

基于监控与数据采集系统的风电机组故障诊断分析

李奇艳

湖南五凌电力工程有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i6.6903

[摘要] 为有效解决传统风力发电机组故障诊断技术存在的程序复杂、作业量大、精度低等问题, 提高风电机组故障诊断高效性、准确性, 保证其安全稳定运行, 本文提出集监控与数据采集于一体的风电机组故障诊断技术, 论述了风电机组故障形式、常用检测方法, 分析了监控与数据采集系统风电机组故障诊断技术应用程序及存在问题, 并分别从信息整合、运算平台、信息共享等视角指明了未来发展方向, 具有重要的参考价值。

[关键词] 风力发电机组; 数据采集系统; 故障诊断技术;

Fault diagnosis and analysis of wind turbine based on monitoring and data acquisition system

Li Qiyang

Hunan Wuling Electric Power Engineering Co., Ltd

[Abstract] in order to effectively solve the traditional wind turbine fault diagnosis technology of complex program, large quantity, low accuracy, improve the efficiency of wind turbine fault diagnosis, accuracy, ensure the safe and stable operation, this paper proposes monitoring and data collection of wind turbine fault diagnosis technology, discusses the wind turbine fault form, commonly used detection method, analyzes the monitoring and data acquisition system wind turbine fault diagnosis technology application and existing problems, and respectively from the information integration, computing platform, information sharing perspective indicates the future development direction, has the important reference value.

[Key words] wind turbine; data acquisition system; fault diagnosis technology;

引言

风力发电作为一种新型发电技术, 主要利用风电机组将风能转化成电能, 具有节能环保、安全可靠、可再生等优点, 能有效推动经济的可持续性发展, 受到了人们的高度认可。但由于风电机组大多建于沿海、深山地区, 其运行环境较为恶劣, 在长期风吹、日晒、雨淋及冰雪冻融环境下, 风电机组极易产生故障, 影响设备正常工作, 严重降低发电效率, 积极开展风电机组故障诊断尤为重要。为此, 本文根据当前风电机组故障诊断现状, 提出了集监控与数据采集于一体的风电机组故障诊断技术, 分析了应用中存在问题及挑战, 并对其未来进行展望, 具有重要的现实意义。

1 风电机组故障形式

风电机组运行环境较为恶劣, 长期遭受风、雨、冰雪侵蚀, 极易产生故障, 影响设备运行安全, 降低发电效果。常见风电机组故障形式如下:

(1) 叶片损伤: 叶片作为风力发电机组最基本部件, 对保障发电机组安全稳定运行具有重要作用。由于叶片直接暴露

于自然环境中, 在其运行过程中长期遭受环境侵蚀作用, 势必会产生损坏, 影响机组正常运行, 甚至会引发安全事故;

(2) 轴承故障: 轴承是承托风轮的主要构件, 可有效保证风轮稳定运转。在风轮旋转作用下, 轴承温度急剧升高, 并产生严重磨损, 使轴承与风轮之间间隙增大, 引发轴承损坏、风轮晃动等问题, 缩短轴承工作寿命;

(3) 齿轮箱故障: 齿轮箱具有输送风能的功能, 在其运行过程中会受到较大负载作用。风电设备在持续工作状态下, 齿轮出现较大磨损, 加之维护保养不及时, 使得齿轮间摩擦作用增大, 齿轮运行困难, 导致齿轮箱出现晃动, 若不及时处理, 将会造成破坏;

(4) 风力发电机故障: 发电机是风电机组最核心部件, 其主要功能在于实现风能向电能的转化。发电机使用过程中会产生较多故障问题, 主要形式如下: 1) 基本组件损坏; 2) 线圈短路; 3) 转子故障。任何环节出现故障, 均会影响发电机正常运行;

