

电力系统变电运维中的智能监测与故障诊断研究

胡荣华

国网浙江省电力有限公司杭州供电公司 浙江 杭州 310016

摘要：本研究聚焦于电力系统变电运维中的智能监测与故障诊断技术。通过集成高精度传感器、大数据处理、机器学习与智能算法，实现对变电站设备的实时监测、状态评估与故障预警。该技术显著提高了故障诊断的准确性和效率，降低运维成本，增强电力系统的稳定性和可靠性。本研究不仅为电力行业智能化转型提供有力支持，也为后续智能监测与故障诊断技术的发展指明方向。

关键词：电力系统；变电运维；智能监测；故障诊断

引言：随着电力需求的日益增长和电网规模的不断扩大，电力系统变电运维面临着前所未有的挑战。为确保电力系统的安全稳定运行，智能监测与故障诊断技术应运而生。该技术通过集成先进传感器、大数据分析和智能算法，实现对变电站设备的实时监测、状态评估与故障预警，对于提高运维效率、降低故障风险具有重要意义。

1 电力系统变电运维的概述

1.1 变电站基本概念

变电站是电力系统中至关重要的组成部分，扮演着电能转换、传输和分配的核心角色。简单来说，变电站是电力网络的“节点”，负责将高电压输电线路输送的高压电能转换为适用于家庭、企业和其他用户的低电压电能。这一转换过程通过变电站内的各种设备协同完成，确保电能的安全、高效和稳定供应。变电站通常包含多种设备，其中变压器是核心设备之一。变压器能够将高压电能转换为低压电能，以满足不同用户的需求，变电站还配备了断路器和隔离开关等控制设备，用于控制高压和中压电路的连接与断开，保护电缆和设备免受过载、短路和接地故障等异常情况的影响。绝缘子、开关接头、电缆头以及电表和计量设备等也是变电站不可或缺的组成部分，它们共同构成了一个复杂而系统的电力传输网络。根据变电站的规模和功能，可以将其分为不同的类型，如一类变电站（交流特高压站）、二类变电站（750/500/330kV变电站）、三类变电站（220kV变电站）和四类变电站（110kV/35kV变电站）等。不同类型的变电站在电力系统中承担着不同的任务，共同维持着电力系统的稳定运行。

1.2 变电运维流程

变电运维是电力系统运行维护的重要环节，其流程复杂且严谨，直接关系到电力系统的安全稳定运行。运

维人员在日常工作中，需要严格按照安全作业流程进行操作，确保设备的安全性和可靠性。变电运维流程通常包括几个步骤：（1）工作票准备与审批：运维人员在作业前，必须依据工作任务和要求填写工作票，明确作业内容、停电范围、安全措施等关键信息，并经过相关负责人的审批^[1]。（2）现场勘察与安全准备：作业前，运维人员要对作业现场进行详细的勘察，了解设备的运行状态、周边环境及可能存在的危险因素，为制定安全措施提供依据，准备齐全合格的安全工器具，并进行检查确认。（3）停电操作与验电：在监护人的监护下，操作人员按照操作票的顺序进行倒闸操作，将设备停电。停电后，使用验电器对设备进行验电，确认设备已停电，并在明显位置悬挂警示标识。（4）作业实施与监护：在确认安全措施到位后，运维人员开始进行作业。作业过程中，必须有专人监护，确保作业人员按照操作规程进行操作，避免不安全行为的发生。（5）送电操作与总结：作业完成后，按照规定的顺序拆除安全措施，并进行送电操作。送电操作完成后，办理工作票终结手续，对本次作业进行总结和记录。

2 电力系统变电运维中智能监测与故障诊断的特点

2.1 提高故障诊断的准确性

在电力系统变电运维中，智能监测与故障诊断技术以其高精度和实时性为显著特点，极大地提升了故障诊断的准确性。这一技术通过集成先进的传感器、数据采集系统、以及智能分析算法，能够实时监测变电站内设备的运行状态，捕捉到微小的异常信号或参数变化。相较于传统的人工巡检和定期维护，智能监测能够更早地发现潜在故障，并通过复杂的数据分析和模式识别技术，准确判断故障类型、位置及原因。这种高度的准确性不仅减少了误报和漏报的情况，还使得运维人员能够迅速响应并采取有效措施，避免故障扩大，保障电力系

