

配电线路故障快速定位与抢修策略优化

范俊楠 宋云珊

杭州大有供电服务有限公司桐庐白云源分公司 浙江 杭州 311500

摘要: 配电线路故障严重影响供电可靠性。当前故障定位技术多样但存在局限,单一定位技术难以满足需求。本文提出优化方向,包括多源定位技术融合、智能传感与通信技术升级等。同时,从抢修流程标准化、资源优化配置、技术创新应用、多主体协同机制构建、抢修管理体系完善与运维前置等方面,对配电线路故障抢修策略进行优化,以提升故障处理效率与供电可靠性。

关键词: 配电线路;故障定位;抢修策略;优化路径;供电可靠性

引言: 配电线路作为电力传输的关键环节,其稳定运行对保障社会生产生活意义重大。然而,受多种因素影响,配电线路故障频发,且故障类型多样、诱因复杂,给故障定位与抢修带来挑战。现有的故障定位技术各有优劣,难以全面适应复杂故障场景,抢修策略也存在诸多不足。因此,深入探究配电线路故障快速定位与抢修策略优化路径,成为提升供电可靠性、保障电力稳定供应的迫切需求。

1 配电线路故障特性与定位技术现状

配电线路故障类型多样,主要包括短路故障、接地故障、断线故障等,不同故障类型的特征与产生机理存在显著差异。短路故障多由线路绝缘破损、异物搭接等引发,故障电流突变明显;接地故障分为单相接地、两相接地等,在中性点不接地系统中易出现电弧接地现象;断线故障多与线路老化、张力失衡相关,易导致供电中断。故障产生的诱因具有复杂性与随机性,气象因素如雷雨、大风、覆冰等,环境因素如树木倒伏、施工机械碰撞,以及设备自身老化、材料缺陷等,均可能引发故障。当前主流故障定位技术包括阻抗法、行波法、暂态信号分析法及基于物联网的定位技术。阻抗法基于线路阻抗与距离的线性关系实现定位,成本较低但易受线路参数、负荷变化影响,定位误差较大;行波法利用故障产生的暂态行波传播特性定位,响应速度快、精度较高,但对信号采集设备要求严格,在分支线路中应用效果受限;暂态信号分析法通过提取故障暂态特征量实现定位,适用于复杂故障场景,但易受干扰信号影响;基于物联网的定位技术借助传感器、通信网络实现故障信息实时采集,提升定位时效性,但存在设备部署成本高、偏远区域通信稳定性差等问题。各类技术的局限性与应用场景的复杂性,导致单一定位技术难以满足不同故障类型的快速定位需求^[1]。

2 配电线路故障定位技术优化方向

2.1 多源定位技术融合应用

单一定位技术难以适配复杂的配电线路故障场景,通过多源定位技术的融合应用,可实现优势互补,提升定位精度与适应性。基于阻抗法与行波法的融合,利用阻抗法实现故障区域的初步界定,缩小定位范围,再通过行波法对故障点进行精准定位,有效降低线路分支、负荷变化对定位结果的影响;结合暂态信号分析法与物联网技术,通过物联网设备实时采集线路暂态电流、电压信号,利用暂态信号分析算法提取故障特征,实现故障类型与故障点的同步识别。多源定位技术融合需解决不同技术间的数据接口兼容、数据同步处理等问题,通过构建统一的数据融合平台,实现各类定位数据的整合分析,提升定位决策的科学性与准确性。

2.2 智能传感与通信技术升级

智能传感设备是提升故障定位时效性的基础,需优化传感设备的部署与性能。在配电线路关键节点、易故障区域增设高精度智能传感器,实现线路电流、电压、温度、绝缘状态等参数的实时监测,当线路发生故障时,传感器可快速捕捉故障信号并上传至控制中心;升级传感设备的感知精度与抗干扰能力,提升在复杂气象环境、强电磁干扰场景下的信号采集稳定性。通信技术方面,构建“光纤通信+无线通信”的混合通信网络,核心区域采用光纤通信保障数据传输的高速与稳定,偏远区域利用5G、LoRa等无线通信技术弥补光纤覆盖不足的问题,实现故障信息的实时传输,为故障快速定位提供通信支撑^[2]。

2.3 故障信号处理算法优化

故障信号的有效提取与分析是提升定位精度的关键,需针对现有算法的不足进行优化升级。针对暂态信号中干扰信号多的问题,引入小波变换、经验模态分解等信号去噪算法,实现故障信号与干扰信号的有效分离,提

