

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

赵海滨* 谷晨飞

青海省三江水电开发股份有限公司 青海 西宁 810000

摘要: 贯流式水轮发电机组适用于低水头、侧重于引水式的卧式水轮发电机组,对振动、摆度要求较高,通过振摆监测装置对X、Y坐标轴方向承受的灯泡头自身重量及集正推轴承和反推轴承为一体的组合式轴承进行实时监测。

关键词: 振摆监测装置; 水电厂灯泡贯流式机组; 应用振动原因

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5251-0310-24>

引言

自1933年以来,灯泡贯流式水轮发电机组在我国得到了广泛的应用,是开发低水头水力资源的一种新型机组,目前已成为水头在25m以下电站的主力机型。各水电站对灯泡贯流式水轮发电机组的运行、检修及维护已积累了比较丰富的经验,为正确记录康扬水电厂灯泡贯流式水轮发电机组实际生产过程中的振动、摆度、压力脉动等相关状态,发现故障早期征兆、故障原因,正确判断故障发展趋势提供了可靠的检测依据。

1 水轮基本参数

水轮机型式: 双调节(灯泡贯流式); 水轮机型号: GZA818-WP-546; 转轮直径: 5.460m; 最大水头: 22.5m; 额定水头: 18.7m; 最小水头: 13.5m; 额定流量: 260m³/s; 额定功率: 40.75MW; 额定转速: 125r/min; 额定效率: 93.9%; 导叶最优开度: 88°, 导叶最大开度: 95°; 桨叶最大开度: 98°, 最小开度: 27°。

2 振动摆度监视装置及系统的构成

振动摆度监视控制装置由传感器、监视仪表和连接电缆等部件组成。配接电涡流传感器时组成摆度监视系统,配接低频振动传感器时组成振动监视系统。技术功能主要有实时监测、实时分析、运行记录、特况录波追记、在线分析等,仪表默认设置为摆度监视仪,通过仪表面板的键码输入可将该仪表设置为振动监视仪^[1]。无论仪表设置为何种监视状态,均可接收13个通道信号,并将各通道的信号独立显示,同时输出与显示值对应的模拟量信号。每一通道可设置4级不同颜色报警。

系统结构: 系统由一个或多个计算机节点组成,各节点根据其功能分为数据采集节点、数据服务节点、系统服务节点、监测分析节点等,每一个节点对应一台电脑或一台采集器,节点间通过以太网连接。根据系统规模和现场实际需求,可将一些功能节点合并到同一台电脑上,以减少部署的设备数量;监测数据服务、系统服务和WEB服务可部署在同一台电脑上。系统参数、数据存储、WEB服务等模块安装在一个独立的服务器上(如果系统庞大,为提高系统性能可分别安装在不同的服务器上)。数据采集节点和监测分析节点都要从服务器下载参数,数据采集节点把数据发送至服务器存储。

3 振摆测点布置

振摆测点布置合理和信号获取都是发电机组运行状态分析的重要环节,测点布设位置直接影响数据分析和故障诊断的可靠度。根据机组的振摆特性,各测点的布置取决于机组运行规律和设备特点。振摆装置实时巡检13个点,其中X、Y振动方向4个点(组合轴承、水导轴承),X、Y方向摆度8个点(组合轴承、水导轴承、转轮室、灯泡头),尾

*通讯作者: 赵海滨, 1993.07, 男, 汉, 青海贵德县, 大专, 助理工程师, 研究方向: 灯泡贯流式水电站设备检修。

水管压力脉动1个点。机组运行过程中可根据正常运行时的振动、摆度参考范围(表1)对振动、摆度进行修正。

4 影响灯泡贯流式机组振动及摆度的因素

4.1 水头引起的振动

在偏离设计工况下运行,特别是在低水头下运行时一般都存在一个振动区,通常为额定负荷的35%~75%。机组低水头、低负荷运行时,转轮叶片的冲角变化较大,使叶片产生强烈的涡流,机组除严重空蚀外,还会引起旋转部分和尾水管的振动。当机组上下游水位波动较大时,若上游拦污栅堵塞严重,压差过大或当机组调速器的水头设置与实际水头不一致时,也会引起机组振动。

4.2 机组制造、设计、加工、安装质量或参数设置不合理引起的振动

水轮发电机是一种将机械能转化为电能的水利发电装置,在机械能向电能转换的过程中,定子与转子外沿之间的气隙不均匀,导致定子与转子之间的磁拉力不平衡,从而引起发电机的电磁振动。发电机转子磁极的重量不同、非标的磁轭厚度部件会导致旋转不平衡、轴瓦间隙大,从而引起振动。因此,机组旋转部分的动平衡必须满足要求。

4.3 导叶和叶片组合参数设置不正确引起的振动

灯泡贯流式机组一般采用导叶和桨叶双重调节,协联关系的正确设定可以使水轮机导叶和桨片开度随着机组负荷的增加或减少而同时改变,形成最佳协联关系,实现水轮机的水力损失最小化,使得机组能够在最佳工作条件下或接近最佳工作条件下运行。横丹水电站设计稳定运行范围为最高水头19m、最低水头14.5m,水轮机可在空载或35%~100%额定功率范围内连续稳定运行。

