

# 电力自动化系统与 10 kV 配电网运行管理分析

石 岩

(国家电网西安市长安区供电公司, 陕西 西安 710100)

**摘 要** 电力自动化系统与 10 kV 配电网的运行管理是现代电力工程中的重要课题, 其核心在于利用先进技术优化电网运行效率, 提高供电可靠性。本研究围绕电力自动化系统的组成与功能、智能化技术的应用以及 10 kV 配电网运行的关键环节展开探讨, 深入分析了电力自动化与配电网协同管理的策略, 包括数据共享、负荷调节方案以及智能配电网的全生命周期管理, 揭示了智能化和协同化技术对电网管理的深远影响, 并提出未来发展的方向, 以期为相关人员提供借鉴。

**关键词** 电力自动化; 10 kV 配电网; 智能化技术; 数据共享; 全生命周期管理

中图分类号: TM76

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.02.007

## 0 引言

随着电力需求的快速增长和供电安全性要求的不断提高, 传统电力系统的运行模式已难以满足现代化电网的复杂需求。电力自动化系统作为电网智能化的重要组成部分, 通过高效的数据采集、故障检测和自动控制能力, 为配电网的运行管理提供了技术支撑。如何利用智能化技术实现电力自动化系统与配电网的深度融合, 是提升电网运行效率和可靠性的关键。本文从技术与管理的双重角度出发, 探讨电力自动化系统与 10 kV 配电网在数据共享、负荷调节以及全生命周期管理中的协同策略, 旨在为构建高效、智能的现代电力网络提供参考。

## 1 电力自动化系统的基本组成与功能

电力自动化系统是现代配电网运行的核心, 其通过集成先进的传感技术、通信协议、控制算法和大数据分析, 实现了电网的实时监测、故障诊断、自动隔离与恢复等功能。例如, 智能配电终端采用模块化设计, 内置高性能处理器和多种通信接口, 支持 IEC 61850、DNP3 等标准协议, 可灵活接入各类传感器和执行器, 实时采集线路电流、电压、功率等参数, 并通过边缘计算实现毫秒级的保护动作<sup>[1]</sup>。监控模块是电力自动化系统的基础部分, 其作用在于实时感知并记录电力网络中的关键运行数据, 如电压、电流、频率等, 通过与智能终端和传感设备的协作, 该模块能够形成多维数据流, 为后续的运行分析和控制提供可靠的依据。为确保监控的精准度, 电力系统通常依赖高精度传感器和分布式数据采集设备的支持, 数据通过高速通信网络传递至中央控制单元, 通过对这些数据进行智能

化处理, 监控模块不仅停留于“记录”层面, 更成为电网运行决策的重要参考。另外, 保护模块通过精密的故障检测技术实时监测电网运行状态, 针对短路、过载或其他异常现象采取自动化隔离措施, 确保非故障区域的电力供应稳定运行, 保护模块的设计高度依赖逻辑判断和自适应控制技术。现代保护装置在硬件层面整合了高速处理器, 能够在微秒级完成信号分析和决策, 而在软件层面, 结合动态保护算法和多场景学习模型, 使其具备了更高的灵敏性和判断力。例如, 针对复杂电网中可能出现的跨区故障, 保护模块能够通过综合数据建模精确锁定故障位置, 避免因局部问题导致整个电网瘫痪。

## 2 智能化技术在电力自动化系统中的应用

智能算法能够从复杂的电力运行数据中提取关键模式, 对不同负荷峰谷进行分类, 并基于场景模拟提前调整输配电策略, 这种预测能力直接改善了供需平衡, 使供电企业能够规避高峰时期的电网压力, 同时避免能源浪费。例如, 深度学习模型通过结合天气数据、历史用电记录以及实时负荷信息, 建立起全局性的负荷调节方案, 可以提升系统对突发情况的响应速度, 也使负荷分配更具前瞻性, 这种精准的调节能力为电网运行提供了更高的可靠性和经济性。另外, 通过先进的机器学习算法和多传感器数据融合, 系统可以在故障发生后第一时间定位故障点, 并根据预设策略实现自动隔离与恢复, 与传统依赖人工排查的方式相比, 这种智能化方式大幅度缩短了故障处理时间, 降低了对供电区域的影响。更重要的是, 智能技术的介入使得系统具备了预测故障的能力, 通过对设备运行参数

