

安萨尔多 AE64.3A 燃气轮机热点保护动作原因分析

陆瑜

(无锡蓝天燃气轮机热电有限公司, 江苏 无锡 214000)

摘要: 详细介绍了安萨尔多 6F 级 AE64.3A 燃气轮机冷点、热点保护原理。通过某机组调试期间发生的保护动作跳机案例,分析了造成燃气轮机保护动作跳闸的过程,查明 IGV 自动失灵是造成燃气轮机跳闸的主要原因,为未来同机型重型燃气轮机的安全调试运行提供经验。

关键词: 燃气轮机; 安萨尔多; 热点保护

中图分类号: TK478

文献标志码: B

文章编号: 1009-2889(2024)01-0057-03

某电厂设置 2×120 MW 燃气-蒸汽联合循环机组,包括 2 台上海电气燃气轮机有限公司安萨尔多 AE64.3A 燃气轮机、2 台南京汽轮电机集团公司 LCZ38-7.0/1.3/0.58 型汽轮机、2 台无锡华光锅炉股份有限公司 UG-64.3A-R 型余热锅炉。该项目每年可发电 12 亿 kW·h,供热 88 万 t,节省标煤 11 万 t,具备良好的经济和社会效益。此项目在 2022 年 4 月开始进入调试期,同年 12 月 31 日一号联合循环机组投入商业运行,2023 年 2 月 28 日二号联合循

环机组正式完成调试,投入运行。

1 AE64.3A 简介

AE64.3A 是安萨尔多 6F 级燃气轮机的最新升级产品,是频率 90 Hz (5 400 r/min) 的单轴重型燃气轮机,它包括一个 15 级的轴流式压气机和一个 4 级的轴流式透平,二者在同一转子上^[1]。其主要性能参数如表 1 所示。

表 1 AE64.3A 主要性能参数

温度	燃气轮机出力/MW	燃气轮机热耗/ (kJ·kWh ⁻¹)	单循环发电 效率/%	排气流量/(t·h ⁻¹)	排气温度/℃
性能保证工况环境温度:26.9℃	70.8	10 157	35.44	722.16	593.8
夏季工况环境温度:33.1℃	62.4	10 365	34.73	692.28	602.1
冬季工况环境温度:10.9℃	81.1	9 818	36.66	795.96	578.0
ISO 工况环境温度:15℃	78.4	9 872	36.46	775.08	581.5

2 AE64.3A 冷点、热点保护介绍

各生产厂家为了防止燃气轮机热通道因过热而损坏,设置了不同保护来监控各燃烧器的燃烧工况。环形燃烧室结构的燃气轮机不但设置有排气温度高保护,还设置排气温度冷点、热点保护^[2]。

安萨尔多与西门子燃气轮机的冷点、热点保护设置基本相同,类似于 GE 的燃烧分散度保护,是监

测燃烧器燃烧稳定的重要保护设置。当一个或者多个燃烧器发生熄火,就会造成环形燃烧室内局部变冷,为了防止熄火的燃烧器中的未燃烧燃料在燃烧器后段燃烧造成热部件损坏,因此设置了冷点保护。热点保护则是防止个别燃烧器由于燃料量喷入过多,引起燃气轮机下游局部过度燃烧最终导致燃烧器过热损毁的情况^[3]。

