

Exploration of the Evaluation Method for the Operation Status of Substation Equipment Based on Online Monitoring Devices

Alimujiang·Sami Aiping Wang Aizezi·Bake

State Grid Aksu Power Supply Company, Aksu, Xinjiang, 843000, China

Abstract

The operating status of substation equipment has a critical impact on the stable operation of the power system. In order to accurately evaluate the real-time operation status of the substation equipment, we use online monitoring devices to conduct comprehensive and full-time monitoring of the substation equipment. Firstly, an online monitoring system was constructed to comprehensively grasp the operating status of the equipment by collecting equipment operation data and environmental parameters. Secondly, a running state evaluation model was constructed using machine learning algorithms, which can automatically identify abnormal states of equipment and predict the time when equipment may malfunction. We used this system to evaluate the real operating status of substation equipment in multiple actual power grids, and the results showed that this method has a high accuracy in predicting faults of substation equipment and can effectively locate the source of faults. Through this study, it is possible for power system operation and management personnel to grasp the real-time operation status of equipment, provide strong decision-making basis, and ensure the stable operation of the power system.

Keywords

online monitoring device; substation equipment; operational status assessment; machine learning algorithms; stable operation of the power system

基于在线监测装置的变电设备运行状态评估方法探究

阿力木江·萨米 王爱平 艾则孜·巴克

国网阿克苏供电公司, 中国·新疆阿克苏 843000

摘要

变电设备的运行状态对电力系统稳定运行具有关键性影响。为了准确评估变电设备的实时运行状态,我们通过在在线监测装置对变电设备进行全方位、全时段监测。其一,构建了一套在线监测系统,通过收集设备运行数据和环境参数,来全面把握设备运行状态。其二,利用机器学习算法构建了运行状态评估模型,该模型能够自动识别设备异常状态,并预测设备可能出现故障的时间。我们利用该系统对多个实际电网中的变电设备进行了真实运行状态的评估,结果显示,该方法对变电设备的故障预测准确率较高,且能有效定位故障源。通过本研究,能够为电力系统运营管理人员实时掌握设备运行状态,提供强有力的决策依据,保证电力系统的稳定运行的目的。

关键词

在线监测装置; 变电设备; 运行状态评估; 机器学习算法; 电力系统稳定运行

1 引言

电力系统的稳定运行是现代社会生活的关键基础,而变电设备作为系统的重要组成部分,其运行状态的良好与否则直接关系到整个电力系统的稳定运行。然而,由于变电设备在运行过程中可能会受到各种内在外在因素的影响,可能会发生故障,这就需要我们实施及时准确的运行状态评估,

以防故障发生对电力系统造成影响。然而,传统的评估方法往往存在效率低、准确性差等问题,为了解决这个问题,我们提出一种基于在线监测装置的变电设备运行状态评估方法。该方法采用了在线监测系统数据进行数据收集,并通过机器学习算法构建运行状态评估模型,不仅能自动识别设备的异常状态,还能预测设备可能的故障发生时间,极大提高了评估效率和准确性。在本研究中,我们还将这一方法应用于实际电网的变电设备,测试结果表明该方法具有高准确性,且能有效定位故障源。此方法为电力系统运营管理人员提供了实时全面的设备运行状态数据,为之后可能出现的设备故障提供预警,从而确保电力系统的稳定运行,实现预防为主,

【作者简介】阿力木江·萨米(1985-),男,维吾尔族,中国新疆阿瓦提人,本科,工程师,从事电气设备维护、电气试验、变电设备在线监测研究。

减少故障发生的目标。

2 在线监测系统的构建

2.1 在线监测装置的设计和部署

在线监测系统的构建是基于变电设备运行状态评估的关键环节，通过设计和部署合适的在线监测装置，能够实时获取变电设备的运行数据，从而建立运行状态评估模型^[1]。

在设计在线检测装置时，需要考虑到检测对象的种类和特点。对于不同类型的变电设备，选择合适的传感器和监测方式至关重要。例如，对于变压器，可以采用温度传感器、湿度传感器、振动传感器等来监测其温度、湿度和振动情况；对于开关设备，可以采用电流传感器、电压传感器等来监测其电流和电压的变化。

在线监测装置的部署位置也需要谨慎选择。根据不同设备的特点和工作环境，合理选择监测装置在设备上的位置，以保证数据的准确性和可靠性。还需要考虑到监测装置的安装和维护便捷性，以提高系统的稳定性和可操作性。

2.2 设备运行数据和环境参数的收集方式

为了全面了解设备的运行状态，除了实时监测设备的工作数据外，还需收集环境参数的信息，如温度、湿度、气候等。这些参数的变化对设备的运行状态有着重要影响，通过收集和分析这些参数的数据，能够更准确地评估设备的运行状况。

