

智能变电站设备状态检修策略研究

任全平 张 凯

内蒙古电力（集团）有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘 要】：智能变电站设备状态检修策略的优化是提升变电站运行可靠性与经济性的关键途径。文章聚焦智能变电站设备特性，分析当前状态检修中存在的不足，从数据采集、状态评估、检修决策、实施保障等方面探索完善策略，旨在减少设备非计划停运时间，降低检修成本，为智能变电站安全稳定运行提供有力支撑。研究成果可有效适配智能变电站的发展需求，推动设备检修模式向更高效、精准的方向转变。

【关键词】：智能变电站；设备状态检修；检修策略；运行可靠性；成本控制

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.026

引言

智能变电站作为电力系统的重要组成部分，其设备运行状态直接关系到整个电网的安全与效率。当前电力系统对供电可靠性的要求不断提高，传统的定期检修模式已难以满足智能变电站设备的运维需求，存在过度检修或检修不足的问题，不仅影响设备寿命，还可能增加电网运行风险。深入研究智能变电站设备状态检修策略，能够精准把握设备运行状态，及时发现潜在故障，合理安排检修资源与时间，在保障设备正常运行的实现运维成本的合理控制，对推动电力系统高质量发展具有重要意义。

1 智能变电站设备状态检修现状及存在问题

1.1 智能变电站设备状态检修发展现状

智能变电站设备集成了先进的传感技术、通信技术与信息技术，其状态检修模式已逐步从传统定期检修向基于状态检修过渡。目前，部分智能变电站已实现对变压器、断路器、隔离开关等关键设备运行数据的实时采集，通过初步的数据分析判断设备状态，为检修工作提供基础依据。但从整体来看，不同地区、不同规模的智能变电站在状态检修的推进程度上存在差异，部分变电站仍依赖经验进行检修安排，未能充分发挥智能设备的数据优势，检修工作的系统性与规范性有待进一步提升。

1.2 智能变电站设备状态检修现存主要问题

在数据采集环节，部分智能变电站存在数据来源单一、数据质量不高的问题，传感器故障或数据传输延迟会导致采集到的设备运行数据不准确，影响后续状态评估的可靠性。状态评估方面，缺乏统一、完善的评估指标体系，对设备多维度状态参数的综合分析能力不足，难以全面、准确判断设备健康状况。检修决策环节，未能充分结合设备重要程度、运行环境、故障风险等因素制定个性化检修方案，存在检修周期不合理、检修资源分配不均的情况。检修人员对智能设备特性及状态检修技术的掌握程度不足，也制约了检修工作的高效开展。

1.3 智能变电站设备状态检修问题产生的原因

从技术层面来看，智能变电站设备状态检修涉及多学科技术融合，相关技术标准与规范尚未完全完善，导致不同厂家的设备数据接口不统一，数据共享与整合难度较大。从管理层面来讲，部分电力企业对状态检修的重视程度不够，在人员培训、资金投入等方面支持不足，未能建立健全的状态检修管理机制，使得检修工作缺乏有效的监督与保障。设备运行环境复杂多变，如温度、湿度、电磁干扰等因素会影响设备状态参数，增加了状态检修工作的难度，也是导致问题产生的重要原因之一。

2 智能变电站设备状态检修关键技术分析

2.1 智能变电站设备状态数据采集技术

智能变电站设备状态数据采集技术是开展状态检修的基础，主要通过各类传感器实现对设备电气参数、机械参数、环境参数等的采集。电流传感器、电压传感器可实时获取设备运行中的电流、电压数据，判断设备是否存在过流、过压等异常情况；温度传感器能监测设备绕组、触头等关键部位的温度变化，及时发现过热故障隐患；振动传感器可捕捉设备运行时的振动信号，分析设备机械结构是否存在松动、磨损等问题。采用光纤通信技术、无线通信技术等可实现采集数据的高效、稳定传输，确保数据能够及时送达状态评估系统，为后续工作提供可靠数据支撑。

2.2 智能变电站设备状态评估技术

智能变电站设备状态评估技术需结合设备的历史运行数据、实时监测数据以及设备自身特性，构建科学的评估指标体系。评估指标应涵盖设备的电气性能、机械性能、绝缘性能等多个方面，如变压器的直流电阻、介损值，断路器的分合闸时间、弹跳次数等。通过层次分析法、模糊综合评价法等方法对各评估指标进行权重分配与综合分析，将设备状态划分为正常、注意、异常、故障等不同等级。可利用设备故障诊断模型，对采集到的异常数据进行深入分析，确定故障类型、故障位置及故障严重程度，为检修决策提供精准依据。

