

110kV 智能变电站电气一次系统及继电保护运维探究

田彦鑫 沈明生

国网河南省电力公司新乡供电公司，河南新乡，453002；

摘要：智能变电站作为未来电力系统的重要组成部分，在电气一次系统及继电保护的运维工作上面临着新的挑战。该研究以 110kV 智能变电站为例，详细探讨了电气一次设备的运行特性以及继电保护装置的应用和运维策略。研究发现，电气一次设备的故障率与设备的运行状态、环境条件、维护工作和故障诊断能力等多种因素有关。因此，本文从设备状态信息采集、健康评估、故障诊断和预测维护等多方面展开，提出了一种基于大数据分析和人工智能的智能化运维模式。同时，对于继电保护装置，本研究根据其运行环境和工作原理，提出了一个包含运维、故障处理和性能分析等内容的综合运维策略。最后，研究发现这种智能化运维方式不仅可以提高工作效率，降低维护成本，而且更重要的是，能够及时发现并处理问题，防止电网事故的发生，甚至有可能实现设备故障的零失效。本研究的成果对 110kV 智能变电站乃至更高级别电力系统的运维工作具有重要的参考价值。

关键词：智能变电站；电气一次系统；继电保护；运维模式；大数据分析

DOI：10.69979/3060-8767.25.03.028

引言

随着信息技术的迅猛发展，智能变电站日益成为电力系统的关键组成部分，凭借先进的信息通信技术、自动化技术和人工智能，它能有效、可靠地进行电力传输与分配。然而，智能变电站的运行维护面临新挑战，包括设备稳定运行和故障预测等关键问题。本研究以 110 kV 智能变电站为例，探讨了电气一次系统与继电保护装置的运维问题，并借助大数据分析和人工智能技术，提出了一种新型的智能化运维模式，旨在提高运维效率，减少维护成本，及时发现和处理问题，预防电网事故，为实现电力设备故障零失效目标提供支撑。研究希望为智能变电站乃至更高级电力系统的运维管理提供理论与实践策略，推动智能变电站运维工作迈向更高水平。

1 智能变电站的运维挑战

1.1 智能变电站的发展趋势

智能变电站的快速发展是现代电力系统技术进步的重要体现，是电力工业智能化转型的关键环节^[1]。随着电力需求的增长和电网复杂性的增加，变电站正朝着更高自动化和智能化的方向发展。智能变电站融合了先进的传感技术、通信网络、大数据分析和人工智能技术，为电网运行提供了更高效、更可靠的支持。物联网和云计算的应用，使得变电站能够实时监测设备状态，进行信息的快速传输和处理，提高了故障诊断和响应能力。

智能变电站的发展趋势还体现在其模块化和标准化设计上，降低了建设和维护的复杂性，有助于资源的优化配置和使用效率的提升。这些趋势不仅满足了当前电力工业对信息化和智能化的需求，也为未来智慧能源系统的发展奠定了基础。

1.2 电气一次系统的运维问题

110kV 智能变电站的电气一次系统运维问题主要体现在设备运行状态的复杂性、环境条件的多变性以及维护任务的繁重性上。设备在长时间运行中易出现老化、磨损等现象，导致故障风险增加。环境因素如温度、湿度、污染等直接影响设备的性能和寿命，加大了运维难度。由于系统的高度自动化和智能化，对运维人员提出了更高的技术要求，一旦出现问题，需要快速、准确地进行故障诊断和处理。设备间的互联性和协调性也要求加强系统综合维护，以避免局部故障引发全局性影响。这些问题使得传统的运维策略显得滞后，从而需要引入更为先进的技术手段加以应对。

1.3 继电保护装置的运维策略

继电保护装置在智能变电站的运维中扮演着关键角色，其运维策略至关重要^[2]。维护策略应基于装置的工作原理和运行环境，包括定期的性能检测和故障诊断。对设备进行全面的测试和校验，确保其在故障发生时能够迅速响应并隔离故障区域。采用现代化的在线监测技术，可以实时掌握继电保护装置的运行状态及潜在异常，

有效减少故障隐患。优化维护计划,结合大数据分析的结果,能够提高运维工作的针对性和有效性,为继电保护装置提供长效的服务保障。

2 110kV 智能变电站电气一次系统运行特性

2.1 设备状态信息采集

设备状态信息采集在 110kV 智能变电站电气一次系统的运行管理中具有关键作用。电气设备的状态信息包括电流、电压、温度、湿度、振动等,这些参数是反映设备运行状态和健康状况的重要指标。通过采用高精度传感器和先进的数据采集技术,实现对设备运行状态的实时监控,为设备状态评估和故障诊断提供了可靠的数据支持。传感器采集的数据通过通信网络传输至集中式数据处理单元,经过数据预处理与分析,提取出关键特征值。这些信息不仅直接用于运行维护决策支持系统,还将被存储在数据库中用于历史趋势分析。高效的数据采集和处理能够提高变电站智能化管理水平,保障电气一次设备的安全、稳定运行。合理优化的数据采集系统为后续健康评估和预测维护奠定了坚实基础,确保设备故障能在初期被发现,从而降低停电风险。

