

某电站燃气轮机温控系统故障分析

金维武¹, 陈才旺², 何冬林², 田明全²

(1. 中国船舶重工集团公司第七〇三研究所无锡分部, 江苏 无锡 214151;

2. 塔木油田分公司塔西南电力公司, 新疆 泽普 844804)

摘 要: 介绍了某电站燃气轮机温度控制系统经常出现故障的现象, 并结合燃气轮机温度控制系统模型对该故障现象进行了仔细分析, 通过对燃气轮机温度控制系统模型各个修正参数对控制效果影响的比较, 提出了解决该电站燃气轮机温度控制系统故障的应对措施。经过各种工况试验表明, 所提出的应对措施有效地解决了该电站的燃气轮机温度控制系统故障的问题, 为同类型的燃气轮机电站的调试和运行提供了宝贵的经验。

关 键 词: 燃气轮机; 温度控制系统; 故障

中图分类号: TK323 文献标识码: B

引 言

某电站位于边远的荒漠地带, 距离主干电网遥远。电站主力发电机组由 3 台同类型的 13 MW 级轻型燃气轮机发电机组构成, 每台发电机组后均配装一台余热锅炉, 主要为电站所在地供电、供热。系统为孤网运行, 电力负荷种类多、变化大。电站的 3 台主力发电机组自 2000 年 10 月投产后, 正常运行时没有出现过异常现象。但是在一些特殊情况下, 如系统中某 1 台发电机组发生跳机或总负荷瞬间发生较大波动时, 其余发电机组在接负荷过程中, 经常出现由 T_3 (燃气轮机透平进气温度) 温度过高造成高连续跳机现象, 进而导致系统瓦解, 造成较大经济损失。因此, 对该故障现象进行分析, 提出适合的应对措施, 就显得非常必要。

1 温度控制系统的基本原理

燃气轮机透平进气温度 T_3 过高可能烧坏热部件引起事故, 或严重影响热部件的寿命。另一方面提高 T_3 , 又可以提高燃气轮机热效率。因此, 应对 T_3 加以合理控制, 通常设置以最大允许的工作温度为给定点的温度控制系统。根据进口导叶调节类型

可以将温度控制系统分为压气机导叶角不可变和连续可调两种温度控制系统。

1.1 压气机导叶角不可变温度控制系统

由图 1 可知, 燃料消耗率 G_f 等于转速燃料控制基准 G_{fRn} 与温度控制燃料控制基准 G_{fRT} 中的最小值。而温度控制燃料基准是由 $\Delta T = T_{3S} - T_3$ 来确定的, 当 $\Delta T > 0$ 时, 温度控制燃料基准 G_{fRT} 向上积分, 这时 $G_{fRT} > G_{fRn}$, 转速调节系统起作用, 温度控制系统自动推出; 当 $\Delta T < 0$ 时, 温度控制燃料基准 G_{fRT} 向下积分, 这时 $G_{fRT} < G_{fRn}$, 温度控制系统起作用, 转速调节系统自动推出。该电站的 3 台燃气轮机发电机组在启动和运行时进口导叶分别开启一个固定角度, 导叶不是连续可调, 所以属于这种温度控制系统类型。