当水轮机导叶和桨叶协联的参数设置不正确时,机组出力受到限制,不能保证最佳运行工况。转轮转动的过程中桨叶的叶冲角一直在变化,作用在叶片上的力和叶片的扭矩也发生变化,使机组产生径向振动。桨叶动应力急剧增加,导致叶片振动。导叶与导水机构配水环的连接处以及桨叶与转轮轮毂的连接处产生疲劳裂纹^[2]。

4.4 空气进入机组转轮引起的振动

在水流速度较大时,会在进水口上端部位不断形成漩涡,机组负荷逐渐增加时漩涡的旋转深度随之加大,将外界的大量空气带入水轮机的工作部件内部。同时在水流和压差的作用下,机组负荷越是加大,漩涡就越深,被带入的空气就越多,振动随之越大;另一方面,空气进入转轮也会引起工作部件产生气蚀,气蚀对机组振动也有一定的影响。

4.5 调速器系统引起的机组振动

调速器系统伺服引导阀动作稳定可靠、灵敏性能好,但对调速器系统的油质要求较高,当因油质问题造成调速器引导阀或主配阀卡塞时,调速器自动跟踪并调节至给定负荷为止,导致调速器调节通流油量急剧变化,桨叶操作油管的振动加强,桨叶开度调整幅度变大,机组出现瞬时振动。

5 改进措施及建议

5.1 调节库区水位,保持机组高水头运行

按照来水流量调整机组出力,避开机组振动区;通过枢纽清污机、前池拦污栅定期清污避免压差过大,避免空气进入流道,破坏水流稳态,引起机组振动。

5.2 通过分析机组各组成部件的运行状态,开展针对性检修、维护工作

充分利用振摆监测系统,在机组定期检修或年度检修时对大轴轴线状态、小轴端或发导轴承状态进行分析判断。

5.2.1 大轴轴线状态

通过收集包括受油器小轴端或发导轴承X、Y径向摆度频率数据,组合轴承X、Y径向摆度频率数据,水导轴承X、Y径向摆度频率数据及径相信号等。在机组大轴上选取两个任意截面,根据截面上采集的轴心轨迹数据绘制出机组轴线空间轨迹图,这样就能掌握机组大轴的空间运动轨迹、振动摆度的频率参数、轴重心偏移轨迹趋向,配合机组投运前设计院提供的机组工况参数曲线图,全面分析机组大轴的静态弯曲状况和机组在各种工况下运行时机组大轴动态弯曲情况,然后调整大轴轴线。

5.2.2 小轴端或发导轴承状态

分析组合轴承工作状态。观测组合轴承X、Y径向摆度频率,X、Y径向振动频率,轴向Z振动频率,观测组合轴

承瓦温, 轴承进、出口油温等监测信号, 并收集整理。其次, 分析水导轴承工作状态。观测水导轴承X、Y径向摆度频率, X、Y径向振动频率, 轴向Z振动频率, 观测水导瓦温, 水导瓦进、出口油温等监测信号, 并收集整理。每个轴承部位通过正交的两个电涡流传感器可测出大轴运动的轴心轨迹, 很多故障特征数据与轴心轨迹有明显的对应关系。科学分析上述信号, 还可找到轴承的缺陷, 并加以修正。

5.3 调速器系统检修过程中, 对引导阀过滤器进行清洗

对引导阀活塞、主配活塞进行检查, 测量其间隙及磨损情况, 对调速器管路进行冲洗; 根据灯泡贯流式机组的特点, 调速器系统在检修后应加注新油, 并根据机组动态试验及修前的数据分析, 确定适合当前机组运行的最佳导叶、桨叶协联关系, 使机组尽可能处于最优工况运行^[3]。

6 结束语

综上所述, 振动摆度监视仪与电涡流位移传感器连接可以实现水轮发电机组的振动及轴向位移的在线监测, 与低频速度传感器相连可以实现垂直和水平2个通道振动的在线监测。本文分析了振摆监测装置在横丹水电厂灯泡贯流式机组上的应用及振动原因, 以期为类似电站的振摆提供参考。

参考文献:

[1]张培,赵训新,何葵东,王卫玉,李崇仕,侯凯,罗立军,胡蝶,姜晓峰,莫凡,金艳.水轮发电机组预警方法以及预警装置[P].湖南省: CN112855408A,2021-05-28.

[2]黄锐.抽水蓄能电站机组振摆监测系统国产化关键技术应用[A].中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会.抽水蓄能电站工程建设文集2018[C].中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会:中国水力发电工程学会电网调峰与抽水蓄能专业委员会,2018:4.

[3]潘伟峰,孙尔军,朱传古,朱正伟,董阳伟,唐拥军.智能水电厂振摆保护与状态监测装置典型设计[J].水电与抽水蓄能,2018,4(04):48-53.