

Life prediction and preventive maintenance strategy of substation equipment based on big data

Bo Zhang

Baotou Power Supply Company Repair and Test Management Department 1, Baotou, Inner Mongolia, 014030, China

Abstract

In order to improve the service life and operation efficiency of substation equipment and reduce the maintenance cost, the life of substation equipment is predicted through big data technology, and the corresponding preventive maintenance strategies are formulated. In this paper, we use real-time data collection of substation equipment; process and analyze the collected data through big data analysis technology, build equipment degradation model; evaluate equipment health status through fault diagnosis and condition prediction technology, and formulate specific preventive maintenance strategies according to the evaluation results. Through the analysis of the actual operation data, the life of the substation equipment is successfully predicted, and an effective preventive maintenance strategy is proposed. The results show that this strategy can significantly reduce the equipment failure rate, reduce the unplanned downtime, and improve the equipment operation efficiency and safety. With the continuous development of big data technology, this strategy is expected to be more widely used in the power industry.

Keywords

big data; substation equipment; life prediction; preventive maintenance

基于大数据的变电设备寿命预测与预防性检修策略

张博

包头供电公司修试管理一处, 中国·内蒙古 包头 014030

摘 要

为提高变电设备的使用寿命和运行效率, 降低维护成本, 通过大数据技术对变电设备的寿命进行预测, 并制定相应的预防性检修策略。本文利用传感器、物联网设备等手段对变电设备进行实时数据采集; 通过大数据分析技术对采集到的数据进行处理和分析, 构建设备退化模型; 结合故障诊断和状态预测技术, 对设备健康状态进行评估; 最后, 根据评估结果, 制定针对性的预防性检修策略。通过对实际运行数据的分析, 成功预测了变电设备的寿命, 并提出了有效的预防性检修策略。结果表明, 该策略能够显著降低设备故障率, 减少非计划停机时间, 提高设备运行效率和安全性。随着大数据技术的不断发展, 该策略有望在电力行业得到更广泛的应用。

关键词

大数据; 变电设备; 寿命预测; 预防性检修

1 引言

随着我国电力事业的飞速发展, 电力系统的稳定运行对于国家经济和人民生活的重要性日益凸显。变电设备作为电力系统中的关键环节, 其可靠性和寿命直接影响着整个电网的安全和稳定性。然而, 传统的变电设备维护方法多依赖于定期检查和事后维修, 这种方法不仅成本高, 而且难以对设备故障进行精准预测, 容易造成电力供应的不稳定。近年来, 大数据技术的发展为变电设备的寿命预测和预防性检修提供了新的思路和方法。为提高变电设备的可靠性、延长设备使用寿命, 降低运维成本, 本研究基于大数据技术, 对变

电设备的寿命预测与预防性检修策略进行探讨。

2 大数据在变电设备寿命预测中的作用

2.1 数据预处理与特征提取

对收集到的变电设备运行数据进行清洗, 去除无效、错误或缺失的数据, 确保数据的准确性和完整性。这包括数据清洗、数据标准化和数据转换等步骤。从预处理后的数据中提取对设备寿命预测有重要影响的特征^[1]。这些特征可以是设备运行时间、负载率、温度变化、振动数据等。通过特征选择和降维技术, 提高模型的可解释性和预测精度。

2.2 建立数据分析模型

根据特征提取的结果, 选择合适的预测模型, 如回归分析、支持向量机、决策树、随机森林或深度学习模型等。使用历史数据对选定的模型进行训练, 调整模型参数, 使模

【作者简介】张博(1986—), 男, 中国内蒙古包头人, 本科, 工程师, 从事变电设备检修研究。

型能够较好地拟合数据,提高预测的准确性。通过交叉验证、网格搜索等方法对模型进行优化,提高模型的泛化能力,确保其在未知数据上的预测效果。

2.3 预测结果的评估与验证

选择合适的评估指标来衡量模型的预测效果,如均方误差(MSE)、决定系数(R^2)、平均绝对误差(MAE)等。将模型的预测结果与实际寿命数据进行对比,分析预测的准确性。如果预测结果与实际寿命之间存在较大偏差,则需要重新审视数据预处理、特征提取和模型选择等环节,找出问题并进行改进。在实际应用中,持续收集新的数据,对模型进行迭代优化,以提高预测的准确性和实用性。

