

风力发电机组机械故障诊断方法与技术研究

马孙祺^{1, 2}, 陈康生^{1, 2}, 宋海良^{1, 2}, 廖元文^{1, 2}, 杜成荣^{1, 2}

(1. 浙江运达风电股份有限公司, 浙江 杭州 311107;

2. 浙江省风力发电技术重点实验室, 浙江 杭州 311107)

摘要 能源需求的增加和环境保护的重要性日益凸显, 风力发电作为清洁能源中的一种具有广泛的应用前景。然而, 风力发电机组在长期运行过程中不可避免地会面临各类机械故障问题, 这些问题不仅影响了发电效率, 还导致了维护成本的增加。因此, 深入研究风力发电机组的机械故障诊断方法与技术势在必行。本研究的目的在于探索创新的技术手段, 以提高风力发电机组的运行可靠性和效率。通过对机械故障的分类和特征进行深入分析, 探讨多种故障诊断方法。

关键词 风力发电; 机组机械; 故障诊断

中图分类号: TM31

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)11-0007-03

在当今社会, 能源需求与环境保护之间的平衡问题日益引起广泛关注。风能作为可再生能源的重要组成部分, 作为一种清洁、无污染的能源形式, 备受瞩目。然而, 风力发电作为风能的主要转化方式之一, 在其发展过程中仍面临着诸多挑战。风力发电机组作为风能的核心转化设备, 其性能和可靠性直接影响了风能的利用效率。然而, 长期运行中, 机械故障成为制约风力发电机组可靠运行的重要因素之一。机械故障不仅导致发电效率降低, 还加大了运维成本, 甚至可能引发严重事故。因此, 如何及早发现、诊断和解决机械故障问题, 成为风力发电行业急需解决的课题。在这一背景下, 风力发电机组机械故障诊断方法与技术的研究显得尤为迫切和重要。通过深入探索和应用先进的故障诊断技术, 有望实现风力发电机组故障的精准识别和预测, 提高其运行可靠性和经济性。同时, 这项研究也有望为清洁能源领域的可持续发展提供有力支撑, 为实现能源供应与环境保护的双重目标做出积极贡献。

1 风力发电机组机械故障诊断的作用

1.1 提高发电效率和可靠性

风力发电机组作为风能转换的核心设备, 其性能直接影响发电效率。通过及时、准确地诊断机械故障, 可以避免故障在运行中扩大, 进而减少发电损失, 提高发电效率。同时, 有效的机械故障诊断还有助于提高机组的可靠性, 降低运行风险, 确保风能系统的稳定供电。

1.2 降低维护成本

机械故障诊断技术能够帮助及时发现设备异常,

预测故障发生的可能性, 使维护人员能够在故障严重之前采取相应维修措施, 从而降低维护成本。通过合理规划维护计划, 可以避免不必要的停机维护, 提高风力发电机组的利用率。

1.3 延长设备寿命

机械故障往往是设备损耗和寿命缩短的主要原因之一。通过及时发现故障并进行有效修复, 可以减缓设备的损耗过程, 延长设备的使用寿命。这对于风能产业而言尤为重要, 能够最大限度地发挥投资回报, 降低更新换代频率。

1.4 促进行业技术创新

机械故障诊断的研究不仅在风力发电领域具有重要价值, 还在工程领域的其他领域具有借鉴意义。这项研究要求结合多种技术手段, 如振动分析、声学信号处理、人工智能等, 推动了相关领域的技术创新。同时, 随着新的诊断技术不断涌现, 风能产业将得到更加全面和深入的技术支持, 推动行业的可持续发展。

2 风力发电机组机械故障诊断面临的问题

2.1 多因素干扰的复杂性

风力发电机组运行环境复杂, 涉及多个机械部件, 因此可能存在多种不同类型的故障。然而, 这些故障往往同时受到多种因素的影响, 如气象条件、运行状态、负荷变化等。这使得机械故障诊断变得复杂, 需要在复杂背景下准确判断故障类型和原因。

2.2 数据采集与处理困难

有效的机械故障诊断依赖于大量的数据采集和处理。然而, 风力发电机组通常位于偏远地区, 数据传

输存在困难,导致实时监测和数据获取受到限制。另外,大量数据的处理也对算法和计算能力提出了挑战。

2.3 故障样本稀缺问题

风力发电机组机械故障多样且复杂,但实际发生的特定故障样本相对稀缺。这导致在机械故障诊断算法的训练过程中,获取足够数量的有代表性的故障样本变得困难,可能影响诊断模型的准确性和泛化能力^[1]。