2.3 智能变电站设备检修决策技术

智能变电站设备检修决策技术需基于设备状态评估结果,综合考虑设备重要度、故障影响范围、检修成本等因素,制定合理的检修方案。对于状态评估为正常的设备,可适当延长检修周期,减少不必要的检修工作;对于状态评估为注意或异常的设备,需加强监测频率,及时跟踪设备状态变化趋势;对于状态评估为故障的设备,需立即制定紧急检修方案,避免故障扩大。可引入检修资源优化配置算法,根据各变电站设备检修需求,合理调配检修人员、检修工具及备品备件,提高检修资源利用率,确保检修工作能够高效、有序开展。

3 智能变电站设备状态检修策略优化路径

3.1 完善设备状态数据采集与管理体系

为优化智能变电站设备状态检修策略,需首先完善设备状态数据采集与管理体系。应根据不同设备的特性与监测需求,合理布置各类传感器,确保数据采集的全面性与准确性。建立统一的数据管理平台,实现对不同来源、不同类型数据的整合与存储,采用数据清洗、数据融合等技术手段,提高数据质量。制定严格的数据管理制度,规范数据采集、传输、存储、使用等各个环节的操作流程,确保数据的安全性、完整性,为设备状态评估与检修决策提供可靠数据保障。

3.2 构建科学的设备状态评估机制

构建科学的设备状态评估机制是优化检修策略的核心环节。需紧密结合现行电力行业设备检修标准与智能变电站长期运行积累的实践经验,进一步完善设备状态评估指标体系,针对变压器、断路器等不同类型设备,分别细化电气参数、机械性能、绝缘状态等指标的评价标准与阈值范围,避免指标笼统导致评估偏差。加强对评估方法的研究与创新,将深度学习、机器学习等人工智能技术与层次分析法、模糊综合评价法等传统评估方法相结合,通过算法对海量设备数据进行深度挖掘,提高评估结果的准确性与时效性,减少人工评估的主观误差。建立闭环的评估结果反馈机制,定期收集设备后续运行数据与检修效果,对比分析评估结论与实际情况的差异,据此动态调整评估指标权重及方法参数,确保评估机制始终适应智能变电站设备的运行特点与发展需求,为检修决策提供精准、可靠的科学依据。

3.3 制定个性化的设备检修方案

制定个性化的设备检修方案需充分考虑设备的重要程度、运行环境、故障风险等因素。对于处于关键位置、对电网运行影响较大的核心设备,如主变压器、母线、高压断路器等,需建立多维度监测体系,采用更为严格的状态评估标准,例如缩短数据采集间隔、增加特性参数检测项,同时制定较为频繁的检修计划,确保设备始终处于安全运行阈值内。对于安装在室内、运行环境稳定且故障风险较低的辅助设备,如低压配电柜、

普通测控装置等,可适当放宽检修要求,延长检修周期,避免过度运维造成资源浪费。需紧密结合设备状态评估结果与故障诊断情况,精准明确检修内容,如部件更换、参数校准、清洁维护等,合理规划检修时间以避开用电高峰,匹配具备对应资质的检修人员,并提前备好适配的备品备件,制定详细的检修作业指导书,明确操作流程、安全规范与质量验收标准,确保检修工作规范、有序开展,切实提高检修质量与效率。

4 智能变电站设备状态检修策略实施保障措施

4.1 加强检修人员队伍建设

加强检修人员队伍建设是保障智能变电站设备状态检修策略有效实施的重要基础。应制定完善的人员培训计划,定期组织检修人员参加智能变电站设备特性、状态检修技术、先进检修工具使用等方面的培训课程,提高检修人员的专业技术水平与综合素质。开展岗位技能竞赛、技术交流研讨等活动,搭建检修人员学习与交流的平台,促进检修人员之间的经验分享与技术创新。建立健全的人员考核与激励机制,将检修人员的工作绩效与培训成果、检修质量等挂钩,激发检修人员的工作积极性与主动性。

4.2 加大技术与资金投入力度

加大技术与资金投入力度为智能变电站设备状态检修策略实施提供有力支撑。在技术方面,鼓励科研机构与电力企业合作,开展智能变电站设备状态检修相关技术的研究与开发,如新型传感器技术、先进故障诊断技术、检修机器人技术等,推动检修技术的不断创新与升级。在资金方面,电力企业应合理安排资金预算,加大对设备状态监测系统建设、数据管理平台搭建、检修工具更新、人员培训等方面的资金投入,确保状态检修工作能够顺利开展。积极争取政府相关部门的政策支持与资金补贴,为智能变电站设备状态检修工作的长期发展提供保障。

