

汽流激振机理探讨及某 660 MW 汽轮机故障分析及对策

柴保桐¹, 傅行军¹, 郭嘉²

(1.东南大学火电机组振动国家工程研究中心,江苏南京 210096;2.国电科学技术研究院,江苏南京 210031)

摘要:在介绍汽流激振故障发生机理及特征的基础上,结合某电厂 660 MW 机组在顺序阀带大负荷时 1 瓦和 2 瓦出现较大低频振动的实例,分析了降负荷试验时的频谱图和振动特征,并提出了处理方案。通过调整进汽阀序和 1 瓦、2 瓦标高,基本解决了低频振动问题。

关键词:轴系稳定性;汽流激振;阀序;轴承标高

中图分类号:TK268

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2015)01-0073-02

随着汽轮发电机组向超临界/超超临界机组的方向发展,高蒸汽参数导致高压缸进汽流速增加、密度增大,作用在高压(或高中压)转子上的汽流也随增大,汽流激振问题变得越来越突出。近年来,我国汽流激振问题也比较突出^[1],对发电企业和社会造成了巨大的经济损失。

1 汽流激振机理及特征

1.1 汽流激振机理

目前研究表明,由于蒸汽在转子系统上形成一个切向力,该力作用在转子偏心垂直方向上而且与转子线速度方向同向,若在一个振动周期内,该系统阻尼消耗的能量小于此力所做的功,有可能会系统失稳,形成汽流激振。通常汽流激振力主要来自以下 3 个方面^[2]:(1)叶顶间隙激振力;(2)密封流体力;(3)作用在转子上的静态蒸汽力。

1.2 汽流激振故障特征

(1)对负荷变化较敏感,且一般发生在较高负荷。突发性振动通常存在一个门槛负荷,超过该负荷,立即激发汽流激振,而负荷降至某一数值以下,振动可恢复正常,具有较好的重复性^[2]。

(2)汽流激振引起的振动通常与调节阀的开度和开启顺序有关,而与工作转速无关。通过调整阀门开启顺序能够减小或避免低频振动幅值。

(3)汽流激振的振动频率等于转子固有频率,大多数情况下,以接近工作转速一半的频率分量为主。

2 某 660 MW 机组汽流激振实例分析

2.1 机组概况

某电厂 660 MW 1 号机组型号为 N660-24.2/566/566。轴系由高中压转子、低压 1、2 号转子以及发电机转子构成,共 9 个瓦支撑。机组阀门布置见图 1,轴系见图 2,机组顺序阀调门顺序为 IV+III→I→II。

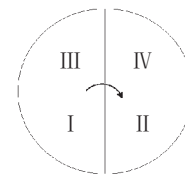


图 1 阀门布置

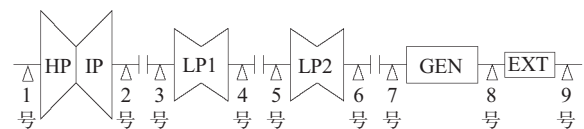


图 2 机组轴系

2.2 振动情况

机组在顺序阀带大负荷运行过程中,1 瓦和 2 瓦均出现较大的低频振动。根据机组振动情况,现场决定进行降负荷试验。

11:30 开始,机组从 630 MW 以顺序阀 IV+III→I→II 方式降负荷,并监测轴系振动情况,振动数据、瓦温情况见表 1、表 2,频谱图如图 3、图 4 和图 5 所示。

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

时间	11:30	12:30	13:30	15:00
负荷	630 MW	570 MW	490 MW	320 MW
1X	85/51/∠265	89/40/∠272	92/40/∠273	72/61/∠270
1Y	90/65/∠339	91/46/∠333	110/26/∠334	82/67/∠330
2X	83/58/∠326	81/52/∠322	82/49/∠333	71/60/∠329

表 2 降负荷过程中各瓦瓦温 $^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$

时间	负荷 /MW	1 瓦	2 瓦
11:30	630	72/73	85/86
12:30	550	68/74	82/87
13:30	490	66/75	80/89
15:00	320	70/73	79/80

2.3 振动特征及故障分析

机组顺序阀运行时,当负荷低于 400 MW,没有出现低频振动而高于此负荷时,1 瓦和 2 瓦开始出现比较明显的低频分量,但振动仍以工频为主,如图 5 所示。随着负荷增加,振动逐渐增大,490 MW 时,1 瓦的

