

电力运维中设备在线监测技术的应用与发展

单宝峰 刘辉 张胜涛 王传程

国网山东省电力公司超高压公司

DOI:10.12238/hwr.v9i3.6162

[摘要] 设备在线监测技术在电力运维中发挥着重要作用,可提高设备运行的安全性与可靠性,降低故障率和运维成本。本文概述了电力运维中设备在线监测技术的主要内容,重点分析了其在变电站、输电线路、配电设备、电缆及开关设备中的应用,并探讨了智能巡检系统的实践。最后,展望了物联网、大数据、人工智能、5G、云平台等技术的发展趋势,以及监测技术标准化的必要性,以期推动电力运维的智能化进程。

[关键词] 电力运维; 设备在线监测; 物联网

中图分类号: TM247 文献标识码: A

Application and Development of Online Monitoring Technology in Power Operation and Maintenance

Baofeng Shan Hui Liu Shengtao Zhang Chuancheng Wang

State Grid Shandong Electric Extrahigh Voltage Company

[Abstract] Online monitoring technology plays a crucial role in power operation and maintenance by enhancing the safety and reliability of equipment operation, reducing failure rates, and lowering maintenance costs. This paper provides an overview of the key aspects of online monitoring technology in power operation and maintenance, with a focus on its applications in substations, transmission lines, distribution equipment, cables, and switchgear. Additionally, it explores the implementation of intelligent inspection systems. Finally, the paper discusses the development trends of emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), 5G, and cloud platforms, as well as the necessity of standardizing monitoring technology, aiming to promote the intelligent transformation of power operation and maintenance.

[Key words] Power Operation and Maintenance; Online Monitoring of Equipment; Internet of Things (IoT)

引言

电力系统是国家基础设施的关键部分,其稳定运行对社会经济至关重要。随着系统规模和复杂性的增加,传统维护方法已不适应现代需求。设备在线监测技术,结合传感器、大数据和人工智能等,实现了对电力设备的实时监控和故障预警,提升了电网的安全性、可靠性和智能化。随着物联网、5G和云计算技术的发展,设备在线监测技术得到了广泛应用,覆盖变电站、输电线路和配电系统等多个方面。

1 电力运维中设备在线监测技术概述

设备在线监测技术作为电力运维的关键手段,目的是实时掌握电力设备的运行状态,及时找出潜在故障,提升设备运行的安全性与可靠性,该技术主要是针对变压器、断路器、电缆、输电线路等关键电力设备实施应用,依靠传感器、语音识别分析、人工智能等途径,对电流、电压、温度、振动、局部放电等参量

实施实时管控。在线监测技术可分为传感器监测、红外成像、超声波检测等别样类别,结合物联网与云计算达成远程数据分析及智能诊断,若与传统人工巡检方式对比,在线监测技术可提供精确、高效的设备状态评估,缩减停电检修时长,带动电力运维的智能化水平上扬,伴随5G、边缘计算和数字孪生等新兴技术的应用,设备在线监测技术正朝着高精度、智能化、自动检测化方向迈进,为现代电网的安全稳定运转提供技术支撑。

2 电力运维中设备在线监测技术的应用

2.1 变电站设备在线监测

变电站作为电力系统的核心枢纽,其运行状态直接对电网的安全稳定起到影响作用,旧有的变电站运维依赖人工巡检,存在监测周期长、故障发现滞后、维护成本高,在线监测技术的运用大幅提升了变电站的智能化水准,达成了关键设备的实时监测与精确预警。变压器在线监测属于核心应用范畴之一,主要把

绕组温度、油温、局部放电、铁芯接地电流等参数作为监测对象,结合大数据剖析及人工智能,实现健康状态查验与寿命估算,借助传感器,对断路器进行在线监测可采集操作次数、分合闸时间、接触电阻等关键数据,预先察觉机械磨损或者触头异常,防止误动或拒动事故发生。对避雷器、互感器等设备开展在线监测,同样可有效提升设备的安全性,依托5G和物联网技术,变电站在线监测能够实现远程数据传送与智能诊断,减少运维工作的工作总量,提升故障响应的速度。

