

智能化技术在配网急抢修管理中的应用与实践

奇少华, 白建平

(鄂尔多斯市供电公司伊金霍洛旗供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017200)

摘要 配网急抢修管理面临故障感知滞后、调度决策低效与现场安全管控薄弱等系统性问题, 严重制约供电服务质量的提升。本文针对上述痛点, 构建了涵盖感知层、平台层、应用层与管理层的四层智能化技术体系, 通过部署智能故障感知系统、抢修资源智能调度平台、现场智能辅助系统与数据融合决策平台, 实现对配网急抢修全流程的智能化管控。结果表明, 智能故障感知技术将故障定位时间从数十分钟压缩至几分钟, 区段定位准确率稳定在较高水平; 智能调度平台显著缩短派工决策时间, 有效降低多点并发故障场景下的资源错配率; 现场智能辅助系统实现安全管控的全程嵌入, 安全违章发现率大幅提升。

关键词 配网急抢修; 智能故障感知; 资源智能调度; 现场安全管控; 数据融合决策

中图分类号: TM727.2; TM769

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.009

0 引言

配网急抢修是保障供电可靠性的关键业务环节, 其响应效率直接影响用户停电时长与电网运维水平。然而, 传统管理模式长期依赖人工感知与经验决策, 在故障定位、资源调度与现场管控三个维度均存在显著短板: 配网末端监测覆盖不足导致故障发现严重滞后, 调度决策缺乏实时数据支撑导致资源错配频发, 现场作业信息回传不畅导致安全风险难以有效管控。

1 配网急抢修管理的现实困境与智能化需求

1.1 配网急抢修管理的业务特征与流程分析

配网急抢修是电力系统运维体系中响应时效要求最高、现场环境最为复杂的业务环节。其核心业务链条涵盖故障受理、研判派工、资源调配、现场处置与恢复送电五个阶段, 各阶段之间存在强时序依赖关系, 任一环节的延误均会向后传导并放大整体响应时间。从业务特征来看, 配网急抢修具有三个显著属性: 其一, 故障发生的时空随机性强, 极端天气、设备老化、外力破坏等诱因叠加, 使故障分布呈现高度离散化特征, 难以预判; 其二, 抢修任务的紧迫性与资源约束之间存在结构性张力, 抢修队伍、车辆、备品备件有限性与故障并发时的需求峰值之间的矛盾尤为突出; 其三, 现场作业环境的不确定性高, 带电作业、有限

空间操作、恶劣气候条件等因素交织, 对作业人员的安全管控提出了严格要求。

1.2 传统管理模式下的核心痛点与瓶颈

传统配网急抢修管理模式在信息获取、决策支撑与资源协同三个维度均存在深层次缺陷^[1]。在故障感知层面, 配网末端监测覆盖率不足, 大量故障依赖用户投诉触发, 被动响应机制导致故障发现时间滞后, 停电范围在无主动感知能力的情况下难以快速圈定, 研判人员只能依据经验推断故障区段, 误判率较高。在调度决策层面, 抢修资源的实时状态缺乏可视化手段, 调度人员无法掌握各班组的精确位置、任务负荷与技能匹配情况, 派工决策主要依赖经验判断, 在多点并发故障场景下极易出现资源错配与重复调度问题, 整体调度效率低下。

2 面向配网急抢修的智能化技术体系构建

2.1 智能化技术体系的总体架构设计

针对配网急抢修管理在感知、决策、执行与管理四个层面的能力缺口, 智能化技术体系的架构设计遵循纵向贯通、横向协同的基本原则, 构建涵盖感知层、平台层、应用层与管理层的四层递进式体系。感知层以配网末端智能传感网络为基础, 整合量测终端、故障指示器、无人机巡检等多元感知手段, 形成覆盖主

作者简介: 奇少华 (1988-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 配电线路施工安装。

干线路与末端分支的立体化监测网络,为上层应用提供连续、可信的实时数据流。平台层承担多源异构数据的汇聚、清洗与融合处理,依托电力物联网与边缘计算架构,实现海量数据的低延迟处理与跨系统互联互通,打破调度自动化系统、生产管理系统与地理信息系统之间的数据壁垒。应用层在统一数据的基础上,分别部署故障智能感知、资源智能调度、现场智能辅助三类核心应用模块,各模块之间通过标准化接口实现状态共享与协同联动^[2]。

