

# 变电运行监控系统的可靠性提升与运维策略研究

邬青 李莹

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:** 变电运行监控系统是保障电网安全稳定运行的核心支撑。本文概述系统组成、运行模式与可靠性指标体系,分析硬件、软件、环境及人为因素对可靠性的影响。研究硬件、软件可靠性提升技术及系统可靠性评估与预测技术,制定“集中运维+区域分责”等运维策略,涵盖运维模式、计划、人员及工具资源管理。旨在通过多方面研究,提升系统可靠性,为电网稳定运行提供保障。

**关键词:** 变电运行监控系统;可靠性提升;运维策略

引言:在电网规模不断扩大、智能化水平持续提升的背景下,变电运行监控系统的重要性愈发凸显。其作为保障电网安全稳定运行的关键技术支撑,能否可靠运行直接关系到整个电网的稳定。然而,实际运行中,系统受多种因素影响,可靠性面临挑战。因此,深入研究变电运行监控系统可靠性提升与运维策略,对提高电网运行质量、降低运维成本、保障电力供应稳定可靠具有重要的现实意义和迫切需求。

## 1 变电运行监控系统概述

### 1.1 系统组成

变电运行监控系统是保障电网安全稳定运行的核心技术支撑体系,其组成具有多层次、多模块协同联动的特点。核心组成部分包括前端数据采集模块、传输通信模块、后端处理与存储模块以及终端展示与交互模块。前端数据采集模块涵盖各类传感器、智能测控装置等,负责实时采集变压器、断路器等关键设备的运行参数与状态信息;传输通信模块采用光纤、无线专网等多种通信方式,实现采集数据的高效、稳定传输;后端处理与存储模块依托高性能服务器与数据库系统,完成数据的筛选、分析与长期存储;终端展示与交互模块则通过监控中心大屏、运维终端等载体,为工作人员提供设备状态可视化展示、告警信息推送等功能,各模块有机衔接形成完整的监控闭环。

### 1.2 系统运行模式

变电运行监控系统主要采用“集中监控+分布式协同”的运行模式,兼顾全局管控与局部响应的高效性。集中监控中心作为核心枢纽,对辖区内所有变电站的运行数据进行统一汇聚、分析与处理,实现跨站点设备状态的统筹监测、故障预警与远程调度<sup>[1]</sup>。分布式协同则体现在各变电站本地部署的监控子系统具备独立运行能力,可在本地完成基础数据采集、实时监控与简单故障

处置,当与集中监控中心的通信链路中断时,子系统能持续保障本地设备的正常监控,待通信恢复后自动同步数据至中心。另外,系统还支持“在线监控+离线回溯”的互补模式,在线模式实时保障运行安全,离线模式可对历史数据进行回溯分析,为设备运维优化、故障原因追溯提供数据支撑。

## 1.3 系统可靠性指标体系

变电运行监控系统可靠性指标体系围绕“连续性、准确性、响应性”三大核心目标构建,涵盖运行稳定性、数据可靠性、功能有效性等多个维度的关键指标。运行稳定性指标主要包括平均无故障运行时间、平均故障修复时间,前者反映系统长期稳定运行的能力,后者衡量系统故障后的恢复效率;数据可靠性指标包含数据采集准确率、数据传输完整性,确保采集的设备参数真实有效,传输过程中无丢失、无失真;功能有效性指标涵盖告警响应时间、远程控制成功率,保障系统能及时发现设备异常并精准执行调度指令。此外还包括系统兼容性、抗干扰能力等辅助指标,全面评估系统在复杂电网环境下的适应能力与运行可靠性。

## 2 变电运行监控系统可靠性影响因素分析

### 2.1 硬件因素

硬件设备是变电运行监控系统运行的基础载体,其质量与性能直接决定系统可靠性。核心硬件故障是主要影响因素,包括前端采集设备如传感器、测控单元的精度衰减、老化损坏,会导致数据采集失真或中断;传输设备如光纤模块、路由器的通信接口故障、信号衰减,会造成数据传输链路中断或延迟;后端服务器、存储设备的硬件故障如硬盘损坏、电源故障,会导致数据丢失、系统瘫痪。硬件选型合理性不足也会影响可靠性,若选用的硬件设备未适配变电站高温、高湿度、强电磁干扰的运行环境,会大幅降低设备使用寿命与运行稳定

