

DOI:10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20220571

某抽水蓄能电站发电电动机上导摆度脉冲干扰分析及处理

卢伟甫¹,唐拥军¹,刘殿兴²,徐亚鹏¹

(1. 国网新源控股有限公司抽水蓄能技术经济研究院, 北京 100761;
2. 国网新源控股有限公司北京十三陵蓄能电厂, 北京 102200)

摘要: 某抽水蓄能电站发电电动机采用电涡流位移传感器测得的上导摆度时域波形上叠加了大的脉冲,影响后期数据处理的准确性。经数据分析并建立三维有限元仿真模型仿真实验算,得出该电站发电电动机磁极引线在上端轴的固定方式是造成大脉冲的主要原因。由此,提出保障数据准确性的临时措施和彻底改进办法,分别为脉冲数据消除处理方法和更换传感器方法,可为同类型穿轴方式的发电电动机上导摆度准确测量提供借鉴。

关键词: 电涡流传感器; 上导摆度; 三维有限元; 脉冲处理

中图分类号: TV734.2; TM312

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2023)01-0163-04

表 1 发电电动机基本参数

Tab. 1 Basic parameters of a generator-motor

参数	数值	参数	数值
额定功率(发电/电动)	222 MVA/218 MW	转子高度	2 900 mm
定子额定电压	13.8 kV	转子直径	4 266 mm
转子额定电流	2 134 A	气隙长度	34 mm
额定转速	500 r/min	上导摆度报警值	325 μm

1 引言

抽水蓄能电站机组导轴承摆度幅值是评价机组运行状态的关键指标^[1-3],目前导轴承摆度测量采用电涡流传感器或电容传感器^[4-6]。电涡流传感器根据电磁感应原理获得金属表面与探头之间的距离,电容传感器通过测量电容器电容变化量获得机械位移量。传感器测量的数据为时域数据,需计算通频峰峰值作为摆度幅值^[7]。摆度测量不准会导致机组误报警甚至误停机。侯俊龙等^[8]分析了可能造成数据测量不准的运行环境因素、安装因素、信号传输因素;曹斌等^[9]提出了电涡流位移传感器的频率响应特性、动态幅值线性度等检定方法。某抽水蓄能电站上导 x/y 方向摆度采用本特利电涡流传感器进行测量,在各工况下测得的摆度时域波形存在较大脉冲干扰,无法准确判断上导摆度幅值是否超标。对此,本文进行数据分析及三维有限元仿真,解析了此现象产生的根本原因,并提出处理措施,以期为同类型机组摆度传感器选型提供依据。

2 试验数据分析和初步原因判断

某抽水蓄能电站发电电动机的基本参数见表 1。上导摆度采用 Bently 电涡流传感器测量。

在额定发电、额定电动工况下实际测量得到的上导摆度时域波形见图 1,横坐标为采样点号。

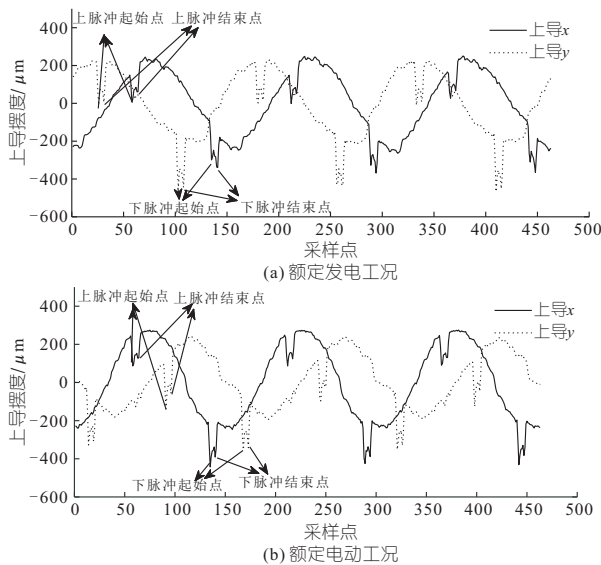


图 1 额定发电和电动工况下上导摆度时域波形
Fig. 1 The upper guide swing time-domain waveform under the rated power generation condition or the rated electric condition

