

配电线路故障处理中配网自动化技术运用分析

倪楠, 沈志文, 赖玮, 孙雪成

国网安徽省电力有限公司马鞍山供电公司, 安徽 马鞍山 243000

DOI:10.61369/EPTSM.2025120009

摘要 : 配电线路作为电力系统与用户连接的关键载体, 其运行稳定性直接决定供电可靠性。配网自动化技术凭借实时监测、智能判断及快速隔离等优势, 已成为提升配电线路故障处理效率的核心手段。本文先阐述配网自动化技术的核心内涵与发展历程, 再结合配电线路故障处理的实际需求, 分析该技术在故障检测、定位、隔离及恢复中的具体运用机制, 接着探讨技术应用现存的问题, 最后提出优化策略, 为电力企业提升配电线路故障处理能力提供理论与实践参考。

关键词 : 配电线路; 故障处理; 配网自动化; 供电可靠性

Application Analysis of Distribution Network Automation Technology in Distribution Line Fault Handling

Ni Nan, Shen Zhiwen, Lai Wei, Sun Xuecheng

State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd. Ma'anshan Power Supply Company, Ma'anshan, Anhui 243000

Abstract : As the critical link between power systems and end-users, distribution lines directly determine power supply reliability through their operational stability. Distribution network automation (DNA) technology, with its real-time monitoring, intelligent decision-making, and rapid isolation capabilities, has become a core solution for improving fault handling efficiency. This paper first outlines the core concepts and historical development of DNA technology, then analyzes its practical applications in fault detection, localization, isolation, and restoration based on real-world requirements. It further examines existing challenges in technology implementation and proposes optimization strategies, providing theoretical and practical references for power enterprises to enhance their fault handling capabilities.

Keywords : distribution line; fault handling; distribution network automation; power supply reliability

引言

配网自动化技术以计算机技术、通信技术、测控技术为支撑, 实现对配电线路运行状态的实时监控、故障的快速识别及自动化处理, 能大幅缩短故障处理时间, 降低停电损失。近年来, 我国电力行业大力推进配网自动化建设, 该技术在配电线路故障处理中的应用愈发广泛。基于此, 深入分析配网自动化技术在配电线路故障处理中的运用, 对提升配网运行可靠性、推动电力行业高质量发展具有重要意义^[1]。

一、配电线路故障处理的需求与配网自动化技术的应用优势

(一) 配电线路故障处理的核心需求

配电线路故障处理的核心目标是在故障发生后, 以最快速度定位故障点、隔离故障区域、恢复非故障区域供电, 最大限度减少停电时间与损失。具体而言, 其需求主要体现在三个方面。一是快速性, 故障发生后需在最短时间内完成检测与定位, 避免故障扩大; 二是准确性, 精准定位故障点是缩短处理时间的关键, 传统人工巡检易因线路复杂而出现定位偏差; 三是安全性, 故障

处理过程中需保障检修人员安全, 避免二次事故发生, 同时减少故障对电网其他部分的影响。

(二) 配网自动化技术的应用优势

相较于传统故障处理方式, 配网自动化技术在满足配电线路故障处理需求方面具有显著优势。其一, 提升故障处理效率, 通过终端设备实时采集线路电流、电压等参数, 主站系统可快速判断故障类型与位置, 无需人工巡检, 大幅缩短故障定位时间; 其二, 提高定位准确性, 借助馈线自动化技术与故障信息分析法, 能精准定位故障点至具体线段或设备, 避免传统巡检的盲目性; 其三, 增强供电可靠性, 故障发生后, 系统可自动发出指

作者简介: 倪楠 (1993.10-), 男, 汉族, 安徽合肥人, 工程师, 硕士, 研究方向: 配电自动化。

令，通过开关设备隔离故障区域，快速恢复非故障区域供电，减少停电范围与时间；其四，降低人工成本与安全风险，自动化处理减少人工干预，降低检修人员劳动强度，同时避免人工巡检过程中的安全隐患。

二、配网自动化技术在配电线路故障处理中的具体运用

（一）故障检测：实时监测与异常识别

故障检测是配电线路故障处理的首要环节，配网自动化技术通过终端设备与主站系统的协同作用，实现对线路运行状态的实时监测与异常识别。终端设备如 FTU 安装于馈线开关处，TTU 安装于配电变压器旁，可实时采集线路电流、电压、功率因数、设备温度等运行参数，并通过通信网络将数据传输至主站系统^[2]。

主站系统对接收的数据进行实时分析，通过设定阈值判断线路是否存在异常。当线路发生短路、接地等故障时，电流或电压参数会急剧变化，系统可快速捕捉这一异常，发出故障告警信号。例如，在单相接地故障检测中，传统方式难以准确判断，而配网自动化系统通过采集线路零序电流、零序电压等参数，结合故障选线算法，可快速识别接地故障线路。此外，部分先进系统还具备趋势分析功能，通过对历史数据的挖掘，预测设备老化、线路绝缘下降等潜在故障风险，实现故障的提前预警，为预防性维护提供依据。

