

风力发电机组振动监测与故障诊断技术研究

Research on Vibration Monitoring and Fault Diagnosis Technology for Wind Turbine Generators

王贵恺

Guikai Wang

国华（栖霞）风力发电有限公司 中国·山东 栖霞 265300

Guohua (Qixia) Wind Power Generation Co., Ltd., Qixia, Shandong, 265300, China

摘要: 风力发电是目前应用较为广泛的一种新型能源发电方式, 在中国当前的能源结构中占据着重要的地位, 能够有效缓解当前社会发展过程中所面临的能源短缺问题。针对不同类型的故障, 采取相对应的维修策略, 保证风力发电机组可以安全稳定地运行。

Abstract: Wind power generation is a new widely used energy generation mode, occupies an important position in China's current energy structure, can effectively alleviate the energy shortage in the process of social development. For different types of faults, the corresponding maintenance strategy is adopted to ensure that the wind turbine can operate safely and stably.

关键词: 风力发电机组; 振动; 监测; 诊断

Keywords: wind turbine; vibration; monitoring; diagnosis

DOI: 10.12346/peti.v5i4.8847

1 引言

风力发电机组振动监测与故障诊断是基于振动信号对风力发电机组设备状态进行诊断的技术, 是风电机组健康状态评估、状态监测及故障诊断的关键技术。

2 风力发电机组振动监测与故障诊断技术相关概述

2.1 故障诊断方法

风力发电机组振动监测与故障诊断技术一般分为在线监测和离线故障诊断两个部分。在线监测主要通过安装振动传感器和加速度计等设备, 实时对发电机组的运行状态进行监测, 获取振动数据, 识别故障信号, 并通过数据分析, 提前预测故障, 及时发出警报并采取相应措施。离线故障诊断则是在发电机组停机之后, 对其进行系统性的振动测试和分析。根据振动数据的特征和振动分析方法, 确定故障的类型、程度和位置, 并提出相应的解决方案。

在具体的故障诊断方法中, 常用的包括时域分析、频域分析、小波分析、人工智能算法等。这些方法在不同场景下

都有一定的适用性, 可以根据具体需求进行选择。此外, 基于振动信号特征提取的故障诊断方法有很多, 目前比较常用的方法有: 基于小波包分解的故障诊断方法、基于希尔伯特黄变换的故障诊断方法、基于 Hilbert 变换的故障诊断方法等。其中, 小波包分解是一种应用非常广泛的时频分析方法, 它主要用来提取信号中的时频局部特征并进行分解重构。该方法具有很强的自适应能力, 能够对信号中所包含的有用信息进行有效的提取和存储。Hilbert 变换是一种通过求解概率密度函数来实现信号特征提取和状态识别的过程。该方法具有较强的灵活性、抗噪性以及抗干扰能力, 但其计算量大, 难以实现在线实时诊断。基于小波包分解和 Hilbert 变换相结合的故障诊断方法能够有效提取风电机组振动信号中的故障特征信息, 且无需人工干预, 能够实现在线实时故障诊断^[1]。

2.2 振动监测原理

风力发电机组振动监测的工作原理是在机组正常运行时, 由于机件与转子的相对运动, 会引起机件的振动。通过振动信号采集系统, 对机组运行过程中的振动信号进行实时

【作者简介】王贵恺 (1990-), 男, 中国山东烟台人, 本科, 助理工程师, 从事风力发电研究。

采集。根据所采集到的振动信号,提取出机组运行过程中的各种特征信息,如振幅、频率、相位等。然后将提取出的信息通过相应的软件进行处理,分析机组运行状态。主要包括以下几个步骤:

- ①根据机组实际运行状况制定出合理的监测方案;
- ②对机组各个部件进行安装,并进行数据采集;
- ③将采集到的振动信号经过适当的处理后,提取出有效信息;
- ④将所提取到的信息利用 MATLAB 进行处理,分析处理结果;
- ⑤根据所得的结果对机组各部件进行状态评估。

其中,振动信号采集系统主要由数据采集卡、信号调理模块、信号分析模块和通信模块等部分组成。其中,数据采集卡将振动信号传送给信号调理模块对振动信号进行滤波和放大处理;信号分析模块将采集到的振动信号进行预处理和分解处理;通信模块将预处理后的振动信号发送给上位机进行分析处理。根据风力发电机组实际运行状况及可能出现的故障类型,合理选择相应的监测方法和分析手段,实现对风力发电机组各部件状态进行实时监测和诊断。

2.3 技术优势

第一,利用信号处理技术,分析风力发电机组振动信号特征,结合风电机组振动监测与故障诊断技术,对风电机组进行状态监测,从而及时发现设备潜在的故障并做出正确的判断和处理,为维修提供依据,减少设备故障停机时间,保障风电机组长期稳定运行。

