

变电运维技术中的智能化技术分析

易峰斌 杨连硕 邹青岭

国网随州供电公司

摘要:在现代电力系统中,变电站扮演着至关重要的角色,它不仅负责电能的升压与降压,还确保了电能的有效分配到各种用电场景。随着电网规模的不断扩大和复杂化,传统的变电运维模式已经难以满足高效率和高可靠性的需求。人工运维方式存在许多局限性,如维护成本高、劳动强度大、响应时间长以及受主观因素影响大等问题。因此,如何提升变电运维的效率和准确性,是电力行业急需解决的关键问题。智能化技术的引入为变电运维带来了革命性的变革,智能化技术能够提供实时监控、预测性维护、自动化操作等先进功能。这些技术的应用不仅提高了运维效率,减少了设备故障率,而且显著提升了整个电力系统的稳定性和安全性。本文将深入分析变电运维中智能化技术的应用现状。

关键词: 变电运维技术; 智能化技术; 分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.19.068

前言:变电站是电力系统的重要组成部分,负责电能的升压、降压和分配。传统的变电运维工作依赖人工巡查和定期检修,存在效率低下、准确性受限及响应时间长等问题。随着智能化技术的引入和发展,现代变电运维正在经历一场技术革命。智能化技术能够提供实时数据监测、故障预警、自动化决策支持等功能,使得运维管理更加高效、准确和及时。引言部分将介绍变电运维的基本概念、重要性以及引入智能化技术的背景和动机。

一、变电运维的重要意义

变电运维对于整个电力系统的稳定性和可靠性具有至关重要的意义。首先,它确保了变电站这一电力系统中转站的高效运行,通过日常监控和维护活动,可以及时发现并解决设备潜在的故障和缺陷,减少停电事件的发生,保障了电网的供电可靠性。其次,良好的运维管理能够延长设备的使用寿命,避免因设备过早老化导致的额外维修或更换成本,从经济角度为企业节约资金。同时,定期的维护和检查有助于优化设备性能,提高电能传输的效率,降低能源损耗,这对于推动能源的可持续发展具有积极作用。

二、当前变电运维面临的挑战

1. 人员技能水平不足

当前变电运维面临的一个关键挑战是人员技能水平的不足。随着电力系统的快速发展,新型设备和技术的不断涌现,对运维人员的要求也越来越高。然而,现有的运维人员中,尤其是老员工可能存在知识更新不及时、新技术掌握不牢固的问题。此外,年轻运维人员虽

然理论知识较为扎实,但实践经验可能不足,导致在面对复杂故障时难以迅速作出正确判断和处理。这种技能水平不足不仅会影响日常维护的效率和质量,还可能在紧急情况下导致处理不当,增加安全风险。

2. 设备老化问题

电力系统的可靠性在很大程度上依赖于设备的状态。随着时间的推移,变电设备会逐渐老化,其性能也会逐步下降。老化的设备更容易出现故障,且维修成本较高,这给运维工作带来了巨大挑战。一方面,老化设备的维护需要更专业的技术和更频繁的检查;另一方面,设备老化可能导致意外停电等事故的风险增加。因此,如何平衡老化设备的维护与更新,延长其使用寿命同时保障系统稳定运行,是变电运维必须面对的难题^[1]。

3. 运维管理问题

高效的运维管理对于确保变电站的稳定运行至关重要。然而,目前许多变电站的运维管理仍然存在诸多问题。比如,信息化管理水平不高,缺乏有效的数据收集和分析手段;运维流程不够标准化,导致工作效率低下;预防性维护措施不到位,往往只能被动应对已经发生的故障。此外,资源分配不合理也是一个问题,有时过度集中在某些非核心任务上,而忽视了对关键设备的投入和维护。这些管理层面的问题直接影响了整个运维团队的工作效果和效率。

