

# 振动分析在风电机机械故障诊断中的研究

刘晓辉

许昌许继风电科技有限公司 河南 许昌 461004

**摘要:** 振动分析在风电机机械故障诊断中扮演着重要角色,其是一种可靠、非侵入性的故障诊断方法,被广泛应用于风电机机械设备的故障预测、故障诊断和健康监测等方面。通过对风电机机械设备的振动信号进行采集和分析,可以及早发现设备故障,并采取相应措施进行维修和保养。本文简述了振动分析理论的概念和重要性,对振动分析在风电机机械故障诊断中的应用进行了分析,并依据其存在的故障问题,提出了有效的改进措施。

**关键词:** 振动分析;风电机机械设备;故障诊断

## 引言

随着新能源风电行业的快速发展,风电机机械设备的故障也日益频繁。一旦机械设备出现故障,不仅影响风电场的安全生产,还将对行业的经济性发展产生严重影响。因此,为了及时准确地检测出机械设备故障并及时进行处理,提高设备的可靠性和安全性,振动分析技术日益成为风电机机械故障诊断中不可或缺的一部分。

### 1 振动分析理论概述及其重要性

#### 1.1 振动分析理论概述

尽管在我国风电技术发展迅速,装机量也非常大,但振动分析在风电机组的应用推广发展比较晚,应用的监测诊断仪并不成熟,影响监测结论的精确性。振动分析是一种用于检测、诊断和预测机械设备故障的重要技术手段。在风力发电领域,振动分析可以应用于监测风力发电机组的运行状态,判断设备是否存在故障,并提供精确的故障定位和预测。风力发电监测诊断仪方面,常见的几类包括:(1) HET-P在线状态监测诊断仪。该监测仪可实时监测大中型风力发电场的运转状况,全面评估设备的状态,并提供故障诊断和预测功能<sup>[1]</sup>。

(2) 线上实时监测软件。安装在风力发电场计算机系统中,能够实时监测采集信号,应用于监测流程,并根据监测结论判断设备是否故障。(3) 线下振动监测剖析和振动监测与故障诊断,通过对振动信号的全面分析,可以准确精准地定位设备故障,并预测故障的发展趋势,有助于后续的故障处理和管理。(4) 风能发电机传动链振动线上监测数据分析系统,用于监测传动链的实际故障,并精确把握传动链各组件的运行情况,合理预测可能发生的故障,并明确故障部位。在故障前期,可以及时进行调整和维护,确保设备的品质和可靠性。

#### 1.2 振动分析在风电机机械故障诊断中的重要性

随着风力发电技术的不断发展,风电机机械设备在生

产制造和运行维护过程中可能会出现故障。其故障的根本原因通常是由于机械设备振动过大,导致设备疲劳损坏和失效。因此,风电机机械设备的振动分析在故障诊断和维修保养中具有极为重要的作用。首先,振动分析可以精准分析设备的振动状态,并判断是否存在异常振动等故障信号,并且在风电机机械设备的故障诊断中,振动是最常见的故障信号检测方式。振动分析仪可以测量设备的振动频率、振动幅值及振动形态等指标,诊断出设备存在的故障信号,并分析故障的具体原因。通过对风电机机械设备的振动信号的分析,可以诊断出一些潜在的故障,提前进行预防性维修,从而避免因故障带来的停电、部件失效和安全隐患等问题。其次,风电机机械设备运行中可能会出现多种类型的故障,如轴承磨损、传动链断齿、叶片折裂、电机故障等,而振动信号可以帮助工作人员精确地定位故障部位,例如在轴承故障中,振动分析可以分析出轴承剩余寿命、轴承内部结构滑动、环形裂纹等故障原因。利用其精确定位故障部位,可以及时采取相应的故障处理措施,提高设备的维修效率和质量。最后,振动分析可以预测故障趋势,风电机机械设备的故障通常是一个逐渐积累的过程,振动分析可以通过对设备振动状态的持续监测和分析,预测故障的严重程度和发展趋势。通过振动信号分析,判断故障是否在不断加深恶化,并提前采取维修措施避免故障进一步加剧。

### 2 在风电机机械故障诊断中振动分析的具体应用

#### 2.1 振动信号采集

风机振动信号采集是风机故障诊断中重要的环节,它通过采集振动信号,较为准确地判断风机是否存在故障,从而及时采取措施进行修复,确保风机正常、稳定运行。在进行振动信号采集之前,需要对测点位置进行合理选择。测点位置的合理性直接影响到所得到的振动信号的准确度和有效性,因此,需要在实际操作中充分