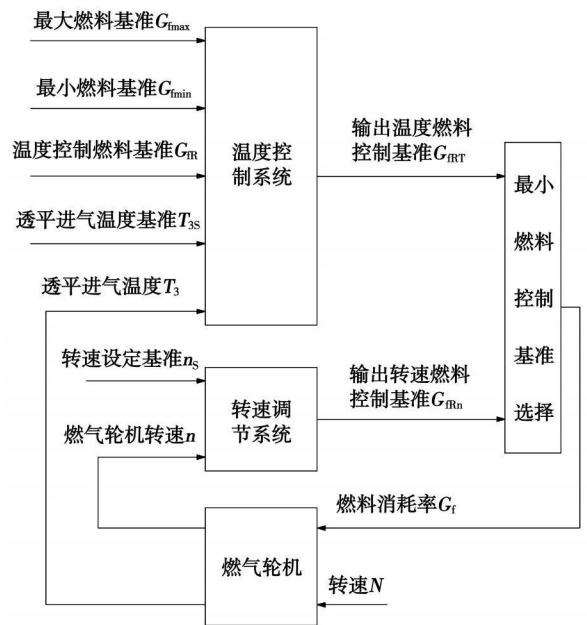


图 1 导叶角不可变温度控制系统

收稿日期: 2007-11-16; 修订日期: 2007-12-29

作者简介: 金维武(1971-), 男, 河南信阳人, 中国船舶重工集团公司第七〇三研究所高级工程师

1.2 压气机导叶角连续可调温度控制系统

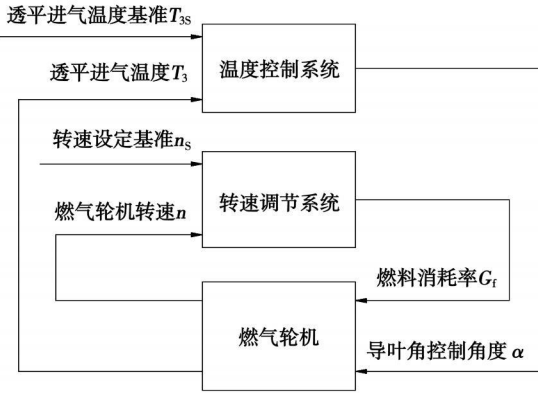


图 2 导叶角连续可调温度控制系统

由图 2 可知, 在这种情况下控制系统可以独立地调节转速和透平进气温度。通常转速调节系统改变燃料消耗率 G_f , 而温度控制系统改变进口导叶角 α 。当 $T_3 > T_{3s}$ 时, 开大压气机进口导叶角 α 以增加空气流量, 降低温度; 当 $T_3 < T_{3s}$ 时, 关小压气机进口导叶角 α 以减少空气流量, 增加温度。

2 故障现象及分析

2.1 故障现象

该电站 3 台燃气轮机发电机组投用后, 无论是在夏季还是在冬季正常运行中均没有出现异常现象。但是, 在一些特殊情况下, 如系统中某一机组跳机或者总负荷瞬间发生较大波动时, 其余机组在接负荷过程中, 经常性地出现 T_3 超温引起连续跳机, 造成系统瓦解, 给电站所在地的生产和生活带来重大影响。图 3 给出了某次 T_3 超温跳机的事故记录。

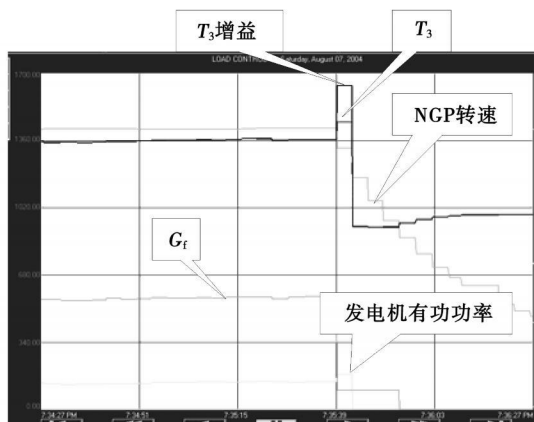


图 3 某次 T_3 超温跳机事故记录

2.2 故障分析

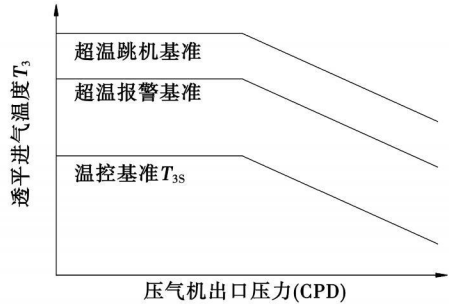


图 4 温度 T_3 的控制和保护规律

正常情况下, 当燃气轮机温度控制系统投入运行后, 可以使透平进气温度维持在额定参数运行。当温度控制系统故障时, 则透平进气温度失控, 导致超温报警进而跳机。

该电站在正常运行时可以进入温度控制系统, 证明温度控制系统正常, 能够按程序投入运行。然而, 当负载发生突升时, 则发生 T_3 超温跳机而没有进入温度控制系统, 一个很可能的原因就是某些参数发生了阶跃变化, 超过温度控制基准 T_{3s} 的同时, 也触发了超温跳机基准, 导致在温度控制系统投运之前已经跳机。从图 3 的超温跳机事故记录中可以看出, 当发电机有功功率发生突变时, 参数 T_3 增益会阶跃增大, 导致 T_3 也迅速增大, 从而超温跳机。

