

智能变电站设备状态监测与故障诊断技术研究

张常芳

通联航天工业有限公司 贵州 遵义 563000

摘要: 智能变电站设备状态监测与故障诊断技术是提高电力系统可靠性和稳定性的关键。该技术利用传感器、数据处理和机器学习等手段,实时监测设备状态,准确识别故障类型与位置。通过数据挖掘、统计学分析和智能算法应用,实现了故障预警与定位,为设备维护提供了科学依据。本文探讨了该技术的体系架构、数据采集处理、故障诊断算法及应用挑战,旨在优化设备维护策略,保障电网安全运行。

关键词: 智能变电站;设备状态监测;故障诊断技术

引言: 随着智能电网的发展,智能变电站作为其核心组成部分,其设备状态的实时监测与故障诊断显得尤为重要。传统的人工巡检和定期检修模式已难以满足现代电网对高效、可靠运行的需求。因此,研究智能变电站设备状态监测与故障诊断技术,旨在通过先进技术和方法,实现设备状态的实时监测、预警和精准故障诊断,为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

1 智能变电站设备状态监测技术

1.1 状态监测的基本概念

1.1.1 定义与目的

智能变电站设备状态监测是一种利用先进传感器技术、数据处理技术和通信技术,实时获取并分析变电站设备运行状态的综合性技术。其核心目的在于通过对设备关键参数的连续监测,及时发现设备的异常状态或潜在故障,为预防性维护和设备检修提供准确的数据支持。通过状态监测,可以提高设备的可靠性、降低维护成本,并确保电力系统的安全稳定运行。

1.1.2 技术体系架构概述

智能变电站设备状态监测技术体系主要包括数据采集层、数据处理层、应用分析层和信息管理层。数据采集层负责利用传感器等设备实时获取设备状态信息;数据处理层则对采集到的数据进行预处理、特征提取和故障识别等操作;应用分析层基于数据处理结果,进行设备的状态评估、故障预测和健康管理等;信息管理层则负责数据的存储、管理和共享,以及监测系统的整体运维。

1.2 数据采集与处理

(1) 数据采集技术。数据采集是状态监测的基础。在智能变电站中,传感器的选择与安装至关重要。传感器应能够准确、可靠地测量设备的关键参数,如温度、湿度、振动、电流、电压等。采集方式可以分为模拟采集、数字采集和无线采集。模拟采集通过模拟信号传输

数据,适用于对精度要求较高且传输距离较短的场景;数字采集则将模拟信号转换为数字信号进行传输,提高了数据的抗干扰能力和传输效率;无线采集则利用无线通信技术实现数据的远程传输,适用于布线困难或需要实时监测的场景^[1]。(2) 数据处理流程。数据处理流程包括预处理、特征提取与分析。预处理主要是对原始数据进行清洗、去噪和标准化处理,以提高数据的质量和可用性。特征提取则是从预处理后的数据中提取出对设备状态评估有用的特征信息,如频率、幅值、相位等。分析则是对提取的特征信息进行统计分析、趋势分析和故障诊断等操作,以揭示设备的运行状态和潜在的故障信息。

1.3 状态监测系统的设计与实现

(1) 系统架构与功能模块。状态监测系统通常采用分层分布式架构,包括站控层、间隔层和过程层。站控层负责系统的整体管理和监控;间隔层位于站控层和过程层之间,负责数据的汇总、处理和转发;过程层则直接与设备相连,负责数据的采集和传输。功能模块主要包括数据采集模块、数据处理模块、状态评估模块、故障预警模块和信息管理模块等。(2) 数据传输与存储技术。数据传输技术是实现状态监测系统远程监控和数据分析的关键。常用的数据传输方式包括有线传输和无线传输。有线传输具有传输速度快、稳定性好的优点,但布线复杂且成本较高;无线传输则具有灵活性高、易于部署的优点,但可能受到通信距离和干扰等因素的限制。存储技术则主要负责将采集到的数据进行存储和管理,以便后续的数据分析和应用^[2]。(3) 实时监测与报警机制。实时监测是状态监测系统的核心功能之一。通过实时监测,可以及时发现设备的异常状态或潜在故障。报警机制则是对实时监测结果进行响应和处理的重要措施。当监测到设备状态异常或达到预设的报警阈值

时,系统应及时发出报警信号,并通过短信、邮件或声光报警等方式通知相关人员进行处理。同时,系统还应具备故障记录和查询功能,以便对故障进行追溯和分析。

2 智能变电站设备故障诊断技术

2.1 故障诊断的基本概念

2.1.1 定义与目标

智能变电站设备故障诊断技术是指利用先进的数据分析、模式识别和机器学习等手段,对变电站设备的运行状态进行实时或离线分析,以准确识别设备的故障类型、位置和严重程度,从而为设备的维护、检修和更换提供决策依据。其目标在于提高故障诊断的准确性和效率,减少因设备故障导致的停电时间和经济损失,保障电力系统的安全稳定运行。