考虑风机内部机械部件的数量和结构,在此基础上选择适当的测点位置。一般情况下,在振动传感器位置选择过程中,要首先保证传感器可以直接获取到振动数据,以尽可能减小信号失真程度,并尽可能接近被测设备的承载区域或者在最大载荷方向,以保证所得到的判断结果的准确性。同时,风机内部机械部件相对较多,高低频信号也比较混杂。其中高频振动传播并无方向性,所以一般需要采集一个方向上的高频信号<sup>[2]</sup>。此外,为了获取合理的高频信号,还需要在测点的选择中充分考虑风机内外环境因素,如机舱内温度、气流方向和湿度等因素,以确保所得到的高频信号是具备可靠性和准确性的。最后,在风机振动信号采集的过程中,还需要注意操作方面的问题。例如,应严格按照操作流程和标准进行操作,选择合适的测点位置,保证传感器工作的稳定和可靠,以免采集的数据产生误差。同时,还需要进行合理的数据处理和分析,以提高诊断的效率和准确性,为设备的维护和修复提供科学依据。

## 2.2 频谱分析

频谱分析是振动分析在故障诊断中的主要内容。通过对频域图中的不同振动频率、幅值、频谱密度等进行准确分析,可以完成故障定位,判断故障的具体程度。同时,频谱分析还能够对振动源进行分析,找出存在故障的特定频率,从而更准确地诊断故障。在进行振动分析时,需要对每一个测量点的时域波形进行观察,获取振动幅值最大值,并将最大值与相关标准部位的报警值进行对比。如果振动最大值超过标准值,则代表存在故障,之后需要利用超过标准值的多少对故障的严重程度进行判断。除此之外,还需要对每一个测点的时序数据进行频谱分析,主要是利用傅里叶变换将采集到的测点速度、加速度和位移等振动信号转变为频域图与包络谱。通过对相关的频域波形进行观察,可以获取频谱图中的主频和相关谐频,并根据其具体形式和特征对故障类型进行准确判断。例如,对于滚动轴承的故障,频谱图上会出现特定的频率和其谐频;对于传动轴的故障,则会出现规律的频率阵列。此外,在进行不同部件振动频谱分析时,还需要结合风轮激励转频,以获取故障问题的具体情况。例如,对于风机的故障,可以分别分析叶轮、前后轴承、电机转子等部位的频率和谐频,以确定故障位置和类型。

## 3 风电机机械设备的常见故障特征分析

### 3.1 安装故障振动分析

发电机在运转过程中经常出现各种各样的振动问题,并且导致的原因多种多样,再加上设备长时间的运

转,便经常出现松动或者不平衡的问题。首先,机械不平衡是一种常见的安装故障振动原因。在风电机机械设备中,轴承是其中一个核心部件,轴承的回转中心对整个机械设备的运行非常关键。一旦回转中心和轴承质心发生偏移并且无法重合时,就会引起机械不平衡的情况。通常来说,机械不平衡是由转子部分的结构以及转子的变形或弯曲等因素造成的。实践经验表明,机械不平衡是机械设备故障特征的主要表现点,在时域波形和频域波形中都有明显的特征,因此,当风电机机械设备出现振动时,我们需要关注机械不平衡是否是振动的原因之一。其次,机械松动也是一种常见的安装故障振动原因。除了机械设备不平衡导致的外部松动情况之外,机械设备的长时间运转会导致磨损,容易损伤机械底座。此外,一些内部部件的脚螺栓等连接结构也常常会出现松动情况。在这些情况下,转子支承系统的重要作用就会显现出来。当转子支承间隙过小时,外圈与轴承座之间的空间往往不稳定,中间的油膜也无法起到稳定作用。如果此时螺栓的紧固力不够,就会在振动过程中出现轴向和径向窜动。在安装故障振动的故障频谱中,主要表现为强径向振动,尤其是垂直振动,同时伴随着轴向振动,其振动方向非常鲜明,这种故障频谱的特性是区分其他故障的重要依据之一。

