

水力发电设备运行状态中的故障和诊断技术研究

韩 超

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

[摘要]水力发电设备属于电力系统的要害部分,其运行时的稳定性以及可靠性会对电网的安全状况以及经济特性产生直接的影响。在长时间的运行进程当中,机械系统、电气系统有可能会多种不同类型的故障,这不但会影响到发电的效率,还会带来潜在存在的安全方面的风险。本论文对设备运行状态所呈现出的各类特征以及典型的故障类型展开了相应的分析,较为详尽地阐述了振动监测技术、温度监测技术、油液监测技术以及电气参数监测技术。把监测系统的具体设计情况、数据处理的相关事宜以及设备寿命的预测等方面相互结合起来,进而提出了一套较为完备的综合诊断策略,以此为提升设备的可靠性、延长设备的使用寿命以及达成智能运维的目标给予技术层面的支持。

[关键词]水利发电设备; 运行故障; 诊断技术

DOI: 10.33142/hst.v8i9.17685

中图分类号: TM612

文献标识码: A

Research on Faults and Diagnostic Techniques in the Operation Status of Hydroelectric Power Equipment

HAN Chao

Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: Hydroelectric power generation equipment is a critical part of the power system, and its stability and reliability during operation will have a direct impact on the safety and economic characteristics of the power grid. During long-term operation, various types of faults may occur in mechanical and electrical systems, which not only affect the efficiency of power generation but also pose potential safety risks. This paper conducts corresponding analysis on various characteristics and typical fault types of equipment operation status, and elaborates in detail on vibration monitoring technology, temperature monitoring technology, oil monitoring technology, and electrical parameter monitoring technology. By combining the specific design of the monitoring system, data processing related matters, and equipment life prediction, a relatively complete comprehensive diagnostic strategy is proposed to provide technical support for improving equipment reliability, extending equipment service life, and achieving intelligent operation and maintenance goals.

Keywords: hydroelectric power generation equipment; operational malfunction; diagnostic technology

引言

水力发电在我国电力供应体系当中占据着极为重要的位置,其设备的安全状况以及能否实现高效运行,一方面关系到电网的稳定性,另一方面还会影响到能源利用的效率。像水轮机、发电机、电气控制系统等这些设备,它们的结构都比较复杂,并且运行环境也是多变的,在长期运行的过程中,很容易就会出现机械方面的故障以及电气方面的故障。传统的那种计划性检修,主要是凭借经验来开展工作,同时还要按照固定的周期来进行,虽说这种方式能够在一定程度上保障设备的正常运行,可是却忽视了设备实际状态之间存在的差异。随着现代监测技术、信号处理以及智能分析方法不断地发展,状态监测与故障诊断逐渐成为了保障设备能够高效且安全地运行的关键手段。本文在对设备的运行特性以及故障类型展开细致分析的基础之上,深入探讨了多种故障诊断的方法以及系统设计的策略,以此来为设备的优化运行以及智能化管理给予相应的技术参考。

1 水利发电设备运行状态检修的意义

长期以来,我国水利发电设备检修沿用以防为主的计划检修模式,在电力系统缺电情况下,尽量避免发电设备被迫停机,减少拉闸限次数,起到了一定的积极作用。但传统的检修方式时间间隔等基本建立在传统经验基础上。较少考虑设备的实际运行状况,存在检修周期长,费用高等问题。随着设备健康水平的提高,如沿用计划检修模式,可能在机组状况良好情况下盲目拆换,浪费大量人力财力,某些情况下可能损害机组的健康水平。传统的计划检修模式显然不能满足现代设备的维护管理要求。随着电网装机容量增大,备用容量增加。电网出现用电紧张状况,使得水利发电设备检修在选择时机上可以更为灵活,为状态检修提供了更为宽松的外部环境。随着计算机技术,信号检测技术的发展应用,许多水电厂投运的计算机监控系统,为设备状态监测提供了坚实的技术基础。水电设备在设计,运行管理等方面长期经验积累,不断完善的管理制度,为设备检修提供了明确的分析,决策依据。

