

汽流激振机理分析及某 330 MW 汽轮机故障处理

姜广政,傅行军

(东南大学火电机组振动国家工程研究中心,江苏 南京 210096)

摘要:介绍了汽流激振故障发生的机理及特征。某 330 MW 汽轮机组在单阀带大负荷时,1 瓦、2 瓦出现较大的低频振动,结合阀门试验时的频谱图和汽流激振的机理进行分析,发现该机组故障为典型汽流激振,通过调整 2 瓦标高,解决了低频振动问题。

关键词:汽流激振;失稳;轴系稳定性;轴承标高

中图分类号:TK268.1

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)02-0015-02

汽流激振是由蒸汽激振力激发的在汽轮机高中压转子上产生的一种自激振动现象。随着汽轮发电机组向大容量、高参数方向发展,汽流激振问题越来越突出,20 世纪七八十年代,美国、俄罗斯等国在发展超临界机组过程中都遇到了不同程度的汽流激振问题,近二十多年来,我国的汽流激振问题也较突出^[1]。

1 汽流激振机理

目前关于汽流激振方面的研究还不是很成熟,初步分析表明,由于蒸汽对转子系统形成了一个作用在转子偏心垂直方向上并与转子线速度方向同向的切向力,在一个振动周期内,若该力所做的功大于系统阻尼消耗的能量,就会导致系统失稳,形成汽流激振。汽流激振力主要来源有 3 个方面:(1) 叶顶间隙不均产生的激振力;(2) 密封间隙不均产生的激振力;(3) 部分进汽和转子偏心等因素产生的静态汽流^[2]。

2 汽流激振故障的一般特征

(1) 对负荷较敏感,具有突发性。汽流激振一般出现在负荷逐渐增加的过程中,且一般发生在较高负荷区。存在一个门槛负荷,当负荷超过这一阈值后,汽流激振立即被激发;负荷降至该值以下,汽流激振消失,振动恢复正常^[3]。

(2) 汽流激振严重时,低频振动的频率通常等于转子固有频率,但大多数情况下,振动频率以工频的一半为主。

(3) 汽流激振引起的低频振动有时与调节阀的开启顺序和开度有关。通过调整阀门开启顺序,能够避免或减小低频振动幅值^[4]。

3 某 330 MW 机组汽流激振实例分析

3.1 机组概况

某电厂 1 号机组为东方汽轮机厂生产的 330

MW 机组,机组型号为 C330/262-16.7/0.3/538/538。轴系由高中压转子、低压转子以及发电机转子组成,共有 7 个瓦支撑。机组轴系如图 1 所示,阀门布置如图 2 所示。机组顺序阀调门次序为 3,4—1—2。

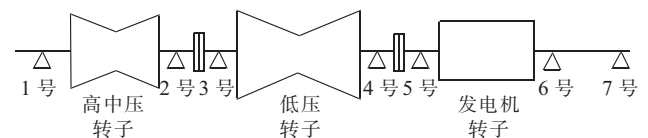
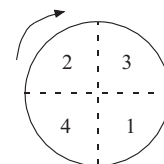


图 1 轴系图



从机头向机尾看

图 2 阀门布置

3.2 振动情况

机组在单阀带大负荷过程中,1 号瓦和 2 号瓦的轴振会出现比较大的低频振动。根据机组的振动情况,现场决定进行调门次序试验。

(1) 15:40 开始,机组从 320 MW 顺序阀降负荷。如表 1 所示。

表 1 顺序阀降负荷时各瓦振动数据 $\mu\text{m}/\mu\text{m}/\angle^\circ$

时间	15:41	16:57	18:10
负荷	321 MW	270 MW	210 MW
1Y	46/29 \angle 63	44/29 \angle 63	45/30 \angle 62
2Y	38/31 \angle 43	41/31 \angle 45	41/32 \angle 44
3X	75/67 \angle 197	77/67 \angle 198	78/69 \angle 198

根据振动数据可知,在顺序阀降负荷过程中,机组振动正常,并未出现低频振动现象。

(2) 18:10 时,负荷降至 210 MW,此时,切换机组运行方式为单阀,然后进行升负荷试验,监测轴系振动情况,数据及频谱图如表 2、图 3、图 4、图 5 所示。

(3) 22:50 时,负荷为 250 MW,切换机组运行方式

表2 单阀升负荷时各瓦振动数据 $\mu\text{m}/\mu\text{m}/\angle^\circ$

时间	18:25	18:52	19:40	22:00
负荷	270 MW	300 MW	300 MW	320 MW
1Y	45/30 \angle 62	48/30 \angle 63	70/24 \angle 65	80/24 \angle 59
2Y	41/32 \angle 44	42/31 \angle 42	68/31 \angle 38	76/32 \angle 38
3X	78/69 \angle 198	78/68 \angle 198	93/70 \angle 198	99/70 \angle 196