另外, 从多次跳机的统计数据来看, 当 1 台机组接载后的出力超过额定出力的 60% 以上时, 或者一次性接载超过额定出力的 50% 以上时, 基本上都出现 T_3 超温跳机。表明当 T_3 接近 T_{3s} 时, 这时发生接载, 容易产生 T_3 超温跳机。

3 应对措施

该电站 3 台 13 MW 级燃气轮机发电机组均为轻型燃气型机组, 机组采用 AB 公司的 PLC-5 进行控制。该机组的温度控制系统包括透平进气温度 T_3 和温度控制基准 T_{3s} 两个重要参数, 其中温度控制基准 T_{3s} 是用来保护透平的, 是经过多套机组的考验而获得的, 因此不可能通过提高温度控制基准 T_{3s} 来解决温度控制故障问题。该机组的透平进气温度 T_3 主要受燃气轮机转速、大气温度、排气压力、燃料量、实测的排汽温度以及增益修正等几个参数的影响, 因此导致该型机组温度控制系统故障, 应该是由这几个参数中某些参数的变化引起。

上面提及的与透平进气温度 T_3 有关的参数中,在燃气轮机发电机组由转速控制模式进入温度控制模式时进气温度不会发生变化,排气温度是实测值,也不会发生突变,而排气压力和燃料量两个参数主要受转速的影响,因此这两个参数不可能造成温度控制系统故障。所以造成该型机组温度控制系统故障的原因应该主要由燃气轮机转速和增益修正两个参数造成的。同时,这两个参数也是厂家为了保护透平进气温度而设置的快速响应修正参数。经同厂家协商后,将最大 T_3 修正增益参数(F13: 67)调整为 0.002 4,将 NGP 转速修正参数(F13: 500)调整为 80。参数调整后,进行了接载试验,如图 5 所示。

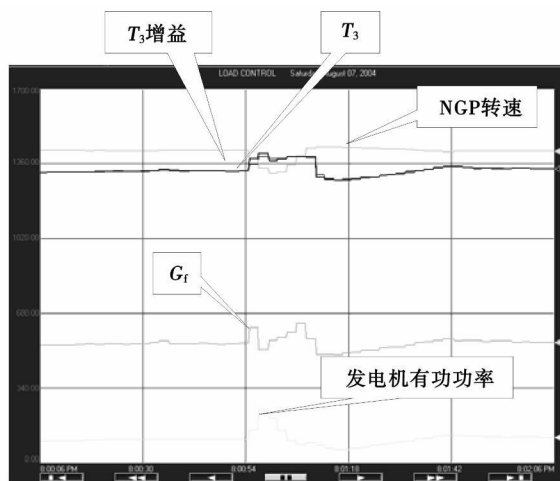


图 5 调整后接载试验记录

根据图 5 可以看出,当发电机有功功率发生突变时,参数 T_3 增益没有发生阶跃增大,透平进气温度 T_3 也基本跟随参数 T_3 增益的变化,燃气轮机顺利进入温度控制系统,证明调整试验成功。

4 结束语

温度控制系统是燃气轮机发电机组控制系统的-一个重要组成部分,相关的修正参数比较多,每个参数的具体整定值应根据机组所处环境及运行特点进行仔细调整。该电站是一个孤网运行电站,电力负荷种类多、变化大,需要燃气轮机发电机组的响应速度和接载能力比较强,因此应在保证机组具有一定响应速度的同时,将 NGP 转速修正参数和 T_3 修正增益参数设置小一些,以保证机组在接载时不至于超温跳机,从而确保机组安全、稳定地运行。

参考文献:

- [1] 倪维斗,徐基豫.自动调节原理于透平机械调节[M].北京:机械工业出版社.1981.
- [2] 清华大学电力工程系燃气轮机教研组.燃气轮机(上下册)[M].北京:水利电力出版社.1978.

