

电力系统配网自动化故障定位技术优化研究

李杰民

江西铜业股份有限公司武山铜矿，江西 瑞昌 332204

DOI:10.61369/EPTSM.2025100012

摘要：在电力系统朝着智能化、自动化转型的背景下，配网作为连接电源与用户的关键环节，其故障处理效率直接影响供电可靠性与服务质量。配网自动化故障定位技术作为配网运维的核心支撑，其性能优劣决定了故障处置的及时性与准确性。然而，当前技术应用中仍面临拓扑适配不足、干扰抵御能力弱、多源数据融合不畅等问题，制约了配网故障处理水平的提升。本文在深入剖析技术应用中的关键问题，揭示问题产生的本质原因的基础上，针对性提出优化措施，希望能够为提升配网故障定位的精准性与高效性提供理论参考，推动配网自动化技术的高质量发展。

关键词：电力系统；配网自动化；故障定位技术；技术优化

Optimization of Fault Location Technology in Distribution Network Automation of Power System

Li Jiemin

Wushan Copper Mine, Jiangxi Copper Co., LTD., Ruichang, Jiangxi 332204

Abstract : As power systems transition toward intelligent and automated operations, distribution networks—serving as the critical link between power sources and consumers—play a pivotal role in ensuring reliable power supply and service quality through their fault handling efficiency. Distribution network automation fault localization technology, serving as the core infrastructure for network maintenance, determines the timeliness and accuracy of fault resolution through its performance. However, current implementations still face challenges such as inadequate topology adaptation, weak interference resistance, and inefficient multi-source data integration, which hinder the improvement of fault handling capabilities. This paper conducts an in-depth analysis of key technical issues, identifies their root causes, and proposes targeted optimization measures. The research aims to provide theoretical references for enhancing fault localization precision and efficiency in distribution networks, thereby promoting the high-quality development of distribution network automation technology.

Keywords : power system; distribution network automation; fault location technology; technical optimization

引言

21世纪以来，随着计算机技术的迅速发展，社会生产对电力资源的需求量增加，同时新技术的发展使配电网互动化、信息化、自动化成为可能，并朝着智能化方向发展，顺应了时代的要求。配电自动化是电力行业市场和经济发展的关键，配网自动化故障定位技术的发展有利于提高配网的效率和质量，促进配网自动化的长远发展。配网是电力系统面向用户的终端节点，配网状态直接影响到用户的用电体验以及社会的生产秩序，随着配网规模的扩大，分布式电源的不断接入，以及网络的结构越来越复杂，故障的概率和处理难度也越来越大。传统的故障定位方式主要是通过人工排查，时间短、准确率低，已经难以满足现代配网运维的需求。因此，深入研究配网自动化故障定位技术的优化路径，解决当前技术应用中的瓶颈问题，对提升配网运维水平、保障电力系统稳定运行具有重要的现实意义。

一、电力系统配网自动化故障定位技术的应用问题

(一) 拓扑适配能力不足，动态场景定位失准

配网拓扑结构是故障定位算法的重要依据，目前大部分定位

技术都运用了静态拓扑模型，不能适应配网拓扑结构的实时变化。大量分布式电源接入配网后，配网由原来的单电源辐射网变为多电源复杂网，拓扑结构因电源出力的变化而改变，但静态拓扑模型不能实时更新拓扑信息，导致故障定位时产生逻辑判断错

作者简介：李杰民（1991-），男，江西新余人，本科，电气助理工程师，研究方向：电气自动化。

误^[1]。此外，配网线路的临时检修、开关的人工操作等也会造成拓扑结构动态调整，静态模型无法及时捕捉这些变化，使得定位算法基于过时的拓扑信息运算，进而出现定位范围偏差或误判的情况，增加故障排查的冗余工作量。

(二) 干扰因素抵御薄弱，数据采集精度偏低

配网运行环境复杂，各种干扰会影响故障定位数据采集精度，从而降低定位准确度。配网线路分布范围较广，容易受到天气、地形、电磁等因素的影响，雷雨天的电磁干扰会导致故障电流、电压数据发生畸变，树木遮挡导致的信号衰减会影响无线通信数据的传输，配网设备因自身老化、接触不良等问题会产生自身的干扰会导致采集到的故障信息存在误差，在数据传输过程中，信道噪声、信号延迟等问题会导致数据的失真。这些干扰会使得故障定位系统采集到的电流、电压、开关状态等关键数据存在偏差，算法基于不准确的数据来进行分析，将会导致定位结果出现偏差，降低故障处理效率^[2]。