升故障特征量提取的准确性；基于机器学习算法构建故障定位模型，通过大量故障数据训练模型，提升模型对不同故障类型、不同故障场景的适配能力，实现故障点的精准定位。同时，利用边缘计算技术，在靠近故障点的终端设备上完成部分信号处理工作，降低数据传输压力，提升定位响应速度。

2.4 定位系统智能化升级

构建智能化故障定位系统，整合数据采集、信号分析、定位决策、结果展示等功能，实现故障定位的全流程自动化。系统应具备故障类型自动识别功能，通过分析采集的故障信号，快速判断故障类型并匹配对应的定位算法；具备可视化展示功能，结合地理信息系统，将故障点位置精准标注在电子地图上，为抢修人员提供直观的位置指引；具备故障预警功能，通过对线路运行参数的实时监测与趋势分析，提前识别潜在故障隐患，实现从“故障后定位”向“故障前预警”的转变，降低故障发生概率。

3 配电线路故障抢修策略优化

3.1 抢修流程标准化与流程再造

传统抢修流程存在环节繁琐、响应滞后、责任划分不清晰等问题，需通过标准化梳理与流程再造提升抢修效率。首先，制定标准化的抢修流程规范，明确故障接报、定位确认、抢修派单、现场抢修、供电恢复等各环节的操作标准、时间要求与责任主体，确保抢修工作有序推进；简化冗余环节，构建“接报-定位-派单-抢修-验收”的闭环高效流程，减少中间流转时间。其次，推行抢修流程的数字化转型，利用抢修管理信息系统实现故障信息的实时共享与流程的线上管控，故障接报后自动同步定位结果与线路相关信息，自动匹配最优抢修队伍并完成派单，实现抢修流程的全流程可追溯、可管控。同时，建立流程优化评估机制，定期分析抢修流程各环节的耗时情况与存在的瓶颈，持续优化流程设计，提升流程运行效率^[3]。

3.2 抢修资源优化配置

在配电线路故障抢修中，引入先进技术与设备是提升智能化水平与操作效率的关键。推广带电抢修技术，在严格遵循安全条件的前提下，采用带电作业方式开展故障抢修。此方式可有效避免停电对用户生产生活造成的不便，减少经济损失。同时，针对不同故障类型，对带电抢修的操作流程进行精细化优化，并强化安全保障措施，如完善绝缘防护装备、加强现场安全监护等，从而提升带电抢修的适用性与安全性，扩大其应用范围。

应用无人机巡检与抢修辅助技术，为故障抢修带来

极大便利。利用无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备，能快速对故障区域进行全方位巡检，精准识别故障点细节，如线路破损位置、异物搭接情况等，为抢修人员提供准确信息。在复杂地形，如山区、沼泽地，或高空作业场景中，无人机可完成物资运输、线路牵引等辅助工作，避免抢修人员攀爬杆塔或进入危险区域，降低作业风险，显著提升抢修效率。

采用模块化抢修技术，针对配电线路中的标准化部件，提前预制模块化抢修组件。故障发生后，抢修人员可直接更换模块化组件，替代传统的现场拆解、维修方式，大幅缩短抢修时间，提高供电恢复速度。此外，利用数字孪生技术构建配电线路虚拟模型，将故障点的实时数据与虚拟模型对接，模拟抢修过程，通过数据分析预测抢修效果，优化抢修方案，使抢修决策更具科学性与合理性，进一步提升抢修工作的质量和效率。

3.3 抢修技术创新应用

在电力抢修领域，积极引入先进技术与设备，是提升现场抢修智能化水平与操作效率的关键举措。带电抢修技术的推广应用，为减少停电影响提供了有效方案。在确保安全条件满足的情况下，采用带电作业方式开展故障抢修，能最大程度避免停电给用户带来的不便。针对不同故障类型，对带电抢修的操作流程进行优化，细化每一个步骤，确保操作规范有序；同时，强化安全保障措施，从人员防护到设备检测，全方位保障作业安全，从而提升带电抢修的适用性与安全性，让更多故障能在不停电状态下得到处理。

无人机巡检与抢修辅助技术大显身手。无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪等先进设备，可迅速对故障区域展开巡检，凭借高清成像与热成像技术，精准识别故障点细节，哪怕是隐蔽的故障也无所遁形。在复杂地形，如山区、沼泽，或高空作业场景中，无人机能完成物资运输、线路牵引等辅助工作，有效降低抢修人员的作业风险，避免人员因复杂环境而面临危险，同时大幅提升抢修效率，缩短抢修时间。