AE64.3A 采用环形燃烧室结构并配置 24 个低

收稿日期:2023-04-23

作者简介:陆瑜(1990—),男,江苏太仓人,本科,工程师,主要从事燃气轮机电厂运行管理工作,E-mail:562357708@qq.com。

氮干式型燃烧器,与透平第一级进口相连,如图 1 所示。

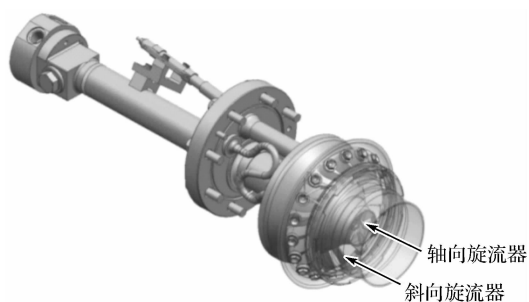
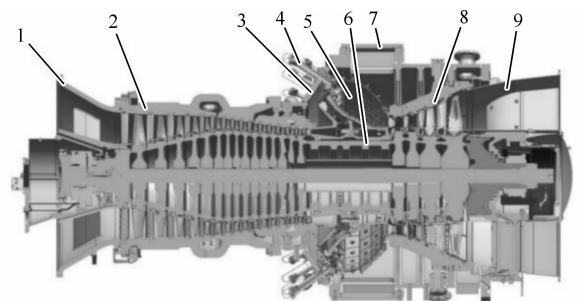


图 1 AE64.3A 低氮干式型燃烧器

AE64.3A 的燃烧器外壳由带有涂层的低合金钢瓦块组成。运行时,压气机出口的空气将燃烧器包裹,以此来进行冷却,防止燃烧器暴露在高温气体中。燃烧器内壳则与高温燃气直接接触,由热障涂层保护^[4]。AE64.3A 的剖面图如图 2 所示。



1—压气机轴承座; 2—压气机静叶持环 1; 3—2#缸; 4—燃烧器;
5—环形燃烧室; 6—中空轴; 7—3#缸; 8—透平; 9—透平轴承座。

图 2 AE64.3A 剖面图

AE64.3A 的透平排气温度 (TET) 是通过布置在排气扩散器上一圈的 24 个热电偶 (来自 MBA26CT101/MBA26CT124) 测量透平末级下游的温度。每个热电偶都有 A、B、C 三个通道,为了得到一个较好的平均温度,24 个热电偶的平均温度通过排气扩散段的 6 个热电偶的平均温度进行修正。通过快速瞬态工况下的 24 个热电偶的平均值和慢负荷变化工况下的 6 个热电偶的平均值,计算得到燃气轮机出口的平均排气温度。每个热电偶的 A 通道用于计算,B 和 C 通道则用于保护即热点与冷点保护。

热点保护在燃气轮机转速 ≥ 84.6 Hz 且修正后的透平排气温度 (TETC) ≥ 300 °C 这两个条件均满足的情况下自动投入。热点保护具体设置:保护自动投入后持续 20 s,任一热电偶的 B 和 C 通道取低值输出且 $\geq TET + 50 + OFFSET$,延时 10 s,触发保护动作,燃气轮机熄火跳闸。OFFSET 指控制系统内

置偏置值,在正常运行时为 0,在系统判断燃气轮机甩负荷时为 60,在重新并网加负荷至 $TET \geq 490$ °C 且 $IGV \geq 5\%$ 时 OFFSET 复位为 0。热点保护在燃油模式下保护设置为 $TET + 80 + OFFSET$ 。

冷点保护在燃气轮机转速 ≥ 84.6 Hz 且天然气燃气模块紧急切断阀 (ESV) 有全开到位指令这两个条件均满足的情况下自动投入。冷点保护具体设置:任一热电偶的 B 和 C 通道取高值输出且 $\leq TET - 50 - OFFSET$,则认为该燃烧器熄火。相邻 3 个燃烧器为 1 组,当有 2 组以上熄火持续 20 s,触发保护,燃气轮机熄火跳闸。OFFSET 内置值与热点保护相同。

3 冷、热点保护动作跳闸经过

事件发生于某电厂一号燃气轮机调试期间。按调试计划一号燃气轮机启动维持空载全速,配合锅炉高低压蒸汽管道吹管。

一号燃气轮机发出启动令后,机组自动进入启动程序,2 min 后机组进入清吹程序,12 min 清吹完成后再降速点火,点火成功后升速至空载全速,排气温度约 350 °C,整个启动过程 25 min。余热锅炉正常升温升压按计划准备吹管。燃气轮机空载全速 20 min 后,进气可转导叶 (IGV) 自动在 0 至 25 % 范围内波动,TET 随之上下波动。由于波动幅度较大,27 s 后燃气轮机热点保护动作,熄火跳闸。