统的稳定运行。

2.2 降低变电运维成本

智能监测与故障诊断技术的应用,还显著降低了电力系统变电运维的成本,通过实时监测和预测性维护,运维人员可以更加精准地安排维护计划和资源,避免不必要的巡检和维修工作,从而减少人力、物力和财力的浪费。智能监测技术能够及时发现并处理潜在故障,有效防止故障恶化导致的设备损坏和停电事故,降低因设备故障而带来的直接经济损失。智能监测与故障诊断系统还具备自我学习和优化的能力,能够随着运行数据的积累不断优化算法和模型,提高诊断的准确性和效率,进一步降低运维成本。

3 电力系统变电运维中智能监测与故障诊断的技术

3.1 传感器技术

传感器技术是智能监测与故障诊断技术的基础,它负责实时感知和采集变电站内设备的运行状态和参数。传感器能够将设备的物理量(如电流、电压、温度、振动等)转换为可测量、可传输的电信号或数字信号,为后续的数据处理和分析提供基础数据。在电力系统变电运维中,常用的传感器包括电流传感器、电压传感器、温度传感器、振动传感器等。这些传感器具有高精度、高灵敏度、低功耗和抗干扰能力强等特点,能够准确反映设备的实际运行状态^[2]。通过合理布置传感器网络,可以实现对变电站内关键设备的全方位、多角度监测,确保数据的全面性和准确性。传感器技术的进步也为智能监测与故障诊断技术的发展提供了有力支持,随着无线传感器网络的普及和应用,传感器之间的通信和数据传输变得更加便捷和高效。

3.2 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是实现智能监测与故障诊断的关键环节。它负责将传感器采集到的原始数据进行清洗、预处理、特征提取和存储等操作,为后续的智能诊断和分析提供高质量的数据支持。数据采集技术主要包括数据传输和数据存储两个方面,数据传输可以通过有线或无线通信方式实现,将传感器采集到的数据传输到监测中心或云平台进行进一步处理。目前,常用的数据传输技术包括以太网、串口通信、蓝牙、Wi-Fi、ZigBee和LoRa等。这些技术可以根据实际情况选择,以满足不同电力系统的监测需求。数据处理技术则包括数据清洗、数据预处理和数据分析等环节。数据清洗可以剔除异常数据和噪声数据,提高数据的准确性和可靠性;数据预处理可以对数据进行滤波、降采样和归一化等操作,以便于后续的数据分析;数据分析则通过统计学方

法、机器学习算法和深度学习模型等手段,对处理后的数据进行深入挖掘和分析,提取出设备的性能特征和故障模式。

3.3 智能诊断技术

智能诊断技术是智能监测与故障诊断技术的核心。它基于采集到的数据和分析结果,通过构建故障模型和诊断算法,实现对设备故障的自动识别和定位。智能诊断技术不仅提高了故障诊断的准确性和效率,还降低了对人工经验的依赖程度。智能诊断技术主要包括模型驱动方法和数据驱动方法两种,模型驱动方法基于电力系统的物理模型和数学模型,通过模拟和分析系统运行状态来进行故障诊断。这种方法具有较高的准确性和可靠性,但其建模和求解过程较为复杂,需要大量的计算资源。数据驱动方法则基于大数据分析和机器学习技术,通过学习历史数据中的规律性和关联性来实现故障诊断。这种方法不需要建立精确的模型,能够适应多变的系统状态和故障类型。目前,常用的智能诊断算法包括模式识别算法、神经网络算法、支持向量机算法和深度学习模型等。这些算法可以根据不同的故障类型和电力系统的特点进行选择和优化。例如,神经网络算法通过构建多层网络结构,实现对电力设备故障的自动学习和识别;支持向量机算法则通过构建超平面将不同故障状态的数据点进行分类;深度学习模型则能够自动学习数据的内在规律和特征,提高故障检测和诊断的准确性和鲁棒性。

3.4 远程监控技术

远程监控技术是智能监测与故障诊断技术的延伸和扩展。它利用物联网、云计算和通信技术等手段,实现对变电站内设备的远程监测、控制和管理。远程监控技术不仅提高运维效率和管理水平,还降低运维成本和人员安全风险。远程监控技术通过智能配电监控模块、电参数采集模块、电流/电压传感器等硬件模块实现对变电站内设备的实时监测和数据采集。这些数据通过通信网络传输到云平台或监控中心进行集中处理和分析^[3]。运维人员可以通过手机、电脑等终端设备随时随地查看变电站的运行状态和设备信息,实现对变电站的远程监控和管理。在远程监控系统中,还集成了报警机制和联动控制功能。当设备出现故障或异常情况时,系统会自动触发报警机制,通过声光报警器、短信、邮件等方式通知运维人员,系统还可以根据预设的规则和策略自动执行联动控制操作,如切断故障电源、启动备用设备等,以减少故障对系统的影响。