3 基于大数据的变电设备寿命预测模型建立

3.1 寿命预测模型的选择

3.1.1 基于物理模型的方法

基于物理模型的方法是通过分析变电设备的物理特性和运行环境,建立设备寿命预测的数学模型。这种方法考虑了设备的物理特性和运行环境,能够较为准确地反映设备的实际寿命。模型参数易于获取,便于在实际应用中进行调整。模型具有一定的普适性,可以应用于不同类型的变电设备^[2]。然而,基于物理模型的方法也存在一些局限性,如:模型建立过程中需要大量的实验数据,且实验成本较高。模型参数的获取和调整较为复杂,需要具备一定的专业知识。

3.1.2 基于数据驱动的方法

基于数据驱动的方法是利用历史运行数据,通过机器学习算法建立设备寿命预测模型。这种方法无需依赖设备的物理特性,适用于各种类型的变电设备。模型建立过程中无需大量实验数据,降低了实验成本。模型具有较强的自适应能力,能够适应设备运行环境的变化。但该模型预测结果的准确性受限于历史数据的代表性。模型的可解释性较差,难以理解预测结果的内在机制。

3.1.3 混合模型的方法

混合模型是将基于物理模型的方法和基于数据驱动的方法相结合,以充分发挥各自的优势。首先,利用基于物理模型的方法建立设备寿命预测的初步模型。然后,收集变电设备的运行数据,通过机器学习算法对模型进行优化。最后,将优化后的模型应用于实际设备寿命预测。混合模型结合了物理模型和数据驱动模型的优点,提高了预测结果的准确性。降低了实验成本,提高了模型的可解释性。具有较强的适应性,能够适应不同类型的变电设备。

3.2 数据驱动的寿命预测模型

3.2.1 神经网络模型

神经网络模型是一种模拟人脑神经元连接方式的计算模型,具有强大的非线性映射能力。在变电设备寿命预测中,神经网络模型可以处理大量复杂的数据,并通过学习找出数据之间的潜在关系。对变电设备运行数据、故障数据等进行

清洗、归一化等处理,确保数据质量^[3]。根据实际情况选择合适的网络结构,如多层感知机、卷积神经网络等。利用历史数据对神经网络进行训练,使其能够识别数据中的规律。通过测试集验证模型的预测能力,根据测试结果调整模型参数,提高预测精度。

3.2.2 支持向量机模型

支持向量机(SVM)是一种二分类模型,通过寻找最优的超平面来区分两类数据。在变电设备寿命预测中,SVM可以有效地处理高维数据,具有较好的泛化能力。与神经网络模型类似,对变电设备运行数据、故障数据等进行清洗、归一化等处理。根据数据特性选择合适的核函数,如线性核、多项式核、径向基函数(RBF)核等。利用历史数据训练SVM模型,寻找最优的超平面。通过测试集验证SVM模型的预测能力,根据测试结果调整模型参数,提高预测精度。

3.2.3 随机森林模型

随机森林(Random Forest)是一种集成学习方法,通过构建多个决策树,并结合它们的预测结果来提高预测精度。在变电设备寿命预测中,随机森林模型可以处理大量数据,具有较强的抗噪声能力和泛化能力。对变电设备运行数据、故障数据等进行清洗、归一化等处理。根据数据特性选择合适的决策树结构,如CART、C4.5等。利用Bootstrap方法从原始数据中抽取样本,构建多个决策树。通过测试集验证随机森林模型的预测能力,根据测试结果调整模型参数,提高预测精度。

3.3 模型的训练与优化

3.3.1 数据划分与预处理

收集变电设备的运行数据、维护记录、故障信息等,确保数据的全面性和准确性。对收集到的数据进行清洗,去除无效、错误或重复的数据,保证数据质量。将清洗后的数据划分为训练集、验证集和测试集^[4]。通常,按照7:2:1的比例进行划分,以确保模型在训练过程中能够充分学习,并在测试集上具有良好的泛化能力。对原始数据进行特征提取和转换,提高模型对数据的敏感度和预测精度。例如,可以计算设备的平均运行时间、故障率等指标。

3.3.2 模型参数调整

根据变电设备寿命预测的特点,选择合适的机器学习模型,如随机森林、支持向量机、神经网络等。通过交叉验证等方法,对模型参数进行调整,以找到最优的参数组合。例如,对于神经网络模型,需要调整学习率、层数、神经元数量等参数。为防止模型过拟合,可采取正则化技术,如L1、L2正则化等。