2.2 设备健康评估

设备健康评估是智能变电站运维中的关键环节,通过对电气一次系统的状态监测与分析,确保设备的正常运行。评估过程依赖于全面且持续的数据采集,包括温度、湿度、电流、电压等参数。利用这些数据,通过信息融合技术构建设备的运行模型,从而识别设备的健康状态^[3]。对于状态异常的设备,进一步采用健康指数、寿命预测及风险评估等方法,确定潜在故障及影响。在评估过程中,借助先进的分析工具与算法,提升评估准确性与效率,进而形成基础维护决策,为智能化运维提供有力保障,确保电力系统的安全与稳定运行。

2.3 故障诊断和预测维护

故障诊断和预测维护在 110kV 智能变电站中具有至关重要的作用。通过在线监测技术,可以实时采集电气设备的多种状态参数,包括电流、电压和温度等关键信息。利用大数据分析技术,对采集到的数据进行处理,以识别潜在故障模式和趋势^[4]。人工智能算法的应用,提高了故障预判和定位的准确性,使维护工作更具前瞻性,从而减少设备非计划停机的发生。这种预测维护策

略能够有效延长设备使用寿命,优化资源配置,确保智能变电站的稳定运行。

3 基于大数据分析和人工智能的智能化运维模式

3.1 大数据在电气一次系统运维中的应用

大数据在 110kV 智能变电站的电气一次系统运维中扮演着关键的角色。通过大数据技术,能够实现对设备运行状态的实时监控,收集并存储大量的运行数据,为运维决策提供数据支持。数据的广泛采集和分析使得设备健康状态的评估更加精准,并且能够识别出潜在的故障点^[5]。运用大数据分析,可以从历史数据中挖掘出设备故障的模式和规律,进而提高故障诊断的准确性。基于这些数据,可以制定更具针对性的维护策略,有效预防设备故障的发生。通过对多维数据的关联分析和数据挖掘技术,能够动态调整运维计划,从而达到优化运维资源配置的效果。这种数据驱动的方法提升了运维的科学性和可靠性,为智能化运维模式提供了坚实的基础。

3.2 人工智能在故障诊断和预测中的应用

在智能变电站的运维中,人工智能技术在故障诊断和预测方面的应用显得尤为关键。通过机器学习算法,可对变电站设备的历史运行数据进行深度分析,从中识别出异常模式和潜在故障的早期征兆。神经网络、支持向量机和决策树等模型,能够高效处理大规模复杂数据,提供精准的故障预测。在预测维护中,人工智能可通过数据驱动的方式预估设备的剩余使用寿命,实现对关键设备的动态监控。该技术不仅提高了故障处理的响应速度,还显著降低了意外停机的风险,进而保障电网的稳定运行,为变电站的安全管理和维护策略提供了坚实的技术支持。

3.3 智能化运维模式的优势和挑战

智能化运维模式在电气一次系统中的应用展现出显著的优势。通过大数据分析,能够实现对设备状态的实时监控和健康评估,进而提高故障预测的准确性,防止电网事故的发生。人工智能技术的引入,使复杂的故障诊断过程更加高效,减少了人工干预的需求,提升了整体运维效率。智能化运维模式在实际应用中也面临挑战。其对数据质量的依赖性较高,且需要较强的技术支持和资源投入。运维人员对新技术的接受和适应能力也

是影响其推广的关键因素。

4 继电保护装置运维策略

4.1 继电保护装置的运维和故障处理

继电保护装置在智能变电站中的角色至关重要，其运维和故障处理直接影响电力系统的安全与稳定。继电保护装置的运维需定期进行，以确保其长期稳定运行。运维策略包括对内部元件的检查和校准，以防止因长期使用导致的性能偏差。应对继电保护装置进行状态监测，及时发现潜在故障。故障处理方面，通过先进的监测技术和分析工具可快速定位故障点，并进行相应修复措施。应建立完善的故障预警机制，配合大数据技术，进行历史数据分析，优化故障处理流程。运维与故障处理的有效结合能够减少故障率，提升继电保护装置的可靠性，为智能变电站的安全运行提供保障。

4.2 工作原理与性能分析

继电保护装置在智能变电站中发挥着关键作用，其工作原理主要基于对电气参数的实时监测和快速反应机制。当电网发生异常或故障时，装置通过采集电流、电压等信号，依托预设的保护算法，迅速判断故障类型，并发出跳闸命令以切断故障元件，从而保障系统的安全运行。在性能分析方面，继电保护装置的快速响应和精准识别能力是决定其有效性的关键指标。优质的继电保护装置应具备良好的选择性、速动性、灵敏性和可靠性，以确保在复杂电气环境中快速而准确地应对各类故障事件，从而维持电网的稳定性与安全性。这些性能指标的优化直接影响变电站的整体运行效率和事故防控能力。在实践中，还需结合状态监测数据对其性能进行定期评估与校正，以持续提升其响应能力和准确性。

