

智能变电站变电运维模式优化研究

马依努尔·斯坎旦 高振峰 李光鹏 郑莹莹

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

摘要: 随着智能变电站的推广应用,传统变电运维模式已难以满足新设备、新技术的运维需求,亟须对运维模式进行系统性优化。本文分析了智能变电站的定义与特点,指出传统变电运维模式在运维管理体系、人员技能水平、设备状态监测手段及应急管理能力四个方面存在的问题。针对上述问题,从优化运维管理体系、提升运维人员技能水平、加强设备状态监测、强化应急管理能力四个方面提出了智能变电站变电运维模式的优化策略,旨在提高变电站运维效率与电网运行安全性,为智能变电站的运维管理提供参考。

关键词: 智能变电站; 变电运维模式; 优化

引言

随着智能电网建设的推进,智能变电站已成为变电站发展的主要方向。智能变电站在设备构成、信息传输和通信方式等方面与传统变电站存在较大差异,传统变电运维模式在管理体系、人员技能、监测手段和应急能力等方面已难以适应新的运维需求,制约了智能变电站效能的发挥。本文分析了智能变电站的定义和特点,指出传统变电运维模式存在的问题,并从优化运维管理体系、提升运维人员技能水平、加强设备状态监测、强化应急管理能力四个方面提出了优化策略,旨在提高智能变电站的运维效率和电网运行安全性。

1 智能变电站的定义与特点

智能变电站是基于先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备构建的变电站,以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求,自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等功能,并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能。在设备层面,智能变电站采用具备自检、自诊断能力的智能设备替代传统变电站中的常规设备,设备在运行过程中能够对自身状态进行实时监测,在出现异常时自动发出告警信息,降低了对人工巡检的依赖程度。在信息层面,全站采用数字化方式采集、传输和处理运行数据,将电压、电流、温度、压力等模拟量转化为数字信号进行传输,使数据在全站范围内以数字形式流通,消除了模拟信号传输过程中的衰减和干扰问题。在通信层面,站内各设备之间以及变电站与调度中心之间通过网络实现互联互通,采用统一的通信协议和标准化接口,数据在不同设备之间直接传输,减少了中间转换环节,保证了信息传输的及时性和可靠性。在功能层面,保护、控制、计量、监测等功能

通过统一的信息平台实现集成,各功能模块之间实现数据共享,消除了传统模式下各系统之间数据独立、互不相通的状况^[1]。智能变电站通过以上方式,使变电站从被动执行模式转变为主动感知、自主决策、自动执行的模式,提高了变电站对电网运行状态的感知能力和响应速度,为电网的安全运行和调度管理提供了技术支撑。

2 传统变电运维模式存在的问题

2.1 运维管理体系不完善

传统变电运维管理体系在职责划分、流程设计、部门协作等方面存在缺陷。在职责划分上,各岗位之间的工作边界不清晰,存在职责交叉或职责空白的区域,部分运维任务在两个岗位之间均可归属,又均不属于任何一个岗位的核心职责,导致部分工作无人负责,部分工作多人重复执行,运维人员在遇到问题时难以快速定位责任主体,需要逐级请示确认,延误处理时间。在流程设计上,传统运维流程环节多、审批层级多,一项操作从发起到完成需要经过多个环节的确认与签字,各环节之间存在信息回传和等待时间,整体耗时较长,且部分流程与实际作业需求脱节,操作人员在现场已经完成某一步骤的情况下仍需回到办公地点补填纸质单据,增加了不必要的工作量。在部门协作上,运行、检修、试验等部门之间缺乏统一的信息共享平台,各自使用独立的记录系统,数据格式不统一,信息无法实时同步,各部门在开展工作时无法获取其他部门的相关数据,需要通过电话、纸质单据等方式进行沟通,信息传递存在延迟和失真的可能。

2.2 运维人员技能水平不足

传统变电站运维人员所掌握的知识体系以电磁式互感器、常规继电保护装置、模拟信号传输等技术为基础,而智能变电站采用了电子式互感器、合并单元、智

能终端、光纤通信、网络报文等新技术和新设备，两者之间存在较大的技术跨度。目前部分运维人员对智能设备的工作原理、数据传输机制、网络配置方法、故障定位逻辑等内容缺乏系统地学习与掌握，在日常巡视中难以识别设备运行状态的异常，在设备出现告警时无法准确判断故障原因和故障位置^[2]。同时，智能变电站的故障排查涉及软件配置、网络通信、数据链路等多个环节，对运维人员的综合分析能力要求较高，而现有运维人员的技能培训多停留在传统设备的操作层面，缺乏针对智能设备的实操训练和故障模拟演练，导致运维人员在实际工作中面对智能设备故障时缺乏处理手段，故障响应时间延长，设备停运时间增加，影响了变电设备的可用率和电网运行的稳定性。

