

风力发电机组状态监测和故障诊断技术研究

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

李占荣

Zhanrong Li

黄河上游水电开发有限责任公司格尔木分公司 中国·青海 西宁 810000

Yellow River Upstream Hydropower Development Co., Ltd. Golmud Branch, Xining, Qinghai, 810000, China

摘要: 在电力生产推进的过程中, 风力发电作为一种新的模式会直接提高电力的整体生产量, 最终实现节能降耗的目的。当下风力发电机装机容量正在不断地扩大, 与之相对应的操作要求也愈发严格, 一旦出现维护不合理的情况会直接导致设备出现故障。因而工作人员应当实时对风力发电机组状态展开监测并加强故障诊断, 推动电力行业可持续发展。论文就风力发电机组状态监测和故障诊断技术展开探讨, 旨在实现对风电机组关键部件的实时监测及早期故障预警, 为风电场的运维管理提供科学决策支持。

Abstract: In the process of promoting electricity production, wind power generation as a new model will directly increase the overall production of electricity, ultimately achieving the goal of energy conservation and consumption reduction. At present, the installed capacity of wind turbines is constantly expanding, and the corresponding operational requirements are becoming increasingly strict. Once unreasonable maintenance occurs, it will directly lead to equipment failure. Therefore, staff should monitor the status of wind turbines in real time and strengthen fault diagnosis to promote sustainable development of the power industry. The paper explores the status monitoring and fault diagnosis technology of wind turbines, aiming to achieve real-time monitoring and early fault warning of key components of wind turbines, and provide scientific decision-making support for the operation and maintenance management of wind farms.

关键词: 风力发电机组; 状态监测; 故障诊断; 技术研究

Keywords: wind turbine; status monitoring; fault diagnosis; technical study

DOI: 10.12346/etr.v6i3.9203

1 引言

随着全球能源结构的转型与生态环境保护的要求日益升高, 风力发电作为清洁、可再生的能源方式越来越受到重视^[1]。风力发电机组作为风能转化为电能的关键设备, 其运行状态的监控和健康诊断技术对于确保电网的稳定供电和降低维护成本具有重要意义, 因此论文对风力发电机组的状态监测和故障诊断技术进行了深入研究。

2 风力发电机组故障特点

风力发电是一种清洁的能源, 但由于在恶劣的环境和不稳定的外部负载下运行, 风电机组的各个部件往往容易出现

故障^[2]。针对这些问题, 需要采取有效的方式监测运行状态并进行故障诊断, 以确保其稳定运行。

齿轮箱是风电机组中的重要部件之一。齿轮箱的主要任务是将叶片低速旋转转化为发电机所需的高速旋转。齿轮箱的任何故障都可能导致风电机组无法有效发电。在齿轮箱工作过程中, 由于磨损、过热等因素, 可能会导致其故障, 故障诊断方法一般可以通过声发射或振动检测实现。

发电机其故障主要表现为发电机轴承过热、运行振动大和自身温度高等。故障诊断可以通过温度传感器实时监测轴承的温度, 通过振动传感器监测发电机转子的振动状态。当监测到异常时, 可以及时停机检修, 防止出现更严重的故障。

【作者简介】李占荣(1990-), 男, 中国青海湟中人, 本科, 助理工程师, 从事风力发电研究。

变频器在风电机组中的主要作用是调节发电机运行的频率，以满足电网的需求。变频器的主要故障是内部电力元件的损坏，这通常是由于运行过程中内部温度过高或电压过大引起的^[3]。变频器的故障诊断通常通过内部电流和电压的检测以及温度的监控来实现。

由于风电机组所处的特殊环境和工况，使得其各部分较为容易出现故障。而有效的故障监测和诊断就成为保证其稳定运行的关键。可以通过对各部分的状态进行实时监控，当发现有异常时及时进行检修，避免出现更严重的问题。同时，通过对历史运行数据的分析，可以预测可能出现的故障，提前进行预防。只有这样，才能保证风电机组的长期稳定运行，提高风电的生产效率，为我们提供更多的清洁能源。