(5) 控制系统故障: 控制系统基本作用在于对机组运行

过程进行调控，以保证机组运行安全性、稳定性。当控制系统产生故障时，将无法准确采集风力信息，难以对机组运行过程实施有效控制，威胁机组运行安全。

2 现有故障检测方法

风电机组故障诊断是一项综合性工作，具有较强的技术性，对作业人员要求较高。现阶段，常用风电机组故障诊断技术主要包括以下几种：

(1) 转速监测法：风力发电机组工作时始终处于运转状态，一旦产生故障问题，将会导致运转速率出现变化，通过对运转速率数据的统计，能充分掌握机组运转情况，准确评估其是否存在故障问题。各种故障对运转速率的敏感程度存在显著差异，根据机组运转速率变动幅度，能全面获得转速快慢信息，并以此为依据，利用计算机系统模拟判定故障形式；

(2) 功率监测法：此技术主要根据机组功率变化规律完成对故障的监测。机组运行过程中，一旦出现故障问题，其输出功率将会产生较大变动。通过分析其变化规律，评估机组运行状态，并确定其故障情况；

(3) 振动监测法：该技术是根据机组振动频率，确定机组工作状态，并判定有无故障存在。若机组存在故障，其运行过程中振动频率、幅度将发生改变。因此，可在此基础上判定机组故障情况。此技术主要用于对轴承、齿轮箱的故障监测，

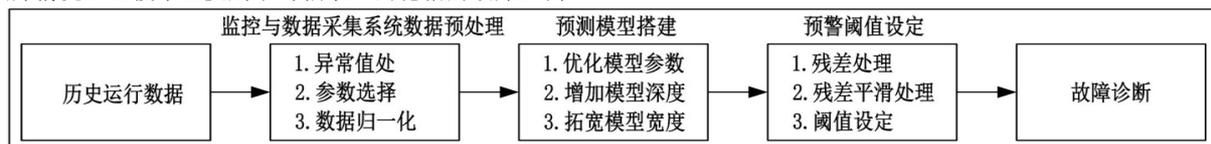


图1 离线训练基本流程

离线训练主要涉及两个方面：1) 对采集到的机组工作信息实施整合分析；2) 搭建预测模型。在进行模型搭建时，可通过深度学习法展开，确定最优模型框架，以最大限度保证故障诊断精度。同时，根据相关信息合理设置预警阈值，在机组产生故障之前，提前进行预警。离线训练作为预测模型搭建的关键环节，是机组故障预警功能得到实现的重要保障。科学利用机组历史工作信息，合理选用数据算法，构建出稳定高效的预测模型，并根据机组实际情况，准确设置预警值，进而有效完成对机组故障的诊断及预警，保证机组运行安全。

近年来，随着科技的不断进步，深度学习法在风电机组故障检测领域得到了大规模运用，且取得了显著成效。实际工程应用表明，建立卷积神经网络模型过程中，通过对大量信息的深度学习，能全面得到不同故障之间的关联性，进而有效实现对机组故障的诊断。

4 卷积神经网络的应用

卷积神经网络为典型的深度学习模型，在图像识别、整理方面较为常用，特别对于平面图形信息处理，其效率和精度更高。同时，在风电机组故障信息识别方面优势较为突出，其具体应用流程如下：

(1) 数据采集和预处理：根据机组运行状态，全面采集机组振动数据；

(2) 特征提取：该网络系统主要包含卷积层与池化层两部分，通过二者的联合运用，对预先采集的振动数据实施整合，并从中获取振动特征；

效果显著；

(4) 声监测法：该监测方法主要根据机组反馈的声音信息，完成对故障的判定。机组运行过程中，若存在故障问题，将会产生不正常声响，通过对声响的分析，可有效判定故障情况。该技术对于发电机及轴承故障监测较为常用。

3 采用监控与数据采集系统的风电机组故障诊断

风电机组内部设有监控及信息采集系统，可自主实现对机组内各部件运行状态的动态监控；其为机组最关键构成要素，主要通过内部感应器与仪表装置，全面采集机组运行过程中的相关信息，具体包括实际功率、温度、振幅、振频等，经分类整理后，将其呈现在屏显系统内。工作人员根据呈现信息，全面掌握机组运行情况，并对其工作状态作出综合评估，进而确定故障所在。

