

水电厂灯泡贯流式机组运行与维护探讨

●王彬



[摘要] 灯泡贯流式机组是水力发电厂中最常用的一种机组类型,它具有结构简单、制造和维护成本低等特点。我国自 20 世纪 70 年代开始,将国外引进的灯泡贯流式机组逐步推广应用到水电工程中,其在我国已有三十多年的历史。随着国内科技水平的提高,灯泡贯流式机组在运行过程中暴露出一些问题。本文结合作者所参与运行维护的某水电厂 1# 机组实际情况,针对机组运行及维护工作存在的不足进行了分析总结,并提出改进措施,为今后类似电站机组安全、经济运行提供参考和借鉴。

[关键词] 水电厂;灯泡贯流式机组;运维

灯泡贯流式机组,是指将水轮机安装在机坑的引水管段上,电机和发电机采用轴对轴承支撑,并通过连杆机构连接成一体的轴流式水轮发电机组。这种机组与传统的轴流式水轮机相比,具有体积小、重量轻、结构简单、便于检修等优点。它广泛应用于中小水电工程,特别是在小水电站中,因其投资少、运行可靠等特点而得到了较大的发展。1958 年我国第一台国产灯泡贯流水轮机(400kW)在湖北清江梯级电站开工建设,随后陆续在三峡工程、小湾、隔河岩等大型工程以及一些中小型电站中推广应用。截至目前,国内有超过 30 个省(市)建有以灯泡贯流式机组为主要形式的水电厂,其中大部分机组已超过设计寿命,处于安全运行状态,仅四川、云南等少数地区仍在使用该类型机组。但随着电网的不断发展,水力资源逐渐被开发利用殆尽,水力发电工程的开发难度越来越大。同时受技术水平、运行维护经验不足等因素的影响,灯泡贯流式机组在实际运行过程中出现了许多问题,如:定子表面磨损严重、转子破磁、尾水管漏水,给机组安全经济运行带来了很大的隐患。因此,加强灯泡贯流式机组的运行及维护管理,提高其安全性、经济性,对于加快新技术、新设备的推广和应用,促进水轮机制造企业提高产品质量,保证电力系统安全稳定运行具有重要意义。本文将某水电厂 1# 机组作为研究对象,结合当时机组所处的实际情况,分析了机组在运行及维护过程中存在的问题。同时针对这些问题,提出了相应的改进方案及措施,对今后类似机组的运行和维护工作提供了参考和借鉴。

Q 水电厂灯泡贯流式机组的作用

水电厂灯泡贯流式机组发挥着重要的作用,尤其是可以

提高水资源利用率和电能供给水平。水电厂灯泡贯流式机组具有显著的可操作性,同时具有稳定性的结构,可以持续性地生产电能,进一步提高水电厂发电效率。当前我国水电厂利用灯泡贯流式机组,因为机组尺寸相对较小,因此可以节省占地面积,有利于提高水电厂的土地资源利用率。同时,因为水电厂灯泡贯流式机组框架结构简单,不仅节省机组安装工作量,同时可以降低安装难度。水电厂灯泡贯流式机组不仅具备环境资源的利用优势,同时因为具备轻巧的结构,因此可以节省造价资金,从而减少了安装工人的时间效用,保障水电厂运营的综合效益。

Q 工程概况

某水电厂中选用灯泡贯流式机组,机组使用数量为 10 台,设置水轮机额定出力为 30.85MW,设计水头为 8.6m,最小水头为 2.2m,最大水头为 13.4m。水电厂为了机组运行性能,针对机组运行过程中存在的不足采取合理改造,下文将进行详细分析。

Q 水电厂灯泡贯流式机组运行中存在的问题

(1)机组设计时未考虑到凝汽器的散热问题,致使凝汽器水温偏高。(2)由于凝汽器采用了多层保温、隔热措施,造成凝结水被冷却后温度下降缓慢,其降温效果不佳,影响机组的经济运行和安全运行。(3)由于厂房内没有设置水轮机加热器,冬季天气寒冷时,凝结水温度较低,加上凝汽器散热不良,致使凝汽器结冰现象时有发生,给机组安全运行带来了隐患。(4)由于结构特点及制造质量等原因,机组启动时往往会出现“憋水”现象,这将严重影响机组运行的稳

