

水轮发电机组设备故障诊断与预测维护技术研究

王 森

(安徽省蚌埠闸工程管理处, 安徽 蚌埠 233000)

摘 要 水轮发电机组是水电站的核心设备, 其运行状态直接关系到水电站的发电效率和安全性。然而, 由于水轮发电机组设备的复杂性, 故障时有发生, 导致发电效率降低甚至停机。因此, 对水轮发电机组设备进行故障诊断和预测维护是至关重要的。本文主要探讨了水轮发电机组设备故障诊断与预测维护技术研究, 论述了水轮发电机组故障诊断和预测维护的基本概念, 详细介绍了水轮发电机组常见故障、诊断方法和实践应用, 以为同行人员提供有益参考。

关键词 水轮发电机组; 设备故障诊断; 预测维护技术

中图分类号: TV7

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0043-03

水轮发电机组设备故障诊断技术是保障设备稳定运行的重要手段, 由于水轮发电机组的工作环境复杂, 长期运行中难免会出现各种故障。为了确保水轮发电机组的正常运行, 及时诊断和预测设备故障并进行维护成为关键。随着科技的不断发展, 故障诊断与预测维护技术在水轮发电机组领域的应用日益广泛。本文重点探讨水轮发电机组设备故障诊断技术和预测维护技术的研究现状, 分析其在实际应用中的案例, 为相关领域的技术人员提供参考。

1 水轮发电机组设备故障诊断技术概述

故障诊断技术是用于检测和识别设备异常状态, 预测设备性能退化和故障发生的技术。在水轮发电机组中, 故障诊断技术通过对机组运行过程中的各种参数进行实时监测, 及时发现潜在的故障, 为设备的预防性维护提供依据。水轮发电机组设备的故障检测、分离(诊断)和故障排除三个部分, 通常被称为故障的检测、分离和修理。

1.1 故障检测

故障检测就是判断某一设备有没有失效, 也就是对某一异常情况进行检测的过程。通过对检测设备的可测变量的持续监控, 发现在正常条件下, 在一定的不确定条件下, 这些参数符合一个已知的规律, 而在任何元件失效时, 这些参数都会与名义上的状态有偏差。在对设备进行故障判别时, 通常情况下, 通过对设备的输出或状态变量的估算来进行估算。目前研究

的主要目标是改进实时性、精度、可靠性, 并将虚警和漏报率降到最低。^[1]

1.2 故障诊断

故障诊断指的是根据设备故障位置和结构来进行诊断, 并对其发生的时间、程度及原因作出评价与判断的程序。故障分类是指按照故障的严重程度, 将故障归类, 并有针对性地采取措施。故障评价和决策是根据故障的类型和严重程度, 确定是否要采取维修、维修、隔离或改变控制率等措施, 以防止故障的扩展, 防止事故的发生。

1.3 故障修复

故障修复就是通过对设备进行故障排除, 通过调整控制速率、控制重构、设备重构等方式, 来确保设备的稳定性, 从而提高设备的整体性能。对自动化设备和智能设备来说, 故障排除是一个非常重要的步骤。故障排除法将故障的检测、故障诊断和自动化控制有机地结合在一起, 这使得故障诊断的研究更加深入, 也得到更加广泛的应用。

2 水轮发电机组设备存在的问题

当前, 微机控制技术、机械液压技术得到了广泛的应用。该技术的大部分设备都是采用“微型调速器+电液伺服设备”的结构方式。采用纯机械液压部件作为功率放大和随动控制的执行器, 采用微型计算机调节器完成了信号传输、调节律合成、调节参数转换、状态显示和控制量输出等功能。将微型计算机调速器

产生的微弱电信号转换成可驱动水力导水机构的机械位移。随着计算机容错技术的不断完善,微机控制设备的软硬件可靠性已达10次/小时。但是,据统计,水轮发电机组的故障占整个水轮发电机组的80%以上,也就是说,其中,传感器与执行机构的失效是其失效的主要原因。

1990年,原国家能源局与中国电力工业联合会科技处对四十座水电站的134台水轮发电机组的设备做了调查,经调查,发现水轮发电机组调速器设备故障率较高,累计出现了827起故障,其中电液控制设备的故障率高达61.1%,其中由液压调整箱电液变换器引起的故障高达45%^[2]。其中某高转速水轮发电机组主要参数见表1。