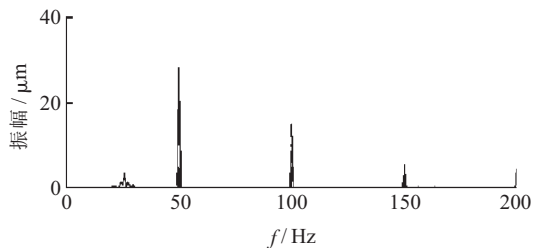


图3 18:52时300 MW负荷1Y频谱图

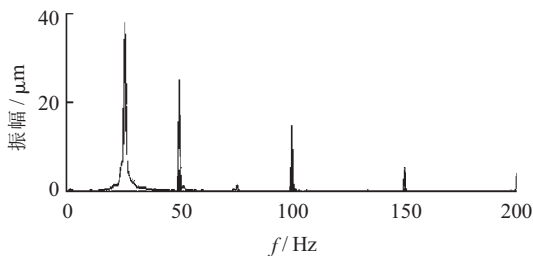


图4 19:40时300 MW负荷1Y频谱图

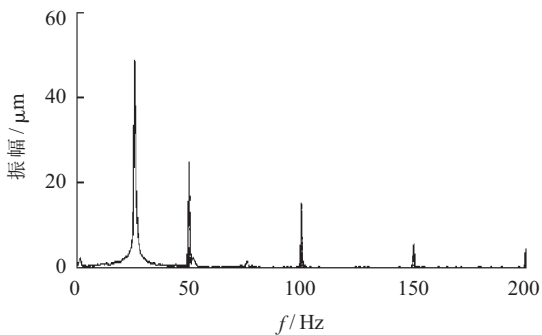


图5 22:00时320 MW负荷1Y频谱图

为顺序阀(3,4—1—2),进行升负荷试验,此时并未出现低频振动现象,振动数据如表3所示。试验过程中各瓦瓦温情况如表4所示。

表3 顺序阀升负荷时各瓦振动数据 $\mu\text{m}/\mu\text{m}/\angle^\circ$

时间	22:50	23:11	23:50
负荷	250 MW	300 MW	320 MW
1Y	45/30 \angle 62	45/29 \angle 61	45/29 \angle 62
2Y	40/32 \angle 42	40/31 \angle 42	40/32 \angle 42
3X	78/69 \angle 195	78/69 \angle 197	78/70 \angle 198

表4 试验过程中各瓦瓦温情况

时间	负荷 /MW	1瓦 / $^\circ\text{C}$	2瓦 / $^\circ\text{C}$
19:40	300	77.6	94.3
22:00	320	77.6	94.3
22:50	250	77.6	94.3
23:50	320	83	98

3.3 振动特征及原因分析

单阀运行时,当负荷低于300 MW时,没有出现低频振动,且各瓦振动幅值均不大,负荷刚带到300 MW时,1瓦出现了少量的低频振动,但振动仍以工频为主,如图3所示。保持机组在300 MW负荷运行一段时间后,振动发散,1瓦的低频振动幅值超过工频成为主要振动,且低频成分为25 Hz,如图4所示。随着负荷增加,振动逐渐增大,到320 MW时,1Y,2Y,3X均已超过75 μm ,见表2。且低频振动现象越来越明显,如图5所示。由于振动对机组所带负荷变化较敏感,当负荷大于300 MW之后,振动迅速增加,与转速无关,且低频振动频率以半频为主,故判断故障为汽流激振。造成汽流激振失稳的原因可以分为2个部分:(1)汽流作用在转子上的失稳力较大。(2)轴系稳定性差。

机组在单阀运行时出现失稳,而在顺序阀没有失稳现象,其原因可能为在顺序阀下剩余汽流力作用在转子上产生一个向下的力,增加轴承载荷,提高了轴系稳定性,而在单阀情况,因喷嘴配汽产生的剩余汽流力为0,而轴系自身稳定性不好,则引发失稳。另结合试验过程瓦温分析,见表4。在单阀320 MW负荷时,1瓦、2瓦瓦温较顺序阀明显降低,表明1瓦、2瓦载荷减小,稳定性变差,且1瓦、2瓦之间温度相差过大。故判断是轴系载荷分配不合理,导致轴系稳定性较差。

3.4 处理方案

结合试验过程振动数据、瓦温及大修有关解体情况,需进行改善轴系负荷分配等措施,提高轴系稳定性。决定调整2瓦标高至比3瓦低0.45 mm。同时尽量减小轴系对中偏差,调整中低对轮和低发对轮的张口值,控制通流部分动静间隙,特别是高中压部分,注意保持冷态到热态动静间隙均匀。有条件尽量减小1号、2号瓦顶部间隙。方案实施后,机组在单阀和顺序阀满负荷运行时,振动达到优秀水平,且不再出现低频振动。

4 结束语

本文对汽流激振的机理、特征进行了简单地阐述,指出了产生汽流激振的主要原因可以归结为2点:(1)汽流作用在转子上的失稳力较大。(2)轴系自身稳定性较差。故可以从这2点着手解决汽流激振问题。针对本文提到的某330 MW机组发生的汽流激振故障,通过调整2瓦的标高来增加轴系的稳定性,从而很好地抑制了失稳现象。

参考文献:

- [1] 杨建刚. 旋转机械振动分析与工程应用[M]. 北京:中国电力出版社,2007:131-132.
- [2] 杨建刚,朱天云,高伟. 汽流激振对轴系稳定性的影响分析[J]. 中国电机工程学报,1998,18(1).