的持续监控，系统可以识别潜在的异常趋势，从而提前采取维护措施，避免事故发生。

### 3 10 kV 配电网运行管理的关键环节

#### 3.1 配电网规划与结构优化

在10 kV配电网运行管理中，传统的线性规划方式难以适应现代用电需求的多变性，而结合大数据分析和负荷预测的优化技术为此提供了全新的解决思路，通过收集并分析历史用电数据、地理信息及区域经济活动特征，优化算法能够识别用电高峰区域，进而调整线路路径与变压器配置。与此配套的是电网分区供电模式的引入，以模块化的方式管理不同片区的用电需求，能够有效降低线损并简化维护流程。同时，采用环网供电模式或主干一分支混合模式，能在供电稳定性与经济性之间取得平衡，这种设计可以在突发故障时快速切换供电路径，减少停电时间，提升电网整体运行的冗余度与灵活性<sup>[2]</sup>。随着分布式能源接入的日益普及，传统单向供电结构难以适应双向功率流的需求，因此在规划阶段需引入适应性设计原则，确保新建或改造的配电网能够无缝支持分布式光伏、风电及储能系统的接入。这一目标的实现依赖于智能设备的引入，如具有通信与远程控制能力的断路器及传感器，这些设备可以实时监测电网运行状态，还可在负载变化或故障发生时迅速作出调整，从而降低电网压力并提高供电质量。并且结合先进的数字孪生技术，通过模拟运行状态对规划方案进行多轮验证，可以提前发现潜在瓶颈并优化方案设计，减少后期改造成本。

#### 3.2 故障诊断与快速恢复技术

在10 kV配电网的运行管理中，传统故障诊断方式依赖人工巡检，存在响应时间长、定位精度低的问题，而现代技术通过引入智能化和自动化手段，可以显著提升效率与精准度，故障定位技术中的基于电流波形和电压波动的在线监测方法尤为关键，通过在配电网线路关键节点布设高灵敏度传感器，实时采集运行数据并上传至中央控制平台，系统能够借助模式识别算法快速辨别异常点。同时，结合大数据分析与历史运行数据对比，故障特性得以被细化，从而精确识别故障类型及发生位置，这一智能诊断机制的核心在于它能够在复杂电网环境中动态调整参数，应对负荷波动或外界扰动的影响。对于复杂故障场景，还可以利用分布式故障检测系统，将诊断任务分解至各分区节点，提高整体响应速度。快速恢复技术则聚焦于故障后的供电恢复，通过与故障诊断模块联动，系统能够迅速隔离故障区域并重新配置电力流向，而自愈功能的引

入使这一过程更加智能化<sup>[3]</sup>。以自愈算法为例，当检测到某一区域供电中断时，系统会在毫秒级完成备用线路的动态评估与切换，无需人工干预即可恢复供电。快速恢复中还需要特别关注电网结构的拓扑优化，通过为每一供电单元预留备用路径，配合智能调度系统的实时优化，最大程度地限制停电范围。

#### 3.3 配电网的设备维护与升级

在10 kV配电网的运行管理中，在线状态监测系统是当前维护技术的核心，通过在设备关键节点安装传感器，可以实时捕捉运行参数的微小波动，如温度、振动和电流异常等。利用这些实时数据，管理系统能够快速识别设备的运行状态，预测潜在的故障风险并提前采取措施，这种基于数据驱动的预维护模式可以提高设备的稳定性与可靠性，避免传统维护中“定期但盲目”的问题。同时，通过智能分析工具，可以对设备的运行寿命进行科学评估，为设备更换和系统升级提供重要的决策支持。设备升级则侧重于对配电网关键部件的性能提升，尤其是在智能化与数字化转型的背景下，智能开关设备的引入可以根据电网运行状态实时调整自身参数，在负载突变或线路异常时迅速响应，保障电网稳定运行。配电变压器的智能化改造也是升级的重要方向，通过嵌入通信模块和数据采集单元，变压器能够与电网其他设备形成信息交互，为全网的优化运行提供支持<sup>[4]</sup>。配合先进的数字孪生技术，通过对设备运行场景的动态模拟，可以在升级规划中充分验证新设备的可行性和有效性，从而降低实施风险。

### 4 电力自动化系统与10 kV配电网的协同管理策略

#### 4.1 电力自动化与配电网运行数据的共享

通过构建统一的数据交互平台，电力自动化系统与配电网能够在运行状态、故障信息以及负荷数据等方面实现无缝联动，这种共享机制依托高速通信网络和分布式存储技术让海量数据能在不同系统之间实时传输和处理。例如，配电网各节点传感器采集的电流、电压波动数据，通过边缘计算设备进行初步分析后，将关键信息上传至自动化系统的中央控制单元。中央系统结合历史数据和实时信息，动态调整调度策略，确保供电稳定，在这一过程中，数据的共享不仅打破了传统系统信息孤岛的限制，还显著提高了系统的响应速度和优化能力。另外，通过将配电网的运行数据与电力自动化系统的预测模型联通，系统能够实时监控线路运行状况，并对潜在风险进行预警，如电力自动化系统可以通过分析共享的负荷数据，预测可能出

