,切实做好控制系统隐患排查和现场设备的检修维护工作,不断提高设备的可靠性,保障发电机组的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 傅昌勇.火电厂汽轮机本体安装探究[J].中国科技纵横,2022(17):113-115.
- [2] 邹声鹏.汽轮机本体安装技术总结[J].智能城市,2017,3(10):197.
- [3] 张文静.基于GA-BP神经网络的汽轮机故障诊断[J].中国新技术新产品,2023(21):47-49.