

变电站远程监控与智能运维技术的应用探讨

史兆元 张爽 韩婷

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着电力行业的快速发展, 变电站的运维需求也日益增长。传统的人工巡检方式不仅效率低, 且易导致潜在的安全隐患。远程监控与智能运维技术的引入, 使得变电站能够实现自动化、智能化的运行管理, 极大地提高了安全性和稳定性。文章通过对变电站远程监控与智能运维技术的研究, 探讨了其应用现状、发展趋势及面临的挑战。结合具体案例, 分析了技术的实际效果和应用前景, 为电力行业提供了可行性建议。

[关键词]变电站; 远程监控; 智能运维; 自动化; 技术应用

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15555

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Discussion on the Application of Remote Monitoring and Intelligent Operation and Maintenance Technology in Substations

SHI Zhaoyuan, ZHANG Shuang, HAN Ting

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the rapid development of the power industry, the demand for operation and maintenance of substations is also increasing day by day. The traditional manual inspection method is not only inefficient, but also prone to potential safety hazards. The introduction of remote monitoring and intelligent operation and maintenance technology enables substations to achieve automated and intelligent operation and management, greatly improving safety and stability. The article explores the application status, development trends, and challenges faced by remote monitoring and intelligent operation and maintenance technology in substations through research. Based on specific cases, the practical effects and application prospects of the technology were analyzed, providing feasible suggestions for the power industry.

Keywords: substations; remote monitoring; intelligent operation and maintenance; automation; technical application

引言

随着电力系统的规模日益扩大, 变电站作为重要的电力设施, 其安全稳定运行对电力供应至关重要。传统的运维模式主要依赖人工巡检和定期检查, 容易受到人为因素的影响, 且效率低、隐患多。近年来, 远程监控与智能运维技术的应用逐渐成为提升变电站管理效率和保障设备安全的有效手段。该技术通过数据采集、实时监控、故障预警等功能, 能够实现对变电站设备的全面监控与自动化管理。本文将深入探讨这一技术的应用现状与未来发展。

1 变电站远程监控技术的原理与应用

1.1 远程监控技术概述

远程监控技术是指通过信息化手段, 将远离现场的管理人员与变电站设备实时连接, 利用通信网络实现对设备状态、环境参数及运行数据的远程监控和管理。其基本原理基于数据采集、信息传输和实时反馈。变电站中的各类设备通过传感器和采集终端实时获取电流、电压、温度、湿度等关键信息, 数据通过通信网络传输至监控中心, 监控中心则根据数据变化进行实时分析与处理。远程监控技术能够有效弥补人工巡检的不及时、不全面等缺点, 提高了监控的准确性和效率。

远程监控系统的架构通常包括数据采集层、通信层、

监控层和控制层四个组成部分。数据采集层负责从设备中收集各类运行参数和状态信息, 通过现场仪表、传感器等终端设备进行采集; 通信层则通过无线、光纤、网络等多种通信方式将采集到的数据传输至监控中心; 监控层负责对数据进行实时监控和分析, 展示设备运行情况, 并根据设定规则发出报警信号; 控制层则在出现异常时, 根据监控结果进行远程控制, 启动备用设备或进行必要的处理。通过这种层级架构, 远程监控系统能够实现对变电站的全方位、实时监控和管理^[1]。

1.2 变电站远程监控的主要功能

实时数据采集与监测: 变电站远程监控系统的最基本功能是实时数据采集。通过各种传感器和数据采集装置, 系统能够持续不断地获取变电站内部设备的运行状态数据, 如开关设备的工作状态、电流、电压、频率等。这些数据为监控人员提供了全面的设备运行信息, 有助于及时发现设备异常, 预防故障的发生。环境数据的采集也同样重要, 包括温湿度、气压等环境因素的变化, 这些因素也会影响变电站设备的稳定性与运行效率。

故障报警与预警机制: 故障报警与预警机制是远程监控系统的核心功能之一。通过实时监测设备数据, 系统能够判断设备是否运行在正常范围内, 一旦出现异常, 例如设备过

载、温度异常、频率波动等，系统会自动生成报警信息并推送给值班人员或管理人员。同时，系统还可根据设备运行数据的历史趋势，结合大数据分析，提前预测设备可能出现的故障或风险。例如，通过监测电流波动的趋势，可以判断出电气设备可能发生短路或故障，进而提前进行维护或更换。

远程操作与控制:远程操作与控制是变电站远程监控技术的重要应用之一。传统的变电站管理需要人工现场操作，不仅效率低下，还可能错失及时处理问题的机会。而远程操作与控制系统则允许运维人员在监控中心或任何远程地点，通过计算机或移动设备对设备进行控制。一旦发生故障，值班人员可以远程切换设备、调整开关、启用备用设备，避免了现场维护的延迟，确保了变电站的稳定运行。远程操作与控制还可以与自动化系统结合，实施自动化调度和应急响应，提升系统的应变能力和可靠性。

