

配电网故障自动隔离与恢复技术应用分析

柯继涛

江西孚泰电力有限公司 江西 南昌 330000

摘要：随着智能配电网建设推进，配电网故障自动隔离与恢复技术愈发关键。本文深入剖析该技术，阐述故障自动隔离与恢复技术原理、构成及实现路径，梳理应用流程涵盖故障识别、定位隔离、供电恢复等环节。同时，从技术本身、应用流程、支撑条件三方面提出优化方向，以提升技术精准性与高效性，保障配电网安全稳定运行，增强供电可靠性，为智能配电网发展提供有力支撑。

关键词：配电网；故障自动隔离；故障自动恢复；应用流程；优化方向

引言：在电力需求持续增长、用户对供电质量要求不断提高的背景下，配电网的安全稳定运行至关重要。配电网故障不仅影响用户正常用电，还可能造成经济损失与社会影响。传统故障处理方式依赖人工，效率低且易出错。而故障自动隔离与恢复技术依托先进监测、控制与决策手段，能快速精准处理故障，实现非故障区域供电恢复。深入研究该技术，对提升配电网运维水平、推动智能配电网发展具有重要意义。

1 配电网故障自动隔离技术

1.1 故障自动隔离技术原理

配电网故障自动隔离技术依托配电网拓扑结构特征与电气量监测数据，通过实时捕捉故障发生时的电气信号异常，完成故障区域精准界定与安全分离，核心逻辑是通过技术手段切断故障回路与正常供电区域的连接，防范故障范围进一步蔓延，保障非故障区域供电稳定性。故障发生时，线路会产生暂态行波、电流突变、电压骤降等特征信号，技术系统通过采集此类信号并进行分析处理，精准识别故障类型与发生范围，再通过预设控制逻辑驱动开关设备动作，实现故障区域与正常区域的有效隔离^[1]。该原理以配电网电气信号变化规律为基础，融合信号检测、逻辑判断与设备控制技术，构建起自主响应、快速处置的故障隔离体系，无需人工干预即可完成故障隔离全流程，契合智能配电网高效运维的核心需求。

1.2 故障自动隔离的技术构成

故障自动隔离技术由信号检测模块、逻辑判断模块与执行操作模块三部分协同构成，各模块功能互补、有机衔接，共同保障隔离技术的精准性与高效性。信号检测模块是技术构成的基础，主要通过馈线终端单元、智能传感器等设备，实时采集线路电压、电流、暂态行波等电气参数，采集频率可达10-20kHz，捕捉故障发生时的信号特征，为后续故障判断提供可靠数据支撑，常用

检测技术包括行波检测、阻抗检测及多源数据融合检测等。逻辑判断模块是技术核心，通过嵌入预设算法对检测模块采集的信号进行分析，结合配电网拓扑信息完成故障位置精准定位与故障类型识别，剔除干扰信号影响，生成科学合理的隔离控制指令，常用逻辑判断算法涵盖传统阻抗算法、行波定位算法及智能机器学习算法，行波定位算法的定位误差可控制在50米以内。执行操作模块是技术落地的关键，接收逻辑判断模块下发的控制指令，驱动自动化分段开关、智能断路器等设备动作，实现故障区域两侧线路的物理断开，完成故障隔离操作，同时反馈操作结果至系统，形成闭环控制。

1.3 故障自动隔离的实现路径

故障自动隔离的实现需依托完善的技术体系与设备支撑，按照信号采集、故障判断、指令执行、结果反馈的流程逐步推进，确保各环节衔接流畅、处置高效。首先通过部署在配电网关键节点的监测设备，持续采集线路运行过程中的各类电气参数，建立常态化监测机制，及时捕捉故障引发的信号异常。随后将采集到的异常信号传输至逻辑判断单元，通过算法分析与拓扑匹配，精准定位故障位置、识别故障类型，排除线路参数波动、信号干扰等因素造成的误判，生成针对性的隔离操作指令。接着由执行单元接收指令，驱动对应开关设备快速动作，断开故障区域两侧线路，实现故障区域与正常区域的有效分离，限制故障影响范围。最后执行单元将设备动作状态、隔离完成情况等信息反馈至监测系统，完成整个故障隔离流程，同时为后续故障抢修与供电恢复提供精准的数据支撑，该路径可通过集中式控制、分布式控制或混合控制模式实现，适配不同拓扑结构的配电网运行需求。