收稿日期: 2022-03-24, 修回日期: 2022-04-25

基金项目: 国家电网公司科技项目(52573017000D, 52573021N00E)

作者简介: 卢伟甫(1993-),女,博士、高级工程师,研究方向为发电机结构选型及故障分析, E-mail: xiaoluweifu@

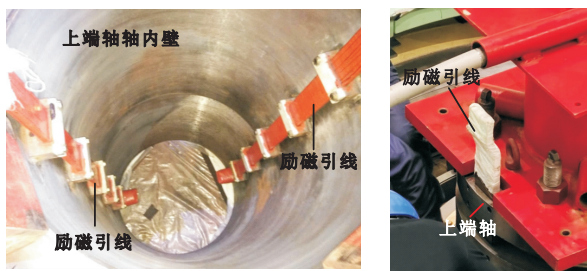
由图 1 可知,在一个周波内有上、下两个大的脉冲干扰,电涡流传感器采样频率为 1 280 Hz,一个周波有约 154($60/500 \times 1\,280 \approx 154$)个点,记录三个采样周期内上导 x/y 的上、下脉冲的起始点对应的采样点号,见表 2。在同一周波,额定发电工况下上导 x 与上导 y 之间的脉冲起始点(或脉冲结束点)对应的采样点号之差基本相同,三个周波内均约为 33,为 1/4 周期,符合 $x、y$ 传感器角度差为机械 90° 布置。额定抽水工况下上导 x 与上导 y 之间的脉冲起始点(或脉冲结束点)对应的采样点号之差基本相同,三个周波内均约为 -33,符合抽水和发电转向方向相反这一情况。

表 2 上导摆度时域波形脉冲起始点和结束点统计

Tab. 2 Statistics of pulse starting point and ending point of the upper guide swing time-domain waveform

摆度测量	上脉冲起始点对应的采样点号			上脉冲结束点对应的采样点号			下脉冲起始点对应的采样点号			下脉冲结束点对应的采样点号		
	周波	周波	周波	周波	周波	周波	周波	周波	周波	周波	周波	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
发电上导 x	58	212	366	64	217	371	135	289	443	141	294	448
发电上导 y	26	180	333	31	185	339	103	256	410	108	262	415
抽水 上导 x	58	212	365	64	217	371	135	289	442	140	294	447
抽水 上导 y	91	244	398	96	250	403	14	168	321	19	173	326

额定发电/抽水工况下上导的 x/y 的上脉冲起始点、下脉冲起始点对应的采样点号之间的差值基本相同,约为 77,为 1/2 周期,且每个脉冲跨度点数基本相同,这与正负励磁引线 180° 布置,宽度相同的特点一致,由此初步判断是励磁引线的原因。其他电站机组采用 Bently 电涡流传感器无此情况,因此需进一步分析该抽水蓄能电站机组励磁引线布置方式的特点。经调查分析,目前抽蓄机组励磁引线从磁极到集电环段一般多在上端轴内部固定,而该电站机组则在上端轴外壁开槽固定(图 2)。为确定原因,进一步开展仿真验证。



(a) 典型励磁引线轴内固定方式 (b) 该电站励磁引线轴壁固定方式
图 2 励磁引线上端轴固定方式

Fig. 2 The fixed mode of the magnetic pole lead on the upper end shaft

3 仿真计算验证

利用 Ansys 软件建立励磁引线和上端轴三维有限元模型,见图 3。上端轴内径、外径、高度

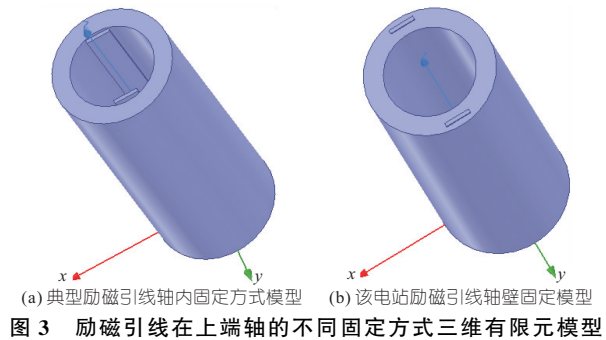


图 3 励磁引线上端轴的不同固定方式三维有限元模型
Fig. 3 The three-dimensional finite element models of the different fixed modes of the magnetic pole lead on upper end shaft

