



基于机器学习与储能优化的电机故障预测模型研究

张玉伟¹, 江朝力², 李新强³, 赵亚伟⁴

(¹石家庄信息工程职业学院传媒艺术系, 河北 石家庄 050000; ²河北地质大学管理科学与工程学院, 河北 石家庄 050000; ³石家庄信息工程职业学院机电工程系, 河北 石家庄 050000; ⁴河北工业大学建筑与艺术设计学院, 天津 300401)

摘要: 随着机器人技术的飞速发展, 机器学习应用于越来越多的领域。本文针对电机在工业生产中的重要性及故障带来的能源损耗与经济损失, 提出基于机器学习与储能优化的电机故障预测模型研究, 通过概括机器学习算法在故障预测中的应用、储能优化策略对能源利用效率及模型性能的影响, 在理论层面构建融合多种特征的预测模型, 并分析其优势, 该模型的构建有助于提高工业生产中电机运行的能源利用效率与稳定性从而减少故障的发生。

关键词: 机器学习; 储能优化; 电机故障预测; 预测模型; 能源调控

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0022

中图分类号: TM 764

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 02-552-03

Research on motor fault prediction model based on machine learning and energy storage optimization

ZHANG Yuwei¹, JIANG Chaoli², LI Xinqiang³, ZHAO Yawei⁴

(¹Shijiazhuang Information Engineering Vocational College, Department of Media Arts, Shijiazhuang 050000, Hebei, China; ²Hebei University of Geosciences, School of Management Science and Engineering, Shijiazhuang 050000, Hebei, China; ³Shijiazhuang Information Engineering Vocational College, Department of Mechanical and Electrical Engineering, Shijiazhuang 050000, Hebei, China; ⁴Hebei University of Technology, School of Architecture & Art Design, Tianjin 300401, China)

Abstract: With the rapid development of robotics technology, machine learning has been applied to an increasing number of fields. Aiming at the importance of motors in industrial production and the energy loss and economic losses caused by faults, this paper proposes a study on a motor fault prediction model based on machine learning and energy storage optimization. By summarizing the application of machine learning algorithms in fault prediction and the impact of energy storage optimization strategies on energy utilization efficiency and model performance, a prediction model integrating multiple features is theoretically constructed, and its advantages are analyzed. The construction of this model helps improve the energy utilization efficiency and operational stability of motors in industrial production, thereby reducing the occurrence of faults.

收稿日期: 2026-01-09; 修改稿日期: 2026-01-20。

第一作者: 张玉伟 (1981—), 女, 本科, 副教授, 研究方向为计算机技术、可再生能源, E-mail: 15032067353@163.com; 通信作者: 江朝力, 硕士, 副教授, 研究方向为系统优化分析、管理决策、电力设备状态评估, E-mail: txzz2025123456@163.com。

引用本文: 张玉伟, 江朝力, 李新强, 等. 基于机器学习与储能优化的电机故障预测模型研究[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(2): 552-554.

Citation: ZHANG Yuwei, JIANG Chaoli, LI Xinqiang, et al. Research on motor fault prediction model based on machine learning and energy storage optimization[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(2): 552-554.

Keywords: machine learning; energy storage optimization; motor fault prediction; prediction model; energy regulation

电机作为工业生产、交通运输等众多领域必不可少的核心动力设备,其运行状态的稳定性可谓是整个系统能正常运转的核心,运行中的电机出现故障不仅会导致生产停滞,还会造成大量能源浪费,因此提前发现、分析并解决故障是保障电机稳定运行的一项重要措施^[1]。我国对电机故障诊断的研究起步较晚,虽然目前已有许多实验方法,但由于技术上的限制,操作过于复杂,测量结果不准确,也没有取得明显的进展。近年来,随着中国经济的快速发展和科学技术的飞速进步,以及“双碳”目标下对能源高效利用的迫切需求,电机故障诊断技术的研究也得到了迅速的发展。机器学习具有强大的数据分析和模式识别能力,能够从大量的运行数据中挖掘出潜在的故障特征,为故障预测提供了新的途径。与此同时,储能系统在电力系统中的广泛应用,也为优化电机运行环境和提升故障预测模型性能带来了新的契机。开展基于机器学习与储能优化的电机故障预测模型研究对推动工业领域能源节约与高效利用具有重要的理论意义。