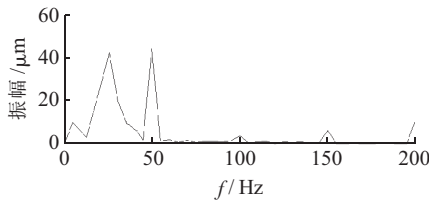


图3 11:30时570 MW负荷1Y频谱

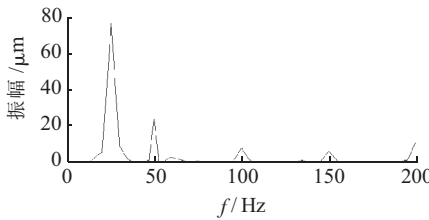


图4 12:30时490 MW负荷1Y频谱

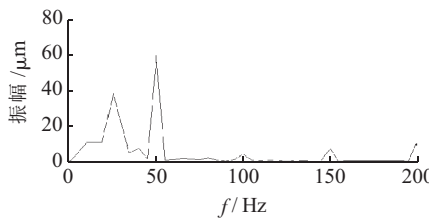


图5 14:00时430 MW负荷1Y频谱

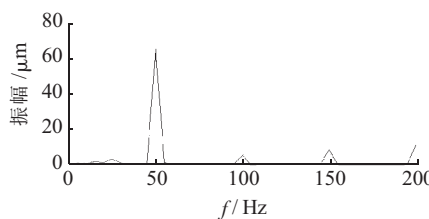


图6 15:00时320 MW负荷1Y频谱

低频振动幅值超过工频,成为主要振动且低频分量为25 Hz,如图4所示。由于该机组属于大容量高参数超临界机组,且振动与所带负荷密切相关,当负荷大于430 MW之后,低频振动频率以半频为主,与转速无关,故判断故障为汽流激振。造成汽流激振失稳的原因可分为2个部分^[3]:(1)轴系稳定性差;(2)汽流作用在转子上的失稳力较大。

机组在顺序阀IV+III→I→II方式运行时出现失稳现象,其原因可能是在顺序阀下运行时产生一个作用在转子方向上的剩余汽流,该力减轻了轴承载荷,

降低了轴系稳定性,引发失稳。此外1、2瓦承载载荷分布不合理也会导致轴系稳定性变差。

2.4 处理方案

根据汽流激振产生机理并结合该机组实际振动情况,可从提高轴系稳定性和减小汽流激振力两方面采取相应措施:(1)提高轴系稳定性。将1瓦标高抬高80 μm,将2瓦标高降低100 μm。(2)减小汽流激振力。调整阀门开启顺序,避免或减小汽流激振低频振动幅值。建议进汽阀序顺序改为I+II→IV→III或III+II→IV→I。(3)有条件尽量调整高中压转子通流部分动静间隙,使其间隙均匀。方案实施后,机组在以顺序阀III+II→IV→I方式带大负荷运行,振动明显降低,汽流激振现象也明显减弱。

3 结束语

该机组产生的汽流激振频率以0.5X为主,对负荷变化较敏感,与机组的配汽控制、阀门开启顺序有一定关联。通过调整1瓦、2瓦的标高和改变进汽顺序,实施该方案后振动明显降低,取得了较好的效果。由于电厂工期的原因,未能及时调整动静间隙,建议以后大修时对高中压转子通流部分进行检查调整,以便彻底消除汽流激振现象。

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] 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,2004,33(2):47-55.
- [3] 姜广政,傅行军. 汽流激振机理分析及某330 MW汽轮机故障处理[J]. 江苏电机工程,2014,33(2):15-16.

作者简介:

柴保桐(1988),男,山东聊城人,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;

郭嘉(1988),男,江苏扬州人,硕士研究生,研究方向为汽轮机故障诊断。

Steam-excited Vibration Mechanism Analyzing and Fault Processing and Countermeasures of a Certain 660 MW Steam Turbine

CHAI Baotong¹, FU Xingjun¹, GUO Jia²

(1.National Engineering Research Center of Turbo-generator Vibration, Southeast University, Nanjing 210096,China;

2. China Electric Power Research Institute of Science and Technology, Nanjing 210031,China)

Abstract: The characteristics and mechanism of steam-excited 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 660MW steam turbine. Based on the further analysis on the frequency spectrum of valve test and vibration characteristics, it was deduced that the vibration was caused by steam-excited vibration. By adjusting the valve and the elevation of NO.1 and NO.2 bearing, we basically solved the turbine vibration.

Key words: the shafting stability; steam-excited vibration; valve; height of bearing