现的过载风险,进而动态调整负荷分配,避免设备因过载而损坏<sup>[5]</sup>。同时,故障诊断模块通过接入配电网传感器的数据流,能够迅速识别故障位置并触发自动化保护装置隔离故障区域,减少停电范围,这种基于数据共享的联动机制可以提升故障处理的精准性和效率,为供电系统的安全运行提供了全方位保障。通过数据共享的深入应用,电力自动化系统与 10 kV 配电网的协同效应被最大化发挥,为智能电网的发展奠定了坚实的基础。

#### 4.2 基于电力自动化的负荷调节方案

在电力自动化的支持下,通过整合实时监测数据与历史运行数据,系统能够针对负荷波动做出精准预测,并动态调整配电网的运行参数以实现供需平衡,这种基于电力自动化的负荷调节方案,以智能算法为核心,能够从多维度分析影响负荷变化的关键因素,包括气候条件、用户行为模式和区域经济活动等。系统通过部署分布式传感器实时获取负荷数据,并结合深度学习模型生成精准的负荷需求曲线,为负荷分配提供科学依据。例如,在用电高峰时段,系统可通过自动化调节减少低优先级区域的供电负荷,优先保证关键区域的用电需求,同时通过合理分配储能装置释放的电量,减轻主网压力。随着光伏、风电等分布式能源的普及,传统电网的单向供电模式已被双向能量流动所取代,给负荷调节带来了新的复杂性,通过电力自动化系统,配电网能够实时监控分布式能源的发电量和接入情况,并将其纳入整体调节框架<sup>[6]</sup>。智能化负荷调节方案可以根据分布式能源的实时输出动态调整电网的运行策略,如优先利用分布式能源满足局部负荷需求,同时通过协调控制将多余电量并入主网,这种优化措施能够减少对传统火电的依赖,提升可再生能源的利用效率,为绿色低碳电网的建设提供了重要支撑。配合智能断路器与自适应调度算法的使用,整个调节过程可以在毫秒级完成,真正实现负荷调节的高效化与智能化,这种基于电力自动化的负荷调节方案体现了技术与管理的深度融合,更为电网的可持续发展奠定了坚实的基础。

#### 4.3 智能配电网的全生命周期管理

在规划设计阶段,数字孪生技术的引入成为全生命周期管理的关键。通过对配电网的数字化建模,运营者可以提前模拟不同运行场景,评估规划方案的可行性与效率,这种基于虚拟环境的分析能够识别潜在的瓶颈与风险,避免传统规划中因假设偏差导致的资源浪费与后期改造成本。数字孪生技术还支持对负荷

预测和资源分配的动态优化,为配电网的长远发展提供数据支撑,这一阶段的核心在于系统性思维,将电网的各个组成部分纳入整体框架中进行规划,为后续运行阶段奠定稳定、高效的基础。在运行维护与升级环节,智能配电网全生命周期管理依赖于实时监控与智能分析工具的深度融合,这一过程中,传感器网络与边缘计算设备形成了强有力的监测体系,能够持续采集设备运行数据,并在本地完成初步分析。实时监控不仅能帮助运营者快速响应突发问题,还为长期趋势分析与设备性能评估提供了重要的数据基础。同时,人工智能技术在故障预测中的应用显著提升了维护的精准度,通过对历史运行数据与实时监控数据的对比,系统能够准确定位设备的潜在隐患并发出预警。升级改造阶段,则需结合电网运行的大数据分析结果,对老旧设备进行针对性优化与更换,同时为新技术接入留出足够的扩展空间。

#### 5 结束语

通过对电力自动化系统与 10 kV 配电网运行管理的分析可以看出智能化和协同管理在现代电网中的重要性。从数据共享到负荷调节,再到全生命周期的智能化管理,每一个环节都展示了技术与管理深度融合的价值,这种模式可以提升配电网的运行效率,还为电力系统的长远发展提供了新的思路。随着人工智能、大数据和物联网等新技术的进一步应用,电力自动化与配电网协同管理将迈向更加智能化的阶段,为绿色、稳定的电力系统建设提供坚实的保障。

#### 参考文献:

- [1] 施锦月,张郁,贾露露,等.基于电力自动化系统的配电网供电可靠性提升技术研究[J].中国高新科技,2024(17):77-79.
- [2] 凌峰,郁从丽,袁一凡,等.基于改进遗传算法的低压配电网无功补偿自动优化方法[J].自动化应用,2024,65(15):258-259,264.
- [3] 谢旭峰,陈上上,潘攀,等.电力配网自动化系统配变终端电能质量综合治理功能设计探究[J].现代工业经济和信信息化,2024,14(07):110-113.
- [4] 尹晓战.10kV配电网故障定位系统的研究[J].电工技术,2022(02):99-100,104.
- [5] 唐冠宏,黄潘永.改进决策树对10kV配电网分支线断线故障诊断与定位的优化分析[J].电工技术,2021(10):129-132.
- [6] 萧新敏.浅谈电力自动化系统与10kV配电网运行管理[J].技术与市场,2021,28(02):177-178.