1 机器学习在电机故障预测中的应用

1.1 常用机器学习算法

通过实时监测电机的运行状态,提取关键故障特征,运用先进的算法进行故障识别和诊断,同时分析电机常见的故障类型及其成因,并提出相应的解决方案,已经成为电机故障诊断的重要手段^[2]。近年来,众多学者在电机故障预测领域提出了多种机器学习算法。决策树算法通过构建树形决策模型,根据数据的特征进行分类和预测,具有直观、易于理解的优点;支持向量机(SVM)基于结构风险最小化原则,能够在高维空间中找到最优分类超平面,对于小样本数据处理表现得十分出色;随机森林算法是由多个决策树组成,通过集成学习的方式提高模型的稳定性和泛化能力;神经网络算法,特别是深度学习中的卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN)及其变体长短期记忆网络(LSTM),具有非常强大的非线性映射能力,能够自动提取数据的深层特征,在处理复杂的时间序列数据时展现出独特的优势。

1.2 故障特征提取

准确提取电机的故障特征是实现有效故障预测的关键,电机运行的过程中会产生多种多样的数据,比如电流、电压、温度、振动等,这些数据中蕴含着不同的故障信息,通过提取多物理源监测数据中蕴含的多域故障信息,利用专家系统等智能识别装备故障并预测其剩余使用寿命,以便制订维修策略保障装备健康运行^[3],比如对于振动信号,可以采用快速傅里叶变换(FFT)将时域信号转换为频域信号,提取不同频率成分的幅值、功率谱密度等特征,对于电流信号,可以计算其有效值、峰值、谐波含量等参数,这些参数同时反映了电机的运行状态与能源转换效率。

2 储能优化对电机故障预测的影响

2.1 储能系统的能源调控作用

储能系统在电力系统中具有平滑功率波动、稳定电压频率、提高供电可靠性、优化能源配置等重要作用。对于电机而言,储能系统可以在电网电压波动或频率偏移时,及时补充或吸收能量,为电机提供稳定的供电环境,避免因供电不稳定导致电机能源转换效率下降。例如,当电网电压突然下降时,储能系统可以释放电能,维持电机的正常运行,避免因电压过低导致电机过热、绝缘损坏等故障,在电机负载突变时,储能系统可快速响应,平衡能源供需缺口,减少电机启动或负载变化过程中的能源浪费。

2.2 面向能源优化的储能调控策略

制定以能源高效利用为核心的储能优化策略能够充分发挥储能系统对电机故障预测的积极作用,较为常见的储能优化策略包括基于规则的能源调控策略、模型预测控制策略以及智能优化算法。基于能源调控策略根据预先设定好的规则对储能系统进行充放电的控制,比如根据电网电价、电机负载情况等确定充放电时间和功率,确保电机在能源最优状态下运行。模型预测控制策略则是通过建立系统的预测模型,对未来一段时间内的负荷需求和电网状态进行预测,以便提前制订储能系统的运行计划,智能优化算法如遗传算法、粒子群优化算法等,通过模拟生物进化或群体智能行为,在复杂的

解空间中寻找出最优的储能运行方案,最大化降低电机故障风险与能源损耗。

2.3 储能优化与故障特征的关联性分析

储能优化不仅能够改善电机的运行环境,还能通过影响电机的运行状态间接改变故障特征的表现形式^[4],这种关联性为提高故障预测的准确性提供了重要支撑。通过分析储能优化前后故障特征的变化规律,可以建立储能运行状态与故障特征之间的映射关系,将储能系统的运行数据作为辅助特征融入故障预测模型中,从而提升模型对不同运行场景下故障的适应能力和预测精度。此外,储能系统的运行状态也能间接反映电机的健康状况,当电机出现潜在故障时,其功率消耗、运行效率会发生变化,导致储能系统的充放电频率、充放电功率等参数出现异常。