利用监控及信息采集系统得到的相关信息，由于外界环境干扰，可能会存在一定偏差，从而影响故障判别精度。建立故障预测模型分两步进行，即：离线训练和在线预警。其中，离线训练阶段，作业人员对机组历史运行数据实施统计分析，搭建预测模型，并合理设置阈值，根据历史运行数据的训练模型，对预测模型实施优化，以有效提升机组故障诊断效果。离线训练基本流程，见下图1。

(3) 故障检测和诊断：获得振动特征后，利用数据传输系统将其传至各对应部位，进而完成对机组故障的检测与诊断。

5 神经网络的应用

神经网络能有效完成对矩阵信息的处理，如何通过神经网络完成对风电机组故障的检测，始终是当前科研部门努力的方向。该系统内部存在循环链，能够科学完成对矩阵信息的建模分析。在风电机组故障检测领域引入神经网络，经过对时序信息的分析，充分掌握各种信息内部时序相关性，有效确保故障检测精度。但需特别强调的是，风电机组故障诊断时采用神经网络系统，必须提前做好信息采集、模型搭建与结论评定等各项工作。

6 研究进展

现阶段，通过深度学习法对风电机组实施故障检测取得显著成效。通过卷积神经网络采集机组运行状态信息，并利用相关模型对采集到的信息实施整合，所得到的特征存在较高的参考价值，能有效保证故障检测精度。实践表明，通过卷积神经网络对图像进行整合分析，能准确判定故障类型。而在故障检测中引入神经网络系统，对时序信息进行整合分析，可显著提高故障检测效果。

风电机组故障检测时，为最大限度确保检测精度，工作人员始终坚持优化深度学习模型，科学融合洞察力与残差分析技术，有效完善模型表达能力。同时，还尤为注重信息质量，通过数据整合优化，提高模型运行效率。

7 存在的挑战和问题

现阶段, 监控及信息采集系统风电机组故障检测技术应用中存在诸多问题, 具体如下:

(1) 检测环境复杂多变, 数据采集及处理偏差大。风电机组运行环境恶劣, 在进行故障检测时, 受外界环境干扰较大, 显著增大信息采集难度, 并会在一定程度上影响信息处理精度。风电机组运行过程中会形成大量数据信息, 具体包括运行温度、设备振动频率、振幅等, 各种信息与外界环境及机组故障密切相关。因此, 在该环境条件下进行信息采集、处理, 必须采取有效措施降低外界环境干扰, 以有效确保故障检测精度;

(2) 诊断模型稳定性及匹配性差。采用监控及信息采集系统对风电机组故障实施检测, 最关键之处在于确保模型稳定性、匹配性。虽然在机组故障诊断中深度学习法取得了显著成效, 但实际应用中仍存在诸多问题, 如模型匹配性等;

(3) 监测能力有限。风电机组故障检测时, 科学实现动态监测, 能显著提高诊断结果准确性, 并能及时发现问题所在, 从而制定出有效的处置方案。以往采用的机组故障检测方法难以实现动态监测, 虽然深度学习法有效弥补了该缺陷, 但所耗时间较长, 并需进行较多运算, 因此实际工作中应采取有效措施解决此类问题。

8 未来发展方向

当前, 世界各国相继认识到风力发电的实用价值, 使得风电机组用量大幅度增加, 为保证其运行安全性、稳定性, 积极开发更加先进的故障检测技术尤为重要。具体研究方向如下:

(1) 多模态信息融合: 信息融合是未来风电机组故障检测技术研发的重点, 可有效完成对机组故障的采集、识别。经信息融合系统将采集到的温度、振幅等相关信息整合在一起, 进而完成对机组工作状况的全方位评价, 准确找出故障所在;