4 电力系统变电运维中的智能监测与故障诊断策略

4.1 实施先进的故障预测与响应机制

故障预测与响应机制是智能监测与故障诊断策略的核心组成部分。该机制旨在通过实时监测设备状态数据,结合历史故障记录和专家系统知识,对潜在故障进行早期识别和预测,并制定相应的预防措施和应急预案。首先,建立全面的设备状态监测体系是关键,通过安装高精度传感器和监测设备,实时采集设备的运行参数和环境数据,如电流、电压、温度、振动等,形成完整的设备状态数据库。这些数据为故障预测提供了丰富的信息基础。其次,运用先进的算法和模型进行故障预测,基于机器学习、深度学习等人工智能技术,对设备状态数据进行深度挖掘和分析,识别出设备性能退化的趋势和模式。通过与历史故障记录的对比和验证,建立可靠的故障预测模型,实现对潜在故障的精准预测。最后,建立快速响应的故障处理机制,一旦预测到潜在故障,立即启动应急预案,组织专业团队进行故障排查和修复,通过自动化和智能化的手段,如远程控制和自动切换等,快速隔离故障设备,减少故障对系统的影响范围和影响时间。

4.2 大数据诊断在电力系统变电运维智能监测与维护中的应用

大数据技术的快速发展为电力系统变电运维的智能监测与维护提供了新的思路和方法。通过收集、存储、处理和分析海量数据,大数据技术能够揭示设备运行的内在规律和故障特征,为故障诊断提供更加全面和深入的信息支持。大数据技术的应用使得数据收集更加全面和高效,通过物联网、云计算等技术手段,实现对变电站内各类设备的实时监测和数据采集,形成大规模的数据集。这些数据涵盖了设备的运行状态、环境参数、历史故障记录等多个维度,为后续的数据分析提供了丰富的素材。大数据处理技术能够提升数据分析和故障诊断的准确性和效率,利用分布式计算、数据挖掘等大数据技术,对海量数据进行快速处理和分析,提取出设备性能退化的关键指标和故障特征。通过与预设的故障模式进行匹配和比对,实现对设备故障的精准诊断和定位。大数据技术的应用还能够优化运维决策和资源配置。通过对设备状态数据的深度挖掘和分析,发现设备运行的瓶颈和潜在风险点,为运维决策提供更加科学的依据,根据设备故障的预测结果和优先级排序,合理配置运维

资源,提高运维效率和效果。

4.3 智能巡检技术

智能巡检技术是电力系统变电运维中不可或缺的一环。通过引入无人机、机器人等智能巡检设备和技术手段,实现对变电站内设备的自动化、智能化巡检和监测^[4]。智能巡检设备具备高精度、高效率的巡检能力,无人机和机器人等智能巡检设备能够携带高精度传感器和监测设备,对变电站内设备进行全方位的巡检和监测。它们能够自主规划巡检路线、识别设备位置、采集运行数据等,大大提高了巡检的效率和准确性。智能巡检技术能够实现实时数据传输和远程监控,智能巡检设备在巡检过程中能够实时将采集到的数据传输到监控中心或云平台进行进一步处理和分析。运维人员可以通过手机、电脑等终端设备远程查看巡检数据和设备状态信息,实现对变电站的远程监控和管理。智能巡检技术还能够提供智能化的故障诊断和预警功能,通过对巡检数据的深度挖掘和分析,智能巡检设备能够自动识别设备故障和异常情况,并发出预警信号。运维人员可以根据预警信息及时采取相应措施进行故障排查和修复,避免故障扩大和停电事故的发生,智能巡检技术还能够为运维人员提供科学的运维决策支持,帮助他们制定更加合理的运维计划和策略。

结束语

电力系统变电运维中的智能监测与故障诊断研究,是提升电力系统稳定性和运维效率的关键。随着技术的不断进步和应用的深化,智能监测与故障诊断技术将在电力系统中发挥更加重要的作用。未来,将继续探索和优化相关技术,推动电力行业向更加智能化、高效化的方向发展,为社会的繁荣和进步贡献力量。

参考文献

- [1]王明.电力系统智能监测技术综述[J].电力系统保护与控制,2020,48(11):95-102.
- [2]李红.张伟.基于深度学习的电力系统故障诊断方法研究[J].电力系统保护与控制,2019,47(8):127-132.
- [3]王红.刘建华.智能监测与数据分析在电力系统中的应用研究[J].电力科技与环保,2020,36(2):28-35.
- [4]张涛.李娜.电力系统故障诊断方法研究进展[J].电力工程技术,2018,37(5):1-10.