2.3 设备状态监测手段有限

人工巡检受限于巡检周期、人员经验和天气条件，只能在固定时间对设备外观、仪表读数、接头温度等表面指标进行检查，无法获取设备内部的运行参数和性能变化趋势。定期试验虽然能够对设备的绝缘性能、动作特性等进行检测，但试验周期通常以月或年为单位，两次试验之间设备的状态变化无法被捕捉，试验结果仅反映试验时刻的设备状况，不能代表设备在试验间隔期内的真实运行状态。对于变压器内部绕组变形、局部放电、触头接触电阻增大、SF₆气体微水含量升高等隐蔽性故障，人工巡检在外观上无法发现异常，定期试验也不一定能够检出，这些隐患在日常运行中持续累积，直至发展为设备故障。由于缺乏在线监测手段，运维人员无法实时掌握设备的运行数据，只能在故障发生后进行被动抢修，故障发现滞后、处理被动，增大了设备损坏的范围和电网停电的时间。

2.4 应急管理能力薄弱

传统变电运维模式在应急管理方面存在预案体系不健全、演练开展不充分、响应机制不畅通等问题。在预案层面，现有应急预案多针对传统设备的常见故障编制，对智能变电站涉及的网络通信中断、合并单元故障、智能终端异常等新型故障场景缺乏覆盖，预案内容与实际设备运行情况存在脱节，导致运维人员在面对非预案内故障时缺乏处置依据。在演练层面，由于日常运维工作任务繁重，运维人员开展应急演练的频次较低，演练形式多以桌面推演为主，缺乏实操环节，运维人员对应急流程的熟悉程度不够，在真实故障发生时无法按照预案要求有序开展操作^[3]。在响应机制层面，故障发生后的信息上报、人员调度、物资调配等环节缺乏统一的协调机制，各岗位之间的配合依赖个人经验，响应速度

受人为因素影响较大。上述问题导致故障发生后处置时间延长，故障影响范围扩大，增加了设备损坏程度和电网停电时间，对电网安全运行构成威胁。

3 智能变电站变电运维模式优化策略

3.1 优化运维管理体系

(1) 在职责分工方面，对运维部门内部各岗位的工作内容进行梳理，界定每个岗位的工作范围、操作权限和考核标准，消除岗位之间的职责交叉和职责空白，建立岗位责任制，将每一项运维任务分配到具体人员，形成任务有主体、责任有归属、考核有依据的管理格局，解决推诿扯皮问题，提升运维工作的执行效率。(2) 在流程优化方面，利用信息化系统对现有运维流程进行重构，删除不必要的审批环节和重复确认步骤，缩短流程流转时间，建立标准化的运维操作流程，对巡视、操作、检修、验收等各环节的操作步骤、技术要求、安全措施做出统一规定，使运维人员按照既定流程开展工作，减少因个人操作习惯差异导致的质量波动，保障运维工作的规范性和安全性。(3) 在部门协作方面，建立运维部门与检修、调度、试验等相关部门之间的跨部门沟通协调机制，搭建统一的信息共享平台，实现运行数据、检修记录、试验报告等信息的实时互通，通过定期召开协调会议、建立问题反馈闭环机制等方式，及时协调解决运维工作中涉及多部门的问题，避免信息传递延迟和工作重复，提升各部门之间的配合效率。

3.2 提升运维人员技能水平

一是加强培训教育，根据运维人员的现有技能基础和智能变电站的技术发展需求，制定分层分类的培训计划，培训内容覆盖智能设备工作原理、操作方法、故障诊断逻辑、信息化系统应用等方面，采用理论授课与实际操作相结合的方式开展培训，并结合设备故障案例进行分析讲解，使运维人员在掌握理论知识的同时具备实际操作能力，缩短从知识到技能的转化周期。二是建立激励机制，制定与技能水平挂钩的考核与奖励制度，对在运维工作中表现突出、技能提升明显的人员给予物质奖励和精神表彰，将技能等级与岗位晋升、薪酬待遇相关联，激发运维人员主动学习新技术的积极性，同时鼓励运维人员参加技能竞赛和技术交流活动，在竞争与交流中提升技术水平^[4]。三是开展师徒结对活动，安排技能水平高、工作经验丰富的运维人员与新入职员工结成对子，由老员工在日常工作中对新员工进行技术指导和操作示范，帮助新员工熟悉设备特性、掌握操作流程、积累故障处理经验，同时老员工在指导过程中也能梳理自身知识体系，实现新老员工之间的知识传递与共同提升。