3 风力发电机组状态监测

3.1 监测异常可测量参数

在风力发电机组的监测和运行过程中，确保安全稳定的运行是至关重要的。为此，实时监测各种可测量参数成为保障系统安全、提高运行效率的核心任务。实时监测电压和电流是评估风电机组输出性能和电网适配情况的直接手段。电压的异常变化可能意味着电网负载波动或设备自身绝缘性能下降。电流的异常则可能预示着过载、短路或设备效率下降。频率的监测对于交流发电至关重要，会直接影响到发电机同步发电和电力质量。在风速变化导致转速波动时，频率监测是调节发电机输出以匹配电网需求的重要手段^[4]。压力监测通常用于风电机组的液压系统，比如液压制动或俯仰控制系统。压力异常可能导致制动失效或调节失准，增加事故风险。温度监测则是预防过热故障的关键，适用于发电机、变速箱以及其他电气元件。监测这些参数需要合理选择测量设备，如选用高精度的电压电流表、频率计等，以确保监测数据的准确性。同时，应该协调各个测量设备之间的工作关系，确保它们能够协同工作，并将数据准确传输至控制中心。在选用测量设备时，工作人员应该结合风电机组的具体情况，分析并确定每个参数的合理量程。量程不仅要覆盖正常的工作区间，还要足够广泛，以便于识别可能出现的异常值。此外，对于各参数的正常或异常值区间范围和动作触发条件进行分析至关重要。这些数据分析结果可以用来设定报警阈值，一旦监测到的参数超出了正常范围，立即通过控制系统发出警报，必要时自动触发保护措施，减少设备损伤和安全风险。

3.2 监测测量设备异常

风力发电机组扮演着在可再生能源领域的重要角色，而确保其各部分设备的正常运行，则需要通过监测测量设备去发现异常。

许多测量设备包含自我检测功能，特别是经过精密设计的设备。它们通常都配有检测触点，这些触点在正常工作情况下保持特定状态（如常开或常闭）。只有当设备发生故障

时，这些状态会发生变化^[5]。例如，温度传感器可能会在过热时将一个常开的触点转变为常闭状态。当这种状态变化被探测到时，就说明设备可能发生了异常。通过设计巧妙的电路和程序，工作人员甚至可以进一步了解设备的具体故障类型和程度，这有助于维修工作人员更快地解决问题。

另外，工作人员可以采用主控系统监测设备的策略。在这种方案中，测量设备输入与输出端均连接到一个主控系统。主控系统存储了相应的算法，能实时读取设备的输入和输出值并进行对比。如果发现输入和输出值不匹配，那便说明设备可能存在问题。例如，一个压力传感器可能会在压力变化时输出一个电压信号。主控系统知道压力与电压之间的函数关系，因此如果读入的电压与预期的电压不匹配，系统便会判定传感器出现异常情况。

这两种方法的实际使用，需要结合设备特性和系统环境进行分析和选择。自我检测触点的方法适用于检测设备本身的故障，而主控系统的方法则更适合检测设备的读数是否准确。二者结合使用，可以更有效地确保风电机组正常运行，提高系统的稳定性和可靠性。

4 风力发电机组故障诊断技术

4.1 分析机组故障诊断

风力发电机组作为可再生能源的重要组成部分，其运行状态直接关系到能源供应的稳定性和经济效益。然而，由于风力发电机组结构复杂，在实际运行过程中经常会出现各类故障，这就需要通过准确的故障诊断，为故障解决提供参考。在风电机组故障诊断中，每一个部件的功能和性能都会直接影响到整个机组的运行^[6]。例如，风轮的性能可能会影响到发电机的电力输出，而定子或转子的故障则可能导致关键部件的损坏。深入理解和熟知每个部件的性能和作用，对于精准找出故障起因至关重要。工作人员需要对机组的电力参数如电压、电流、电阻等进行细致分析。这些参数的异常往往能够直接指出问题出在何处。像是电压异常可能会造成设备运行不稳，电阻异常则可能导致发电机本体或其他部件过热。在集成了丰富的实时数据后，可以应用技术进行数据挖掘 Mining 和模型训练，实现对故障的自动识别和预测。以此为基础，能够更精准、高效地进行故障诊断。维护人员需要根据所诊断的故障类型和程度，设计出针对性的维护策略或更换策略，以此保证风力发电机组能够持续稳定运行。

4.2 分析热力参数

风力发电机组的运行状态过程中各部件温度是非常关键的参数。它不仅会影响设备的性能和运行效率，也可以反映设备的运行健康状况和可能的故障。因此，对风力发电机组内部的热力参数进行有效的监控和分析是非常必要的。