模块化抢修技术带来了抢修方式的革新。针对配电线路中的标准化部件，提前预制模块化抢修组件。故障发生时，无需进行传统的现场拆解、维修，直接更换模块化组件即可，大大缩短了抢修时间，提高了抢修的及时性。

此外，利用数字孪生技术构建配电线路虚拟模型，将故障点的实时数据与虚拟模型对接，通过模拟抢修过程，提前发现潜在问题，优化抢修方案，使抢修决策更具科学性与合理性，为高效抢修提供有力支撑^[4]。

3.4 多主体协同抢修机制构建

配电线路故障抢修涉及多个主体,需构建高效协同的抢修机制,实现各主体间的信息共享与联动配合。建立供电企业内部的协同机制,加强运维部门、抢修部门、调度部门、营销部门等之间的沟通协作,故障发生后,调度部门及时下达停电与供电恢复指令,运维部门提供线路技术参数与历史故障数据,抢修部门负责现场抢修,营销部门及时向用户反馈抢修进度,形成内部协同闭环。构建与外部相关单位的协同机制,加强与气象部门的合作,及时获取气象预警信息,提前做好应急抢修准备;加强与交通部门的协作,保障抢修车辆的通行顺畅;加强与通信部门的配合,确保抢修过程中通信网络的稳定;加强与社区、物业等单位的联动,提升故障现场的通行权限与群众配合度。建立协同信息共享平台,整合各主体的相关信息,实现故障信息、抢修进度、资源状态等信息的实时共享,为多主体协同决策提供数据支撑。同时,建立协同考核机制,明确各主体的协同责任与考核标准,提升协同配合的积极性与主动性。

3.5 抢修管理体系完善与运维前置

完善的抢修管理体系是保障抢修工作规范化、高效化开展的重要支撑,需从管理制度、考核机制、应急预案等方面进行强化。管理制度方面,制定完善的抢修应急预案,针对不同类型的故障场景(如恶劣天气引发的大面积故障、单一线路局部故障等),制定差异化的应急抢修方案,明确应急响应流程、抢修力量部署、资源调配方案等;建立抢修工作标准化操作手册,规范抢修人员的操作行为,提升抢修工作的规范性与安全性。考核机制方面,建立以抢修效率、供电恢复时间、用户满意度为核心的考核指标体系,将考核结果与抢修人员的绩效直接挂钩,激励抢修人员提升工作效率与服务质量;定期

开展抢修工作复盘总结,分析抢修过程中存在的问题与不足,提出改进措施,持续提升抢修管理水平。应急保障方面,加强应急演练,定期组织不同场景下的抢修应急演练,提升抢修队伍的应急响应能力与协同配合能力;建立应急供电保障机制,配备应急发电车、应急储能设备等,在故障抢修期间为重要用户提供临时供电,降低停电影响。同时,推行运维前置策略,通过加强线路日常巡检维护、设备状态监测、隐患排查治理等工作,提前消除线路运行隐患,降低故障发生概率,从源头减少抢修工作压力^[5]。

结语:配电线路故障快速定位与抢修策略优化是一项系统性工程。通过多源定位技术融合、智能传感与通信技术升级等举措,可提升故障定位的精度与速度;从抢修流程、资源配置、技术创新、协同机制、管理体系等多方面优化抢修策略,能有效提高抢修效率。这些优化措施相互配合,有助于降低故障发生概率,缩短故障处理时间,为电力系统的稳定运行和社会的正常用电提供有力保障。

参考文献:

- [1]张春昕.输配电线路故障快速定位技术优化策略研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(10):093-096.
- [2]徐思,黄太阳,何贝.10kV配电线路故障快速响应策略研究[J].中国科技纵横,2025(19):93-95.
- [3]钟剑,陈晨,张昊辰.极端天气下配电网信息物理耦合故障快速恢复策略[J].电力系统自动化,2025,49(19):99-112.
- [4]吴龙腾,郭乾,吴杰康.台风灾害中配电网故障抢修策略[J].山东电力技术,2025,52(3):49-58.
- [5]戴彦文,曾旭文,朱启凌.配电网电缆线路故障检测及故障源定位研究[J].光源与照明,2025(1):96-98.