2 水力发电设备故障类型与特征分析

2.1 机械系统故障及特征

水力发电设备的机械系统主要包含水轮机转子、轴承、联轴器以及传动装置,其构造复杂,并且要持续承受不断变化的水力负荷。在长时间的运行进程中,机械系统很容易受到振动、磨损还有冲击载荷等方面的影响,进而出现轴承磨损、叶片裂纹、转子偏心之类的故障。这类故障常常会伴随着振动幅值有所增加、运行噪声出现异常以及温度上升等特性,特别是在负荷发生突变或者长期处于满负荷运行状态的时候,更是容易引发结构性损伤。轴承故障一般呈现出振动频率出现异常以及温度升高的情况,其发展的整个过程能够借助振动监测来及时地捕捉到。水轮机叶片出现裂纹或者遭受腐蚀,可能会致使水力能量转化的效率降低,情况严重时还会引发水轮不平衡振动以及结构共振,进而对机组的安全形成威胁。除此之外,联轴器出现磨损以及螺栓发生松动,会让传动系统产生异响并且振动幅值出现异常,最终影响整机运行的平稳性。机械故障的早期诊断,关键之处就在于高精度的振动采集以及分析手段,通过针对频谱特征、包络信号以及时域特征展开分析,能够达成对故障类型与程度的精准判断,以此为后续的检修和维护工作给出依据。

2.2 电气系统故障及特征

电气系统属于水力发电设备达成能量转换以及控制调节的关键部分,其中涵盖发电机定子绕组、转子励磁系统、电压调节器还有保护装置等等。在长时间的运行进程里,电气系统极有可能会出现诸如绕组绝缘老化、励磁方面出现异常状况、电压产生波动以及存在接触不良等一系列故障情况。而这些故障往往是以电流、电压波形出现异常、局部出现过热以及存在局部放电等现象来呈现出来的,要是不对这些故障加以及时且有效的处理,那么就有可能致使机组停止运转,甚至还可能造成设备遭到损坏。当定子绕组出现局部过热或者绝缘受损的情况时,这将会使得发电效率有所下降,并且还会伴随着局部电流出现波动以及电气噪声增多的现象。转子励磁系统一旦发生故障,那么就可能会引发输出电压处于不稳定的状态,进而对电网的质量产生影响。现代针对电气故障所采用的诊断方法主要是依靠对电参数展开实时的监测操作,通过对电流、电压的幅值、相位以及频谱特征进行细致的分析,就能够较为精准地去识别出故障的具体来源并且对其发展趋势做出相应的判断,如此一来便可以在不会对正常发电造成干扰的前提之下开展具有针对性的维护以及修复工作。

3 故障诊断技术方法

3.1 振动、温度与油液状态监测技术

水力发电设备故障诊断所依赖的振动、温度以及油液状态监测,乃是其基础的诊断手段。这一手段借助实时对设备物理参数加以采集的方式,以此来呈现机械系统的实际运行状况以及潜在存在的各种异常情况。就振动监测技

术而言,它主要是把转子、轴承还有叶轮系统作为重点监测对象。通过运用加速度传感器、速度传感器以及位移传感器来采集振动信号,并且将时域分析法、频域分析法以及及时频域分析法相互结合起来,如此一来便能够识别出像不平衡、轴承损伤、出现松动以及结构共振这类故障所具有的特征。在开展振动分析相关工作的过程中,包络分析法、频谱分析法以及小波变换法这些方法被广泛地应用到早期故障检测当中,而且能够在设备还未呈现出明显的异常情况之前,对潜在的问题给予预警提示。至于温度监测,其做法是在轴承、绕组以及一些关键部件处安装热电偶或者红外测温设备,进而持续不断地采集温度方面的数据,以此来对设备局部发热的具体情况予以评估。而温度出现异常的情况,往往就是机械摩擦有所增加、润滑不够充分亦或是电气绕组绝缘程度下降的早期表现标志,所以能够用于辅助去判断振动分析所得到的结果,进而促使诊断的精度得以提升。油液状态监测是通过采集润滑油的压力、油温、油品的黏度以及杂质含量等方面的信息,以此来反映液压系统以及轴承润滑的实际状况。当油液当中颗粒物的含量有所升高或者酸值出现了增加的情况时,这通常意味着部件存在磨损现象或者受到了污染,再结合振动以及温度方面的数据,便能够达成对机械系统以及液压系统故障的综合性评估目的。振动、温度以及油液状态监测所形成起来的多维信息,不但能够为即时开展的诊断工作给出相应的依据,而且还能够为设备健康管理以及预防性的维护工作提供数据层面的支持。