设备运行数据的收集可以通过直接连接传感器和设备来实现。传感器将设备的运行数据转化为电信号，通过数据采集设备进行采集和存储。也可以采用无线传输方式，将监测数据通过无线网络传输到数据中心进行存储和分析。

对于环境参数的收集，可以通过温湿度传感器、气象站等设备进行实时监测，并将数据通过无线网络传输到数据中心进行处理。

2.3 设备运行状态的全面把握

通过在线监测系统的构建，能够实时获取变电设备的运行数据和环境参数，从而全面把握设备的运行状态。

通过对设备运行数据的分析，可以了解设备的负载情况、电流电压波动情况、状态转移等，从而判断设备是否存在异常情况。结合环境参数的数据，能够综合评估设备在不同工作环境下的运行状况对设备寿命和性能的影响程度。

在全面把握设备运行状态的基础上，能够及时发现设备的故障和隐患，采取相应的维修和保养措施，提高设备的可靠性和安全性。

通过以上的工作，可以构建一个有效的在线监测系统，实时监测变电设备的运行状态，为后续的运行状态评估提供数据支撑，为电力系统的稳定运行提供保障。

3 基于机器学习的运行状态评估模型

在线监测装置的应用使得电力系统能够实时掌握各项运行参数和设备状态。利用基于机器学习的运行状态评估模

型，可以对收集到的数据进行处理分析，构建设备状态评估模型，预测设备运行状态，有指向性地进行设备维护和故障排除。

3.1 设备运行数据的处理与分析

运行状态评估模型中，数据的收集、处理和分析是它的基础。为了得到有效的评估结果，需要对采集的设备运行数据进行规范化处理^[2]。包括数据清洗，提取有用信息，分析数据和训练数据。

数据清洗是解决在数据记录过程中，可能产生的异常值、噪声，以及各种系统错误产生的数据。这些数据不但无法提供有用的信息，反而会干扰结果的准确性。所以，数据清洗对于数据质量控制非常重要。

运行设备产生的数据量大并且复杂，在清理完毕的数据中挖掘出有用信息，可以使用一些统计分析方法。包括但不限于：描述性分析法、相关度分析法和偏差分析法。

训练数据的过程，是在已有的数据基础上，通过学习找出数据之间的规律和相互关系，提高预测或是分类的准确性。

3.2 机器学习算法的选择与应用

在探寻运行状态评估模型的过程中，选择和应用合适的机器学习算法是关键所在。机器学习算法的选择，应着眼于如何从大量设备运行数据中提取到对设备运行状态有针对性的特征。需要在算法的准确性、复杂性、适用性等方面进行综合考量。

在变电设备运行状态评估问题中，监督学习是一种非常适用的学习范式。通过对已知状态的设备运行数据进行学习，可以有效地提取到状态特征，建立设备状态与运行数据之间的映射关系。

具体到算法的选择，支持向量机（SVM）、线性回归、决策树、随机森林以及深度神经网络等算法均有广泛应用。这些算法各具特点，需要依据实际问题选用。例如，对于线性可分的数据，支持向量机能够提供很好的分类效果，而对于非线性问题，深度神经网络则具有更强大的数据表示能力。

至于机器学习算法的应用，首要的任务是建立训练和测试数据集。根据预先获取的设备运行数据，应该进行适当的预处理，如数据清洗、数据规范化、特征提取等，确保能够真实有效地反映设备的运行状态。在此基础上，训练集主要用于学习设备运行状态与数据特征的映射规则，而测试集则用于评估模型的效果。

在确保数据质量后，应当选择合适的模型进行训练。训练过程需要调整模型的参数，以便获得最优的模型效果。一般情况下，会采用交叉验证法来避免过拟合和欠拟合的问题。这种方法通过在训练集上进行多轮训练，每轮选取一部分数据作为验证集，其余部分作为训练集，从而确保模型的稳健性。

模型训练完毕后,还需要通过测试集检验模型的实际效果。评估指标主要包括准确率、精确率、召回率和F1分数等,通过这些指标可以全面评价模型的效能。

当模型能够满足实际应用需求后,可以利用该模型进行设备运行状态的实时评估。其中的探索和挑战在于如何结合设备的具体运行环境,提高评估模型的实际工作效能,以达到更好的电力系统运行状态评估和故障预警效果^[9]。