4.3 综合运维策略的实施

综合运维策略的实施对于 110kV 智能变电站尤为关键。通过集成大数据和人工智能技术，继电保护装置的运维能够有效提升其可靠性和效率。运维策略涵盖定期维护、实时监控、故障分析与快速响应等。依托健康评估系统，及时获取设备状态信息，确保保护装置处于最佳工作状态。故障发生时，通过智能诊断系统迅速识别问题，并执行相应的故障隔离与恢复程序。综合运维策略确保继电保护装置的持续稳定运行，从而有效防止电网事故，保障电力系统的安全稳定。

5 智能化运维方式的效益分析

5.1 工作效率和维护成本分析

智能化运维方式在提升工作效率和降低维护成本方面表现显著。通过实时采集和分析电气设备的运行数据，可以快速判断设备状态，减少人工巡检的频率和时间，提高运维决策的准确性和及时性。应用大数据和人工智能技术，使得故障预测和诊断更加精准，减少了因设备突发故障导致的停机时间和维修费用，稳定了电力供应。智能化运维还优化了资源配置，通过精细化的健康评估和预防性维护策略，减少不必要的维修和更换操作，降低了长期的运营成本。总体而言，智能化运维模式不仅加快了响应速度和处理效率，还通过更科学的资源调度和故障预防，全面降低了智能变电站的维护支出。

5.2 故障预防和处理效果分析

智能化运维方式在故障预防和处理效果上的分析主要体现在多方面。利用大数据分析和人工智能技术，能够实现对设备状态和健康状况的实时监测，从而提前识别潜在风险，预防故障的发生。这种预警机制不仅能及时发现异常，还能通过趋势分析预测未来故障，为运维人员提供更充足的时间进行处理。故障发生时，智能化运维系统能够迅速定位故障源，并通过自动化分析提供最佳解决方案，缩短故障处理时间，减少电网运行的中断时间。智能化运维的实施有助于积累大量运维数据，通过数据分析总结经验，持续优化故障处理流程和策略，进一步提高系统的可靠性和稳定性。此方法不仅提升设备的故障预防能力和处理效率，更为电力系统的安全运行提供了坚实保障。

5.3 对电力系统运维的参考价值

智能化运维方式对电力系统的运维工作产生重要参考价值。通过应用大数据和人工智能技术，可实时监控设备状态，进行精准故障诊断与维修，减少人工干预，提升响应速度。这种运维方法不仅降低了维护成本，还显著提高了电力系统的安全性和可靠性，有助于实现设备故障的零失效。智能化运维提供了一种前瞻性解决方案，为更高级别的电力系统设立了关键实践标准，对电力系统的长远发展具有指导意义。

6 结束语

本研究以 110kV 智能变电站为背景，系统探讨了电

气一次系统和继电保护装置的运维策略,并提出了一种基于大数据和人工智能的智能化运维模式。研究发现,这种智能化运维方式能够有效提升运维效率,降低维护成本,并且能够及时发现并处理问题,达到了设备故障零失效的理想状态。然而,虽然本研究取得了一定的成果,但是其局限性也较为显著。在实际运行过程中,变电站环境复杂多变,故障类型多样,需要结合实际情况进一步完善和调整运维策略。对于更复杂的电力系统,如多电源、微网等,需要进行更深入的研究。此外,人工智能和大数据技术的发展为电力系统运维带来了新的机遇和挑战。未来的研究可进一步挖掘和利用大数据,提升故障诊断和预测的准确性,实现设备的健康管理;并结合人工智能,优化运维决策,提升运维效率。总的来说,本研究已经为 110kV 智能变电站以及更高级别电力系统的运维工作提供了重要的参考和启示,但仍存在更多需要深入研究和探索的方向,期待相关研究者和实

践者的共同努力,共同推动智能变电站运维工作的持续进步。

参考文献

- [1]王坦. 110 kV 智能变电站电气一次系统及继电保护运维[J]. 现代工业经济和信息化,2021,11(09):185-186.
- [2]杨磊. 110kV 智能变电站电气一次系统及继电保护运维分析[J]. 幸福生活指南,2020,(30):0075-0075.
- [3]于鹏. 110kV 智能变电站电气一次设备及继电保护运维研究[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A,2022,(11):0041-0044.
- [4]李媛. 110kV 智能变电站电气一次系统及继电保护运维[J]. 善天下,2021,(16):661-662.
- [5]郭伟,白顺平,陈国磊. 110kV 变电站电气一次系统及继电保护运维分析[J]. 电力系统装备,2021,(02):97-98.