

Research on Intelligent Monitoring and Diagnosis of Power Plant Generator Vibration

Bo Song

CGN Nuclear Power Operation Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518124, China

Abstract

As the core equipment for power generation in power plants, the stability of generator operation directly determines the reliability of power supply and economic benefits. Vibration serves as a critical indicator reflecting generator performance. Failure to promptly identify and address various vibration faults may lead to equipment damage, shutdown incidents, or even escalate into grid safety hazards. This paper systematically analyzes the core components of intelligent monitoring systems based on common vibration fault types and their generation principles in power plant generators. It explores application approaches for key technologies such as multi-source data fusion and artificial intelligence diagnostic algorithms, while incorporating optimization directions from engineering practices. The research provides theoretical support and practical references for precise prevention and control of generator vibration faults, as well as efficient diagnosis, ultimately assisting power plants in achieving intelligent upgrades for end-to-end equipment lifecycle maintenance.

Keywords

multi-source data fusion; vibration fault; power plant generator; intelligent upgrade

电厂发电机振动故障智能监测与诊断研究

宋波

中广核核电运营有限公司, 中国·广东 深圳 518124

摘要

发电机作为生产电厂电能的核心设备, 它运行的稳定情况直接决定了电厂供电的可靠程度和经济收益。振动是体现发电机运行状况的关键指标, 各种振动故障要是没能及时识别和处理, 容易造成设备损坏、停机事故, 甚至扩大成为电网安全方面的隐患。本文依据电厂发电机振动故障的常见种类和产生原理, 系统地对智能监测系统的核心组成进行分析, 探究多源数据融合、人工智能诊断算法等关键技术的应用途径, 结合工程化实践的优化方向开展研究, 为电厂发电机振动故障的精确防控、高效诊断提供理论支持和实践参考, 帮助电厂达成设备全生命周期运维的智能化升级。

关键词

多源数据融合; 振动故障; 电厂发电机; 智能化升级

1 引言

在电力系统朝着智能化、高效化转变的背景之下, 电厂发电机的单机容量不断提高, 运行状况越发复杂, 振动故障的诱发原因也呈现出多元化、隐蔽化的特点。传统的振动监测依靠人工巡查和离线分析, 存在响应迟缓、诊断精准度低、依赖经验等局限, 难以满足现代化电厂对设备运维的实时性、准确性要求。随着物联网、人工智能、数据融合等技术的快速发展, 智能监测与诊断技术在发电机振动故障防控中得到广泛运用, 能够实现振动信号的实时采集、智能分析和故障预警, 大幅提高故障识别的效率和准确率, 降低非计划停机的风险。

【作者简介】宋波(1975-), 男, 中国山东淄博人, 本科, 高级工程师, 从事电厂发电机、电机和电气高压研究。

2 电厂发电机振动故障类型及机理分析

2.1 转子自身相关振动故障

转子作为发电机的核心旋转部件, 它的运行状态直接影响着整机的振动特性, 转子自身相关的故障是造成振动超标的首要原因。转子不平衡是最为常见的故障类型, 分为静不平衡和动不平衡两种, 大多是由转子材质不均匀、制造加工有偏差、运行中叶片磨损或者脱落、转子结垢等因素引起的。不平衡的转子旋转时会产生周期性的离心力, 形成和转速相同频率的振动信号, 而且振动幅度会随着转速的升高而增大, 严重的时候会引发转子和定子的碰撞摩擦, 加重设备的损坏。

2.2 轴承润滑与激励振动故障

轴承是发电机旋转部件的支撑关键, 它的润滑状况和运行精度直接影响着振动水平。润滑不好是常见的诱发因

素,大多是由于润滑油质量变差、油量不够、供油系统出现故障等导致的,会加剧轴承内部滚动体和滚道的摩擦损耗,产生不规则的振动,振动频率大多集中在中高频段,并且伴随着温度的升高。如果润滑问题一直存在,会引发轴承磨损、胶合、点蚀等故障,进一步增大振动幅度。

2.3 结构与传递类振动故障

发电机在结构上的完整性以及振动传递路径的合理性,对于振动水平是有着重要的影响的。定子和转子发生碰摩这种情况是典型的结构类故障,大多是因为转子出现不平衡、轴承发生损坏、机座产生变形等情况所导致的。当碰摩发生的时候,就会产生强烈的冲击振动现象,振动的频率包含了转速的基频以及各次的谐波,同时还会伴随有异常的噪声。在严重的时候,会划伤定子的铁芯、损坏绕组,从而引发短路事故。振动传递路径的故障主要体现为连接的部位出现松动、密封件发生损坏等情况。发电机各个部件的连接螺栓出现松动、联轴器的偏差过大等情况,会使得振动传递的过程中能量的损耗出现异常,进而产生附加的振动,振动的频率大多和转速是相关的;密封件损坏会使得异物侵入进来,加剧部件的磨损,同时还会破坏运行的密封性,间接引发振动故障。这类故障的振动特征具有复杂性,很容易和其他类型的故障相混淆,需要结合多维度的信号分析来进行识别。