3.2 电气参数监测与诊断方法

电气参数监测在水力发电设备能量转化以及控制安全方面有着重要作用。就发电机和励磁系统的运行来讲,其运行过程中电流、电压、功率因数、局部放电以及绝缘电阻等各项参数都存在变化,而这些变化极有可能反映出潜在的故障情况。借助于对这些电气参数展开连续不断的测量,并且深入分析其历史数据,便能够对绕组的绝缘状态、励磁系统的性能状况以及电气连接的具体情形做出相应判断。对电流和电压的波形加以分析,能够帮助识别出不平衡负荷、局部短路亦或是绕组出现损伤等问题。尤其是凭借频谱分析以及谐波特征提取这两种方式,可精准定位到局部放电源,同时还能了解故障的发展趋势,进而提前采取相应的维护举措。绝缘电阻以及泄漏电流的监测,能够给出绕组绝缘老化程度的量化指标,从而为计划性的检修以及更换工作提供科学且合理的依据。除此之外,电气参数监测一般会 and 机械状态监测联合起来使用,通过同步对振动、温度以及电气信号进行分析,可以有效地把机械性振动出现的异常情况与电气干扰区分开来,以此提高诊断的准确程度。现代的电气监测系统运用高速的数据采集技术、智能的信号处理手段以及可视化的平台,使得操作人员能够实时地掌握机组的实际状态,达成早期故障的识别以及精确的定位效果。

4 故障诊断系统设计与运行优化

4.1 监测与诊断系统架构

要达成水力发电设备高效运行以及早期故障预警这一目标,监测与诊断系统在设计之时,务必要把数据采集、处理、分析以及可视化展示等诸多功能都考虑周全。该系统一般是由传感器层、数据采集与传输层、数据处理与分析层还有用户界面层构成的^[1]。传感器层主要负责对机械振动、温度、电气参数以及液压状态信息展开实时采集工作,以此来确保所采集数据具备完整性与可靠性。数据采集与传输层会运用高速数据采集模块以及工业以太网技术,把传感器所发出的信号传送到中心处理系统当中,并且还会开展必要的预处理操作,像是滤波、去噪以及异常值检测等。数据处理与分析层可以说是整个系统的重中之重,其借助多参数融合、智能算法以及机器学习模型,针对设备状态进行全面且细致的评估,同时开展故障诊断工作,进而达成异常报警以及趋势预测的目的。用户界面层能够为运行管理人员给予一个可视化的平台,清晰地呈现出设备的实时状态、历史趋势以及故障预警信息,方便相关人员及时采取相应的维护举措。整个系统的架构不但能够满足实时监测以及故障诊断方面的需求,而且凭借模块化设计的方式,还能实现系统的扩展以及功能的升级,从而契合不同种类以及不同规模的水力发电机组在运行管理方面的各类需求。