(编辑 单丽华)

联合循环电站

西门子公司在葡萄牙建造联合循环电站

据《Gas Turbine World》2008 年 3—4 月号报道,西门子已订立合同,在葡萄牙建造总功率为 830 MW 的两套联合循环发电装置。

该两套装置将安装在 Abrants 市的 Central Termoelectrica do Pego 电站。每套装置包含 1 台 SGT5—4000F 燃气轮机,1 台汽轮机和 1 台氢冷发电机,以单轴结构形式配置,在 ISO 条件下,额定输出功率为 416 MW,效率为 58.2%。

Siemens 供应的范围包括全部动力设备、电力辅助设备和 I&C(仪表和控制)系统。此外, Siemens 也将为全套发电设备提供长达 25 年的维修服务,总价值接近 6 亿欧元,计划于 2011 年投入商业运行。

(吉桂明 供稿)

late unsteadily, triggering the inception of a spike type rotating stall and resulting in a concrete embodiment of overflow from the blade tip leakage at the leading edge. However, when the outlet back pressure is relatively low, the unsteady behavior of the clearance leakage flow has all along been relatively stable. **Key words:** clearance leakage flow, non-steady, near-stall operating condition, unstable

某电站燃气轮机温控系统故障分析= **Fault Analysis of the Gas Turbine Temperature Control System of a Power Plant**[刊, 汉] / JIN Wei-wu (Wuxi Subsidiary, Harbin No. 703 Research Institute, Wuxi, China, Post Code: 214151), CHEN Cai-wang, HE Dong-lin, TIAN Ming-guan (Tarim Oil Field Sub-company, Southwest Tarim Power Company, Ze-pu Petroleum Base, China, Post Code: 844804) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2008, 23(5). — 478 ~ 480

The authors have studied the fault phenomenon that has often befallen the gas turbine temperature control system of a power plant and performed a detailed analysis of the phenomenon in conjunction with a model for the above control systems. Through a comparison of the influence of various correction parameters of the above-cited model on control effectiveness, presented were the countermeasures for dealing with the faults of the control system in question. The tests under various operating conditions show that the countermeasures proposed can effectively eliminate the faults of the temperature control system, providing valuable experience for the commissioning tests and operation of gas turbine power plants of a similar type. **Key words:** gas turbine, temperature control system, fault

有隔热涂层的气膜冷却火焰筒壁温计算= **Wall Temperature Calculation of an Air-film Cooled Flame Tube with a Heat Insulation Coating**[刊, 汉] / LI Ming-jia, LIN Feng, LI Wei-shun (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), QU Zhe (Harbin Power Plant Engineering Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150040) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2008, 23(5). — 481 ~ 484, 515

With a thin-wall flame tube serving as an object of study, presented was a wall temperature calculation model and method for an air-film cooled flame tube with a heat insulation coating. By using the method in question, the wall temperature of the flame tube of an annular-tube combustor was calculated with the possible cause of a crack occurring to the primary main combustion hole of the flame tube being identified. In addition, the influence of the air-film cooling, heat insulation coating and its thickness on the radial and axial distribution of the flame tube wall temperature was also studied. The results of the study show that the maximum wall temperature of the flame tube at 946 °C can meet the design requirement for the maximum wall temperature of the flame tube. The wall surface temperature distribution gradient near the primary main combustion hole on the flame tube is relatively big, where a thermal stress concentration is liable to be located, providing an underlying basis for identifying the cause of any fault occurring to the flame tube. The air-film cooling and heat insulation coating can remarkably lower the wall temperature of the flame tube and effectively improve the wall temperature radial and axial distribution on the latter. The heat insulation coating thickness exercises a very small influence on the wall temperature of the flame tube. **Key words:** flame tube, heat insulation coating, air-film cooling, wall temperature calculation

并联型化工动力多联产系统主导因素与变工况特性= **Leading Factors and Off-design Operating Condition Characteristics of the Power Polygeneration System of a Parallel-type Chemical Engineering Unit**[刊, 汉] / FENG Jing, NI Wei-dou, LI Zheng (Thermal Energy Engineering Department, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2008, 23(5). — 485 ~ 489

Electric power is one of the main products of a polygeneration system. Therefore, it will unavoidably encounter load variation problems during its operation. From a load variation viewpoint, the authors have mulled how to design a polygeneration system to meet the requirements of an electric network. Through a detailed simulation analysis, two leading factors influencing the load variation ability of the parallel polygeneration system have stood out, i. e. design power/chemical ratio and synthetic unit capacity surplus. The relationship of the leading factors and the system load variation ability was shown in the form of a four-quadrant chart. In addition, the characteristics of the system operating during load variations were further analyzed. The results of the analysis reveal the law governing the load distribution between a power generation unit and chemical engineering one during the load variation operation of the polygeneration system as well as the