2.4 诊断结果可信度与误报率

机械故障诊断的准确性和可靠性是关键问题。一方面,诊断结果的准确性直接影响到维护决策的合理性。另一方面,由于机械系统的复杂性和故障多样性,误报率(将正常情况误诊断为故障)也需要得到有效控制,以免造成不必要的维护成本和停机时间。

3 风力发电机组机械故障诊断方法与技术应用策略

3.1 多技术手段融合应用

多技术手段融合应用是有效提升风力发电机组机械故障诊断准确性和可靠性的策略。第一,不同技术手段的互补性。每种技术手段都有其特定的故障敏感性,通过结合多种技术,能够从不同角度捕捉故障特征,形成全面的故障判断。例如,振动分析能够探测早期的轴承磨损,而油液分析则能捕捉齿轮箱异常振动引起的润滑油变化。第二,提高诊断准确性。多技术融合可以降低误报率,因为一种技术可能会因环境干扰而产生虚假故障信号,而另一种技术可以帮助排除这些误报。第三,提供更多信息。多技术融合可以获取更多的信息,有助于对故障类型和严重程度的更全面理解,从而为维护决策提供更有价值的依据。第四,应对复杂多变的故障情况^[2]。风力发电机组在不同运行状态下可能出现多种故障类型,这些故障往往相互影响,难以用单一技术解决。多技术融合可以应对这种复杂多变的情况,提高诊断的灵活性。

为实现多技术手段融合应用,需充分考虑数据整合和特征提取。第一,数据整合。不同技术手段采集的数据可能形式和单位不同,需要进行数据标准化和同步,以便于后续分析。这涉及数据采集系统的统一设计和数据格式的统一规范。第二,特征提取。从多个技术手段中提取的特征可能有很大差异,需要选择合适的特征集,或者进行特征融合,以便于综合判断。第三,特征融合与模型集成。将不同技术手段提取的特征融合,可以采用加权平均、决策融合等方法。在进行融合时,应考虑不同技术在不同故障类型上的权

重分配,以及不同技术之间的相互补充关系。第四,维护模型集成。针对不同故障类型,可以建立不同的诊断模型,如神经网络、支持向量机等。在实际应用中,通过模型集成,根据不同情况选择合适的模型,以提高维护的准确性。

3.2 人工智能与大数据分析

人工智能与大数据分析在风力发电机组机械故障诊断中的应用是一项关键策略。第一,人工智能算法的强大能力。人工智能可以通过训练学习,从大量数据中发现潜在的模式和规律,从而实现对复杂机械故障的准确诊断。例如,深度学习算法可以自动提取数据中的高级特征,为故障识别提供更有力的依据。第二,大数据分析的全面信息。风力发电机组产生的海量数据蕴含着丰富的信息,大数据分析可以从中提取有关机械状态、运行特性等方面的信息,为故障诊断提供全面的信息支持。第三,实现故障预测。基于历史数据的分析,人工智能和大数据分析可以建立预测模型,预测故障的发生时间和类型,从而实现更精准的维护计划制定^[3]。第四,持续学习与改进。人工智能和大数据分析是动态的过程,随着时间的推移,模型可以不断进行学习和改进,逐渐提高故障诊断的准确性和效率。

实际应用人工智能与大数据分析时,需要解决数据获取、算法选择等问题。第一,数据获取与预处理。风力发电机组产生的数据可能分布在不同的位置,不同的数据源可能有不同的格式和精度。因此,需要建立完善的数据采集系统,对数据进行预处理,保证数据的一致性和可靠性。第二,算法选择与优化。人工智能涉及多种算法,如神经网络、支持向量机等,选择合适的算法对于故障诊断的效果至关重要。同时,算法的参数设置和优化也需要经验和实验的积累。第三,模型训练和更新。人工智能和大数据分析模型需要进行训练,训练过程需要大量的样本数据。模型的更新也是一个长期的过程,需要不断收集和加入新的数据,保持模型的时效性和准确性。

人工智能与大数据分析的应用策略需注意数据隐私保护和模型解释性。第一,数据隐私保护。风力发电机组的数据涉及故障、运行状态等敏感信息,需要采取相应的隐私保护措施,确保数据的安全性。第二,模型解释性。人工智能算法的复杂性可能导致模型的不可解释性,难以理解模型的决策依据。因此,在应用人工智能时,需考虑提高模型的解释性,以便维护人员能够理解模型的诊断结果,做出合理的维护决策。