### 3.2 滚动轴承故障分析

滚动轴承故障是机械设备运行过程中常见的问题之一,其会给设备带来不同程度的损伤,甚至会导致设备停机或者损坏。因此,机械设备的操作员需要了解滚动轴承的工作原理和故障特点,并采取相应的预防和排除措施。滚动轴承是一种常见的轴承类型,它主要由外部圆盘、内部圆柱和滚针等构成,当设备运转时,这些部件会相互滚动和摩擦,提供支撑和转动功能。但是,当轴承出现问题时,就会导致设备的振动、噪音和寿命短缩等问题。第一,轴承的腐蚀是引起滚动轴承故障的主要原因之一,随着设备的长时间运行,轴承表面会逐渐腐蚀,引起轴承表面的磨损,可能还会导致表面裂纹和碎屑的产生。此时,轴承的负载能力会下降,同时也会引起设备的振动和噪音问题。第二,轴承的安装是另一个可能导致滚动轴承故障的重要因素,如果安装不当,会导致轴承过度损坏和运行异常。例如,如果在安装轴承时偏心或者过载,在安装前没有及时检查轴承是否正确对位,都会导致轴承的损坏。第三,运输和存储过程中也可能导致轴承的故障。在运输和存储过程中,轴承受到了振动冲击和污染,可能会导致表面损坏和电解腐蚀等问题。因此,在运输和存储过程中,需要

尽量避免轴承受到剧烈振动和冲击,并保证其处于干净、干燥和适宜的环境中。另外,如果机械使用的环境恶劣,风沙较大,一些沙石杂质腐蚀性的液体等会渗入轴承滚子与滚道之间,导致油膜不均,摩擦加大<sup>[3]</sup>。

#### 4 针对风电机械设备的常见故障的措施分析

##### 4.1 安装故障振动问题解决措施

首先,技术改进是一种应对安装故障振动的方法。通过更新工装设备的技术和设计,尽可能地减少不平衡和松动情况的出现,尤其是风轮不平衡。同时,对于新设备在进行安装之前,进行完善的设计评估和结构优化也是非常必要的。其次,质量管理和生产控制也是应对安装故障振动的关键方法之一。通过加强质量管控,确保设备的制造过程符合设计要求,并且在品质检验等环节进行了充分的质量验证,能够减少不良品率,避免类似的问题出现。第三,加强维护保养是应对安装故障振动的主要手段。在设备运行过程中,经常进行设备的检测和维护,及时发现问题并采取相应措施,可以减少故障发生的概率。同时,对于设备操作的技术培训也是非常重要的,可以提高操作员对于设备工作原理和运行状态的理解程度。除此之外,提高零部件供应商的质量要求,进行科学合理的生产调度规划,以确保设备的正常生产和使用<sup>[4]</sup>。此外,加强设备的管理和监测,使用专业的监测和管理工具,对设备的运行状态进行实时的监测和分析,及时发现问题并采取相应的措施,这些都是防止安装故障振动的有效方法。

##### 4.2 滚动轴承故障解决措施

针对滚动轴承故障问题,可以采取多种预防和排除措施。第一,优化设备的设计和制造是防止轴承故障的首要手段。通过更好的设计和制造工艺来提高机械设备的稳定性和可靠性,以减少轴承所承载的负载和振动等对其产生的损伤。第二,进行科学管理和维护也是防

止轴承故障的关键。可以采用先进的设备管理和维护手段来完善机械设备的日常管理工作,及时发现和消除轴承故障问题,保证设备正常运行。第三,针对不同类型的故障,有不同的处理策略。例如,对于轴承的腐蚀问题,可以通过定期更换轴承、采用腐蚀抑制剂以及妥善的润滑处理等方式来预防和排除故障。对于轴承的安装问题,可以采用专业的安装工具和技术,确保轴承的正确安装。此外,机械设备的操作员需要经常关注机械设备的运行状态,及时发现轴承故障的前兆迹象,如轴承表面的划痕、异常噪音、振动和温升等现象,并及时采取相应的修复和处理措施。

#### 结语

综上所述,振动分析技术在风电机械设备故障诊断中具有重要的应用和研究价值。未来,随着风电机械设备的不断升级和智能化,振动分析技术的应用将更加广泛和深入。振动分析技术发展还需要克服一些技术上的挑战,如提高数据采集的精度、提高谐波和杂散频率的分辨率、降低噪声水平等。我们相信,在各方面的共同努力下,振动分析技术将会越来越成熟和完善,为风电机械设备故障的诊断和预防提供更为有效的手段和方法。

#### 参考文献

- [1]季树海,王波,孙本鹤,王广玲,白林林.振动分析在风电机械设备故障诊断中的运用分析[J].电力设备管理,2021(08):125-126+136.
- [2]孙强.振动分析在风电机械设备故障诊断中的研究[D].山东大学,2019.DOI:10.27272/d.cnki.gshdu.2019.000421.
- [3]韩明.机械振动分析在检维修中的应用[J].现代制造技术与装备,2020,56(12):154-155.
- [4]张奇.振动分析仪在故障诊断中的应用[J].科技资讯,2020,18(28):61-63.D