4. 安全隐患排查不足

变电站作为高压电气设备集中的场所,安全隐患的排查至关重要。但是,由于各种原因,如人力不足、技术手段有限或者安全管理意识不强等,安全隐患排查工作往往不能得到充分执行。这可能导致潜在的安全问题被忽视,增加了事故发生的概率。例如,绝缘子的微小裂纹、接触网的轻微腐蚀都可能成为未来重大故障的导火索。因此,加强安全隐患排查,及时发现并消除潜在风险,对于提升变电站的安全性至关重要。

三、智能化技术对变电运维的影响分析

1. 提高运维效率与减少人为错误

智能化技术对变电运维的最显著影响之一是显著提高了运维效率并减少了人为错误。传统的变电站运维工作往往依赖于人工巡检和定期维护,这些方法不仅耗时耗力,还容易受到人为因素的影响,诸如遗漏、误判等。而智能化技术的引入,通过自动化的监测系统和智能分析软件,可以实时监控变电站的设备状态,及时发现问题并自动报警,大大减少了对人工检查的依赖。此外,智能诊断工具和决策支持系统的使用,可以帮助运

维人员快速定位故障原因，并提出维修建议，避免了因个人经验和知识水平不同而导致的误判^[2]。

2. 加强设备状态监控

智能化技术极大地加强了变电运维中对设备状态的监控能力。通过部署多种智能传感器和监测装置，如温度传感器、湿度传感器、振动分析仪等，运维团队能够实时获取关键设备的运行数据，实现对设备性能的全面监控。这些设备能够连续不断地收集数据，并通过先进的通信技术将数据传送至中央处理系统。利用大数据分析、人工智能和机器学习算法，运维人员可以对这些数据进行深入分析，识别出设备运行中的微小变化和潜在问题，从而实现预测性维护，避免设备故障的发生。

3. 增强电网的稳定性与可靠性

智能化技术在变电运维中的应用显著增强了电网的稳定性与可靠性。通过对电网各个环节的实时监控和智能分析，可以快速响应系统负荷变化、外部干扰或其他突发事件，确保电网运行的连续性和稳定性。智能调度系统能够根据电网负荷和发电量的变化自动优化电力资源的分配，提高电网的自适应能力。同时，智能故障诊断和自愈技术的运用，可以在发生故障时迅速隔离问题区域，自动重配电路，最小化故障带来的影响。

四、智能化技术在变电运维中的应用

1. 信息技术的应用

信息技术在变电运维智能化中发挥着核心作用，它贯穿于智能电网的各个层面，包括间隔层、过程层和站控层，以及整个电力系统的数据采集与交互过程。通过部署高级的通信网络和信息处理系统，变电运维可以实现快速且准确的数据采集、传输和分析，这为实时监控和远程控制提供了基础。具体而言，利用现代信息技术手段，比如光纤通信、无线传感网络和互联网协议（IP）为基础的数据传输技术，变电站能够实现对设备状态的实时在线监测，以及对环境参数的连续跟踪。此外，通过集成先进的数据分析软件和人机界面（HMI），操作人员可以获得清晰直观的数据展示，及时发现并响应系统的任何异常情况。此外，信息技术还为变电站提供了与其他电网系统的接口，使得变电站可以成为智能电网中的有机整体，实现与分布式能源资源、需求响应和其他电网服务的有效协调。这种整合不仅提高了电网的运行效率，还增强了对可再生能源波动性的管理能力，有助于推动能源的低碳转型^[3]。

2. 人工智能技术的应用

首先，人工智能技术可以提高变电设备的运行效率和可靠性。通过对大量历史数据的分析，人工智能可以预测设备的潜在故障，从而实现对设备的预防性维护，降低设备故障率。同时，人工智能还可以实时监控设备的运行状态，为运维人员提供实时、准确的设备信息，帮助他们更好地管理和维护设备。其次，人工智能技术可以提高变电运维的自动化水平。传统的变电运维工作往往需要大量的人力投入，而人工智能技术可以实现对