3.3 加强设备状态监测

第一,应用物联网、大数据、云计算等技术,构建智能设备状态监测系统,在变压器、断路器、互感器等主要设备上部署温度、振动、局部放电、气体成分等传感器,实时采集设备运行参数,将数据传输至监测中心进行集中处理,利用大数据分析技术对设备历史运行数据与实时数据进行比对分析,识别参数变化趋势,在设备性能劣化的早期阶段发出预警信号,实现从被动故障抢修向主动状态预警的转变。第二,建立设备状态评估模型,综合考虑设备类型、运行年限、运行环境、负荷水平、历史故障记录等因素,构建多维度的设备健康状态评估指标体系,对设备当前状态进行量化评分,根据评分结果将设备划分为不同健康等级,针对不同等级的设备制定差异化的维护策略,对状态良好的设备延长检修周期,对状态劣化的设备缩短监测周期并安排检修,实现维护资源的合理配置。第三,加强设备巡检管理,根据设备重要程度和状态评估结果优化巡检路线与巡检周期,配置移动巡检终端,巡检人员在现场通过终端录入设备状态数据,数据实时上传至管理平台,管理人员可随时查看巡检进度和巡检结果,对巡检中发现的异常情况立即启动处理流程,缩短缺陷从发现到消除的时间。

3.4 强化应急管理

(1)完善应急预案,根据智能变电站的设备构成与运行特点,梳理网络通信中断、合并单元故障、智能终端异常、过程层链路中断等可能发生的故障类型,针对每种故障场景编制应急处置方案,明确应急组织机构的人员构成与职责分工、应急响应的启动条件与逐级上报流程、各环节的具体处置措施与操作步骤,形成覆盖故障发现、信息上报、人员调度、故障隔离、抢修恢复等全过程的应急预案体系,并根据设备更新与运行经验定期对预案进行修订,保持预案与实际运行情况一致。

(2)加强应急演练,按照年度计划定期组织运维人员开展应急演练,设置网络中断、设备拒动、通信链路故障等突发场景,检验运维人员在规定时间内完成故障判

断、操作执行、信息汇报等动作的能力,演练结束后对过程中暴露的问题进行总结分析,针对发现的不足对应急预案和处置流程进行修改完善,同时通过反复演练使运维人员熟悉应急操作流程,提升应急意识和团队协作配合水平^[5]。(3)储备应急物资,建立应急物资储备库,根据智能变电站设备类型配置相应的备品备件、抢修工具、测试仪器、防护用品等物资,明确物资的品种、数量和存放位置,制定物资定期检查与维护制度,确保储备物资处于可用状态,同时建立物资管理台账,规范物资的采购、入库、领用、补充等环节,保证应急物资在需要时能够及时调用。

结语

综上所述,智能变电站作为电网智能化发展的关键节点,其变电运维模式的优化至关重要。传统运维模式在管理体系、人员技能、监测手段及应急管理等方面存在诸多问题,难以适应智能变电站的发展需求。通过优化运维管理体系、提升运维人员技能水平、加强设备状态监测以及强化应急管理能力等策略,可有效解决现存问题,实现运维工作的规范化、智能化与高效化,提升变电站对电网运行状态的感知与响应能力,为电网安全稳定运行提供坚实保障,推动电力行业向更高水平的智能化迈进。

参考文献

- [1]宋志龙,李晨程,王东,唐鑫.智能变电站继电保护设备的运维防误技术研究[J].科技资讯,2025,23(13):96-98.
- [2]刘家瑞,王亮.面向智能化运维的变电站自动化系统优化研究[J].电气技术与经济,2025(12):1-3+10.
- [3]马元青,权建龙,于瑞业.变电站智能巡检运维系统的设计与研究[J].自动化应用,2025,66(9):183-185.
- [4]冯雪原.基于人工智能的变电站智能运维优化技术研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(8):022-025.
- [5]陆喆涛.智能变电站变电运维安全与设备维护探讨[J].中国设备工程,2025(16):60-62.