3.3.3 模型性能评估

根据变电设备寿命预测的特点,选择合适的评价指标,如均方误差(MSE)、均方根误差(RMSE)、准确率、召回率等。在测试集上对模型进行评估,分析模型的预测性能。

若模型性能不理想,需返回步骤 2,重新调整模型参数。根据评估结果,对模型进行优化,如调整模型结构、增加特征工程等,以提高模型预测精度。

4 基于寿命预测的预防性检修策略

4.1 设备状态监测

在基于大数据的变电设备寿命预测与预防性检修策略中,设备状态监测是至关重要的环节。通过对变电设备的实时监测,可以全面掌握设备的运行状态,及时发现潜在的问题,从而降低故障风险,延长设备使用寿命。利用传感器、智能终端等设备,实时采集变电设备的运行数据,如电流、电压、温度、振动等,为后续分析提供基础数据。对采集到的数据进行清洗、整合、分析,提取设备运行过程中的关键指标,为设备状态评估提供依据^[9]。运用机器学习、人工智能等技术,对设备状态进行评估,判断设备是否处于正常运行状态,是否存在异常情况。根据设备状态评估结果,建立预警机制,对潜在故障进行提前预警,为预防性检修提供依据。

4.2 故障诊断

故障诊断是变电设备寿命预测与预防性检修策略的关键环节。通过对设备故障现象进行分析,找出故障原因,为后续的检修和维护提供依据。收集设备故障数据,包括历史故障记录、监测数据、维修记录等。利用数据挖掘、机器学习等技术,对故障数据进行深度分析,挖掘故障规律。建立故障诊断模型,根据设备运行状态和故障数据,对潜在故障进行预测和预警。结合故障诊断结果,制定针对性的检修方案,确保设备故障得到及时处理。

4.3 检修策略的优化

4.3.1 引入风险评估

在传统的检修策略中,通常是根据设备的运行年限、运行状态等静态因素来制定检修计划。然而,这种做法往往无法充分考虑设备的实际运行状况,容易导致过度检修或检修不足。为了提高检修策略的针对性,可以引入风险评估机制。根据风险评估模型,将设备风险分为高、中、低三个等级。针对不同风险等级的设备制定相应的检修策略,包括检

修周期、检修内容等。通过引入风险评估,可以更加准确地把握设备的实际运行状况,提高检修策略的针对性,降低检修成本。

4.3.2 确定最优的检修时机和检修内容

在优化检修策略时,确定最优的检修时机和检修内容至关重要。根据设备的运行数据、故障历史等信息,预测设备可能出现的故障点,从而确定检修时机。结合设备的运行状态、风险等级等因素,制定合理的检修周期,避免过度检修或检修不足。根据风险评估结果,确定检修内容,确保检修工作针对性强,提高检修效果。在设备运行过程中,根据设备状态、故障情况等因素,动态调整检修策略,确保检修工作的有效性。

5 结论

本研究采用机器学习、深度学习等算法,结合变电设备运行数据、历史维修数据等,构建了变电设备寿命预测模型。模型能够有效预测设备的剩余寿命,为预防性检修提供依据。根据寿命预测结果,提出了针对性的预防性检修策略,包括检修周期、检修内容等方面的优化,旨在提高检修效率和设备可靠性。实践证明,该策略能够有效降低设备故障率,提高设备使用寿命,降低运维成本。本研究基于大数据技术的变电设备寿命预测与预防性检修策略具有较高的理论价值和实际应用价值,为电力系统的稳定运行和设备维护提供了有力支持。

参考文献

- [1] 王进.大数据技术在变电运维中的应用[J].电工技术,2024(S2):178-180.
- [2] 吴尚.基于大数据技术的变电设备故障预测与健康管理策略分析[J].集成电路应用,2024,41(12):262-263.
- [3] 裴旭军,吴展锋.基于大数据技术的变电检修策略探讨[J].仪器仪表用户,2024,31(11):154-156.
- [4] 路赵,王红全,田园,等.基于大数据和云空间技术的电力系统变电检修策略研究[J].电力大数据,2024,27(10):83-91.
- [5] 艾纪军.智能电网背景下变电一次设备检修技术发展趋势及优化运用研究[C]//中国电力设备管理协会.全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(一).国网长沙供电公司,2024:3.