设备的自动巡检、自动诊断和自动维护，大大减轻了运维人员的工作负担。此外，人工智能还可以通过图像识别、语音识别等技术，实现对设备的远程监控和操作，提高运维效率。

3. 智能监测技术的应用

智能监测技术在变电运维中的应用体现了现代电网向智能化、自动化和信息化转型的趋势。通过集成多种传感器、监测装置和在线诊断系统，智能监测技术能够对变电站的关键设备进行全方位的实时监控，包括变压器、断路器、绝缘子等重要元件的健康状况。这些技术不仅能捕捉设备的电流、电压、温度和振动等关键参数，还能通过先进的数据分析技术，如机器学习和模式识别，从这些参数中提取出设备性能的特征，预测潜在故障和维护需求。例如，红外热像技术可以远程监测设备热点，而局部放电监测可以发现绝缘劣化问题，这些都是预防性维护策略的重要组成部分。此外，智能监测还包括了视频监控系统，它们结合计算机视觉技术，可以自动识别设备状态异常或安全隐患，比如设备漏油、机械变形或未经授权的入侵行为。通过无线通信技术，这些监测数据可以实时传输到中心数据库或云平台，便于集中存储和分析。这样不仅大大提升了数据处理效率，还允许运维团队从远程位置实时监控变电站的状态，快速响应任何潜在的问题。更进一步地，智能监测技术的实时反馈能力还可以与自动化控制系统相结合，实现对变电站设备操作的优化调整，提高系统的可靠性和效率。

4. 智能巡视技术的应用

智能巡视技术在变电运维中的应用，通过融合机器视觉、无人机巡检以及移动机器人等先进技术手段，实现了对变电站设备状态的高效、精确监控。这些技术允许对广阔或危险的区域进行自动或遥控巡视，从而确保了人员安全并显著提高了检查频率和质量。机器视觉技术使得摄像头能够在不同光线条件下捕捉高清图像，并通过图像处理算法分析设备的外观，以识别异常情况，如热点、锈蚀或损坏的绝缘材料。与此同时，红外热像技术可以远程监测设备的温度分布，及时发现过热问题，预防潜在的故障。无人机巡检利用配备高分辨率摄像头和其他传感器的无人机，可以飞越大型变电站，获取难以从地面到达区域的详细视图。它们能够快速收集大量数据，并对设施的健康状况进行实时分析，从而缩短了检查时间并降低了劳动成本。移动机器人或自动导引车辆（AGV）则可以在预定路径上移动，执行一系列自动化任务，包括读取仪表数据、听取设备声音以及检测环境参数等。这些机器人通常搭载有各种传感器，能够在无须人工干预的情况下长时间工作^[4]。

5. 智能传感器的应用

智能传感器在变电运维中的应用是实现设备状态监测和健康管理的关键技术。这些传感器能够实时捕捉变电站内各种电气量和非电气量信息，如温度、压力、湿

度、振动和声音等，从而为设备性能评估和故障诊断提供数据支持。与传统传感器相比，智能传感器具有自诊断和通信功能，可以自行验证其正确性和进行自我校准，确保了数据采集的准确性和可靠性。部署在关键设备上的智能传感器通过无线或有线的方​​式将采集到的数据传输至中心监控系统或云平台，利用先进的数据处理和分析技术，这种实时监测和连续数据分析的结合，使得变电运维团队能够及时了解设备的运行状况，执行预测性维护，并在问题发展成故障之前采取相应措施。此外，智能传感器的集成化和网络化特点，使得它们可以轻松地与其他智能装置互连互通，形成一个全面的感知网络。这样的系统不仅可以提高单个设备的运行效率，还可以优化整个变电站的能源管理和运维流程。例如，智能变压器可以通过植入的传感器来监测其负载、油温和健康状况，从而实现动态调整冷却系统以节省能源消耗。

五、变电运维技术中智能化技术运用对策

1. 实施预防性维护策略

为提升变电站的设备运行效率及寿命，智能化技术运用对策中首推实施预防性维护策略。该策略通过实时监测设备状态和性能，采集关键运行参数，依据数据分析结果预判故障可能发生的时间和原因，从而在问题发生前主动进行维护。这要求运维团队配备智能传感器和高级诊断工具，并利用物联网、大数据和人工智能技术对收集到的数据进行处理。预防性维护减少了设备的非计划性停机，降低了维护成本，并显著提高了电网系统的整体可靠性。要实现这一目标，必须建立完整的数据采集和分析体系，不断优化预测模型，确保能够准确识别出潜在风险。