从上述情况可以明显地看到,作为水轮机调节设备的调速器,其故障大多出现在水力放大环节,同时也存在着诸如水头、机械频率和其他信号的探测等,是其可靠性中比较薄弱的环节。因此,要进一步提升其设备的可靠性,就需要研究如何改善水力伺服设备中的电液伺服设备以及参与调整过程中信号的量测,也就是传感器的故障检测与诊断。

3 水轮发电机组调速器设备主要故障诊断与预测维护技术

随着水电机组的安全、可靠运行,对其进行故障诊断已成为当前水电机组研究的热点。国内外的很多专家、学者都在这方面做了很多的研究,在对调速器进行故障诊断时,通常采用以下方法。

3.1 水电厂水轮发电机组调速器设备的故障检测技术

1. 硬件冗余。仅对极重要的信号采用二级或三级冗余,一般采用过半数投票法。若要将失效的感测器隔离,则必须具备三个以上的冗余元件。

2. 信号门限检测。门限检测是一种检测手段,它可以判定传感器信号的改变幅度及变化率是否超出了所要求的极限。这是一种常见的工程计算方法,结构

简单,容易实施。但很多时候,感应器上的读数都是正常的,实际上却是出了问题。所以,只有当故障扩展到一定规模时,才能发现这种方法。实际上,如果传感器或执行器出现了问题,这一过程需要一定的反应时间,所以这一过程常常会错过最好的检修机会,给用户带来不必要的损失。此外,仅仅依靠超出常规的信号这一幅度还使我们难以确定失效的真正原因。

3. 运行人员的观察判断。故障的判定是由操作者的观察和自身的经验所决定的。虽然这样做很有帮助,但是它与人员的素质、对流程的认识等有着紧密的关系,并且很多错误仅仅靠观察是难以发现的。

3.2 水电厂水轮发电机组调速器设备的维护

水电厂水轮发电机组调速器设备的工作质量,除了与设计、制造、安装等方面有很大的关系,而且与其运行和维修也有很大的关系。调速器的保养工作主要有:确保调速器正常工作,检验其品质,监视其工作状态,分析其故障,并做定期检修维护^[3]。

1. 保证调速器有良好的工作条件。为了保证调速器的正常运行,除了根据有关规范对其制造和安装的质量进行严格检查,同时也需要良好的工作环境。(1)水轮机运行良好。大功率调速器在无载手动工况下,转速波动的相对值不得大于±0.2%;中型调速器控制在±0.3%以内;小型调速器精度控制在±0.4%以内。(2)在调速器安装前,库房的温度应保持在-5℃~40℃,相对湿度小于90%。并且室内要求不含酸,不含盐,不含腐蚀性,不含易爆物,不含粉尘,不含雨雪。(3)调速器使用的机油宜选用GB11120中的46号汽轮机油或相近的机油,油温为10℃~50℃^[4]。

2. 日常运行中的检查与维护。对调速器进行的常规操作保养,主要有操作中的检测和维修。注意周围的卫生,把调速器的门锁好,避免尘土进入调速器的油压管路,使油压设备受到污染;要注意防水、防潮,如果油压浓度太高,不但会腐蚀设备,而且当调速器中的暗管在高速流动时,会产生许多气泡,引起调速

表1 高转速水轮发电机组主要参数

额定转速 / (r·min ⁻¹)	飞逸转速 / (r·min ⁻¹)	发电机转子质量 /kg	水轮机转轮质量 /kg	发电机转子 GD ² / (kg·m ²)	水轮机转轮 GD ² / (kg·m ²)
600	1185	20000	1700	30000	1000
主轴材料	屈服强度 /MPa	发电机上导刚度 系数 / (N·m ⁻¹)	发电机下导刚度 系数 / (N·m ⁻¹)	水轮机导轴承刚度 系数 / (N·m ⁻¹)	电磁刚度系数 / (N·m ⁻¹)
锻 20SiMn	255	1.0×10 ⁹	1.6×10 ⁹	1.6×10 ⁹	0.2264×10 ⁸

器机油回流,引起溢流;注意观察导向阀的活塞动作是否灵敏,如果发现堵塞,要及早将其拆卸下来,并用砂轮机或金相沙进行打磨;观察步进电动机在停转或稳转过程中的频繁动作,发现步进电动机及执行机构过热。若如此,则需要对所述位移传感器的零点值进行再调节;检查零件的工作位置,各种仪表或人机接口显示的正确性;机油压力和油面是否正常,没有泄漏;检查回馈设备和驱动设备的工作状态,回馈钢索有没有断裂或松动;检查各个调整参数是否处于给定位置;电力的给定表明是否适合于负载;在人机接口中,各个显示屏的有关内容与设备的工作状况是否相符;在对微机进行调试时,要注意人机接口上有没有异常的报警信息,巡检人员要格外重视出现的故障警报和紧急处置。