2 配电网故障自动恢复技术

2.1 故障自动恢复技术原理

配电网故障自动恢复技术是智能配电网自愈控制体

系的核心组成部分,依托配电网运行状态的实时感知与数据交互,在故障区段完成有效隔离后,通过预设的智能决策机制与控制逻辑,自动调整网络拓扑结构、优化负荷转供路径,实现非故障区域供电的快速恢复^[2]。该技术以配电网安全稳定运行为首要前提,兼顾供电质量与网络运行效率,通过对故障后电网运行参数的动态监测与分析,规避潮流越限、电压偏差等异常问题,确保恢复过程符合电网运行约束。其核心逻辑围绕故障后网络重构展开,基于配电网拓扑信息与负荷分布特征,通过算法推演生成最优恢复方案,无需人工干预即可完成指令下发与执行,实现从故障隔离到供电恢复的闭环管控,这一原理与智能配电网自愈控制“检测-定位-隔离-恢复”的闭环逻辑高度契合。

2.2 故障自动恢复的技术构成

故障自动恢复技术的稳定运行依赖多模块协同作用,各技术模块相互支撑、有机融合,构成完整的技术体系。感知模块由智能传感器、馈线终端单元等设备组成,负责采集故障后配电网各节点的电压、电流等电气量数据,以及开关设备运行状态信息,为恢复决策提供精准的数据支撑。通信模块构建可靠的信息传输网络,采用光纤专网、无线公网等多种通信方式,实现感知模块、决策模块与执行模块之间的数据实时交互,保障信息传输的及时性与准确性。决策模块是技术构成的核心,集成拓扑分析、负荷优先级排序、网络重构优化等算法,能够结合采集到的实时数据与预设约束条件,推演生成最优供电恢复方案。执行模块由智能断路器、联络开关等设备组成,接收决策模块下发的指令,完成开关分合、负荷转供等操作,确保恢复方案落地执行,各模块的协同运作保障了故障自动恢复技术的高效性与可靠性。

2.3 故障自动恢复的实现路径

故障自动恢复的实现需遵循规范化的流程,依托技术构成各模块的协同作用,分阶段有序推进。故障隔离完成后,感知模块立即启动全面的数据采集工作,对非故障区域的电网运行状态、负荷分布情况进行全面监测,同步将采集到的数据传输至决策模块。决策模块接收数据后,首先完成数据预处理与有效性校验,剔除异常数据,再结合配电网拓扑结构与预设的负荷优先级,通过优化算法推演多种恢复方案,筛选出兼顾安全性与经济性的最优方案。方案确定后,决策模块通过通信模块将控制指令精准下发至执行模块,执行模块按照指令有序完成联络开关合闸、负荷转供等操作,逐步恢复非故障区域供电。恢复过程中,感知模块持续监测电网运行参数,及时将运行状态反馈至决策模块,决策模块对恢复

效果进行动态研判,若出现潮流越限、电压异常等问题,立即调整恢复策略,直至非故障区域全部恢复正常供电,形成完整的实现闭环。

3 配电网故障自动隔离与恢复技术的应用流程

3.1 故障识别与信号采集环节

配电网故障自动隔离与恢复技术的应用始于故障识别与信号采集环节,该环节是后续所有操作的基础,直接决定故障处置的精准度与效率^[3]。配电网正常运行时,部署在各关键节点的馈线终端单元、智能传感器等设备持续监测线路电气参数,包括电压、电流、暂态行波等,形成常态化监测数据流。故障发生瞬间,线路电气参数会出现显著异常,监测设备快速捕捉此类异常信号,通过数据传输通道实时上传至控制中心,同时完成异常信号的初步滤波处理,剔除电网正常波动、外界干扰等无效信息。该环节依托电力系统自动化监测技术,遵循配电网故障信号特征提取规范,通过多源数据协同采集提升信号采集的可靠性,为故障定位与隔离提供真实、准确的基础数据支撑,是保障整个应用流程有序推进的首要环节。

3.2 故障定位与隔离执行环节

故障识别与信号采集完成后,应用流程进入故障定位与隔离执行环节,该环节核心是精准界定故障范围并完成安全隔离。控制中心接收经过初步处理的异常信号后,通过预设的逻辑判断算法与配电网拓扑分析模型,对信号特征进行深度解析,结合线路参数、运行状态等信息,精准锁定故障发生位置,明确故障影响范围。定位完成后,控制中心生成针对性的隔离控制指令,快速下发至对应区域的自动化开关设备。开关设备接收指令后,精准执行分闸操作,切断故障区域与正常供电区域的电气连接,实现故障区域的安全隔离。隔离操作完成后,开关设备将动作状态反馈至控制中心,确认隔离效果,形成闭环控制,为后续供电恢复操作创造安全条件,该环节衔接故障识别与供电恢复,是保障非故障区域供电安全的关键。