定性和可靠性,给后续机组调试工作带来很大困难。(5)在设计过程中,只考虑了进水口上引水管的流量要求,而忽略了对尾水管流量的考虑,致使尾水管泄流能力不足,导致尾水流量不够。(6)由于工程所处位置位于峡谷地带,地形落差变化剧烈,机组调试阶段未能有效进行调试试验,致使机组投运后因水头损失大,水轮机调节性能差,难以实现满负荷运行。且水力过渡过程较为复杂,不能保证稳定的调速特性。(7)由于施工质量问题,导致机组各部件配合间隙过小,引起转子振动加剧,且主回路间隙波动较大,危及机组的安全运行。(8)由于发电机组地处高原山区,受海拔高度、气温、湿度等因素影响,加之当地气候干燥少雨,部分设备锈蚀情况较为严重。同时,机组经过多年运行,内部易产生微小裂纹,也会引发机组振动加剧。(9)由于一些配套设备、管道使用时间长,设备老化,技术指标与当前实际运行状况不符,制约着电站效益的提高。(10)由于水电站地处偏远地区,电力市场竞争激烈,发电成本逐年攀升,加上现行电价政策相对滞后,水电站盈利空间受到挤压,甚至出现亏损现象。因此,提高发电效率成为水电厂管理部门的一项重要任务。

以上几个方面是灯泡贯流式机组目前运行中普遍存在的问题,虽然这些问题在一定程度上降低了机组运行效率,但仍可通过加强机组维护管理,消除或减少异常情况,进而保障机组的安全稳定运行。

Q 水电厂灯泡贯流式机组管理措施

(一)降低灯泡头的温度

水电厂灯泡贯流式机组运行温度可以超过 53℃,不利于工作人员开展相关工作。因此,需要降低灯泡头的温度,可以将离心式鼓风机安装在防水盖板上,利用风道向灯泡头内送入冷风,向外溢出内部热风,通过换风处理之后降低灯泡头的内部温度。

(二)更换机组轴承供油泵

轴承油泵是水电厂灯泡贯流式机组中重要的部件,因此,需要保证轴承油泵运行的稳定性。原来选用的油泵为齿轮泵,经过一段时间的运行之后,出现出油量较少和油泵温度过高等问题,影响到整体机组的顺利运行。为了处理问题,需要重新选型,可以更换为螺杆泵,不仅可以满足工作需求,同时可以优化整体使用效果。

(三)轴承油冷却器冷却用水管理

为了对轴承油温进行控制,可以实施主轴密封排水工作,指的是油冷却器汇总接入主轴密封的排水,可以获得良好的使用效果。技术人员可以利用冷却轴承油的二次循环水为主轴密封水的一次循环水。再发挥出板式冷却器的作用,可以进一步优化技术改造效果,有效降低轴瓦的运行温

度,保障轴瓦运行的稳定性,避免出现任何安全问题。

(四)机组轴承环形供油管接头管理

因为设计和制造等方面的不足,在轴承油环形管实际运行过程中很容易出现漏油的问题。如果机组轴瓦缺油,将会产生严重的破损问题。因此,技术人员需要合理选择密封材料,并且对接头进行合理处理,避免在接头部位发生漏油问题。

(五)机组大轴端盖改造

因为发电机定子温度相对较高,所以一些厂家配置了高压风机,但是在机组运行过程中,高压风机将会将循环油吹出端盖,从而引发漏油问题。因此,需要对大轴端盖进行改造,可以将甩油环安装在大轴端盖,漏油方向因此被扭转,同时可以向油箱中甩回漏出的油。此外,需要合理选择密封材料,保证整体密封效果。

(六)PLC 装置防雷措施

水电厂运行过程中很容易受到雷击的影响,导致 PLC 装置发生严重的损坏,从而增加水电厂经济损失,同时无法实现安全运行的目标。因此,需要落实 PLC 装置的防雷措施,可以在上游水位传感器的回路上安装防雷器,从而降低雷击事故的发生率。

Q 水电厂灯泡贯流式机组改造

为了保证灯泡贯流式机组安全稳定运行,需要在设计、施工及运行维护等方面采取相应的措施,以提高其运行的经济性。

(1)在设计阶段,要加强对机组水轮机转轮、导叶和尾水管的水力设计计算,尽量减少空泡损失。同时,要增强机组调节系统的阻尼特性,提高机组运行的稳定性。此外,还要根据不同季节负荷的变化特点,合理选择最佳机组转速,降低发电成本。

(2)机组投运后,要不断完善机组管理制度,建立健全各项规章制度,实行标准化作业。要严格执行操作规程,严禁超出力或超负荷运行。对于水头变化率较大的电站,应采取切实可行的措施来控制水头变率,比如,安装调速器或压力开关等。