2 智能运维技术在变电站中的应用

2.1 智能运维系统的组成与功能

智能运维系统利用传感器、智能分析算法以及机器学习等技术，能够对变电站设备的运行状态进行实时监测，并进行故障诊断与分析。当设备出现异常时，系统能够通过收集和分析设备的运行数据，快速识别故障原因，并生成故障报告。例如，智能运维系统可以监测变压器的温度、油位、电流等关键参数，一旦发现这些参数超过预设的安全范围，系统将立刻启动故障诊断模块，结合历史数据和实时数据进行综合分析，自动推测故障原因，并为运维人员提供具体的维修方案。这种技术能显著提高故障诊断的准确性，减少人为判断错误^[2]。

预测性维护是智能运维技术的另一个重要功能，通过对设备运行数据进行长期跟踪和趋势分析，系统可以预测设备的健康状况，提前识别潜在的故障风险，从而避免设备的突发故障和非计划性停机。智能运维系统能够基于设备的历史数据、环境条件以及工作负荷等因素，预测设备的寿命周期，计算设备故障的可能性，进而优化维护计划和资源配置。例如，通过对变电站变压器油温的持续监测和数据分析，可以预测变压器的老化趋势，并提前安排维护工作，从而避免突发故障带来的停机和损失。

智能决策支持系统利用大数据分析、人工智能和云计算等技术，为运维人员提供科学、智能的决策支持。这些系统能够对变电站设备的运行数据进行深度分析，并结合历史事件和外部环境因素，生成运维决策。例如，在遇到复杂的设备故障时，智能决策支持系统能够通过自动化的决策算法，帮助运维人员快速选择最合适的修复方案，提高决策效率，并减少人为干预的误差。系统还可以根据实时数据调整运维策略，优化设备调度、人员配置和维修计划，以达到最佳的运维效果。

2.2 智能运维在变电站中的实践

在实际应用中，智能运维技术已经在许多变电站取得

了显著成果。例如，某大型变电站采用智能运维系统后，系统通过实时监控设备状态并结合历史数据预测设备的故障风险，成功避免了几次潜在的设备故障。通过智能运维系统，变电站可以在故障发生前采取措施进行预防性维护，显著降低了运维成本和设备故障率。

智能化运维在变电站的应用效果显著，提高了设备的可靠性和运维效率，尤其在故障诊断与预测性维护方面，智能技术大大缩短了故障恢复时间，减少了停机时间。然而，智能化运维的推广应用也面临一些挑战。首先，系统的数据采集和处理能力需要不断提升，确保实时数据的准确性与全面性。其次，智能运维系统的实施需要较高的技术投入和设备改造，这对一些中小型变电站来说可能构成经济压力。

3 变电站远程监控与智能运维技术的结合

3.1 远程监控与智能运维的协同作用

变电站的远程监控技术和智能运维技术的结合，能够实现实时监控数据与智能分析的深度融合。远程监控系统提供了对设备的实时状态监测，包括电流、电压、温度等重要参数，智能运维系统则通过对这些实时数据的深入分析，帮助运维人员理解设备的运行状态并识别潜在问题。例如，远程监控系统在采集到变压器温度超标的警报时，智能运维系统通过分析设备的历史数据、环境因素和工作负荷，可以推测出故障发生的可能性，并预测故障的发生时间和影响范围^[3]。

远程监控与智能运维技术的结合，还能够实现设备调度与故障处理的自动化。当系统检测到设备故障或异常时，远程监控技术可以立即向运维中心发送警报信息，智能运维系统则根据故障类型和设备状态，自动判断是否需要进行故障隔离或切换至备用设备。通过自动化设备调度，系统可以迅速响应设备故障，减少人工干预的时延。此外，智能运维系统还能够根据故障的预测性维护模型，自动生成维修指令，并安排相关工作人员进行处理，极大提高了故障处理的效率和准确性。

3.2 技术集成的优势与难点

将远程监控与智能运维技术相结合，能够显著提升变电站的运维效率。远程监控系统通过实时数据采集与监控，确保设备状态的实时掌握，而智能运维系统则通过大数据分析、人工智能算法，精准预测设备的潜在故障和运维需求。通过这种技术集成，运维人员不再需要频繁的现场巡检，可以根据系统的智能提示和预测性维护报告进行有针对性的工作，极大减少了人工巡检的工作量和时间成本。自动化调度和故障处理的功能可以减少人为操作错误，提高设备运维的准确性和响应速度，进一步降低了人工成本。