2. 加强数据安全与网络安全

随着变电运维技术日益依赖于网络和数据的交换，数据安全和网络安全成了不容忽视的重大挑战。对于数据的保护需要从多个层面进行，首先确保所有传输和存储的数据都经过强加密处理，防止敏感信息被截获或篡改。其次，采用先进的网络安全技术，如防火墙、入侵检测系统（IDS）和安全事件管理系统（SIEM），来监控网络活动，及时发现和响应潜在的安全威胁。此外，定期进行网络安全评估和演练，以检验系统的安全性能，并根据评估结果不断强化防护措施。人员的培训同样重要，需确保每位员工都了解基本的网络安全知识，避免因操作不当导致安全事故^[5]。

3. 优化运维流程管理

智能化技术的运用可以极大提高运维流程的效率。例如，通过实施移动作业管理系统，将传统的纸质作业卡转变为电子作业卡，从而提高作业的追踪能力和准确性。同时，采用条形码或二维码扫描技术，可以快速准确地跟踪设备和部件的信息，减少手动输入的错误。此外，通过集成运维管理系统（如CMMS），可以优化维修和检修的工作流程，确保所有的维护活动都能按时完成

并得到适当的记录。这些流程管理的优化不仅提高了工作效率，也为设备的历史维护提供了完整的记录，有助于未来的故障分析和设备性能评估。

4. 培养复合型人才

随着智能化技术在变电运维中的广泛应用，对运维人员提出了更高的技能要求。因此，培养既具备电力系统专业知识又熟悉智能化工具和系统的复合型人才成为一项迫切的任务。这种人才培养不仅需要提供技术培训，使员工掌握新设备和新软件的使用，还要加强对于数据分析、网络安全和项目管理等方面的教育。通过在职培训、专业证书课程或与高等教育机构的合作，可以帮助员工不断提升自己的能力，适应快速变化的技术和市场需要。

5. 构建综合决策支持平台

为了更有效地管理电网资产和运维活动，构建一个综合决策支持平台至关重要。这个平台应整合GIS系统、3D建模、实时监控和分析工具等多种功能，为运维人员提供一个统一的界面来观察和管理整个电网的状态。它可以帮助运维团队快速识别问题所在，制定有效的应对策略，并在必要时启动应急预案。此外，平台还应该提供丰富的历史数据和案例库，供运维人员查询和学习，以提升整体的运维水平和效率。通过这样的平台，可以使运维决策更加科学化、精准化和高效化^[6]。

结语

综上所述，智能化技术已经成为变电运维不可或缺的一部分，为提高电网的稳定性、安全性和经济性提供了强有力的支撑。通过对设备状态的实时监测和数据分析，智能化技术有助于及时发现和预防潜在的问题，减少停机时间，延长设备寿命。同时，自动化流程优化了运维工作流程，减少了人为错误，提升了整体工作效率。未来，随着技术进步，智能化变电运维将不断向更高级别的自动化和智能化迈进。智能化技术的深入应用将使变电运维工作更加精准、高效和智能，为电力系统的可持续发展提供坚实基础。

参考文献

- [1] 徐敏. 变电运维技术中的智能化技术. 电子技术与软件工程, 2020 (11): 238-239.
- [2] 潘恒. 变电运维技术中的智能化技术分析. 价值工程, 2021, 40 (11): 221-222.
- [3] 郭杏叶. 变电运维技术中的智能化技术分析. 电脑乐园, 2022 (9): 0128-0130.
- [4] 黄文之. 变电运维技术中的智能化技术分析. 电脑乐园, 2022 (9): 0131-0133.
- [5] 康帮国. 变电运维技术中的智能化技术分析. 中国科技投资, 2022 (1): 25-27.
- [6] 崔媛媛, 高伟, 王哲. 变电运维技术中的智能化技术分析. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022 (6): 0183-0186.