(三) 多源数据融合不畅，信息利用效率不高

目前配网自动化故障定位系统中，数据来源的多源化特点决定需要从故障录波数据、馈线终端单元数据、用户用电数据、设备状态监测数据等多种类别的数据中获取信息，各类数据单独存储在不同的运维系统内，其数据格式、采样频率、通信协议等均不尽相同，没有统一的数据融合标准与平台对多源数据进行融合处理，也就难以将各种类别的数据有效结合起来。此外不同系统间数据无法高效互通，导致故障分析时难以全面调用多维数据，仅依赖单一数据源易造成定位片面性。

(四) 老旧设备兼容性差，技术适配存在瓶颈

配网系统中有一些运行年限比较长的老旧设备，在设计时没有考虑现在的自动化定位技术所使用的通信协议和数据接口标准，所以它们不能够直接对接新的故障定位终端、数据采集装置，也就不能主动上传一些运行状态以及故障的相关数据。对于新系统来说，在对这些老旧设备进行数据采集的过程中可能会由于协议的不一致造成新系统的数据采集发生错误，从而影响到定位算法的数据输入，同时这些老旧设备自身硬件无法承担动态拓扑更新、多源数据预处理等这么高的计算量，即便是通过外部改造的方式接入到新的系统当中，在实际的应用过程中依然会因为响应滞后、数据处理能力不足而成为技术应用的瓶颈。不同的老旧设备其不同的生产批次，不同的设备有不同的规约，即使设备的硬件一样但是不同的设备可能使用的规约不同。针对这些规约没有相关标准，所以在进行适配改造的时候很难将这些老旧设备完全的与新系统相互融合，还有一部分老旧设备因为改造价值较小长期闲置或勉强度过。

二、电力系统配网自动化故障定位技术的优化措施

(一) 构建动态拓扑模型，实现拓扑实时更新

为解决拓扑适配不足的问题，可以基于实时数据建立动态拓扑模型，实现拓扑信息的自动更新和适配。核心在于以动态化思维打破静态模型的局限，通过实时数据采集与智能算法结合，确

保拓扑信息与配网实际运行状态同步。故而可利用图论中图的概念进行拓扑建模，把配网设备映射成为节点，把线路映射成为边，构造动态拓扑图^[3]。此外利用智能监测终端，能够在配网的关键节点上部署拓扑管理终端，实时采集开关状态、设备运行参数等信息，当配网拓扑结构发生变化（例如开关动作、分布式电源接入/退出），拓扑管理终端将变化的信息实时发送到拓扑管理平台，拓扑管理平台采用深度优先搜索算法对拓扑图进行动态更新，保障拓扑信息与实际运行状态一致^[4]。

(二) 优化抗干扰处理机制，提升数据采集质量

基于硬件优化及算法改进，从以下几个方面建立抗干扰处理机制，提高数据采集的精度：一是硬件上选用具有抗电磁干扰功能的采集终端，采用差分信号传输代替传统的单端传输，降低电磁干扰对数据传输的影响；在终端电源模块增加滤波电路，滤除电网波动引起的噪声^[5]。二是算法上对采集的数据做多方面的抗干扰处理，首先是运用卡尔曼滤波算法对原始数据进行预处理，剔除数据中的随机噪声，使滤波精度达到95%以上。在此基础上建立干扰识别模型，根据数据波动特性识别雷雨、谐波等干扰类型，并利用相应的补偿算法对数据进行修正；最后采用数据一致性校验机制，比对同一故障点不同终端采集的数据，排除错误数据。通过软硬件结合优化，有效地抵御各种干扰因素，保证故障定位数据的可信度^[6]。总之，供电可靠性是衡量电力系统服务质量的重要指标，及时、准确地开展故障定位能够有效缩短停电时间。配网自动化故障定位技术是在实时采集配网运行数据的基础上，利用自动化设备和算法快速定位到故障点，避免了传统的人工逐段排查故障的方式，大幅缩短了故障识别时间。在故障发生之后，几分钟内即可以锁定故障范围，并为运维人员提供精确的故障位置信息，以便运维人员能直接前往故障点开展抢修工作，提高故障抢修的速度，及时完成故障定位与处理，减少故障查找时间以及故障维修时间，将用户的停电时间降到最低^[7]。