(2) 优化学习与适应性算法: 采取科学方式对学习及适应性算法实施优化, 进而完成对故障检测功能的升级。根据相关实践经验, 持续优化算法, 可有效保证各种恶劣环境下故障检测的准确性;

(3) 重视多功能运算平台应用: 风电机组运行信息复杂, 数量庞大, 为保证故障检测信息处理效果, 应重视多功能运算平台的应用, 例如引入分布式算法, 以有效提升信息处理效率;

(4) 实际验证: 相关研究表明, 采用监控及信息采集系统对风电机组故障实施检测, 虽然能够取得明显效果, 但仍需进行实际运用, 以有效检验其可行性;

(5) 数据共享与合作: 针对风电机组故障检测, 国家应建立相应的制度, 用以监督制约研究院、机组生产厂商等相关单位共享信息资源, 加强交流协作, 以有效推动风电机组故障检测技术的全面发展。科研工作者根据生产厂商提供的信息, 所搭建的检测模型更加具有适应性、匹配性。

结语

综上所述, 风电机组故障诊断是一项综合性工作, 具有较强的复杂性, 采用监控及数据采集系统实施故障检测, 尽管取得了一定成就, 但仍旧存在匹配性差、耗时长、运算量大等问题。因此, 未来应采取科学手段增强机组运行稳定性, 以有效提升故障检测效率。同时, 应完善机组故障检测系统, 提高自适应能力,

重视多功能运算平台的应用, 并积极推动信息共享, 从而全面提升风电机组故障检测水平, 保证风电机组安全稳定运行。

[参考文献]

[1]吴智泉, 路忠峰, 陈克锐, 等.基于 BAACMD 和 BESDFIF 的风电机组主轴故障诊断[J].工业仪表与自动化装置, 2024 (02): 124-129+142;

[2]李练兵, 肖亚泽, 张萍, 等.基于 CWT-RES34 的风电机组叶片裂纹状态评估[J].噪声与振动控制, 2024, 44 (02): 143-148+293;

[3]颜毅斌, 陈清化, 吉天平, 等.基于改进生成对抗网络的风电机组主轴故障诊断研究[J].机电工程技术, 2024, 53 (02): 103-106;

[4]王雨欣, 王思怡, 杨黎晖, 等.超级电容储能和卸荷电路协调控制的永磁同步风电机组低电压穿越策略[J].高压电器, 2023, 59 (04): 177-185.DOI: 10.13296/j.1001-1609.hva.2023.04.024;

[5]石港, 王伟, 雷志鹏等.风力发电机组状态监测与故障诊断研究综述[J].山西电力, 2023 (01): 43-46;

[6]郭明龙.风力发电机组故障诊断与预测技术探究[J].城市建设理论研究(电子版), 2023 (04): 58-60;

[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]李娜, 曹丽明.一种风力发电机轴承故障智能诊断方法[J].工业仪表与自动化装置, 2022 (05): 103-108;

[9]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 (03): 46-47;

[10]王文杰.风力发电机状态监测和故障诊断技术研究[J].光源与照明, 2022 (05): 167-169;

[11]周寅忱, 陈康乐.风力发电机轴承振动监测故障诊断[C]//中国电力技术市场协会.2022年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集, 2022: 301-303;

[12]萨锦炜.风力发电机状态监测与故障诊断技术分析[J].绿色环保建材, 2021 (07): 177-178;

[13]刘伟军, 李虎.浅谈双馈风电机组液压系统故障诊断与结构优化应用[C]//中国电力技术市场协会.2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(上册), 2023: 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.049611;

[14]黄光更.双馈风电机组变流器故障诊断研究综述[C]//中国电力技术市场协会.2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(下册), 2023: 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.051035;

[15]武鹏, 徐志, 李宗泽, 等.基于全生命周期的风电机组智能管理系统研究[C]//中国农业机械工业协会风力机械分会.第十届中国风电后市场交流合作大会论文集, 2023: 5. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.033504;