提出利用雷电定位信息进行电网故障诊断的多数据源融合数据处理方法,首先对雷电定位信息、继电保护故障信息进行故障特征值提取,利用数据映射技术获取故障特征数据;依据特征数据进行跨系统故障信息检索与汇总;最后基于多数据源进行相关区域电网故障信息的融合与综合分析。通过电网实际故障案例,对其有效性和实用性进行了说明,为实现区域电网智能化调度奠定基础。

参考文献:

- [1] 江宇,李明,张勇.一种集中监控模式下电网故障诊断算法[J].江苏电机工程,2013,32(1):56-58.
- [2] 郭创新,彭明伟,刘毅.多数据源信息融合的电网故障诊断新方法[J].中国电机工程学报,2009,31(14):1-7.
- [3] 毛鹏,张军林,许扬,等.区域电网故障诊断系统设计[J].江苏电机工程,2005,24(6):1-4.
- [4] 韦海荣,郑海雁,张铁华.基于电力信息网络雷电定位系统的开发[J].江苏电机工程,2006,25(2):1-3.

- [5] 何健,张弓达,徐陈华,等.雷电定位系统在输电线路雷击故障分析中的应用[J].电瓷避雷器,2012(4):74-78.
- [6] 杨家峰,王保保,何广林.基于数据融合的雷电监测预警方法研究[D].西安:西安电子科技大学,2008.
- [7] 向洪,刘志,胡海波.基于 WEBSERVICE 系统交互设计与实现[J].重庆工学院学报,2008(11):110-114.

作者简介:

- 李鹏(1982),男,陕西周至人,博士,研究方向为电力系统继电保护、直流控保技术等;
- 张小易(1978),男,河南许昌人,高级工程师,研究方向为电力系统调度自动化、继电保护等;
- 黄浩声(1979),男,浙江温岭人,工程师,研究方向为电力系统继电保护、直流控保系统等;
- 余晓峰(1980),男,江苏江都人,工程师,从事计算机软硬件系统开发工作;
- 袁宇波(1975),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事继电保护试验和研究工作。

Research on Power Network Fault Diagnosis System with Lightning Location Information

LI Peng¹, ZHANG Xiaoyi¹, HUANG Haosheng¹, SHE Xiaofeng², YUAN Yubo¹

(1. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing, 211103, China;

2. Nanjing Yiteng Technology Co.Ltd., Jiangsu Nanjing, 210022, China)

Abstract: With the development of communication technology, the information of power network operation and fault and the data of primary equipment condition monitoring are merging to each other. The mergence makes it possible to achieve fault diagnosis with multiple data sources. A comprehensive data processing method based on lightning location information is proposed for fault diagnosis in this paper. The basic composition and data feature of the power network fault information system and lightning location system are analyzed. Based on the analysis, a fault analysis flow with lightning location information by utilizing stage fault analysis strategy corresponding data processing method is proposed, and a corresponding data processing method is provided. Finally, a practical fault of a 220 kV transmission line is taken to interpret the procedures and effectiveness of the proposed method.

Key words: power network fault diagnosis; lightning location; relay protection; data merging

(上接第 16 页)

- [3] 张学延,王延博,张卫军.大型汽轮机汽流激振问题的分析和处理[J].热力发电,2004(2):47-55.
- [4] 崔亚辉,张俊杰,徐福海,等.某台 300 MW 汽流激振故障的分析和处理[J].汽轮机技术,2012,54(2):158-160.

作者简介:

- 姜广政(1988),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为汽轮机故障诊断;
- 傅行军(1962),男,江苏溧水人,教授,研究方向为汽轮机故障诊断。

Steam-exited Vibration Mechanism Analyzing and Fault Processing of One 330 MW Steam Turbine

JIANG Guangzheng, FU Xingjun

(National Engineering Research Center of Turbogenerator Vibration, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The mechanism and characteristics of steam-exited vibration fault were discussed in this paper. At a high load, larger half-frequency vibration occurred in NO. 1 and NO. 2 bearing of one 330 MW steam turbine. Based on the further analysis on the frequency spectrum of valve test and the mechanism of steam-exited vibration, it was deduced that the vibration was caused by steam-exited vibration. By adjusting the elevation of NO. 2 bearing, we solved the turbine vibration successfully.

Key words: steam-exited vibration; instability; the shafting stability; height of bearing