性；硬件安装工艺不规范，如接线松动、接地不良等，可能引发设备误动作、信号干扰等问题，进一步影响系统整体运行可靠性<sup>[2]</sup>。

## 2.2 软件因素

软件系统是变电运行监控系统的核心逻辑支撑，其设计缺陷、版本漏洞等均会显著影响系统可靠性。软件设计层面，若系统架构设计不合理，如模块间耦合度过高，会导致某一模块故障蔓延至整个系统；数据处理算法存在缺陷，会降低数据分析的准确性，无法精准识别设备异常状态，引发漏告警、误告警等问题。软件运维层面，软件版本更新不及时，未修复已知的程序漏洞，易被恶意攻击或受外部环境因素影响出现运行故障；第三方软件兼容性问题，如操作系统与监控软件、数据库软件的适配性不足，会导致系统运行卡顿、崩溃。

## 2.3 环境因素

变电站特殊的运行环境是影响监控系统可靠性的重要外部因素，主要包括气候环境、电磁环境与地质环境等。气候环境方面，高温、高湿度会加速硬件设备的老化，导致电路板受潮短路、绝缘性能下降；极端低温可能造成电池容量衰减、设备启动故障；沙尘、雨雪天气会影响户外采集设备与传输设备的正常运行。电磁环境方面，变电站内变压器、电抗器等设备运行时产生的强电磁辐射，会干扰监控系统的通信信号与数据采集信号，导致数据传输失真、设备误动作。地质环境方面，地震、雷击等自然灾害会直接损坏硬件设备；变电站周边的振动、沉降也可能影响设备安装精度，导致接线松动、设备故障，进而影响系统正常运行。

## 2.4 人为因素

人为操作与管理水平对变电运行监控系统可靠性具有直接影响，主要体现在运维操作、系统配置与管理规范三个方面。运维操作层面，工作人员的误操作如误插拔设备、误修改参数、违规检修等，可能直接导致系统故障或数据丢失；运维人员专业能力不足，无法及时发现设备潜在故障，或故障发生后处置不当，会延长故障修复时间，扩大故障影响范围。系统配置层面，初始配置参数不合理、后期调整不规范，会导致系统功能无法正常发挥，如告警阈值设置过高或过低，会引发漏告警或误告警。管理规范层面，缺乏完善的运维管理制度，设备巡检不及时、维护记录不完整，以及对运维人员的培训考核不到位，会导致运维工作无序开展，进一步降低系统运行可靠性。

# 3 变电运行监控系统可靠性提升技术研究

## 3.1 硬件可靠性提升技术

针对硬件因素对系统可靠性的影响，可通过优化硬件选型、改进硬件设计与强化硬件防护等技术手段提升可靠性。硬件选型方面，采用工业级高可靠性设备，优先选用经过严苛环境测试、适配变电站复杂工况的传感器、服务器等设备，确保硬件性能与环境适应性；对关键硬件如服务器、传输设备采用冗余配置，通过双机热备、多链路备份等技术，实现故障自动切换，保障系统连续运行<sup>[3]</sup>。硬件设计改进方面，采用抗干扰能力强的电路设计，优化设备散热结构，提升设备在高温、强电磁环境下的稳定运行能力；在设备接口处采用防松动、防氧化设计，降低接触不良引发的故障。硬件防护技术方面，为户外设备加装防水、防尘、防雷击防护装置，对核心设备部署电磁屏蔽措施，减少环境因素对硬件设备的损坏。

## 3.2 软件可靠性提升技术

软件可靠性提升技术主要围绕软件设计优化、漏洞修复与运行监控展开，构建全生命周期的软件可靠性保障体系。软件设计阶段，采用模块化、低耦合的架构设计，实现各功能模块的独立运行与故障隔离，避免单一模块故障影响整个系统；引入容错设计技术，如数据校验、异常处理机制，当软件运行出现异常时，能自动触发容错程序，保障系统核心功能正常发挥。软件运维阶段，建立常态化的漏洞扫描与版本更新机制，定期对软件系统进行安全检测，及时修复已知漏洞；采用软件兼容性测试技术，在软件更新或升级前，对不同操作系统、数据库环境进行适配性测试，避免兼容性问题。另外，部署软件运行状态监控模块，实时监测软件运行参数，及时发现并处置软件卡顿、死锁等问题。

## 3.3 系统可靠性评估与预测技术

系统可靠性评估与预测技术通过量化分析系统运行状态，为可靠性提升提供精准支撑，主要包括评估模型构建与预测算法应用两大方向。可靠性评估方面，基于系统组成与运行特性，构建多维度评估模型，整合硬件运行数据、软件故障记录、环境参数等多源数据，采用层次分析法、模糊综合评价法等技术，对系统可靠性进行全面量化评估，精准定位影响可靠性的关键环节。可靠性预测方面，引入机器学习算法如神经网络、支持向量机等，基于历史故障数据、设备运行参数趋势，构建故障预测模型，实现对硬件老化、软件故障等潜在问题的提前预警；结合实时运行数据与环境数据，动态预测系统未来运行可靠性，为运维工作的提前开展提供依据，实现从“事后修复”向“事前预防”的转变。