第二,对风电机组进行振动监测与故障诊断的过程中,充分利用计算机技术、信号处理技术、人工智能技术等现代科技手段和方法对风电机组振动信号进行分析处理,实现对风力发电机组振动信号中各种故障特征信息的提取与识别。

第三,通过对风电机组振动信号进行实时监测与诊断,不仅能及时发现风力发电机组中的潜在故障,还可以通过实时监测和诊断分析了解设备运行状态并及时进行维修、更换和保养,延长设备运行时间,提高设备运行效率。

第四,通过对风电机组振动信号进行实时监测与诊断分析,可以及时发现风机结构中存在的问题并提出解决措施。有利于及时调整风机运行状态并降低生产成本。

第五,根据风电机组的实际情况以及技术发展趋势,不断创新和完善故障诊断技术和方法。有助于提高风力发电机组设备运行效率和安全可靠性。

第六,对于风力发电机组来说,故障诊断系统中的故障识别方法在一定程度上可以指导维修人员的检修工作。

第七,实现了对风电机组振动信号的实时监测和诊断分析,对于提高风力发电机组设备运行效率具有重要意义。

2.4 系统结构

风力发电机组振动监测与故障诊断系统主要由振动传感器、数据采集系统、计算机等组成。该系统主要功能有:根

据需要对采集的信号进行分析处理,完成对故障特征的提取,然后通过系统的智能诊断算法,实现故障的自动诊断^[2]。

传感器层是系统中最底层的层次,它负责采集风力发电机组的振动信号和相关的工艺参数,如旋转速度等。通常使用加速度传感器、速度传感器、位移传感器等进行数据采集。传感器层的数据采集质量和稳定性对后续的故障诊断和故障预测至关重要。

智能处理层是系统中的核心部分,主要由数据采集、信号处理、特征提取、故障诊断、预测模型等模块组成。数据采集模块用于实时采集传感器层采集到的数据,信号处理模块用于对原始振动信号进行滤波、降噪、补偿等处理,特征提取模块用于提取有效的振动信号特征参数,故障诊断模块和预测模型模块则用于对特征参数进行分析和判断,以判断是否存在故障以及故障的类型和严重程度。

应用层是系统中最高层次,主要以用户的需求为出发点,实现对系统的操控、数据分析、故障报警等功能。例如,可以通过应用层提供的监控界面,实时查看风力发电机组的振动情况、工艺参数等,并且可以实现对风力发电机组的故障报警、预警等操作。同时,应用层还可以通过数据分析模型,实现对风力发电机组故障的监测、诊断、预测等功能,提高风力发电机组的可靠性和运行效率。

2.5 数据处理分析方法

为了获取风电机组振动信号中的故障特征信息,采用小波包分解方法对振动信号进行分解,将每一层的分量分别提取出来,并将各个分量分别与原始振动信号进行比较。论文采用小波包分解方法对原始振动信号进行分解,得到了小波包系数,并将小波包系数与原始振动信号进行比较,通过比较得到了每一层小波包系数的能量谱,并且得到了各层的能量分布。通过对各层能量谱分析得到了每一层的频率特性,通过分析可以得出振动信号中各个频段的能量分布情况。最后,根据特征频率能量分布情况结合故障类型进行判断。通过对各层能量谱进行分析可以得到风力发电机组的故障类型信息。在小波包分解过程中,由于每个小波包分解成了不同频带的子信号,因此将各子信号分别进行 Hilbert 变换,获得其包络谱,从而获得振动信号中各特征频率信息。

3 风力发电机组振动监测与故障诊断技术应用建议

3.1 明确风力发电机常见故障类型

在风力发电机运行过程中,最常见的故障类型有两种,即旋转部件故障和固定部件故障。其中旋转部件故障又可以分为轴承类故障和齿轮类故障。在风力发电机中,轴承是最容易出现故障的一个部分,因此,轴承的检测工作也是风力发电机检测的重点之一。针对轴承而言,由于其运行环境较为恶劣,在运行过程中容易受到多种因素的影响,因此对轴承的监测和维护工作显得尤为重要。在日常状态监测工作

中,需要对轴承的运行状态进行全面观察,一旦发现有异常情况,需要及时进行处理。除此之外,对风力发电机的固定部件进行定期检查和维护也非常重要。固定部件是风力发电机中最易发生故障的部件之一。