2.4 支撑刚度相关振动故障

支撑系统的刚度不足或者不均匀,会使得发电机在运行的过程中产生异常的振动,甚至会引发共振的风险。机座的刚度不足是常见的问题,大多是由于机座制造存在缺陷、安装的精度不够、长期运行产生变形等情况所导致的,会让发电机在旋转载荷的作用下产生结构性的振动。当振动的频率接近机组的固有频率的时候,就会引发共振,导致振动的幅值急剧升高。

3 电厂发电机振动故障智能监测系统构成

3.1 信号采集模块

振动传感器大多采用加速度传感器、速度传感器,分别安装在发电机的轴承座、机座、定子端板等关键部位,能够采集不同方向(水平、垂直、轴向)的振动信号,覆盖了中高频以及低频的振动范围。同时,为了实现多参数的协同监测,模块还会同步采集转速、油温、轴承温度、定子绕组温度等辅助的参数,以此来弥补单一振动信号的局限性。数据采集器负责对传感器的信号进行滤波、放大、模数转换等操作,把模拟信号转化成数字信号,通过以太网、工业总线等传输的接口,将数据实时地传输到数据处理的模块。在传输的过程中,需要保障数据的完整性以及实时性,避免信号出现丢失或者延迟的情况。

3.2 数据处理与分析模块

数据处理与分析的模块是连接信号采集和智能诊断的核心环节,主要负责对采集到的原始数据进行预处理、特征

提取等操作,为故障诊断提供有效的数据支撑。原始数据中包含了大量的噪声信号,需要通过预处理的环节来去除干扰,常用的方法包括滤波处理、数据平滑、异常值剔除等。滤波处理能够有效地去除环境干扰、传感器噪声等无关的信号,数据平滑能够降低随机波动的影响,异常值剔除则可以避免极端数据对分析结果产生干扰。

特征实现提取这个操作是数据实时处理这一动作的最为关键要点,它的目的在于从经过预先处理之后出现的数据当中提取那些和故障有相互关联的特征性质参数,从而构建起关于故障的特征方面的集合。针对属于振动类别的信号,在日常操作的时候常常采用的特征类型参数涵盖了属于时间区域的特征(像呈现状态的峰值、具有实际效力的有效值、有尖锐性质的峭度、带偏离特点的偏度等等)、处于频率范围的特征(像基础性频率的幅值、属于谐波情况的幅值、带有频率信号频数谱表现的峰态之类)、具有时间和频率综合领域的特征(像带着小波有着熵效果属性的小波熵、有短时间进行傅里叶开展变换操作后产生相关系数的短时傅里叶变换系数之类)。这些具备一定特点的特征性质参数能够非常精确地体现出振动信号所具备的变化方面规律,和不同种类类型故障所具有的特征形成对应情况,为在后面阶段要开展的具备智能性质的诊断相关算法提供可以输入进去的数据^[1]。与此同时,这个相关模块还会针对特征性质参数开展进行归一化、降低维度这样的处理操作,把数据所具有的维度进行简单化处理,让诊断所具有的效率得到提高提升。

3.3 智能诊断与预警模块

具备智能属性的诊断以及发出预警的模块是整个系统开展核心应用的关键环节,它以数据实时处理的模块提取得到的特征性质参数作为依据基础,借助具备智能性质的算法达成对故障类型进行识别、对故障严重程度进行评估以及对故障发出预警这些操作。这个模块主要是由开展诊断的算法相关库、进行预警阈值设定的部分、输出相关结果的单元等部分构成,开展诊断的算法相关库把多种具有人工智能性质的算法进行集合,能够依据不同故障所具备的特征进行自我适应性地挑选出最为合适的算法,从而实现非常精准的诊断。在开展故障诊断的过程期间,算法会通过把特征性质参数和故障样本相关库中的数据进行相互对比,识别出故障的具体类型、确定故障所在的具体部位,并且对故障的严重具体程度进行评估;发出预警的单元则以设备处于正常运行期间的振动阈值当作依据,结合故障发展演化的趋势走向,设定具有多级性质的预警相关机制,当振动所涉及参数接近或者超过预警方面的阈值的时候,通过发出声音光亮报警信号、发送短信进行通知、在系统中弹出窗口等方式在及时的时候提醒负责运行维护的相关人员,同时生成关于故障诊断的具体报告,把故障出现的具体原因明确指出并给出对应处理办法的建议。除此之外,这个模块还拥有自我学习的特定能力,可以通过积累实际运行所产生的数据以及故障相关案