2.2 输电线路在线监测

输电线路承担起电能传输的关键任务,它的运行环境繁杂,易被雷击、风偏、覆冰、异物侵扰等外部因素干扰,故障出现频率达到较高水准,传统的巡检手段不易及时发现潜藏的隐患,而在线监测技术的合理应用极大提高了输电线路的监测能力,输电线路在线监测系统主要是由导线温度监测、风偏监测、舞动监测、覆冰监测、雷击监测等所组成。温度监控借助红外传感器或者光纤传感器,即时获取导线温度的变化状况,预知过载或接触不良引起的高温隐患,风偏振动监测采用高精度摄像头亦或振动传感器,解析线路摆动幅度,防止线路因反复振动引发机械疲劳损伤,覆冰监测系统采用激光雷达、微波测距等技术,检测出覆冰厚度,预先采取融冰手段,预防线路出现断裂折断,雷击监测借由电磁感应装置捕捉雷击信号,评估避雷器防护成效,近年来无人机及机器人所进行的巡检结合在线监测系统,达成了输电线路的智能化运维,进一步提升了电网的安全水平和可靠水平。

2.3 配电设备在线监测

配电系统把变电站和终端用户接通,其设备运行的状况直接关乎供电质量以及用户用电安全,配电设备在线监测技术的运用,让运维模式从被动检修过渡到主动预防,增强了设备的可靠性与运维效率,实施配电变压器在线监测是重点环节之一,监测内容涉及绕组温度、负载电流、油位、局部放电等方面,经由智能传感器实时采集数据,联合云计算开展分析,达成远程故障预警。环网柜和开关设备的在线监测重点聚焦接触电阻、操作次数、动作时间等相关参数,预防因触头老化以及机械故障造成的错误操作,电能质量监测系统凭借检测电压波动、谐波含量、功率因数等指标,优化电能统筹,减少电网损耗,增强供电稳定性,近年来物联网和边缘计算的融合,实现配电设备监测数据可实时处理,降低数据传输延迟,加快响应速率,同时采用5G技术,能够实现大量配电设备的远程集中管理,进一步提升配电网的智能水平层级。

2.4 电缆与开关设备在线监测

电缆以及开关设备属于电力系统的关键组成部分,其运行状态直接牵涉到供电的稳定性与安全性,传统的电缆故障检测主要凭借定期巡检与绝缘试验,难以预先觉察潜在的不足,而在线监测技术能够实现电缆状态的实时感知,增强运行可靠性,电缆在线监测系统主要针对局部放电监测、绝缘监测、温度监测等开展监测,借助超声波、UHF传感器等来检测电缆内部的

放电状况,防止因绝缘老化失效而产生的短路故障现象。依靠光纤测温技术可监测电缆沿线温度变化,迅速察觉异常热点,防范过热引起的损毁,开关设备在线监测重点聚焦于分合闸时间、接触电阻、机械磨损等参数,结合振动分析同红外热成像技术,可合理甄别开关触头的健康态势,杜绝故障引起大面积停电,近年来数字孪生技术的运用,让电缆和开关设备的监测数据呈现可视化,和AI分析相融合可实现精准预测性维护,增强电网安全水平。

3 电力运维中设备在线监测技术的发展趋势

3.1 物联网与智能传感器的融合应用

物联网技术跟智能传感器整合,正推动电力运维步入高度自动化和智能化时代,智能传感器具备高精度、高灵敏度与低功耗等特质,可用于实时采集设备运行的相关数据,就如温度、电流、电压、振动、局部放电这般,并凭借无线通信模块传递到监控系统。物联网技术的融入,让海量传感器设备可借助NB-IoT、LoRa、5G等无线通信技术达成远程连接,形成全面覆盖的电力监测网络,同传统的监测统筹对照,物联网赋能的智能传感系统可更快速地开展数据的收集、分析与共享,改进故障检测的及时程度和精准水平,此外分布式物联网架构可降低数据传输方面的延迟,促使电力设备状态监测更实时,伴随传感技术的进步,新型智能传感器正逐步整合边缘计算能力,可以在本地开展初步的数据分析与异常检测,减少数据中心计算相关的压力,提升监测效率。