在风力发电机组中，发电机、齿轮箱、运动电机和变流器等大部件都是发热源，当这些部件运行时，会产生大量的热量^[7]。如果部件的温度过高，可能会导致材料老化或损伤，

影响部件的寿命和系统的稳定运行。因此,通过监控部件的温度,我们可以了解部件的工作情况,及时检测到可能的过热问题,并采取必要的散热或保护措施。

机舱和控制柜的内部温度也是非常重要的参数。机舱内部温度的高低直接影响电机和电子设备的工作环境,而控制柜内部的温度状况则会影响电路性能和稳定性。通过对这些部分的温度监控,我们可以做出合理的通风散热策略,以保证设备在最佳的工作环境下运行。

这些热力参数数据的解读和分析,需要依靠数据分析和模型分析技术。通过对大量数据的挖掘、整理和训练,我们可以根据数据变化找出设备可能出现异常的规律,并结合设备工作状态预测故障可能发生的时间和部位。同时,数据分析还可以为我们提供故障预防的依据,对设备进行优化和改进,以提高设备的运行效率和稳定性。

4.3 分析机组运行振动

振动在工程领域中是一种常见的现象,在风力发电机组运行过程中,机组大部件产生振动是一种常规的现象,但过大或非规律的振动可能意味着部件运行异常或有潜在的损伤。因此,对风力发电机组的振动状态进行辨识和分析,可以帮助我们及时发现和预防设备故障,保障风电机组的稳定运行。

工作人员应选择合适的振动传感器,并将其安装在齿轮箱、发电机、主轴及机组支架等机组大部件上。传感器对部件产生的振动进行实时测量,并将振动信号以电信号的形式传送到数据处理系统中去^[8]。振动信号是时间序列数据,因此在测量和分析时需要借助数字信号处理技术,如傅里叶变换等,将原始信号转化为频率域数据,以便于分析振动的特征。振动信号的分析包括了多个方面,频谱分析是振动分析中的核心部分,它可以判定出哪些频率成分出现异常振动,从而推断出可能的故障源。频率成分的分析还包含了谐波和次谐波的分析,这样可以知道振动是否是由于部件的特定运动形态或不规则运动引发的。在这个过程中,高阶谐波和次谐波的出现可能暗示着部件存在潜在的故障。

通过观察振动信号的波形,可以了解到设备运行中的动态信息。例如,齿轮箱在齿轮啮合过程中的冲击会在振动信号上形成特定的波形,如果齿轮有磨损或损伤,这种波形就会发生显著的变化。另外,工作人员可以借助于自相关函数

等工具,还可以了解到波形的周期性特征,这对于鉴别周期性故障有重要作用。

结合上述分析,可以推断出部件发生故障的来源和原因。例如,如果发现某一特定频率的振动明显增大,而这个频率又正好对应齿轮的啮合频率,那么很可能是齿轮发生了故障。通过这种方式,我们可以针对性地进行设备维护和修复,大幅提升了维护工作的效率。

5 结语

经过全面的分析与研究,我们可以得出结论:实现对风力发电机组的有效状态监测和故障诊断对于提升风电场的运行效率和经济效益有着举足轻重的影响。基于先进的传感器技术、多维数据处理方法及人工智能算法,不仅能够提升故障检测的准确度,而且可以为风电机组的维护与运维决策提供及时准确的数据支持。随着技术的不断发展,未来风电机组的状态监测和故障诊断技术将进一步向高效率、智能化、自动化方向发展,进而推动风力发电行业的持续健康发展,对推动全球能源结构优化和应对气候变化将发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 付涛,王元,贺静怡.风力发电机组状态监测和故障诊断技术研究[J].山西电力,2023(1):2172.
- [2] 吕宝龙.浅谈风力发电机组振动状态监测与故障诊断[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(1):4.
- [3] 王恒.基于人工智能的风电机组运行状态监测和故障诊断预警研究[J].科学技术创新,2023(27):69-72.
- [4] 许春福.风力发电机组故障诊断与预测技术研究综述[J].能源与环境,2022(3):46-47.
- [5] 高晨,赵勇,汪德良,等.海上风电机组电气设备状态检修技术研究现状与展望[J].电工技术学报,2022,37(S1):13.
- [6] 赵继洲.风力发电机状态监测和故障诊断技术的研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(10):3.
- [7] 汪玉玲.风力发电机状态监测和故障诊断技术的研究[J].现代工业经济和信息化,2022,12(11):317-318.
- [8] 朱振海.风力发电机组故障诊断与预测技术研究综述[J].工程建设与设计,2018(18):63-64.