3.3 供电恢复决策与执行环节

故障定位与隔离完成后,应用流程转入供电恢复决策与执行环节,核心目标是快速恢复非故障停电区域的正常供电。控制中心结合故障隔离结果,全面采集配电网实时运行数据,包括各电源节点供电能力、线路负载水平、开关设备状态等,构建完整的运行状态模型。基于该模型,通过路径优化算法梳理所有可行的供电恢复路径,结合供电可靠性准则、线路负载限额等要求,筛选出最优供电恢复方案。方案确定后,控制中心下发路

径切换与负荷分配指令,驱动相关开关设备动作,完成供电路径重构,将非故障停电区域接入有效电源。供电恢复后,系统持续监测线路运行参数,确认供电质量达标、线路负载均衡,同时将恢复结果反馈至控制中心,完成整个应用流程,该环节依托智能决策与自动控制技术,最大限度缩短非故障区域停电时间,提升配电网供电可靠性。

4 配电网故障自动隔离与恢复技术的应用优化方向

4.1 技术本身的优化完善方向

技术本身的优化完善需围绕精准性与高效性展开,依托电力系统自动化、智能算法等领域成熟理论,弥补现有技术短板^[4]。针对故障识别精度不足问题,优化信号检测算法,融合多源数据采集技术,强化干扰信号剔除能力,提升复杂工况下故障信号识别的准确性。优化故障定位与路径规划算法,结合配电网拓扑动态变化特征,提升定位与路径规划的速度,适配分布式电源接入后的配电网运行需求。完善技术适配性,结合不同电压等级、不同拓扑结构配电网运行特点,优化技术核心参数,打破技术应用局限,推动技术与配电网运行需求深度契合,同时简化技术核心模块结构,提升技术运行的稳定性与抗干扰能力。

4.2 技术应用流程的优化方向

技术应用流程的优化核心是缩短处置时间、提升流程衔接度,构建高效、顺畅的闭环处置体系。优化故障识别与信号采集环节,优化监测设备数据传输效率,减少信号传输延迟,同步优化信号初步处理流程,提升无效信息剔除效率,为后续环节争取时间。简化故障定位与隔离执行的衔接流程,优化控制指令传输机制,减少指令下发与执行的时间损耗,确保定位完成后快速启动隔离操作。优化供电恢复决策流程,整合路径规划与负荷分配环节,提升决策效率,同时完善流程反馈机制,实时调整流程参数,避免流程卡顿与误操作,实现各环节无缝衔接,提升整个应用流程的处置效率。

4.3 技术应用支撑条件的优化方向

技术应用支撑条件的优化是保障技术高效落地的关键,需从硬件、软件与运维体系三方面协同推进。硬件支撑方面,升级配电网监测设备与执行设备性能,提升设备响应速度与运行稳定性,完善设备部署布局,实现配电网关键节点全面覆盖,同时推动设备标准化建设,提升设备兼容性与可维护性。软件支撑方面,优化控制中心系统功能,提升数据处理与分析能力,构建智能化决策平台,实现故障处置的自主决策与动态调整^[5]。运维体系方面,建立专业化运维团队,完善运维管理制度,定期开展设备检修与技术校准,及时排查支撑体系存在的问题,同时加强技术培训,提升运维人员专业能力,为技术稳定应用提供坚实保障。

结束语

配电网故障自动隔离与恢复技术是保障配电网安全稳定运行的关键手段。通过对技术原理、构成、实现路径及应用流程的深入分析,明确了各环节要点与作用。同时,针对现有技术存在的不足,从技术本身、应用流程、支撑条件三方面提出优化方向。通过持续优化,可提升技术的精准性与高效性,增强配电网应对故障的能力,保障供电可靠性,为电力系统的稳定运行与用户的可靠用电提供坚实保障。

参考文献

- [1]史晨昱,杨红利.智能配电终端在配网故障快速隔离与恢复中的应用研究[J].消费电子,2025(13):122-124.
- [2]高峰,张超,李扬.基于集中式配电自动化终端的故障自愈技术综合应用[J].电力系统装备,2021(15):34-36.
- [3]周远科,戚振彪,赵平珂,等.基于5G和物联网技术的配电网自动化可靠性提升[J].环境技术,2024,42(11):62-68.
- [4]揭晓,林振宇.基于配网自动化技术的配电线路故障处理研究[J].智能物联技术,2024,56(2):126-129.
- [5]许天骄.电力系统配网自动化及应用的关键技术研究[J].通信电源技术,2024,41(22):77-79.