（二）故障定位：精准锁定故障点

故障定位是故障处理的关键，直接影响后续处理效率。配网自动化技术主要通过馈线自动化（FA）与主站自动化两种方式实现故障定位。

馈线自动化无需主站系统干预，通过终端设备之间的协同实现故障定位。根据实现方式不同，可分为就地控制模式与集中控制模式。就地控制模式下，终端设备通过检测故障电流、电压等信息，自行判断故障位置，并通过相邻终端的通信实现故障定位与隔离，如重合器 - 分段器模式，重合器检测到故障后跳闸，分段器根据故障电流是否通过判断故障区段，实现定位与隔离；集中控制模式下，终端设备将故障信息上传至区域控制中心，控制中心对多个终端的故障信息进行综合分析，定位故障点。

主站自动化定位则依赖主站系统的故障诊断算法，结合终端上传的故障信息、设备状态等数据，通过拓扑分析、故障录波分析等方法精准定位故障点^[3]。例如，基于故障电流分布的定位算法，通过对比不同终端采集的故障电流大小与方向，锁定故障所在的线段；基于阻抗法的定位算法，通过计算故障点到终端设备的阻抗值，确定故障位置。随着人工智能技术的应用，部分系统引入神经网络、支持向量机等算法，通过训练历史故障数据，提高复杂故障场景下的定位准确性，如在多故障点、线路分支较多的复杂配网中，仍能实现精准定位。

（三）故障隔离：自动分隔故障区域

故障隔离是为避免故障扩大，保障非故障区域供电的重要环节。配网自动化技术通过远程控制开关设备实现故障区域的自动隔离，该过程与故障定位同步或紧随其后完成。

在馈线自动化就地控制模式下，故障定位完成后，终端设备可直接发出指令，控制故障区域两侧的开关设备跳闸，实现故障隔离。例如，分段器检测到故障后，会自动分闸，隔离故障区段，而重合器在跳闸后经过延时重合，恢复非故障区域供电。集中控制模式下，主站系统或区域控制中心在定位故障点后，通过通信网络向故障区域两侧的开关设备下发分闸指令，完成隔离。

开关设备的自动化水平是故障隔离的关键保障，配网自动化系统中常用的开关设备为智能真空断路器、负荷开关等，具备远程控制、状态反馈等功能，能快速响应系统指令，实现精准分合闸操作。故障隔离后，系统会将故障区域信息上传至主站，为检修人员提供明确的故障位置与范围，便于后续处理。

三、配网自动化技术在配电线路故障处理中应用的现存问题

（一）技术层面：兼容性与复杂场景适应性不足

一是系统兼容性问题。我国配网自动化建设历经多个阶段，不同时期建设的系统采用不同厂家的设备与技术标准，导致各系统之间数据格式、通信协议不统一，难以实现数据共享与协同运行。例如，早期建设的终端设备与新建主站系统无法正常通信，影响故障信息的传输与处理；二是复杂场景适应性不足。在山区、偏远地区等复杂地形，线路分布分散，通信信号不稳定，导致终端设备数据传输延迟或丢失，影响故障检测与定位准确性。此外，在多电源供电、线路分支密集的复杂配网中，故障电流分布复杂，传统定位算法易出现误判，影响定位精度。

（二）设备层面：终端设备可靠性与老化问题突出

终端设备是配网自动化系统的基础，其可靠性直接影响技术应用效果。部分地区由于建设资金有限，采用的终端设备质量参差不齐，运行稳定性差，易出现数据采集错误、指令响应延迟等问题。同时，早期安装的终端设备已运行多年，出现老化、性能下降等问题，无法适应新的运行需求。例如，部分老旧 FTU 不支持新型通信协议，无法与主站系统实现数据交互，导致故障检测与定位功能失效。此外，开关设备的可靠性也有待提升，部分智能开关在恶劣天气下易出现拒动、误动等情况，影响故障隔离与恢复效率^[4]。

（三）管理层面：运维体系与人员素质不匹配

配网自动化技术的高效应用需要完善的运维体系与高素质的专业人员支撑。目前，部分电力企业的运维管理体系仍停留在传统模式，缺乏针对配网自动化系统的专项运维制度，导致设备故障无法及时发现与处理。同时，运维人员素质参差不齐，部分人员对自动化系统的原理、操作流程不熟悉，无法快速排查系统故障，当自动化系统出现问题时，仍依赖传统人工方式处理，影响技术应用效果。此外，数据管理能力不足，主站系统积累大量运行数据，但缺乏有效的分析与挖掘手段，无法充分发挥数据的价值，难以实现故障的预测与预防性维护。