## 4 变电运行监控系统运维策略制定与优化

#### 4.1 运维模式选择

运维模式的科学选择是保障变电运行监控系统可靠性的关键,应结合电网规模、设备分布与技术水平,采用“集中运维+区域分责”的混合运维模式。集中运维层面,依托监控中心构建统一的运维管理平台,对全辖区内监控系统的运行状态进行集中监测,统筹开展软件更新、数据备份、故障远程诊断等工作,实现运维资源的集约化利用。区域分责层面,根据变电站分布区域划分运维责任片区,每个片区配备专业运维团队,负责辖区内硬件设备的现场巡检、故障修复、定期维护等工作,提升故障处置的及时性。同时引入智能化运维模式,结合物联网、大数据技术,实现设备状态的自动巡检与故障预警,减少人工运维压力,提升运维效率;针对偏远地区变电站,可采用“无人值守+定期巡检”模式,降低运维成本的同时保障系统可靠运行。

#### 4.2 运维计划制定

运维计划的制定需基于系统可靠性评估结果与设备运行特性,构建常态化、差异化的运维体系。常态化运维计划包括日常巡检、定期维护与定期测试三大核心内容:日常巡检每日开展,重点检查设备运行状态、通信链路通畅性、软件运行参数等,及时发现并处置轻微故障;定期维护按季度、年度开展,包括硬件设备的清洁、校准、更换老化部件,软件系统的漏洞修复、版本更新、数据备份等;定期测试每半年开展一次,对系统功能如告警响应、远程控制、数据采集准确性等进行全面测试,确保系统功能正常。差异化运维计划针对关键设备与普通设备实施分级管理,对服务器、核心传感器等关键设备缩短维护周期、提升维护标准;结合季节特点制定专项运维计划,如夏季高温专项巡检、冬季防雷击专项防护等。

#### 4.3 运维人员管理

运维人员管理需从专业能力提升与管理制度完善两方面入手,打造高素质的运维团队。专业能力提升方面,建立系统化的培训体系,定期开展硬件维护、软件操作、故障处置等专业技能培训,结合实操演练、案例分析等方式,提升运维人员的实操能力与问题解决能力;建立技能考核机制,将考核结果与绩效挂钩,激励运维人员主动提升专业水平;鼓励运维人员参与行业交流与技术研讨,及时掌握最新的运维技术与管理经验<sup>[4]</sup>。管理制度完善方面,制定明确的岗位职责与操作规范,

明确各岗位的运维职责与操作流程,避免误操作;建立运维工作台账制度,详细记录巡检情况、故障处置过程、维护内容等,为运维优化提供数据支撑;推行运维责任追溯机制,对因操作不当、巡检不及时导致的系统故障,明确责任主体,保障运维工作规范有序开展。

#### 4.4 运维工具与资源管理

运维工具与资源的科学管理是提升运维效率、保障系统可靠性的重要支撑。运维工具管理方面,配备专业化的运维工具,包括硬件检测工具如万用表、示波器,软件诊断工具如漏洞扫描软件、数据分析工具,以及现场运维工具如便携式检修终端、应急通信设备等,确保运维工作高效开展;建立运维工具全生命周期管理机制,定期对工具进行校准、维护与更新,保障工具的精度与可用性;引入智能化运维平台,整合数据采集、故障诊断、运维调度等功能,实现运维工作的数字化、可视化管理。资源管理方面,合理配置运维物资,建立应急物资储备库,储备关键硬件备件、防护设备等,确保故障发生时能及时更换损坏部件;优化运维资源调度,基于各区域运维需求与故障情况,动态调配运维人员与工具,提升资源利用效率;建立资源共享机制,实现各运维片区之间的物资、技术资源共享,提升整体运维保障能力。

#### 结束语

变电运行监控系统可靠性提升与运维策略研究意义重大。通过分析可靠性影响因素,针对性地提出硬件、软件可靠性提升技术及系统可靠性评估预测方法,并制定全面合理的运维策略,从多个维度为系统可靠性提升提供保障。未来,随着技术的不断进步,还需持续优化相关技术与策略,以适应电网发展的新需求,确保变电运行监控系统始终稳定可靠运行,为电网安全稳定提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]张彧,王萌.变电运行中智能监控系统的构建与效能提升研究[J].消费电子,2025(20):62-64.
- [2]厉祥岚.基于自动化监控系统的500kV变电站运行维护优化研究[J].电气技术与经济,2025(9):22-24.
- [3]田震宇.智能变电站的电力监控系统优化策略研究[J].电力与能源,2025,46(2):121-125.
- [4]付云飞,宋承明,贾铮.智能化变电站视频监控与环境感知系统研究[J].中国仪器仪表,2025(11):43-46.