

基于统计数据的开关设备故障诊断模式分析

张晓娟

国网河南省电力公司超高压公司

DOI: 10.12238/ems.v6i11.10033

[摘要] 电力系统的安全稳定运行是现代社会发展的重要保障,而开关设备作为其核心组成部分,其可靠性至关重要。然而,随着电网规模扩大和设备老化,传统故障诊断方法难以应对日益复杂的挑战。本文探讨了基于统计数据的开关设备故障诊断新模式,包括多维数据采集体系构建、大数据分析的故障特征提取、机器学习算法在故障识别与预测中的应用,以及数据驱动的预测性维护决策。通过人机协同和多系统集成,该模式有望显著提升故障诊断的效率和准确性,为智能电网的安全稳定运行提供有力支撑。

[关键词] 开关设备; 故障诊断; 统计数据; 大数据分析; 机器学习

Analysis of Fault Diagnosis Mode for Switchgear Based on Statistical Data

Zhang Xiaojuan

State Grid Henan Electric Power Company Ultra High Voltage Company

[Abstract] The safe and stable operation of the power system is an important guarantee for the development of modern society, and the reliability of switchgear, as its core component, is crucial. However, with the expansion of the power grid and aging equipment, traditional fault diagnosis methods are unable to cope with the increasingly complex challenges. This article explores a new model for fault diagnosis of switchgear based on statistical data, including the construction of a multidimensional data acquisition system, fault feature extraction through big data analysis, the application of machine learning algorithms in fault identification and prediction, and data-driven predictive maintenance decision-making. Through human-machine collaboration and multi system integration, this mode is expected to significantly improve the efficiency and accuracy of fault diagnosis, providing strong support for the safe and stable operation of smart grids.

[Keywords] switchgear; Fault diagnosis; Statistical data; Big data analysis; machine learning

引言:

随着经济社会的快速发展,电力需求持续增长,电网规模不断扩大。与此同时,大量开关设备已运行多年,老化问题日益突出。这些因素导致开关设备故障诊断面临前所未有的复杂性。传统诊断方法难以全面掌握设备的实时运行状态,影响了电力系统的供电可靠性。本文聚焦于基于统计数据的开关设备故障诊断新模式,探讨如何利用大数据、人工智能等先进技术,构建智能化、精准化的诊断体系。通过创新诊断模式,充分利用先进信息技术手段,提升诊断效率和精度,以应对日益复杂的故障诊断需求。

一、开关设备故障诊断的现状与挑战

1. 电网规模扩大与设备老化导致故障诊断复杂性提升

近年来,随着经济社会的快速发展,电力需求持续增长,电网规模不断扩大。与此同时,大量开关设备已经运行多年,老化问题日益突出。电网规模的扩大和设备老化问题的加剧,导致开关设备故障诊断面临着前所未有的复杂性。传统的诊断方法主要依赖于定期巡检和专家经验,难以全面掌握设备的实时运行状态。一旦发生故障,诊断人员需要花费大量时间分析海量历史数据,定位故障原因,这极大地延长了故障处理时间,影响了电力系统的供电可靠性^[1]。因此,亟需创

新的故障诊断模式,充分利用先进的信息技术手段,提升诊断的效率和精度。

2. 智能电网对实时监测与预测能力提出的更高要求

智能电网是未来电力系统发展的必然趋势,其对实时监测和预测能力提出了更高要求。在智能电网环境下,大量传感器和智能终端被部署于开关设备的各个关键部位,实时采集设备的运行参数和状态信息。这为故障诊断提供了丰富的数据支撑,但同时也对数据处理和分析能力提出了更高的要求。传统的诊断方法难以适应海量实时数据的处理需求,需要引入先进的大数据分析技术和机器学习算法,实现对设备健康状态的实时评估和预测^[2]。只有不断提升实时监测与预测能力,才能真正实现智能电网的自愈性和自适应性,确保电力系统的安全稳定运行。

3. 海量运行数据与有限诊断资源之间矛盾的协调与解决

开关设备故障诊断所面临的另一个突出矛盾是海量运行数据与有限诊断资源之间的不平衡。在智能电网环境下,各类传感器和监测设备持续不断地产生海量数据,数据规模呈爆炸式增长。然而,专业的诊断人员和专家资源相对有限,难以对海量数据进行全面分析和挖掘。这导致许多有价值的

故障先兆信息被埋没在数据的海洋中,影响了故障诊断的及时性和准确性。为了化解这一矛盾,迫切需要引入自动化的数据分析和知识挖掘技术,通过机器学习算法自动提取关键的故障特征,建立智能诊断模型。同时,还需要优化诊断资源的配置,建立协同诊断机制,最大限度地发挥人机协同的优势,提升故障诊断的效率。

二、基于统计数据的开关设备故障诊断模式

1. 多维数据采集体系构建及海量信息预处理技术应用

构建完善的多维数据采集体系是开展基于统计数据故障诊断的基础。首先,需要在开关设备的各个关键部位,如开关本体、操作机构、传动机构等,部署多种类型的传感器,采集电流、电压、温度、振动、气体等多维度的运行参数。同时,还需要收集设备的历史运维记录、环境因素、故障案例等方面的数据,形成全面的数据采集网络。面对海量的多源异构数据,必须应用先进的预处理技术进行清洗和转换。通过数据去噪、异常检测等方法,剔除冗余和无效的数据,提高数据质量。并且,需要进行数据格式统一、时间戳对齐等处理,消除不同来源数据之间的差异。此外,还要对数据进行特征选择和降维处理,减少数据的维度,提取关键的信息特征。建立标准化的数据采集和预处理流程,为后续的数据分析和故障诊断奠定坚实的数据基础。只有数据质量得到保证,后续的分析诊断才能得出可靠的结果。