(3)定期进行空蚀试验。在空蚀试验中发现尾水管发生严重空蚀时,可将尾水管拆开检查并用清水冲洗干净,然后再重新组装好。通过这些措施,可以延长尾水管的使用寿命,防止尾水管漏水造成水压脉动增大而导致机械振动过大。

(4)改进空气吹灰器结构。由于我国引进生产的大多数灯泡贯流式机组所采用的空气吹灰器都是单叶片式的,且其排灰效果不理想,所以建议国内同类机型选用双叶片式的空气吹灰器。目前,该公司生产的 6# 机组已采用双叶片式的空气吹灰设备,效果良好,值得推广。另外,还应加大对

空气吹灰机构的改造力度,采用多级进气方式,以提高其吹灰效率。

(5)加强设备日常维护与管理工作。一方面,应加强对润滑系统的管理,建立设备润滑台账,指定专人负责油位和润滑油质的检查工作,确保润滑系统正常运转;另一方面,应重视设备检修质量,特别是转子轴承的检修质量。因为如果转子轴承检修质量不好,会使转子变形、磨损加剧,最终会造成机组振动超标甚至损坏。因此,应做到“勤检查,细处理”。

(6)注重处理过负荷故障。为了保证电源输出不发生突然变化,将监测系统发送给调速器的模拟量信号经过调节后,在调节过程中以固定的速度逐步逼近。在调节过程中,调节系统作为电源闭环的输出功率,在开启状态下对单元的输出进行实时追踪,调整输出状态下的输出功率。所以,当PC机切换到电源状态时,开启方式调整的能量未到位,因为设定的功率不能跳转到目前的单位功率,将与能量反馈产生偏离,若偏离的数值超出了调整范围,将导致叶片的脉动。为此,对调速器的控制方案做了以下改进:①对调速器PLC编程中的导叶式PID算法进行了改进,加入了一个判定条件,即在功率偏离超过调整死区时,将工作方式切换到电源状态,延迟50ms,然后进行PID运算。为了避免引起叶片PID参数的混乱和计算误差,将模态转换和叶片PID计算分开进行。②在给定的功率增量和减量速率的例程中增加一个选取组件,该组件的功率给定速率仍然被设定为200kW。在开启方式中,将设定的仿真值的变化功率增加或者减小速度为1500kW。通过提高开度方式下的升程速度,使得在开启状态下,PC机所设定的输出功率可以迅速地跟踪系统的实际输出,减小了模式转换时刻的功耗变化。

Q 结束语

1983年我国第一台灯泡贯流式机组安装于葛洲坝水电

厂。由于其结构简单可靠、造价低廉等特点而得到广泛应用,时至今日已发展到第六代机组,成为我国水能资源开发的主力机型之一。随着科学技术水平的提高,我国引进了一些先进的灯泡贯流式机组,如上海电气、哈尔滨汽轮机厂生产的PG600系列和PG700系列,以及哈尔滨锅炉厂有限责任公司生产的Q2000系列等机型。这些新机型在性能上均有很大提高,大幅提升了机组的运行效率和稳定性,给水电事业的发展提供了强大动力。但不可否认的是,由于各方面因素的影响,部分老旧机组在使用过程中也暴露出许多问题,如:设计缺陷、材料老化、机组结构不合理等,严重影响了电站的安全经济运行。因此,对老旧机组进行改造以适应当前社会经济发展的需求显得尤为迫切。本文就某水电厂1#机组在运行和维护中存在的问题进行了阐述,并提出相应的解决方案及改进措施,以期为类似项目提供参考和借鉴。相信通过不断改进,能够充分利用现有设备条件,使更多的灯泡贯流式机组实现安全稳定运行,创造更大的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1]李嘉平.浅谈某水电站灯泡贯流机组水轮机转轮技术改造[J].水电站机电技术,2020,43(02):16-18.
- [2]白杨.浅谈大型灯泡贯流机组励磁产品质量控制[J].四川职业技术学院学报,2012,22(06):126-128.
- [3]李筱波,吴仍芳,倪华.复杂条件下某灯泡贯流机组流道施工[J].电力勘测设计,2022(12):88-92.
- [4]袁国培.灯泡贯流式机组水电站厂房设计关键问题及应对措施[J].水利规划与设计,2021(05):113-116,138.

作者简介:

王彬(1997-),男,汉族,四川泸州人,本科,助理工程师,四川美姑河水电开发有限公司,研究方向:水电站机械检修。