分别设置为 700、1 000、2 500 mm,励磁引线的长、宽、高分别设置为 204、30、2 520 mm。

在 1 670 A 转子励磁电流激励下,上端轴磁场分布图及靠近轴外壁的半径处磁密见图 4。由于轴壁固定励磁引线处于金属内,轴内固定励磁引线处于空气中,金属导磁率远大于空气,因此轴壁固定方式的上端轴轴内磁密,最大值达 1.6 T,会影响电涡流传感器产生的磁场。两根励磁引线分别通正负极电流,当某根励磁引线中的电流产生的磁场与电涡流传感器在金属中感应的磁场方向相反,则测量的摆度比实际值小,如上导摆度波形中的上脉冲波,反之则测量的摆度比实际值大,如上导摆度波形中的下脉冲波。

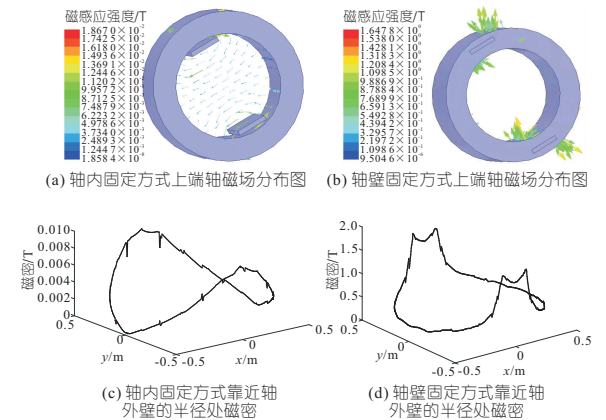


图 4 相同转子电流下励磁引线轴内或轴壁固定方式下的上端轴磁场

Fig. 4 The magnetic field of the upper end shaft with the shaft internal fixation or shaft wall fixation of magnetic pole lead fixed under the same rotor current

轴壁固定方式上端轴在转子电流 0、391、1 144 A 下靠近轴外壁的半径处磁密见图 5(a),实测相应转子电流下上导 x 向摆度波形见图 5(b)。由图 5 可知,在励磁电流波形为 0 条件下,仿真磁密为 0,实测上导摆度数据也无脉冲。当励磁电流由 391 A 增为 1 144 A,仿真磁密和实

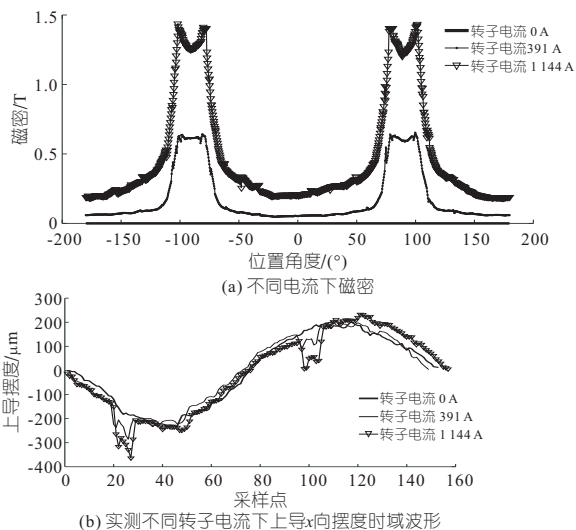


图 5 不同转子电流下仿真磁密和上导摆度实测值

Fig. 5 The simulation magnetic density and the measured upper guide swing under different rotor currents

测脉冲干扰增大的趋势一致,进一步表明该电站发电电动机磁极引线在上端轴的固定方式是造成大脉冲的主要原因。

4 处理措施

4.1 脉冲数据消除处理

采用临时措施获得较准确的上导摆度数据,即对电涡流传感器测得的脉冲数据进行处理,具体为对测量数据求一阶导数,找到导数较大的点即为脉冲起始点或结束点,再根据起始点及其前后两点导数的正负判断是上脉冲起始点还是下脉冲起始点,脉冲结束点按同样方法判断,用线性差值的数据将原脉冲数据进行替换。1 670 A 转子电流下上导摆度 x 方向时域波形脉冲数据处理前后对比见图 6(a),不同转子电流下脉冲处理后上导摆度幅值对比见图 6(b),可见在脉冲处理后,上导摆度幅值大幅下降。

