

智能变电站运维与电网安全稳定运行的关联性分析

陈伟

内蒙古电力(集团)有限责任公司乌海供电公司 内蒙古 乌海 016000

摘要: 本文聚焦智能变电站运维与电网安全稳定运行的关联性。阐述了智能变电站技术架构、运维核心技术及模式变革。分析其与电网安全稳定的关联机制,包括设备可靠性对电网的直接影响、运维策略对系统韧性的间接提升及风险传导路径。通过实证案例与量化分析方法说明运维影响,最后从技术、管理、安全防护层面提出提升电网安全稳定性的智能运维优化策略,为保障电网稳定运行提供参考。

关键词: 智能变电站; 运维管理; 电网安全稳定; 关联性分析

引言

智能变电站是电网的核心节点,其运维质量直接关系到电网安全稳定运行。本文解析智能变电站运维技术体系与运维-电网安全的关联机制,结合实证与量化分析明确运维影响,提出针对性优化策略,为电网安全保障提供支撑。

1 智能变电站运维技术体系与特征

1.1 智能变电站技术架构

智能变电站技术架构涵盖过程层、间隔层和站控层。过程层由智能设备组成,负责一次设备状态监测、控制指令执行等功能,如智能断路器可实时反馈状态信息。间隔层通过各类保护、测控装置,实现间隔内设备的数据采集、处理与控制,保障本间隔设备安全运行。站控层作为核心管理层,借助监控系统、调度自动化系统等,对全站设备进行集中监控、操作与数据分析,实现与上级调度的信息交互^[1]。三层架构相互协作,过程层提供基础数据,间隔层进行局部处理,站控层统筹全局,形成高效、可靠的变电站运行体系,为智能运维提供坚实技术支持,推动变电站向自动化、智能化方向发展。

1.2 智能运维核心技术

智能运维核心技术丰富多样。设备状态监测技术借助传感器实时采集设备温度、振动、绝缘等参数,通过数据分析提前预警设备故障。大数据分析技术对海量运维数据进行挖掘,发现潜在规律与问题,为运维决策提供依据。人工智能技术中的机器学习算法可对设备故障模式进行识别与分类,实现故障精准诊断。同时,物联网技术实现设备间互联互通,使运维人员能远程监控与操作设备。这些技术相互融合,打破传统运维局限,提升运维效率与准确性,降低运维成本,保障智能变电站稳定运行,推动运维模式向智能化、自动化转型。

1.3 智能运维模式变革

传统运维模式依赖人工定期巡检与经验判断,效率低且易出现漏检。智能运维模式则实现质的飞跃。借助先进传感器与在线监测装置,实现设备状态实时感知与连续监测,变被动检修为主动预防。通过大数据与人工智能技术,对设备运行数据深度分析,精准预测设备寿命与故障风险,制定科学运维计划。同时远程运维成为可能,运维人员无需亲临现场,通过远程控制系统即可完成设备调试与故障处理。另外,智能运维模式强化了多部门协同,实现信息共享与快速响应,极大提升运维效率与质量,保障电网安全稳定运行。

2 智能变电站运维与电网安全稳定的关联机制

2.1 直接关联:设备可靠性对电网的影响

智能变电站作为现代电网的核心组成部分,其设备可靠性对电网安全稳定有着最为直接且关键的影响。一次设备方面,像变压器、断路器这类关键设备,一旦出现故障,后果不堪设想。以变压器为例,其内部若发生故障,极易引发绝缘损坏。绝缘一旦受损,变压器内部的电场分布就会发生改变,进而造成电压异常。这种电压波动会直接影响到与之相连的用户供电质量,轻则导致电器设备运行不稳定,重则可能使电器设备损坏。而对于断路器,若在需要切断故障电流时无法正常动作,会使故障电流持续存在,引发更严重的设备损坏甚至火灾等事故。二次设备同样不容忽视,保护装置和测控装置等二次设备的可靠性,直接关系到电网故障能否被快速切除以及故障判断是否准确。若保护装置出现拒动情况,故障无法及时被隔离,会不断蔓延,扩大故障范围;若出现误动,则会错误地切断正常运行的设备,破坏电网的稳定运行。智能变电站通过先进的实时监测设备状态技术,能够提前发现设备潜在隐患并及时处理,极大提高设备可靠性,确保电网无论在正常还是故障情况下,都能按预定方式稳定运行,保障电力持续稳定供应。