（四）成本层面：建设与升级成本较高

配网自动化建设涉及终端设备安装、通信网络搭建、主站系

统升级等多个环节，前期投入成本较高。对于经济欠发达地区的电力企业而言，资金压力较大，难以实现配网自动化的全面覆盖。同时，随着技术不断更新，现有系统需要定期升级改造，更换终端设备、优化主站算法等，后续运维成本也较高。部分企业为控制成本，选择简化建设方案，导致系统功能不完善，影响故障处理效果^[5]。

四、配网自动化技术在配电线路故障处理中的优化策略

（一）技术优化：提升兼容性与复杂场景适应性

一是统一技术标准与通信协议，推进配网自动化系统的标准化建设。国家层面应出台统一的技术规范，明确终端设备、通信网络、主站系统的数据格式与通信协议，确保不同厂家、不同时期的设备与系统能够兼容。电力企业在新建或升级系统时，应严格遵循标准，逐步替换不兼容的老旧设备；二是优化故障定位与诊断算法，提升复杂场景适应性。结合人工智能、大数据等新技术，开发更先进的故障诊断算法，如基于深度学习的故障定位模型，通过训练大量复杂场景下的故障数据，提高多故障点、复杂拓扑结构下的定位准确性。同时，针对偏远地区通信信号差的问题，采用光纤通信与无线通信相结合的方式，优化通信网络架构，提升数据传输的稳定性与实时性。

（二）设备升级：提高终端设备可靠性与智能化水平

一是加大设备研发投入，选择质量可靠、性能先进的终端设备。电力企业应与设备厂家合作，根据配网运行需求，定制化开发具备高稳定性、抗干扰能力强的 FTU、DTU、TTU 等终端设备，提升设备在恶劣环境下的运行可靠性。同时，推广采用智能化程度高的设备，如具备自诊断功能的终端设备，可实时监测自身运行状态，发现故障后自动告警；二是加快老旧设备更新换代，制定设备全生命周期管理计划，对运行年限长、性能下降的终端设备与开关设备进行逐步替换，确保系统整体运行效率。此外，加强设备出厂检验与现场调试，严格把控设备质量关。

（三）管理完善：构建专业化运维体系与提升人员素质

一是构建专业化的配网自动化运维体系，制定专项运维管理制度，明确运维流程、责任分工与考核标准。建立设备台账，对终端设备、开关设备、通信设备等进行全生命周期管理，定期开展巡检、维护与校准工作，及时发现并处理设备故障。同时，搭建运维管理平台，实现对运维工作的信息化管理，提高运维效率；二是加强人员培训，提升运维人员专业素质。制定系统的培训计划，定期组织运维人员学习配网自动化技术原理、系统操作流程、故障排查方法等知识，邀请技术专家开展现场指导。此外，开展技能竞赛、案例分析等活动，提升人员解决实际问题的能力，打造一支高素质的专业运维队伍。

（四）成本控制：优化建设方案与多元化资金投入

一是优化配网自动化建设方案，根据不同区域的负荷密度、供电重要性等因素，制定差异化的建设策略。对于城市核心区域、重要用户所在区域，采用功能完善的高配网自动化系统；对于农村、偏远地区等负荷较低的区域，采用简化版系统，重点实现故障检测与基本隔离功能，降低建设成本；二是拓展多元化资金投入渠道，除企业自有资金外，积极争取政府专项补贴、政策性贷款等资金支持，缓解资金压力。同时，加强成本管控，在设备采购、工程建设等环节，通过招标采购、集中建设等方式降低成本，提高资金使用效率。

五、结论

配网自动化技术在配电线路故障处理中发挥着关键作用，通过实时监测实现故障检测，借助馈线自动化与主站自动化实现精准故障定位，通过自动控制开关设备完成故障隔离，最终快速恢复非故障区域供电，大幅提升配电线路故障处理效率与供电可靠性。然而，该技术在应用过程中仍存在技术兼容性不足、设备可靠性不高、运维体系不完善、成本较高等问题，制约其应用效果的充分发挥。通过技术优化、设备升级、管理完善与成本控制等策略，可有效解决这些问题，提升配网自动化技术的应用水平。

参考文献

- [1] 国家电网有限公司. 配网自动化技术导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
- [2] 孙明. 配网自动化技术在故障定位中的应用研究 [J]. 电力系统自动化, 2019, 43(12): 145 - 150.
- [3] 赵千. 馈线自动化在配电线路故障处理中的实践与优化 [J]. 电力自动化设备, 2020, 40(8): 201 - 206.
- [4] 周柱. 智能电网背景下配网自动化技术发展趋势分析 [J]. 中国电力, 2021, 54(5): 89 - 95.
- [5] 陈佳. 配网自动化系统运维管理体系构建与实践 [J]. 电力安全技术, 2022, 24(3): 45 - 49.