(三) 搭建多源数据融合平台，强化信息整合利用

为解决多源数据割裂问题，搭建统一的多源数据融合平台，以标准化建设为基础，以架构优化为支撑，以智能分析为核心，打破数据孤岛实现信息高效整合。理论关键路径就是标准化整合及智能化分析来达成信息资源的充分利用，在其上，数据治理思想要求建立全域数据标准体系，在统一影响下做到同义词的统一，例如定义统一的故障录波、馈线终端装置、用户用电等元数据，确定统一的时间戳和质量度量等；其次是分布式存储、集中式治理的系统架构模式，以分布式的架构满足多源数据海量存储的需求，利用集中式的治理模块完成对数据的统一接入、清洗和校验，确保数据源头质量；再次是基于数据源可靠性的权值分配以及根据故障定位场景中不同数据置信度差异设置权重系数，并运用深度学习模型建立特征关联网络，完成暂态数据和稳态数据、设备数据和用户数据之间的关联，并利用该关联信息完成故障信息的交叉验证和互补，以打破数据孤岛，提高故障定位的全面性和可靠性^[8]。

(四) 推进设备升级改造，提升系统兼容性能

推进设备升级改造提高兼容性，实际上就是为完成老旧设备

数字化转型与新系统技术体系适配的系统工程，要按照“分类施策、梯度推进、生态协同”的理论逻辑来实施。首先根据设备生命周期管理理论，建立设备兼容性评估体系，按照设备使用年限、技术性能和改造潜力，采取淘汰更换、升级改造和保留适配三种方式，既不能浪费资源也不能让其造成技术冗余^[9]。其次对于没有改造价值的老旧设备，主要是利用数字代替其功能，并且新的设备的通信协议、数据接口、自动化定位系统的有关技术规范要达到相互兼容的目的，形成“硬件－软件－协议”的全链条适配。对于有改造价值的设备，应当采用模块化升级的方式，在上面加装一些标准化的数据采集、通信模块等，使其可以接入到数字网，再就是通过固件升级方式来保证设备可以做到向上兼容，这样就可以大大降低改造的成本^[10]。此外构建设备兼容保障体系，在技术标准上明确规定新设备准入的兼容性要求，并建立设备全生命周期的兼容性监测机制，实现设备选型、投运、运维全生命周期与系统间的适应，从而为自动化故障定位技术的全面推广铺平道路。

三、结论

总体而言，配网自动化故障定位技术是配网安全稳定运行的重要保障，对配网自动化故障定位技术进行优化升级是电力系统高质量发展的必然要求。在配网智能化转型大环境下，技术应用价值日益突显，但是配网自动化故障定位技术还存在着拓扑适配难、抗干扰能力弱、多源数据难以融合以及二次设备互相不兼容等问题。通过分析其应用价值可以进一步明确其在供电可靠性保障、提高运维工作效率以及支撑配网智能化转型方面的优势；从应用中存在的问题出发寻找配网自动化故障定位技术未来发展的瓶颈所在，并从构建动态拓扑、抗干扰优化、多源数据融合和设备升级四个方面给出相应解决措施，为配网自动化故障定位技术的优化提供有效路径，推动配网自动化故障定位技术向着更加精准、更加快速和更加智能的方向发展。

参考文献

- [1] 于凯宇,冯宇薪.多源信息融合的配网自动化故障定位与隔离技术[J].智慧中国,2025,(S1):70-71.
- [2] 张文馨.面向电力系统自动化的智能故障诊断技术应用[J].电力设备管理,2025,(06):53-55.
- [3] 钟嘉敏.基于配网自动化开关的线路故障定位研究[J].电器工业,2024,(12):20-23.
- [4] 文博.基于配网自动化技术的配电线路故障处理要点[J].张江科技评论,2024,(08):69-71.
- [5] 肖永军.基于配网自动化的故障处理技术研究[J].光源与照明,2024,(04):83-85.
- [6] 王琳.电力系统配电自动化及其故障处理[J].仪器仪表用户,2024,31(02):89-91+94.
- [7] 刘亚,吴浩然.电力系统配电自动化及其故障处理[J].家电维修,2023,(11):60-64.
- [8] 陆佳.电力系统配电自动化现状及其故障的处理策略[J].现代工业经济和信息化,2023,13(10):296-297.
- [9] 唐运东.电力系统配电自动化故障应对与优化[J].光源与照明,2023,(04):180-182.
- [10] 徐昕远,钟得晖.配网自动化系统线路故障定位[J].现代工业经济和信息化,2021,11(11):139-140.