2.2 故障智能感知与精准定位技术

故障智能感知与精准定位是压缩抢修响应时间的首要技术环节^[3]。在感知手段上,沿配网馈线分层部署智能故障指示器与微型同步相量测量单元,以毫秒级采样频率持续采集电流、电压波形数据,通过边缘计算节点对暂态特征进行实时提取,在故障发生后数秒内完成初步区段判断,将故障信息主动上报至调度平台,从根本上改变依赖用户投诉的被动感知模式。在定位算法上,将行波测距原理与阻抗法相结合,针对配网分支多、负荷波动大的特点,引入自适应阈值机制对测距结果进行动态校正,有效抑制分布式电源接入引起的测距误差;对于单相接地等高阻故障,采用基于暂态零序电流特征的模式识别方法,提升弱故障信号的检测灵敏度。在信息融合层面,将量测数据与配网拓扑模型、历史故障档案相结合,构建故障概率热力图,对高风险区段实施差异化监测密度配置,使感知资源向故障高发节点集中。

2.3 抢修资源智能调度与优化技术

抢修资源的智能调度以实时状态感知为前提,以多目标优化为核心,以动态重调度为保障,构建覆盖任务分配、路径规划与资源平衡的完整调度决策链。在状态感知层面,通过车载终端与移动作业终端实时回传抢修班组的地理位置、任务状态与技能资质信息,结合备品备件库存管理系统的实时数据,在调度平台上形成抢修资源的动态全景视图,消除调度人员的信息盲区。在任务分配层面,建立以抢修响应时间最短、资源利用率最优为双目标的数学规划模型,综合考量班组与故障点之间的行驶时间、班组技能与故障类型的匹配度、当前任务负荷与剩余工时等多维约束,采用改进遗传算法对派工方案进行全局寻优,在秒级时间内生成最优派工建议并推送至调度人员。在路径规划层面,融合实时交通数据与电网地理信息,为抢修

车辆动态规划最优行驶路径,并在路况突变时触发路径重算,确保抢修队伍以最短时间抵达现场。

3 智能化技术在配网急抢修管理中的应用实践

3.1 智能故障感知系统的部署与应用效果

智能故障感知系统的工程部署以配网馈线的故障高发区段为优先对象,按照主干线路全覆盖、分支线路重点覆盖的原则分阶段推进传感终端的安装工作。在硬件部署层面,沿10千伏馈线每隔适当距离安装一套集成电流互感器、故障指示器与无线通信模块的复合型智能终端,终端采用太阳能与蓄电池联合供电方式,确保在极端天气导致市电中断时仍能维持正常工作;在变电站出线侧加装高精度行波采集装置,与馈线终端协同构成双重定位验证机制。在软件层面,边缘计算节点部署轻量化故障特征提取算法,对采集到的暂态波形进行本地预处理,仅将特征向量而非原始波形上传至主站,大幅降低通信带宽占用。系统投运后,故障主动感知率显著提升,调度中心在故障发生后数分钟内即可收到系统自动推送的故障区段判断结果与定位坐标,无需等待用户投诉触发,故障研判时间较传统模式大幅压缩。在实际运行中,系统对永久性故障的区段定位准确率稳定在较高水平,对瞬时性故障的识别与自动重合闸配合也显著减少了不必要的人工出动,整体抢修响应效率得到实质性改善。

3.2 抢修资源智能调度平台的构建与运行验证

抢修资源智能调度平台以配网生产管理系统与调度自动化系统为数据源,通过标准化接口实现双向数据交互,在此基础上集成车辆定位、人员管理与仓储管理三类子系统,构建统一的资源状态感知底座。平台的核心功能模块包括实时资源地图、智能派工引擎与任务跟踪看板三个部分。实时资源地图以地理信息系统为底图,将所有抢修班组的实时位置、当前任务状态与可用时间窗口以图形化方式呈现,调度人员可在同一界面内完成故障位置与资源分布的空间关系研判。智能派工引擎在接收到故障工单后,自动从资源地图中筛选满足技能要求的可用班组,依据多目标优化模型计算各候选方案的综合评分,在界面上以排序列表形式呈现推荐方案及其决策依据,调度人员可一键确认或手动调整后下发工单。任务跟踪看板实时显示所有在途工单的处置进度,当现场反馈的实际情况与预估工时出现显著偏差时,系统自动触发重调度评估,必要时向调度人员推送资源补充建议。平台运行