3.2 实施现场数据采集

在对风力发电机组实施振动监测与故障诊断的过程中,首先需要采集振动数据。在对风力发电机组实施现场数据采集的过程中,需要结合风力发电机组的实际运行情况,对其振动信号进行采样。根据相关工作人员的实际工作经验来看,如果现场测得的振动信号不够丰富,那么在对其进行分析时,可能会出现结果失真的情况。在采集现场数据的过程中,工作人员需要针对现场的具体情况来确定信号采集方式和设备类型。同时,需要选择适合风力发电机组的振动测量方法,对振动信号进行分析。在数据采集的过程中,需要将风力发电机组的主要部件以及主要零部件安装在传感器上。工作人员可以在现场安装一台或者多台振动信号采集仪,通过这些采集仪来对现场的振动数据进行采集和存储。通常情况下,为了提高风力发电机组运行过程中振动数据采集质量和效率,可以将现场采集仪安装在风力发电机组的各主要部件上。现场采集仪具有体积小、功能齐全、操作简便等优点,能够满足实际工作中对数据采集方面的需求。

3.3 振动特征参数的提取

在振动监测与故障诊断技术应用的过程中,通常需要将风力发电机组的振动信号进行采集和处理,然后结合风力发电机组所处环境的具体情况,对其振动特征参数进行提取,以便于故障诊断技术能够有效地实现故障的准确识别。根据相关研究资料表明,当前所采用的振动特征参数主要包括以下几种类型:第一,振动频率;第二,振动幅值;第三,振动加速度;第四,振动速度;第五,振动位移。其中,对于不同类型的参数而言,其在应用过程中所发挥的作用也是不同的。例如,在进行振动信号分析时,需要先对信号进行预处理,使其满足傅里叶变换和小波变换的要求。通常情况下,可以采用傅里叶变换、小波变换以及经验模态分解等多种分析方法对风力发电机组的振动信号进行处理。其中,傅里叶变换是目前最常用的分析方法之一。通过傅里叶变换可以将风力发电机组的振动信号分解成一系列彼此相关但又具有各自特点的分量。然后再根据不同分量的特点采用不同方法进行处理。其中,小波变换主要用于分析风力发电机组的时变噪声信号以及微弱信号。

3.4 振动信号分析与处理

振动信号分析与处理是在振动信号的基础上,结合特定的信号处理技术对振动信号进行分析,以便于掌握当前风力发电机组振动信息以及故障原因,从而更好地对其进行故障诊断。在对振动信号进行分析和处理时,需要结合风力发电机的结构特点、运行状态以及故障类型等实际情况进行^[3]。

在风力发电机组的正常运行过程中,其内部的各种机械结构产生的振动是非常细微且缓慢的,在整个过程中无法进行检测。但如果风电机组发生故障,则会在内部产生明显的振动信号,从而反映出故障的存在。因此,工作人员需要及时地对振动信号进行分析与处理,了解当前风力发电机内部存在哪些问题或者故障。从而采取相对应的措施对其进行有效解决。

3.5 故障诊断与状态监测

故障诊断与状态监测是当前风力发电机组运行过程中的关键技术,可以对风力发电机组的运行状态进行有效的监控,对机组内部出现的故障进行及时发现和处理。因此,需要对风力发电机组进行故障诊断与状态监测,从而保证风力发电机组可以正常稳定地运行。

通过振动监测与状态监测技术,可以对风力发电机组内部的运行状况进行有效的监测和控制,根据分析结果为相关工作人员提供相应的决策依据。在风力发电机组运行过程中,振动信号是一种主要的检测信号。为了保证对风力发电机组设备状态进行有效的监测,需要对振动信号进行提取和分析,并从中获取机组内部运行状态的信息。通过振动监测与状态监测技术可以准确地分析风力发电机组内部振动信号的频率和幅值等信息,从而实现对设备故障的早期预警。同时,可以通过采集和分析风力发电设备运行过程中产生的振动信号,为相关工作人员提供有效的故障诊断依据。

根据相关研究发现,如果机组发生故障时产生了比较强烈的振动信号,则可以初步判断机组内部存在一定程度上的故障。需要对风力发电机组内部振动信号进行详细的分析和处理,从而获得可靠、准确的结果。在此基础上再结合机组内部结构和工作原理进行综合判断,可以更准确地诊断故障类型。

4 结语

风力发电机组振动监测与故障诊断是一种将机械设备振动信号进行分析的过程,其基本原理是对信号进行特征提取,再结合专家经验判断和现代数学方法,来实现故障诊断。论文对风力发电机组振动信号特征进行了分析,最后通过对不同风速和不同故障类型下的机组振动信号进行监测,对机组各部件进行实时诊断。实验结果表明,该方法能有效识别出风力发电机组各部件的故障类型并判断出故障部位。

参考文献

- [1] 王新元.直驱式风电机组轴承振动监测与故障诊断技术研究[J].百科论坛电子杂志,2021(19):9.
- [2] 牛亮.风力发电机组振动状态监测与故障诊断[J].中国科技纵横,2022(6).
- [3] 崔耀辉.风力发电机组状态监测和故障诊断技术研究[J].门窗,2019(11):281.