2.2 间接关联：运维策略对系统韧性的提升

科学合理的运维策略对于提升电网系统韧性有着显著的间接作用。在设备巡检方面，合理制定巡检计划至关重要。要依据设备的重要性和实际运行状态，精准确定巡检周期与具体内容。对于关键设备，巡检周期应当适当缩短，内容要更加细致全面；对于一般设备，可适当延长周期，但也不能忽视关键指标的检查。通过这样的方式，能够及时发现设备潜在的问题，并在问题初期进行处理，避免小问题逐渐演变成大故障，从而增强电网对突发事件的抵御能力^[1]。在设备检修策略上，采用状态检修替代传统的定期检修是明智之举。状态检修根据设备的实际状态来安排检修工作，能够精准定位需要检修的部位，减少非必要的停电次数，大大提高电网的供电可靠性。建立完善的应急预案并定期进行演练也必不可少。通过演练，运维人员能够熟悉应急处理流程，提升应急处理能力。当面对自然灾害、设备故障等突发情况时，运维人员可以快速响应、有效处置，最大程度降低事故对电网的影响，使电网在遭受冲击后能够迅速恢复，进而提升整个系统的韧性。

2.3 风险传导路径分析

智能变电站运维过程中存在的风险，会通过多种复杂路径传导，进而对电网的安全稳定构成威胁。从设备故障风险来看，一次设备若出现绝缘老化、机械故障等问题，会直接致使设备停运。比如，绝缘老化可能导致设备内部短路，使设备无法正常工作，进而影响局部电网的供电。若故障范围进一步扩大，甚至可能波及整个电网，造成大面积停电。二次设备故障同样危险，像保护装置失灵这种情况，会使故障无法及时被切除，从而引发连锁反应。一个设备的故障可能引发相邻设备或相关线路的故障，导致故障范围不断扩大。在运维操作风险方面，误操作是常见的问题。运维人员在进行操作时，若因疏忽或操作不当，可能导致设备损坏或者使电网运行方式出现错误，进而引发安全事故。信息通信风险也不容小觑，数据传输错误或者遭受网络攻击，会造成监控系统失灵。监控系统无法准确掌握设备状态，运维人员就不能及时了解设备运行情况，无法做出正确的决策和操作。这些风险相互交织、相互影响，通过设备连接、电网拓扑结构等途径进行传导，一旦触发，极有可能引发大面积停电等严重后果，严重威胁电网的安全稳定运行。

3 智能变电站运维对电网安全稳定性的影响实证

3.1 正向影响案例

在江苏经济发达地区，一座智能变电站引入先进智能运维技术后，取得了极为显著的成效。该变电站通过

精心部署设备状态监测系统，对变压器、断路器等关键设备的运行数据进行实时、精准采集。借助大数据分析技术，系统提前捕捉到变压器绕组温度出现异常波动。运维人员迅速响应，在故障尚未形成前就展开处理，成功避免变压器故障的发生，有力保障该区域电网的稳定供电。同时，借助远程运维平台，当间隔层设备出现通信故障时，运维团队能够快速定位问题并远程处理，大幅减少停电时间^[1]。智能运维还对检修计划进行深度优化，依据设备的实际状态合理安排检修工作，有效降低非计划停电次数。自采用智能运维技术以来，该地区电网的供电可靠性得到大幅提升，用户平均停电时间较以往明显减少。据统计，用户年均停电时间从原来的数小时缩短至几十分钟，充分体现了智能运维对电网安全稳定的正向促进作用，为当地经济社会发展提供了坚实的电力保障。

3.2 负向影响案例

2018年，华北地区一座智能变电站因运维不当引发了严重的电网事故。当时，运维人员在进行设备升级操作时，没有严格按照操作规程执行，导致二次系统配置出现错误。在后续的电网运行过程中，保护装置发生误动作，错误地切除了正常运行线路，造成局部电网瞬间停电，影响周边众多企业和居民的正常用电。与此同时，由于运维人员对设备状态监测数据重视不够，没有及时发现断路器机构卡涩的隐患。当系统发生故障时，断路器出现拒动情况，使得故障范围进一步扩大，波及到了更大范围的电网区域。此次事件暴露出运维人员技能水平不足、管理流程不完善等诸多问题。该智能变电站不仅没有发挥出应有的智能运维优势，反而对电网安全稳定造成严重的负面影响，给当地经济和社会生活带来较大损失，也凸显了规范运维的重要性。

3.3 量化分析方法

量化智能变电站运维对电网安全稳定性的影响，可采用多种科学有效的方法。故障率统计法是较为常用的一种，通过广泛收集设备在不同运维模式下的故障数据，精确计算设备故障率，进而对比分析智能运维对故障率的降低效果。可靠性指标评估法也是重要手段之一，运用停电时间、频率等关键可靠性指标，全面评估智能运维前后电网可靠性的变化情况。可以通过分析智能运维实施前后用户平均停电时间、系统平均停电频率等指标，直观反映电网可靠性的提升程度。风险评估模型法更为综合，构建包含设备状态、运维操作、环境因素等多方面的风险评估模型，量化运维风险对电网安全稳定的影响程度。通过这些量化分析方法，能够准确评估智能运