在使用过程中,重点是对调速器的润滑油和电器部件进行检测,这些部件的主要工作有:对调速器润滑油进行一年一换,两个月内对其进行维修或更换。机油滤清器应该每周进行一次清洁。如果机油滤清器前后压差大于 0.2 MPa 以上,必须马上更换清洗^[5]。工作油泵和后备油泵每星期要切换一次,若无自动控制开关设备,应在抽油泵停机时进行开关,并观察新抽油泵的启动和停止状态。抽油泵一停,不能有反向动作。对各电器部件的输出参数进行周期性的测试,并与工厂的测试结果进行对比,从而确定它们的运行状态是否正常,有没有潜在的故障,从而进行及时的处理,避免出现故障。为避免由于长时间不使用造成的故障,应按规定每月进行一次检修。

3.3 故障处理措施

1. 切手动。对某些较轻的故障,若用自整定的办法仍不能达到稳态,则常把控制设备切换到人工操作状态。

2. 连锁保护或停机。传统的参数报警和连锁保护设备,它的作用是将危险情况在关键位置上进行防范,并且在某些有可能导致严重后果的故障发生时,能够立即关闭^[6],这样才能避免更多的损失。就可靠性而言,继电保护设备只是应对紧急情况的一种应急措施,并不能从根本上保证设备的持续稳定运行。

3.4 更深层次或在线故障诊断方法开发

余雄伟开发出一种智能交互式诊断设备^[7]。申卫星为水电厂开发了一套面向对象的智能诊断设备。这两种方法都是建立在以往故障案例的基础上,均要求在知识库中找到对应的故障信息,而对合成、未知、

受外界扰动等因素影响时,其准确性将大幅下降^[8]。余晓晖采用人工神经网络方法对调速器进行故障诊断,但由于其工作环境复杂,难以满足实际应用需求^[9]。因此,造成设备失效的原因有很多,有时这些故障还会叠加出现,而且,即便是找到了故障所在,由于故障因素的不同,严重程度也不一样。所以,这种以信息为基础的故障诊断方法,存在着漏检、漏修等问题,以及对已经出现故障的程度的评估不足等问题。

4 结束语

水轮发电机组设备的故障诊断与预测维护技术是保障设备正常运行的关键。通过对设备的振动、声音、温度、油液等参数进行实时监测和分析,可以有效地诊断设备的故障和预测设备的未来状态。在此基础上,制定相应的预测维护策略,可以提高设备的运行效率和稳定性,降低设备的维修成本和维护难度。随着技术的发展,智能化维护设备和在线监测技术在水轮发电机组设备故障诊断与预测维护中的应用将越来越广泛,对提高水电站的运行效率和可靠性具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 李彤童.水轮机状态监测与分析设备的设计与实现[D].辽宁:大连理工大学,2006.
- [2] 席蓉蓉.基于极限学习机的水轮发电机组故障分类与状态预测研究[D].陕西:西安理工大学,2020.
- [3] 褚福磊,彭志科,谢伟达,等.旋转机械故障诊断的若干理论与方法[D].北京:清华大学,2016.
- [4] 李娟.浅谈泵站设备故障诊断问题[C]//2009 全国大型泵站更新改造研讨暨新技术、新产品交流大会论文集,2009.
- [5] 李诚,高建国,胡平良,等.基于深度学习的水轮发电机定转子缺陷智能诊断技术研究[J].电子设计工程,2022,30(01):80-84.
- [6] 曹仲,张官祥.水轮发电机组轴瓦温度及油质性能监测设备研究[J].粘接,2022,49(07):129-132,146.
- [7] 余雄伟,李朝晖,艾友忠.水轮机调速器智能交互式诊断方法[J].水电自动化与大坝监测,2005,29(04):8-9.
- [8] 申新卫,殷国富,愈仕庭.面向对象的水电厂于智能故障诊断系统[J].电力自动化,1998(02):11-12.
- [9] 余晓晖,杜林,陈明英,等.基于 BP 神经网络的水轮机调速系统故障诊断[J].重庆大学学报(自然科学版),2001,11(24):56-57.