2.1.2 诊断模型建立技术的重要性

诊断模型的建立是智能变电站设备故障诊断技术的核心。一个准确的诊断模型能够基于设备的历史运行数据和故障案例,学习并提取出故障特征,从而实现对新故障的快速准确识别。诊断模型的建立涉及到数据预处理、特征选择、模型训练和验证等多个环节,每一个环节都对最终的诊断结果产生重要影响。因此,选择适合的数据处理技术和机器学习算法,以及合理的模型结构和参数设置,是建立准确诊断模型的关键。

2.2 故障诊断算法与技术

(1) 数据挖掘算法。数据挖掘算法在智能变电站设备故障诊断中发挥着重要作用。决策树算法通过构建树状结构,根据设备的运行参数和故障特征进行分类和预测;关联规则算法用于发现设备故障与运行参数之间的关联性,有助于揭示故障的发生机理;聚类分析算法则将具有相似故障特征的设备归为同一类,有助于实现故障的快速定位。(2) 统计学与机器学习技术。统计学与机器学习技术在智能变电站设备故障诊断中的应用日益广泛。支持向量机(SVM)通过构建最优分类超平面,实现对设备故障的有效分类;人工神经网络(ANN)通过模拟人脑神经元的结构和功能,实现对复杂故障特征的提取和识别;随机森林算法则通过构建多个决策树并综合其输出结果,提高故障诊断的准确性和稳定性。

(3) 故障特征提取与选择方法。故障特征提取与选择是智能变电站设备故障诊断的关键步骤。通过提取设备的运行参数、振动信号、温度分布等关键信息,结合专家经验和数据分析方法,可以构建出具有辨识度的故障特征集。特征选择方法则用于从大量的候选特征中筛选出对故障诊断最有价值的特征子集,以提高诊断效率和准确性^[3]。

2.3 故障诊断系统的设计与实现

(1) 故障诊断流程与模块划分。智能变电站设备故障诊断系统的设计应遵循模块化、可扩展性和易用性的原则。故障诊断流程通常包括数据预处理、特征提取、模型训练和诊断决策等步骤。系统模块划分则根据具体需求,可以包括数据采集模块、数据处理模块、诊断模型模块、用户交互模块等。(2) 故障预测技术的应用与实现。故障预测技术是基于历史数据和诊断模型,对设备未来可能出现的故障进行预测和预警。在智能变电站设备故障诊断系统中,故障预测技术的应用有助于提高维护的预见性和针对性,减少突发故障的发生。故障预测方法包括时间序列分析、灰色预测模型、深度学习等^[4]。(3) 诊断结果的评估与优化。诊断结果的评估与优化是智能变电站设备故障诊断系统持续改进的关键。通过与实际故障情况进行对比分析,可以评估诊断模型的准确性和可靠性。针对诊断结果中的误报、漏报等问题,可以通过调整模型参数、优化特征集、引入新的算法等手段进行优化。同时,建立诊断结果的反馈机制,及时收集用户反馈和专家建议,也是优化诊断系统的重要途径。

3 智能变电站设备状态监测与故障诊断案例分析

3.1 案例分析一:变压器状态监测与故障诊断

3.1.1 变压器故障类型与监测指标

在智能变电站中,变压器是核心设备之一,其稳定运行对电力系统至关重要。常见的变压器故障类型包括绕组故障、铁芯故障、油质劣化及绝缘故障等。针对这些故障,监测指标主要包括绕组直流电阻、介质损耗因数、油中溶解气体含量(如氢气、乙炔、总烃等)以及局部放电情况。

3.1.2 监测系统与故障诊断方法的实际应用

某智能变电站采用先进的在线监测系统,实时监测变压器的运行状态。该系统通过采集绕组直流电阻、介质损耗因数等数据,结合油色谱在线监测装置分析油中溶解气体含量,以及利用高频、超声波局部放电检测技术监测内部放电情况。一旦发现数据异常,系统会立即发出告警,并启动故障诊断程序。故障诊断方法主要采用机器学习算法,如卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN)及其变体LSTM,对采集到的数据进行深度学习和分析。通过构建深度学习模型,系统能够自动识别变压器的故障模式,提高诊断的准确性和效率。