3 基于机器学习与储能优化的电机故障预测模型构建

3.1 模型框架设计

在电机故障诊断技术发展的历史中,基于模型的方法是较早发展起来并实际应用的方法之一^[5]。本文在理论层面构建了电机故障预测模型,模型框架主要包括数据采集模块、数据预处理模块、特征提取模块、储能优化模块、机器学习预测模块和决策模块,每个模块有着不同的功能,数据采集模块负责收集电机运行过程中的电流、电压、温度、能源消耗等数据以及储能系统的运行数据。数据预处理模块对采集到的数据去除噪声和异常值。特征提取模块采用多种信号处理和特征提取方法,从预处理后的数据中提取故障与能源关联特征。储能优化模块根据电机的运行状态、能源消耗规律和电网情况,制定储能系统的优化运行策略。机器学习预测模块利用训练好的机器学习模型对提取的故障特征进行分析,预测电机的故障类型和剩余使用寿命。

3.2 数据融合与特征工程

在模型构建过程中,需要将电机运行数据、能源消耗数据和储能系统运行数据进行融合,通过特征工程的方法挖掘数据之间存在的关系,除了提取传统的故障特征外,还需要构建一些新的复合特征,比如将电机负载率与储能能源转换效率相关联综合分析两者之间的关联对电机故障的影响,并且

利用主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)等降维方法,对高维的特征向量进行降维处理,在保留故障核心信息与能源关键特征信息的同时减少数据的维度,提高模型的训练效率和泛化性能。

3.3 模型选择与训练

根据电机故障预测的特点和数据的特性,选择合适的机器学习算法作为预测模型,考虑到电机故障数据与能源调度数据均具有时间序列特性,本文采用LSTM神经网络作为基础预测模型。在模型训练过程中,采用交叉验证的方法对模型的超参数进行优化,如学习率、隐藏层神经元数量、迭代次数等。同时,为了提高模型的鲁棒性,采用正则化技术,如L1正则化和L2正则化,防止模型出现过拟合的现象,训练数据采用电机不同故障状态、不同能源消耗场景下的运行数据,确保模型能充分学习储能优化场景下的各类故障特征规律。

4 结 语

本工作提出的模型在理论层面上为电机故障预测与能源优化协同发展提供了新的思路,打破了传统技术的局限。未来,随着更多理论研究的深入,可以探索更多元化的机器学习算法融合方式,以及储能优化策略与故障预测模型的深度交互机制。在应用方面,该模型有望为工业企业提供更精准的电机维护决策支持与能源优化建议,大大降低故障发生概率和维护成本。在未来的发展方向上,推动其与工业物联网、智能工厂管理系统的理论融合,以实现电机全生命周期管理的智能化升级。

参 考 文 献

- [1] 任红涛, 杨小波. 状态监测技术在电动机故障诊断中的应用[C]//中国机电一体化技术应用协会. 第八届全国石油和化工电气设计与应用论文大赛入选论文集. 中国石油兰州石化机电仪运维中心电气四部, 2025: 763-767. DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.004621.
- [2] 陆飞. 多源数据融合与机器学习算法的电气柜故障诊断[J]. 电工技术, 2025(3): 164-166. DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2025.03.040.
- [3] 雷亚阔, 贾峰, 孔德同, 等. 大数据下机械智能故障诊断的机遇与挑战[J]. 机械工程学报, 2018, 54(5): 94-104. DOI: 10.3901/JME.2018.05.094.
- [4] 郑子萱, 倪扶瑶, 汪颖, 等. 基于模型预测控制混合储能系统的直流微电网韧性提升策略[J]. 电力自动化设备, 2021, 41(5): 152-159. DOI:10.16081/j.epae.202105043.
- [5] 张宽阔. 基于机器学习模型的异步电机定子故障诊断方法研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2020.