例,对算法相关模型以及预警所设定的阈值进行优化处理,让诊断所拥有的精确程度和预警的及时状况得到提升^[2]。

4 电厂发电机振动故障智能诊断关键技术应用

4.1 多源数据融合技术

发电机出现振动故障引发产生的原因因素较为复杂,单一类别的信号很难从全方位角度反映出故障所具备的特征,多源头数据开展融合操作的技术通过对不同类别类型、不同源头出身的监测所得到的数据进行整合操作,实现关于故障相关信息的互补状况,让诊断具备的精确程度得到提升。这项技术以数据所在层面、特征所在层面、决策所在层面这三个层面当作依据实现进行融合,数据所在层面开展融合主要是针对处于原始状态的振动信号、具备温度指示的信号、有转速情况的信号等进行整合然后开展预处理操作,把属于多余式的冗余数据去除掉,留存下具有实际效用的有效信息;特征所在层面开展融合则是针对各个数据源头提取得到的特征性质参数进行融合操作,构建起具备更全面特点的故障相关特征集合,弥补单一特征所具有的局限性;决策所在层面开展融合以不同数据源头得来的诊断产出结果作为依据,通过选取使用投票这种方法、采用贝叶斯开展推理之类的方法,从全面角度综合判断故障的确切类型以及所在位置,让诊断所产出结果的可靠性得到提升。

4.2 人工智能诊断算法优化

人工智能所具备的算法是达成智能诊断这一事情的核心所在,和传统的诊断方法相比较而言,它拥有自学习、自适应、非线性拟合等方面的优势,能够有效地去处理复杂振动信号存在的特征识别这一问题。目前来说,被应用到发电机振动故障诊断当中的人工智能算法主要包含了神经网络、支持向量机、决策树、深度学习等等,各种各样的算法通过开展优化改进的操作,来适配发电机振动故障的诊断需求。神经网络算法通过对人脑神经元的结构进行模拟,进而构建出多层网络的模型,能够自动地去学习振动特征和故障类型之间的映射关系,具备比较强的非线性处理能力,通过对网络结构进行优化、对激活函数加以调整、采用正则化的方法等操作,能够提升算法的收敛速度以及诊断精度,避免出现过拟合的问题。支持向量机算法适合用于小样本数据的诊断工作,通过构建最优分类的超平面,来实现故障特征的精准

分类,针对发电机振动故障存在的样本不均衡问题,可以通过样本扩充、权重调整等方式来优化算法的性能。

4.3 工程化应用与优化

智能诊断技术开展工程化应用这件事,需要结合电厂发电机的运行工况、设备特性,去解决技术适配性、稳定性、实用性等方面的问题,从而实现技术和工程实践的深度融合。在硬件适配这个方面,需要根据不同型号发电机的结构特点,对传感器的安装位置以及数量进行优化,确保信号采集的全面性和精准性;针对电厂高温、高湿、强电磁干扰的运行环境,选择抗干扰能力强、稳定性高的传感器以及采集设备,提升系统的环境适应性。在软件优化这个方面,需要结合电厂运维的需求,简化系统的操作流程,设计出可视化的界面,方便运维人员快速地查看监测数据、诊断结果以及预警信息;构建故障案例库,把不同类型故障的信号特征、处理方法等数据进行整合,为算法自学习以及运维决策提供支撑;建立系统联动的机制,将智能监测诊断系统和电厂运维管理系统、设备控制系统进行对接,实现故障预警、工单生成、设备调控的一体化管理,提升运维的效率^[3]。

5 结论

电厂发电机振动故障智能监测与诊断技术,是提升设备运行稳定性、降低运维成本、保障电厂安全高效供电的核心手段。本文通过分析发电机振动故障的类型以及机理,明确了转子、轴承、结构支撑等核心部件故障的振动特征以及诱发因素,为故障诊断提供了理论基础;构建的智能监测系统框架,包含了信号采集、数据处理、智能诊断与预警这三大模块,实现了振动故障的全流程智能化监测。多源数据融合技术、人工智能诊断算法优化、工程化适配等关键技术的应用,有效地解决了传统诊断方法的局限性,提升了故障诊断的精准性、自动化水平以及工程实用性。

参考文献

- [1] 刘细求.某发电厂1号机组振动故障的诊断及消除[J].热力发电,2006,(12):34-36+6.
- [2] 孙宇,郑宏伟.某电厂9F级汽轮机整套启动调试过程中发现的问题及处理情况[J].电力设备管理,2025,(03):41-44.
- [3] 陈志高.合山电厂6号发电机组异常振动的处理[J].广西电力技术,1998,(04):12-16.