4.3 建立健全检修管理与监督机制

建立健全检修管理与监督机制是确保智能变电站设备状态检修策略有效落实的关键。应制定完善的检修管理制度,明确各部门、各岗位在检修工作中的职责与权限,规范检修工作流程,从检修计划制定、检修方案审批、检修过程实施到检修质量验收等各个环节进行严格管理。建立检修监督机制,成立专门的监督小组,对检修工作的全过程进行监督检查,及时发现并解决检修工作中存在的问题,确保检修工作严格按照规章制度与检修方案进行。建立检修效果评估机制,对检修后的设备运行状态、检修成本等进行综合评估,总结检修经验,为后续检修策略的优化提供参考。

5 智能变电站设备状态检修策略应用效果提升方向

5.1 加强多站协同检修模式探索

加强多站协同检修模式探索可进一步提升智能变电站设备状态检修策略的应用效果。通过建立区域内智能变电站之间的协同检修机制,实现检修资源的共享与优化配置。当某一变电站设备出现故障需要紧急检修时,可调用周边变电站的检修人员、检修工具及备品备件,缩短检修响应时间,提高检修效率。开展多站联合状态评估与检修决策,综合分析区域内设备运行状态与电网负荷情况,制定更为合理的区域检修计划,避免因单个变电站检修影响区域电网的稳定运行,提升整个区域电力系统的运行可靠性。

5.2 推动检修策略与智能电网深度融合

推动检修策略与智能电网深度融合是提升检修策略应用效果的重要方向。智能电网具有信息化、自动化、互动化的特点,将智能变电站设备状态检修策略融入智能电网的整体运行与管理体中,可实现设备状态数据与电网运行数据的实时共享与联动分析。利用智能电网的大数据分析平台与人工智能算法,对设备状态数据进行更深入的挖掘与分析,提高设备状态评估的准确性与检修决策的科学性。借助智能电网的远程控制功能,实现部分设备的远程检修与维护,减少现场检修工作量,降低检修风险,提升检修工作的智能化水平。

5.3 强化检修策略动态调整与优化

强化检修策略动态调整与优化是确保检修策略持续适应智能变电站发展需求的关键。随着智能变电站设备技术迭代升级、运行环境中温湿度波动及电磁干扰变化,加之电网对供电可靠性与响应速度要求提升,需按季度或半年度对设备状态检修策略开展系统性评估与调整。通过汇总设备检修后的实时运行参数、故障发生频次及类型、检修人力与物资成本等信息,运用数据对比、趋势分析等方式判断检修策略的有效性与合理性,精准定位策略中数据采集不全面、评估指标滞后等问题。结合新型传感器应用、数据融合技术等新方法,对检修策略中的数据采集节点布局、状态评估指标权重、检修时间与资源分配方案等进行优化完善,使检修策略始终贴合智能变电站实际运行需求,保持科学性、先进性与适用性,切实提升设备状态检修工作质量与效率,为电力系统安全稳定运行筑牢保障。

6 结语

本文围绕智能变电站设备状态检修策略展开研究,分析了当前检修工作的现状与问题,探讨了关键技术、优化路径及实施保障措施,并指出了应用效果提升方向。研究表明,通过完善数据采集与管理、构建科学评估机制、制定个性化检修方案等手段,可有效优化智能变电站设备状态检修策略。未来,需进一步加强多站协同、与智能电网融合及动态优化,持续提升检修水平,为电力系统高质量发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 陈雨薇,赵文博.智能变电站设备状态检修关键技术及应用[J].电力系统保护与控制,2023,51(8):123-130.
- [2] 林浩宇,孙佳琪.智能变电站设备状态评估体系构建与实践[J].电力自动化设备,2024,44(3):98-105.
- [3] 周思远,吴雨桐.智能变电站设备检修决策优化方法研究[J].中国电机工程学报,2023,43(15):5210-5218.
- [4] 郑欣怡,马宇辰.智能变电站设备状态检修实施保障机制探讨[J].电力科学与技术学报,2024,39(2):78-85.
- [5] 王梓豪,张语桐.多站协同模式下智能变电站设备检修策略研究[J].电网技术,2023,47(10):3850-3857.