3.3 预测性维护策略

预测性维护策略是风力发电机组机械故障诊断中的重要手段。第一,故障趋势分析。通过对历史数据的分析,可以了解机械故障的发展趋势,判断故障是否逐渐加剧,从而预测故障的可能发生时间。例如,通过分析轴承的振动数据,可以预测轴承的寿命,提前进行维护。第二,特征提取与模式识别。预测性维护依赖于从大量数据中提取有关机械状态和故障特征的信息。这需要结合机械工程知识和数据分析技术,将数据转化为可用于故障预测的特征,并识别出特定故障模式。第三,模型建立与优化。基于特征数据,可以建立预测模型,如时间序列模型、机器学习模型等。模型的选择和参数的优化需要综合考虑模型的准确性和计算效率。第四,决策制定与优化。基于预测的故障信息,维护人员可以制定相应的维护计划,包括维护时间、维护方式等。这需要综合考虑设备运行状况、维护成本、停机损失等因素,进行最优决策。

实际应用预测性维护策略时,需注意数据收集、模型评估等问题。第一,数据收集。预测性维护依赖于历史数据的积累,需要建立稳定的数据采集系统,确保数据的完整性和可靠性。第二,模型评估。建立预测模型后,需要进行模型的验证和评估。这需要将模型应用到新的数据中,检验其预测准确性和稳定性。如果模型的表现不佳,需要及时调整和优化。第三,模型更新。风力发电机组的工作状态可能会随时间发生变化,故障模式可能也会改变。因此,模型需要定期进行更新,以适应新的数据和新的工作环境。

3.4 远程监测与维护

远程监测与维护是风力发电机组机械故障诊断的关键策略之一。第一,实时监测。通过传感器网络和数据传输技术,可以实现对风力发电机组运行状态的实时监测。这使得维护人员能够随时了解机械状态、振动情况、温度变化等信息,及早发现异常情况。第二,故障诊断。远程监测系统可以将采集到的数据传输至维护中心,利用人工智能和大数据分析技术进行故障诊断。维护人员可以通过远程终端查看诊断结果,了解机械故障的类型和严重程度^[4]。第三,预警通知。一旦监测系统检测到异常情况,可以通过短信、邮件等方式发送预警通知给维护人员,使其能够及时采取应对措施,防止故障进一步扩大。第四,远程维护。在诊断出机械故障后,维护人员可以通过远程控制系统实施维护操作,如远程关闭设备、调整参数等,降低人员上门维护的需求。

实施远程监测与维护策略需要解决通信技术、数据隐私等问题。第一,通信技术。远程监测与维护依赖于稳定的通信网络,确保数据能够及时、稳定地传输。可以采用无线通信技术、互联网技术等,选择合适的通信方式。第二,数据隐私。风力发电机组的数据涉及故障信息、运行状态等敏感信息,需要进行数据加密和隐私保护,确保数据的安全性和保密性。第三,系统稳定性。远程监测与维护系统需要具备稳定性,避免因系统崩溃或网络中断而影响实时监测和维护操作。

实际应用远程监测与维护策略时,需考虑成本和效益的平衡。第一,设备成本。实施远程监测与维护需要投入一定的设备和技术支持,如传感器、通信设备等。需要综合考虑设备成本与效益,确保投资的合理性^[5]。第二,人员培训。维护人员需要掌握远程监测与维护的技术和操作方法,需要进行培训和技能提升,这需要一定的时间和资源投入。第三,维护效益。实施远程监测与维护可以降低人员上门维护的频率,减少维护成本和停机损失。因此,需要对维护效益进行综合评估,确定实施策略的可行性。

4 结语

综上所述,风力发电机组机械故障诊断方法与技术的研究在提升风能产业的可靠性、效率和可持续性方面具有重要意义。多技术手段融合应用为故障诊断提供了更全面、更准确的依据,人工智能与大数据分析则为数据挖掘和模式识别带来了前所未有的机会。预测性维护策略的应用将维护策略由被动转为主动,降低了维护成本,提高了系统的可靠性。而远程监测与维护则在时空上为故障诊断和维护带来了更大的灵活性,实现了实时监控和远程操作。

参考文献:

- [1] 刘勇峰. 风力发电机组旋转机械运行维护故障分析及解决办法 [J]. 中国设备工程, 2016(11):43-44.
- [2] 邓彦杰. 风力发电机组旋转机械的故障诊断技术分析 [J]. 工程技术研究, 2022,04(11):34-36.
- [3] 王加阳. 风力发电机组旋转机械的故障诊断技术研究 [J]. 汽车博览, 2022(21):19-21.
- [4] 郝永清. 风力发电机组旋转机械的故障诊断技术研究 [J]. 石油石化物资采购, 2022(22):159-161.
- [5] 金晓航, 王宇, ZHANG BIN. 工业大数据驱动的故障预测与健康管理的 [J]. 计算机集成制造系统, 2022,28(05): 1314-1336.