维的实际效果，为优化运维策略、提升电网安全稳定性提供科学、可靠的依据，促进智能变电站运维水平不断提高。

4 提升电网安全稳定性的智能运维优化策略

4.1 技术层面优化

技术层面的优化对于提升智能运维水平而言，是至关重要的关键环节。在传感器技术领域，应加大研发力度，致力于提高传感器的精度与可靠性。通过采用新型的传感材料和先进的制造工艺，使传感器能够更精准地捕捉设备运行过程中的各种细微变化，实现对设备状态的全方位、无死角的精准监测。引入更为先进的大数据分析与人工智能算法是另一重要举措。借助大数据的海量存储和强大分析能力，结合人工智能算法的深度学习能力，能够深度挖掘运维数据中隐藏的价值。通过对大量历史数据和实时数据的分析，可以更准确地预测设备故障的发生，为运维决策提供科学依据，提升运维决策的科学性和精准性。推进物联网技术在变电站的全面应用也不可或缺。物联网技术可以实现设备之间的无缝连接和信息的实时共享，使运维人员能够及时掌握设备的运行状态，快速响应设备故障，大大提升运维效率。加强网络安全技术的研发同样重要。构建多层次的安全防护体系，包括防火墙、入侵检测系统、加密技术等，能够有效抵御网络攻击，保障运维系统的安全稳定运行，为智能运维提供强大的技术支撑，进而提升对电网安全稳定的保障能力。

4.2 管理层面优化

管理层面的优化对于智能变电站的智能运维起着决定性的作用。完善运维管理制度是首要任务，明确各部门和人员的职责，规范运维流程，从设备的巡检、检修到故障处理，每一个环节都要有详细的操作规范和标准，确保运维工作能够有序、高效地开展。加强运维人员的培训至关重要。通过定期组织专业技能培训和应急处理演练，提升运维人员的专业技能水平和在面对突发事件时的应急处理能力，打造一支高素质的运维团队。建立科学的绩效考核机制，将运维人员的工作质量、工作效率等与绩效挂钩，激励运维人员积极工作，主动提升自身的业务水平，从而提高整体运维质量。强化运维计划管理也不容忽视，根据设备的实际状态和电网的运行需求，合理安排巡检和检修计划，避免过度检修造成资源浪

费，同时防止漏检导致设备故障隐患得不到及时处理。加强与上级调度、其他相关部门的沟通协调，实现信息的及时共享和协同运作，在面对电网突发事件时，能够迅速形成合力，提升应对能力，保障电网的安全稳定运行。

4.3 安全防护强化

强化安全防护是智能变电站运维工作的重要保障，关乎着整个电网的安全稳定运行。构建物理安全防护体系是基础，加强变电站的门禁管理，设置严格的出入权限，防止无关人员进入变电站；加强设备的防盗防破坏措施，安装监控摄像头、报警装置等，实时监控设备的安全状况，保障变电站的物理安全。完善网络安全防护是关键^[4]。部署先进的防火墙、入侵检测系统等网络安全设备，对网络流量进行实时监测和过滤，防止网络攻击和数据泄露。定期对网络安全设备进行更新和维护，确保其能够有效应对不断变化的网络安全威胁。加强数据安全防护同样重要。对运维数据进行加密存储和传输，采用先进的加密算法，确保数据在存储和传输过程中的完整性和保密性。同时，制定完善的应急预案，明确在发生安全事件时的处理流程和责任分工，定期组织演练，提高运维人员应对安全事件的能力。在发生安全事件时，能够迅速响应、有效处置，降低事件对电网的影响，为智能变电站运维营造一个安全可靠的运行环境。

结束语

智能变电站运维与电网安全稳定运行紧密相连。通过对其技术体系、关联机制及影响的研究可知，科学运维至关重要。技术、管理、安全防护层面的优化策略是提升电网安全稳定性的有效途径。未来，需持续探索创新运维技术与管理模式，强化安全防护，以适应电网发展需求，保障电力可靠供应，推动智能电网事业迈向更高水平，为社会经济发展筑牢电力根基。

参考文献

- [1]钱驰.智能变电站变电运维安全与设备维护分析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(12):314-315.
- [2]杨东辉,王婧瑶.智能变电站变电运维安全与设备维护分析[J].模型世界,2020(22):4-6.
- [3]吴军,郑维权.智能变电站变电运维安全与设备维护探讨[J].通信电源技术,2020,37(04):244-246.
- [4]张博,丁伟,权利刚.智能变电站变电运维安全管控及难点分析[J].无线互联科技,2021,18(21):91-92.