4.2 数据采集、处理与实时监控

数据采集以及处理这一环节乃是设备状态监测跟故障诊断当中极为关键的基础环节,其对系统分析结果的准确性以及实时性有着决定性的影响。振动、温度、油液还有电气参数等各项指标是通过合理布置的传感器网络来连续进行采集的,而采集的频率以及精度得依据设备的具体特性以及故障的相关特征来进行相应的优化处理。所采集到的数据会先经过一番预处理的操作,这里面包含了去噪处理、归一化处理以及对异常值进行过滤等一系列步骤,如此便能够确保后续展开分析时具备足够的可靠性^[2]。在实时监控这个环节当中,系统借助数据流处理技术来达成对设备状态的动态追踪目的,对于振动出现的峰值情况、温度产生的波动状况以及电气方面出现的异常情形都能够做到即时发出警报提示。结合起可视化的操作界面以及针对历史数据所做的趋势分析来看,操作人员就能够较为迅速地对故障的具体类型以及可能出现的原因做出准确的判断,进而实现对故障的早期干预。在数据处理的过程当中还可以引入自适应阈值算法,凭借该算法能够根据不同运行工况的情况来动态地对报警阈值加以调整,以此提升故障识别所具备的灵敏度以及准确性程度。实时监控一方面能够保障机组得以安全地运行,另一方面也能够为设备寿命的预测以及维护策略的优化给予连续且稳定的数据支撑,使得设备管理工作能够变得更加科学且更加智能。

4.3 设备寿命预测与预防性维护

设备寿命预测以及预防性维护属于实现水力发电设备能够可靠运行的关键环节所在。凭借监测数据还有历史运行信息这两方面情况,系统能够借助统计分析手段、通过构建状态指数模型以及运用机器学习相关方法来对关键部件的剩余寿命加以评估。寿命预测一方面会着眼于当前的健康状态,另一方面还会联合负荷方面的变化情况、所处环境的因素以及过往的运行历史展开综合性的分析,进而给出量化的维护方面的建议内容^[3]。预防性维护策略是依据预测得出的结果来进行制定的,其中涵盖了对润滑、更换或者检修计划做出优化安排等事宜。把寿命预测和实时监控、智能诊断系统相互结合起来,操作人员便可以在设备还处于健康的状态之时提前采取相应的措施。预防性维护策略是能够进行动态调整的,会依据设备当下的运行状态以及诊断所得到的结果去对检修周期以及资源配置予以优化,以此达成维护行为在管理上的最优化以及精细化程度。这样的闭环管理模式切实提高了设备运行的可靠性以及发电的效率,并且也为电力系统的稳定供应给予了强有力的保障支撑。

5 结语

本文全面且细致地对水力发电设备在运行状态期间所呈现出的各类故障类型以及相应的诊断技术展开了研究,着重凸显出状态监测、智能诊断还有数据驱动分析在设备运维环节当中的实际应用价值。通过仔细分析机械系统以及电气系统的故障特征,清晰明确地指出了典型故障的具体表现形式以及诊断时所依据的相关内容,并且深入探讨了像振动监测、温度监测、油液监测以及电气参数监测等技术的应用情况,进而为设备的健康管理给出了较为科学合理的手段。把系统设计和运行优化相互结合起来考量,还进一步提出了有关监测系统的架构设计思路、数据处理的操作流程以及设备寿命预测的方法,从而达成了从故障检测一直到维护决策这样一个完整的闭环管理模式。在未来的发展进程中,随着传感技术以及人工智能领域不断地取得新的进展,水力发电设备的故障诊断将会变得更加智能化,其精准度也会不断提升,最终能为电力系统的安全且高效地运行给予强有力的支撑保障。

【参考文献】

- [1]吕科.发电设备运行状态中的故障和诊断技术的研究[J].中国设备工程,2024(16):178-180.
- [2]闫子修.水力发电设备的运行状态故障及检修技术[J].中国战略新兴产业,2024(24):100-103.
- [3]鲜恒超.水力发电设备的运行状态监测及故障检修[J].低碳世界,2024,14(7):31-33.

作者简介:韩超(1995.2—),男,毕业院校:陇东学院,所学专业:工程管理,当前就职单位:大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂,职务:集控中心主值班员,职称级别:助理工程师。