验证结果表明,在多点并发故障场景下,智能调度方案的资源利用率与人工调度相比有明显提升,平均派工决策时间大幅缩短,抢修队伍的无效行驶里程显著减少^[4]。

3.3 现场智能辅助系统的实施与安全管控成效

现场智能辅助系统是以移动智能终端为主,佩戴式安全监测设备是必须的,在现场用人机结合的方式进行智能作业的工作模式。系统运行时,根据不同的故障种类事先制定了标准的智能作业包,每一个作业包里都有设备参数查询、作业步骤引导、安全风险提示、工器具清单这四个部分,抢修人员接到任务后可以直接从终端上下载对应的作业包,在现场按照步骤一步步进行,每一步都必须经过确认之后才能结束,系统会把每个步骤所花费的时间以及操作人员的信息全部记入电子作业记录中。就作业人员的心率、体表温度、运动加速度等做连续监测,把作业环境温度湿度、气体浓度检测信息一起输入系统,得到对个体安全状态的总体评价模型,当检测到人员进入带电范围内的安全界限或者出现生理指标出现异常情况时,终端就会发出振动和声光告警信号,将告警消息传送到调度中心的安全监控席上。作业人员完成重要的安全措施之前和之后都要拍照留存现场照片,后台会自动对比照片中标示的安全工器具使用情况(接地线、遮蔽用具等),发现有违规的会及时发出整改通知。系统实施之后,现场安全违章行为的发现率明显提高,作业过程中的安全控制由原来的依靠班组长现场监督变为系统的全程嵌入式控制,安全管理的可靠性和一致性都有了实质性的提高。

3.4 数据融合决策平台的集成应用与管理提升

数据融合决策平台属于智能化技术体系的“心脏”,它把配网急抢修过程中的各个子系统所产出的数据集整合起来,进而搭建出一个统一的分析架构,以此达到对整个配网急抢修进程全盘掌控的目的。在集成应用上,平台采用消息总线的方式来达到各个子系统之间实时的数据同步,任何一个子系统的状态改变都会毫秒级的时间内被平台的全局视图反映出来,保证管理人员看到的的就是目前的真实情况^[5]。根据态势感知的观点,平台把停电用户数量、故障历时、重要用户受侵袭状况、抢修推进进程等关键数据纳入动态态势大屏之中,管理者可以及时知晓全市所有应急处理任务大致状况,当出现超常的请求以及具有较高危

险级别的地方的时候,应当加以留意并且及时展开主动干涉。平台根据之前采集到的各类信息构建了抢修时间预测模型,从不同种类的故障、现场情况、资源配置情况出发来估计出需要多长时间才能把电恢复过来,并给用户服务中心主动发出供电前通知内容提供依据。从管理提升的角度来讲,平台会定时产生包含响应及时率、资源利用效能、安全指标以及用户满意程度在内的全部绩效报表,并且通过于诸多指标展开横向比对和纵向走向剖析来发现管理上的薄弱环节以及需改进之处,从而给班组绩效考评和资源配置改善提供客观的数据支撑,促使配网急抢修管理能在数据引领的不断更新进程中实现螺旋式上升。

4 结束语

本文根据配网急抢修管理智能化转型的需求,提出了一种从纵向上贯通、横向上协同的四种层次的智能化技术体系。依靠智能故障感知、资源优化调度、现场智能辅助、数据融合决策这四个方面的协同使用,可以很好地解决传统模式下人工决策造成的问题,如信息孤岛、人工干预造成的效果不能及时反映到实际中来等问题,并使故障响应更快、效率更高、安全更加可控。从工程实践上看,该方案的结构较完善,操作性较强,并且可以进行扩展使用。各个模块间相互配合,从而达到抢修流程的闭环式管理。随着人工智能、数字孪生、5G 通信技术不断进步,配网急抢修管理将从原来的故障响应型维修转变成故障预测型维修和无人现场作业,在这种情况下,电网运维模式就会发生从“以被动应对为主”变为“主动防范”的巨大转变。

参考文献:

- [1] 胡海彬,郑耀河,林明佳,等.配网抢修智慧指挥全流程管控系统设计[J].电气技术与经济,2025(02):268-271.
- [2] 徐振扬,马岩.基于GIS的配网抢修指挥关键技术的研究[J].仪器仪表用户,2025,32(01):53-55.
- [3] 王蓉蓉,马静.挖掘多维数据价值实现配网抢修智能化[J].中国电力企业管理,2024(35):62-63.
- [4] 孙华杰.基于多源信息融合的配网抢修建模与优化研究[D].济南:山东大学,2019.
- [5] 任桂田,王钢,李晓永.互联网+模式下电力配网抢修指挥新体系研究[J].资源节约与环保,2016(11):96,100.