3.3 运行状态评估模型的构建与测试

建立运行状态评估模型是本次研究的重要部分。模型的构建过程中,需要用数据清理、处理、挖掘及统计分析等技术,特别是在模型训练时,适当选择合理的训练方法和算法。

模型的测试是验证模型性能的关键环节,常用的测试方式有:混淆矩阵、ROC曲线以及精度、召回率、F1得分等评价指标。不仅要注意模型的准确性,还要注意模型的实时性、稳定性和通用性。如果模型的实时性差,就不能及时反馈运行设备的状态,如果模型的稳定性差,就会大大增加误报和漏报的概率。

在模型建立与测试阶段,还需要充分利用已有的设备运行数据和故障数据,以此为基础,通过机器学习技术构建模型,从而达到提前预测设备故障,优化设备运行效率,降低设备运行成本的目的。

在实践中需要注意,模型应该具备良好的通用性和扩展性,以适应不同种类设备和不同场景的需求,这样,运行状态评估模型才能在实际操作中发挥更大的作用。

4 电力系统稳定运行保障

电力系统为社会经济活动提供不间断的电源,其稳定运行对国民经济和社会发展具有重要意义。在线监测装置和基于机器学习的运行状态评估模型为电力系统稳定运行的保障提供了有效手段。

4.1 在实际电网中的运行状态评估应用

对实际电网运行状态评估具有重要实用价值。电力系统中的设备种类繁多,运行状态复杂多变,仅凭人工进行监测和维护工作难度大,且无法进行全面、详细的设备状态评估。在线监测装置所收集到的大规模数据,需要通过有效的处理方法和机器学习算法进行多维度、深度地解析和建模,从而实现运行状态的有效评估。这种评估方法可以应用于实际的电力系统,定期或者根据需要对设备的运行状态进行评估,以确保系统的稳定和设备的正常运行。

4.2 故障预测与故障源定位

故障预测的意义在于尽可能在出现故障前发现异常或设备的预兆性变化。在机器学习的帮助下,可以基于历史数据和算法模型预测设备的运行趋势,准确指出可能出现故障的设备及其可能的故障类型,提前进行维护或者更换设备,

极大降低了因为设备故障带来的损失。基于在线监测装置和机器学习模型的合理运用,还可以根据故障发生后的数据变化,通过运行状态评估模型反向追溯,准确定位出故障源头,为后期故障处理提供依据,提高电力系统运行的可靠性和稳定性。

4.3 对电力系统运营管理的决策支持与优化建议

电力系统的稳定运行作为一个综合性问题,不仅需要技术层面上的监测和评估,还需要在运营管理层面有合理、有效的策略支撑。在线监测装置的数据采集及设备状态评估模型分析结果可以为电网运营决策提供科学依据。这些数据和分析结果可以帮助做出是否需要维护设备、设备的优先级排序、最佳的维护时间等关键决策,从而优化电力系统运营过程,实现资源的合理配置和运营成本的降低,进一步提升电力系统的运行效率和经济效益。设备状态评估模型还可以为电网运营策略制定以及未来规划提供科学依据和方向。

在电力系统稳定运行保障方面,注重运维管理和体系建设,提高设备维护和故障处理的科学性和规范性,是目前电力系统运行稳定的重要趋势。在线监测装置的大规模部署,将使电力系统的运行与管理进入数字化、网络化、智能化新时代,而基于机器学习的设备运行状态评估模型将大大提高电力系统运行的安全性、稳定性和经济效益。

5 结语

本研究构建了一套基于在线监测装置的变电设备运行状态评估方法。我们通过实时收集设备运行数据和环境参数,利用机器学习算法构建运行状态评估模型,实现了对设备异常状态的自动识别和故障预测。本研究的实证结果表明,该方法在实际电网中具有很高的准确率,可以为电力系统运营管理人员提供全面且实时的设备运行状态,从而实现对设备故障的预防和电力系统稳定运行的保障。虽然本研究取得了一定的成果,但是该评估模型的适用范围和效果仍受限于数据的全面性和准确性,且对不同型号和使用环境的设备,可能需要对模型进行适应性调整。为了进一步提高预测准确性和泛化能力,未来的研究可以在更大范围和更长周期内收集设备运行数据,以丰富训练数据集。同时,进一步优化和改进算法,以提高模型的预测精度和实时性。此外,我们还可以探索将该方法与其他设备管理方法结合,形成一套更加完善的设备运行状态评估体系,以更好地服务于电力系统运维工作。

参考文献

- [1] 曹广银,陆新永,韩海兵.六氟化硫设备运行状态的在线监测[J].科学大众:科技创新,2020(1).
- [2] 宁日红.变电站运行状态监测及其风险评估[J].科技风险,2021(19).
- [3] 马金付.基于小波分析的输变电设备运行状态在线监测方法[J].通信电源技术,2022,39(17).