3.2 大数据与人工智能技术的深度集成

于电力运维工作进行阶段,设备在线监测系统会产生大批数据,含有电流、电压、温度、振动、局部放电等一类监测数值,这些数据不仅显现出高维度格局,还具有非线性与时序性,常规的数据处理模式难以从庞杂的监测数据堆中提取有价值的信息,而大数据技术跟人工智能的深度耦合,为智能运维提供了突破性的处理办法。大数据平台可高效地存储与管理海量的监测数据,并借助数据挖掘与机器学习算法去进行趋势分析、异常检测和故障预测,人工智能尤其是采用的深度学习和强化学习算法,能够用于识别设备的运行模式,自动判别潜在故障类型,并给出精确的运维建议。例如基于AI赋能的预测性维护系统可在故障发生前分析出潜在的状况,预先安排维修,减少突发故障影响电网的范围。

3.3 5G与边缘计算在在线监测方面的运用

5G技术凭借高速率、低延迟以及大连接特性,为电力运维中的设备在线监测开启了新的发展窗口,传统电力监测系统基本上依靠有线通信或低速无线网络,数据传输速率被约束,实时性能欠佳,而5G技术可实现毫秒级低延迟的通信局面,实现监测数据实时传输及处理。尤其是在远程变电站、输电线路等分布式电网场景之中,5G可实现平稳、低功耗的无线数据传输,增强监测系统的可靠性,边缘计算与其他元素的结合进一步提升了在线监测的实时分析能力,相较于传统的云计算模式,边缘计算能在接近设备端的网关或服务器上实施数据处理,显著降低数据

传输的带宽要求,与此同时提高响应速度。例如输电线路的智能监测设备可依靠5G连接到边缘计算节点,即时分析导线温度、舞动幅度、覆冰状况等,且在察觉异常时快速作出预警决断,而不必把所有数据传至云端开展计算。

3.4 云平台与数字孪生技术的发展

云计算技术的迅猛发展让电力运维中的在线监测系统得以达成数据的集中存储、智能分析和远程访问,以云平台为基础的监测系统可整合来自不同设备、不同区域的运行数据,依靠大数据分析和人工智能算法拿出全局性的运维优化方案,此外数字孪生技术的采用进一步扩大了监测系统的智能化规模。数字孪生是一种依靠实时数据及仿真技术,在虚拟空间里搭建电力设备的数字模型,并和物理设备维持同步更新的技术,以数字孪生为支撑,可实现针对电力设备的虚拟监测、故障预测及智能运维,例如在推进跟变电站管理有关的工作阶段,运维人员可凭借数字孪生平台远程查询设备状态,模拟不同运行状况对设备产生的影响,并拟定最佳的检修方案,此外数字孪生依旧能与AI算法相互结合,依靠历史数据就设备劣化趋势分析,提前预估潜在故障。

4 结语

设备在线监测技术的应用为电力运维提供了更加智能、高效的解决方案,有助于提升电力设备运行的安全性和经济性。随着物联网、人工智能、大数据等技术的深度融合,在线监测技术将进一步优化,推动电力运维从被动维护向主动预防转变。同时,

标准化和规范化发展将促进技术的广泛推广和应用。

[参考文献]

- [1]杨石林.智能在线监测技术在电力设备检修中的应用[J].电子技术,2024,53(12):168-169.
- [2]吕润.基于无线通信的电力设备在线监测数据智能采集方法[J].长江信息通信,2024,37(12):152-154.
- [3]吴易,陆喆涛.变电站运维中高压电力设备在线监测技术[J].电力设备管理,2024,(15):18-20.
- [4]董典帅.高压电力设备在线监测技术在变电站运维中的应用[J].科技视界,2024,14(08):25-27.
- [5]陈卯,梁祖辉.电力运维中的图像识别技术应用[J].电子技术,2023,52(04):74-75.

作者简介:

单宝峰(1992--),男,汉族,山东高密人,中级职称,硕士研究生,研究方向为电力系统故障诊断。

刘辉(1996--),男,汉族,山东诸城人,中级职称,硕士研究生,研究方向为特高压电力设备在线监测。

张胜涛(1994--),男,汉族,山东省青岛市人,硕士研究生,国网山东省电力公司超高压公司特高压交直流运检中心,中级职称,研究方向为电力电子与电力传动。

王传程(1993--),男,汉族,山东莒县人,国网山东省电力公司超高压公司,中级职称,本科电气工程及其自动化。