2. 大数据分析的故障特征提取与诊断模型构建策略研究

高质量的运行数据为故障诊断提供了丰富的信息源泉,但如何从海量数据中挖掘有效的故障特征是一个关键问题。传统的特征提取方法主要依赖专家经验和人工分析,难以适应大数据环境下的需求。因此,亟需研究基于大数据分析的故障特征提取技术。一方面,可以利用时间序列分析、频谱分析等方法,挖掘数据中蕴含的故障模式和演化规律。通过对多参数时间序列的趋势分析、波动分析,识别出异常波动和突变点,作为潜在的故障先兆。另一方面,可以运用关联规则挖掘、序列模式挖掘等技术,发掘不同运行参数之间的内在联系,揭示故障发生的复杂机理。在提取到关键故障特征的基础上,进一步开展诊断模型的构建研究。考虑到开关设备故障的多样性和复杂性,单一的诊断模型难以满足实际需求^[3]。因此,需要采用多模型融合策略,综合利用基于规则、案例、统计等不同类型的诊断模型,提高故障诊断的全面性和准确性。同时,引入增量学习机制,使诊断模型能够不断自我更新和完善,适应新的故障类型和环境变化。

3. 机器学习在故障识别与预测中的深度融合与算法优化

机器学习是实现智能故障诊断的核心技术之一,将机器学习算法与领域知识深度融合,可以显著提升故障识别和预测的性能。首先,需要充分利用领域专家的经验 and 知识,指导特征工程和算法选择。通过专家知识驱动的特征构造,可以优化特征子集,突出故障的关键影响因素。其次,针对开关设备故障诊断的特点,需要对机器学习算法进行针对性的改进和优化。例如,针对故障样本稀疏的问题,可以采用少样本学习、迁移学习等技术,利用相似设备或历史故障数据,扩充训练样本。针对故障类别不平衡的问题,可以运用过采样、欠采样、异常点检测等方法,平衡不同故障类型的样本分布。同时,还需要开展算法的并行化和分布式优化,提高训练效率和诊断速度。通过机器学习的深度融合和优化,可

以构建高精度、实时性的智能故障诊断系统。该系统能够自动识别潜在的故障模式,及时预警设备的健康状态,为运维人员提供决策支持,最大限度地减少故障对电网的影响^[4]。

4. 数据驱动的预测性维护决策及其在实际运维中的实施

基于统计数据的智能故障诊断,不仅可以实现故障的早期发现和定位,还可以支撑预测性维护决策的制定。通过数据驱动的方法,对设备的健康状态进行实时评估和预测,及时发现潜在的故障隐患,在故障发生前启动维护活动,避免设备的非计划停运。数据驱动的预测性维护决策需要综合考虑多方面因素,如故障风险评估、维护成本估算、资源优化配置等,平衡可靠性和经济性的目标。一方面,需要建立健全的故障风险评估模型,量化设备的健康状态,预测故障发生的可能性和影响程度。另一方面,需要优化维护策略和维护时间窗口,最大限度地减少对系统运行的影响,提高维护效率。在实际运维中,预测性维护决策的落地实施离不开多系统的协同。需要打通设备监测系统、故障诊断系统、维修管理系统等多个环节的数据壁垒,实现数据的共享和业务流程的协同。同时,还需要加强维护人员的技能培训和知识普及,提高预测性维护的执行力和规范性。通过人机协同、多系统协同等方式,将预测性维护决策与现场作业紧密结合,形成闭环管理,不断优化和完善维护策略,提升开关设备的整体健康水平。

结语:

基于统计数据的开关设备故障诊断模式为电力系统运维带来新的思路和方法。通过构建多维数据采集体系、应用大数据分析技术、深度融合机器学习算法,可实现故障的精准识别与预测。数据驱动的预测性维护决策进一步优化了运维策略,提升了设备可靠性。然而,智能诊断技术的实施仍面临诸多挑战,需要在数据质量、算法优化、系统集成等方面持续创新。未来,随着技术的不断进步和实践经验的积累,基于统计数据的故障诊断模式必将在智能电网中发挥更大作用,为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

[参考文献]

[1]谢智勇. 电力开关设备中的故障检测与智能诊断技术研究[J]. 中国设备工程, 2024 (07): 174-176.

[2]徐茂广, 李文波, 万青, 等. 基于统计数据的开关设备故障诊断模式分析[J]. 高压电器, 2022, 58 (09): 173-181.

[3]陈国炎, 李俊均, 陈颖, 等. 数据驱动的配电开关设备交互式诊断平台[J]. 电工电能新技术, 2019, 38 (03): 10-17.

[4]史亚斌, 殷晓刚, 武星, 等. 高压开关设备可靠性数据库的开发与应用[J]. 高压电器, 2014, 50 (06): 133-138.

作者简介: 张晓娟(1984年7月14日), 女, 汉, 河南夏邑, 高级工程师, 大学本科, 研究方向: 变电运维。

张路(1983年4月19日), 男, 汉, 河南商丘, 高级工程师, 大学本科, 研究方向: 变电运维。

李子昂(1998年1月7日), 男, 汉, 河南商丘, 助理工程师, 大学本科, 研究方向: 变电运维。

陈云宾(1981年6月21日), 男, 汉, 河南南阳, 高级工程师, 大学本科, 研究方向: 变电运维。

燕峰(1975年10月), 男, 汉, 河南开封, 高级工程师, 大学专科, 研究方向: 变电运维。