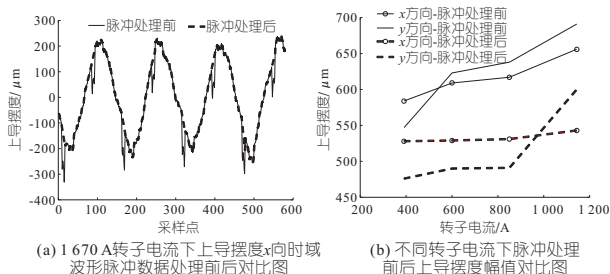


图 6 脉冲处理前后上导摆度对比图

Fig. 6 Comparison of the upper guide swing before and after pulse data processing

4.2 传感器更换

采用其他类型传感器如电容传感器作为改进措施。为进一步验证传感器选型的影响,该电站在某台机组同时安装电容位移传感器和电涡流位

移传感器,两者在同一转子电流下测得的上导摆度 x 方向时域波形见图 7,可见电容涡流传感器不受励磁电流影响,因此对于抽蓄机组励磁引线从磁极到集电环段采用上端轴轴外固定方式的,上导摆度采用电容位移传感器测量的数据较为准确。

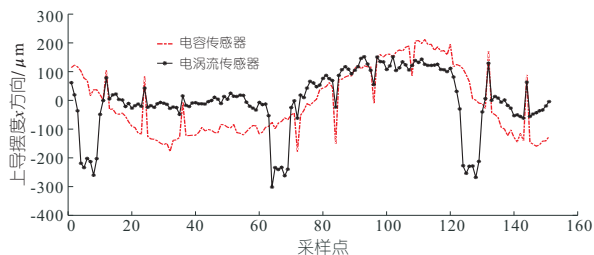


图 7 电容传感器、电涡流传感器测量得到的上导摆度 x 方向时域波形

Fig. 7 The upper guide x -direction swing time-domain waveform measured with the capacitance sensor or the eddy current sensor

5 结论

针对某抽水蓄能电站发电电动机上导摆度采用电涡流传感器存在大脉冲干扰的现象进行数据分析和仿真研究,得出励磁引线采用上端轴非轴内固定方式的机组上导摆度不宜采用电涡流传感器的结论,对已采用的机组可通过脉冲数据消除处理方法修正上导摆度数据,并择机更换为电容传感器。

参考文献:

- [1] 王小建,肖先照. 抽水蓄能机组动平衡试验及振摆特性[J]. 大电机技术, 2019(2): 59-62.
- [2] 马运翔,彭辉,倪海梅,等. 溧阳抽水蓄能电站机组振动和摆度异常治理[J]. 水力发电, 2018, 44(10): 47-50.
- [3] 王以军,王小建,刘云鹏. 沙河抽水蓄能电站 2 号机上导摆度超标的分析与处理[J]. 水力发电, 2007, 33(9): 69-70, 72.
- [4] 王青华,苏文俊. 振摆监测装置在水电厂灯泡贯流式机组上的应用及振动原因分析[J]. 农业科技与信息, 2021(18): 123-125.
- [5] 罗孝兵,王建勇,蓝彦,等. 一种电涡流式摆度监测传感器温度综合补偿方法[J]. 水电与抽水蓄能, 2016, 2(2): 89-92, 110.
- [6] 国家能源局. 水轮发电机组状态在线监测系统技术条件: DL/T 1197-2012[S]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [7] 王海涛. 多能互补发电系统中杨家湾水轮机运行稳定性真机试验研究[D]. 成都: 西华大学, 2021.
- [8] 侯俊龙,杨琪,张富春. 葛洲坝电站 HOMIS 在线监测系统振摆传感器常见故障分析及处理[J]. 科技风, 2017(17): 215-216.
- [9] 曹斌,姚泽,徐广文. 水电机组振动传感器校准——基于 B&K 实验台与 PULSE 分析系统[J]. 中国农村水利水电, 2016(1): 133-136.