尽管远程监控与智能运维技术的结合带来了许多优势，但在技术集成过程中仍存在一些瓶颈。不同厂商的设备和系统之间的兼容性问题和技术集成中的一大难点。变电站设备种类繁多，生产厂商不同，设备之间的通讯协议

和数据格式差异较大,导致集成时存在信息孤岛现象。智能运维技术的实施需要大量高质量的数据支持,而数据采集的准确性与完整性直接影响分析结果的可靠性。变电站中的环境复杂性和设备多样性增加了数据采集的难度。必须加大对数据采集系统的投入,确保数据采集设备的稳定性和准确性,并通过数据清洗与校验手段,提升数据的质量。系统的安全性也是集成过程中不可忽视的问题。远程监控和智能运维系统的集成使得设备和系统更加依赖于网络和数据通信,容易受到网络攻击和信息泄露的威胁。

4 变电站远程监控与智能运维技术的未来发展趋势

4.1 技术发展趋势

随着人工智能(AI)和大数据技术的快速发展,变电站远程监控与智能运维系统将更加智能化。人工智能可以通过机器学习和深度学习算法,对变电站设备的运行数据进行自动分析、异常检测和故障预测。这种智能分析不仅能够提高故障检测的准确性,还能够基于历史数据进行趋势预测,提前识别潜在风险并提供预警。此外,结合大数据分析技术,系统可以处理和分析大量的实时数据和历史数据,挖掘出更多的隐性规律,为运维决策提供科学依据,从而实现设备的精确维护和优化运维。

5G技术和物联网(IoT)技术的结合,将为变电站远程监控和智能运维带来新的突破。5G技术的高速率、低延迟和大连接特性,使得变电站内的设备和传感器能够更加高效地进行数据传输,为实时监控和故障预警提供可靠的通信保障。物联网技术则通过大规模部署传感器和智能设备,使得变电站中的每一台设备都能够实现智能连接和数据采集,进一步提高设备的自动化和智能化水平。例如,通过5G和IoT技术,变电站的设备可以实现更精细的监测,全面掌握设备状态和环境变化,及时作出反应,减少人为干预,提高整个运维系统的可靠性和效率。

4.2 面临的挑战与解决路径

随着远程监控和智能运维技术的普及,变电站的网络安全问题变得尤为重要。远程操作和数据传输的过程中,可能会面临黑客攻击、数据泄露、恶意软件等安全威胁,这不仅可能导致设备损坏,甚至会危及变电站的正常运行和电力供应。为了应对这一挑战,变电站需要加大对网络安全的投入,建立多层次的安全防护体系。首先,应采用

数据加密技术确保传输过程中的数据安全,其次,需要部署强大的防火墙和入侵检测系统,实时监控网络安全状况,防止未经授权的访问和数据篡改。强化人员安全意识培训,定期进行网络安全审计,也将有助于提高系统的整体安全性^[4]。

变电站的远程监控与智能运维系统涉及不同设备、平台和技术的集成,如何保证系统的兼容性和标准化是目前技术发展的一个关键问题。由于变电站设备种类繁多,来自不同厂商的设备往往采用不同的通信协议和技术标准,导致数据难以在各类系统间互通。为了解决这一问题,可以推进行业标准化工作,制定统一的通信协议和接口规范,确保不同设备和系统之间的兼容性。采用开放平台和模块化设计,能够方便不同技术和设备的集成,降低系统升级和维护的复杂性。政府和行业协会也应加大对变电站远程监控和智能运维技术的标准化推动力度,促进技术的普及与发展。

5 结束语

变电站远程监控与智能运维技术的应用,标志着电力系统向自动化、智能化的转型。通过实时数据监控、故障诊断、智能调度等功能,显著提升了变电站的运行安全性与维护效率。然而,技术的推广和实施仍面临一定的挑战,如数据安全、系统兼容性问题。未来,随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展,变电站的智能化管理将得到更广泛的应用,为电力系统的稳定运行提供更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1]刘娟.基于人工智能的变电站运维管理平台研究[J].电气技术与经济,2025(1):251-253.
 - [2]温嘉焯,徐国栋,齐保振,等.基于WAPI网络的变电站智能运维场景实现与应用[J].电力信息与通信技术,2024,22(12):83-89.
 - [3]彭永磊,陈岩,张发祥.基于信息融合技术的变电站智能运维及安防系统[J].制造业自动化,2023,45(9):84-88.
 - [4]董军,张照允,张同胜,等.全智能模块化预制舱在煤矿变电站的应用[J].中国设备工程,2022(2):230-231.
- 作者简介:史兆元(1995.1—),男,河南省郑州市人,汉族,硕士研究生,中级电力工程师,就职于国网郑州市供电公司,从事变电运维技术工作。