4 事故原因分析

安萨尔多 AE64.3A 的 IGV 设置在 TETC 大于 575 °C 时会自动打开,增加压气机进气流量,从而增加透平冷却风量,降低并维持排气温度在安全值以下,起到保护热部件的作用。除冰阀不开的情况下,环境温度 10 °C,IGV 开启时燃气轮机负荷约 30 MW。燃气轮机空载全速状态下,TETC 为 342 °C,热点保护值为 394 °C,冷点保护值为 294 °C,分散度 58 °C,最大排气温度为 401 °C。当 IGV 打开时,排气温度、热点保护值、冷点保护值均开始下降,IGV 关闭时则反之。由于 IGV 在 0 至 25% 范围内反复开关波动,导致热点保护值与冷点保护值随之上下波动,其中热点保护值在 378 °C 至 394 °C 范围内波动,2 号透平排气温度测点 (MBA26CT102) 则在 341 °C 至 401 °C 范围波动。热点保护跳闸触发时 MBA26CT102 测点温度达到 401 °C,而此时的热点保护值为 394 °C,延时 10 s,机组保护动作跳闸。由

此可知,IGV 误动导致排气温度异常波动是造成热点保护动作的直接原因。

事件发生后上海电气燃气轮机有限公司及调试单位热控调试人员对 IGV 进行检查,发现 IGV 的两个线性差动变速器(LVDT)就地接线松脱,导致机组运行调试时输出信号异常,伺服卡组态判断错误,使得开阀与关阀指令信号异常,使得 IGV 异常波动,最终导致燃气轮机保护动作跳闸。

LVDT 接线松脱原因为:在 IGV 拉阀试验正常后,施工单位在对透平缸本体包保温时,误碰 LVDT 就地接线。原因查明后,热控调试人员将 LVDT 接线重新紧固后再做 IGV 拉阀试验,试验正常后重新启动机组,结果正常。

5 结语

调试是每台发电机组从出厂到投入商业运行必不可少的重要环节,每减少一次跳闸,都能为建设单位减少一定的设备风险,节省不必要的经济损失。

本文基于某电厂一号联合循环机组调试过程中发生的排气温度热点保护动作事件,讲述了安萨尔多燃气轮机 AE64. 3A 的相关性能参数、燃烧器型式、透平排气温度冷热点保护设置以及保护动作导致燃气轮机跳闸的过程,分析了保护动作的原因以及处理过程。在“碳中和”“碳达峰”大环境下,越来越多的小 F 型燃气轮机电厂亦或分布式燃气轮机电厂项目正在规划、设计、建设、调试、投产,本文提供了一定的借鉴意义。

参考文献:

[1] 南京宁高协鑫燃气轮机热电有限公司. AE64. 3A 燃气-蒸汽联合循环发电机组集控运行规程[Z]. 2022.

[2] 陈强峰. 某厂西门子 F 级燃气轮机排气温度偏差大处理分析[J]. 电力与能源,2017,38(03):354-357.

[3] 卢广法. 西门子 F 级燃气-蒸汽联合循环发电机组[M]. 杭州:浙江大学出版社,2014.

[4] 上海电气燃气轮机有限公司. AE64. 3A 燃气轮机运行维护手册[Z]. 2022.

Ansaldo AE64. 3A Gas Turbine Hot Spot Protection Action Cause Analysis

Lu Yu

(Wuxi Blue Sky Gas Turbine Thermal Power Co. , Ltd. ,Jiangsu Wuxi 214000,China)

Abstract: This paper introduces the principle of cold spot and hot spot protection of Ansaldo 6F class AE64. 3A gas turbine in detail. Based on the case of protection trip during the commissioning of a unit,the process of gas turbine protection trip was analyzed,and it was found that the inlet guide vane(IGV) automatic failure was the main cause of gas turbine trip,which provides experience for the safe commissioning and operation of the same type heavy-duty gas turbine in the future.

Keywords: gas turbine; Ansaldo; hot spot protection