3.1.3 诊断结果与分析

在一次实际应用中,系统监测到变压器油中溶解气体含量异常,特别是乙炔含量超标。结合局部放电检测

结果,系统诊断为变压器内部存在放电故障。运维人员根据诊断结果,及时对变压器进行解体检查,发现绕组存在损伤。经过修复后,变压器恢复正常运行。此次事件充分证明了在线监测系统和故障诊断方法的有效性和重要性。

3.2 案例分析二:断路器状态监测与故障诊断

3.2.1 断路器故障类型与监测方法

断路器作为智能变电站的关键设备,其故障类型主要包括机械故障、电气故障和绝缘故障。监测方法主要包括对断路器动作次数、分合闸时间、操作电压等参数的实时监测,以及利用振动传感器监测断路器机械部分的运行状态。

3.2.2 监测数据与故障诊断结果

某智能变电站的断路器在线监测系统实时监测到某台断路器的分合闸时间延长,且振动信号异常。系统立即启动故障诊断程序,结合机器学习算法对监测数据进行分析。诊断结果为断路器机械部分存在卡涩故障。

3.2.3 维护与修复策略的制定与实施

根据诊断结果,运维人员制定了详细的维护与修复策略。首先对断路器进行解体检查,确认机械部分的故障情况。随后对故障部件进行更换或修复,并对断路器进行重新调试和测试。经过修复后,断路器恢复正常运行,确保了电力系统的稳定运行。此次事件再次证明了在线监测系统在断路器状态监测与故障诊断中的重要作用。

4 智能变电站设备状态监测与故障诊断技术的挑战与对策

4.1 技术挑战分析

(1) 数据采集与处理的复杂性。智能变电站设备种类多、分布广,数据采集点众多,数据类型多样,导致数据采集与处理过程复杂。传感器性能、通信协议差异、数据传输延迟等问题都可能影响数据的准确性和实时性。此外,海量数据的存储、管理和高效处理也是一大挑战。(2) 故障诊断模型的准确性与鲁棒性。故障诊断模型是智能变电站状态监测系统的核心,其准确性与鲁棒性直接关系到故障诊断的可靠性。然而,由于设备故障类型多样、故障特征复杂,以及运行环境的不确定性,构建高准确、强鲁棒的故障诊断模型是一大难题。模型训练需要大量标注数据,但实际中标注数据往往稀缺且不均衡。(3) 系统集成与信息共享的难题。智能变

电站涉及多个系统、多个设备的信息集成与共享,但各系统之间的数据格式、通信协议等可能存在差异,导致系统集成困难。此外,信息共享的安全性和隐私保护也是重要考虑因素。

4.2 应对策略与建议

(1) 引入成熟的监测技术与方法。针对数据采集与处理的复杂性,可以引入成熟的监测技术与方法,如采用高精度传感器和先进的数据预处理算法,提高数据采集的准确性和可靠性。同时,采用标准化的数据格式和通信协议,降低数据转换和处理的难度。(2) 加强传统二次技术与智能技术的融合。为提升故障诊断模型的准确性和鲁棒性,可以加强传统二次技术与智能技术的融合。例如,利用专家系统的经验知识和规则推理能力,结合机器学习算法的数据处理和分析能力,共同构建故障诊断模型。这不仅可以提高模型的准确性和鲁棒性,还可以降低模型更新和优化的成本。(3) 开发综合分析系统与提升智能水平。为解决系统集成与信息共享的难题,可以开发综合分析系统,实现不同系统之间的数据集成和信息共享。同时,提升系统的智能水平,采用先进的算法和技术,实现设备状态的实时监测、预警和故障诊断。这将有助于运维人员全面了解设备状态,及时采取维护措施,保障智能变电站的安全稳定运行。

结束语

综上所述,智能变电站设备状态监测与故障诊断技术的研究对于提升电网的安全性和可靠性具有重要意义。通过不断的技术创新和优化,我们可以实现设备状态的实时监测、精准故障预警与诊断,为电力系统的稳定运行提供有力支持。未来,我们期待更多先进的技术和方法能够应用于智能变电站中,共同推动智能电网的持续发展和进步。

参考文献

- [1]王洪彬.基于人工神经网络的智能变电站保护系统故障诊断[J].电工电能新技术,2023,(09):97-98.
- [2]李迪.大型变电站在线监测与故障诊断技术研究[J].电子元器件与信息技术,2023,(07):109-110.
- [3]赵俊石.基于人工智能的变电站设备状态监测与故障诊断技术研究[J].中国高科技,2024,(02):16-17.
- [4]朱泉缙.基于机器学习的高压电力变电站设备故障预测与诊断方法研究[J].仪器仪表用户,2024,(10):124-125.