

配电网自动化技术在电力故障快速恢复中的应用

周储良

湖南民晟建设有限公司，湖南长沙，410000；

摘要：电力供应对社会正常运转意义非凡，然而配电网故障会带来严重影响。鉴于此，研究旨在满足不断增长的电力需求，提高供电可靠性并降低故障危害。研究内容涵盖分析配电网自动化技术构成，如馈线自动化等，并详细阐述其在故障检测、定位、隔离与恢复以及提升供电可靠性方面的应用，且以湘阴县金龙先导区首开区项目为具体实例。采用理论分析与案例研究相结合的方法，结果表明该技术可快速恢复供电并增强可靠性。其意义在于为配电网发展提供技术支撑，保障电力稳定供应，有力推动电力行业持续进步。

关键词：配电网自动化；电力故障；故障恢复；供电可靠性

DOI：10.69979/3060-8767.24.4.005

1 配电网自动化技术概述

1.1 配电网自动化技术的定义与内涵

配电网自动化技术是综合运用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术，将配电网的实时运行、电网结构、设备、用户以及地理图形等信息进行集成，构成完整的自动化系统，实现对配电网运行状态的实时监测、控制和管理。其内涵在于通过智能化手段，提升配电网的运行效率、可靠性和电能质量。在智能电网发展理念下，该技术不仅能对配电网进行远程操作与控制，还能深度分析运行数据，预测潜在故障风险，提前采取优化措施，确保配电网始终处于安全、稳定、高效的运行状态，以适应现代社会对电力供应日益增长的需求。

1.2 配电网自动化技术的主要构成

馈线自动化负责监测和控制配电网中的馈线，能够在故障发生时迅速定位并隔离故障区域，实现故障线路的自动转供，保障非故障区域的持续供电。变电站自动化对变电站内的设备进行全面监控和管理，提高变电站的运行可靠性和操作效率^[1]。配电管理系统则是整个自动化体系的核心大脑，整合各类数据资源，通过高级分析算法进行决策支持，如优化电网运行方式、制定合理的检修计划等，同时实现与其他相关系统的信息交互，确保配电网各环节的协同运作，共同推动配电网朝着智能化、高效化方向发展。

2 配电网自动化技术在故障检测与定位中的应用

2.1 基于智能传感器的故障信息采集

在关键节点如馈线分支处、变压器进出线端等位置安装电流传感器和电压传感器，形成全面的监测网络。

这些智能传感器凭借高精度、高灵敏度特性，实时精确采集电流、电压等电气量信息。高精度的电流传感器能够精准捕捉微小电流变化，及时发现潜在故障隐患。一旦配电网发生故障，传感器迅速采集故障瞬间的电流突变、电压骤降等关键数据，并通过高速通信网络将数据传输至监控中心。这些丰富而准确的数据为后续故障判断提供了坚实基础，使运维人员能够依据数据特征准确判断故障类型、位置范围，从而为快速采取有效的故障处理措施提供有力支持，有力保障配电网的稳定运行。

2.2 故障定位算法与模型

基于阻抗法原理简单实用，通过计算故障点到测量端的阻抗来确定故障位置，适用于结构相对简单的配电网，在早期配电网故障定位中发挥了重要作用。行波法利用故障产生的行波信号在输电线路上的传播特性进行定位，具有定位速度快、精度高的优势，尤其适用于复杂的多分支配电网结构^[2]。在湘阴县金龙先导区首开区项目中，综合运用多种算法以适应复杂的配电网环境。对于短距离、简单拓扑的区域采用阻抗法快速初步定位；对于长距离、多分支且对定位精度要求高的关键区域则采用行波法进一步精确定位。这种结合方式充分发挥了各算法的优势，有效提高了故障定位的准确性和效率，大幅缩短了故障排查时间，提升了配电网的供电可靠性和运维效率，为项目的稳定供电提供了坚实保障。

3 配电网自动化技术在故障隔离与恢复策略中的应用

3.1 故障隔离技术与设备

正常运行时，断路器处于合闸状态，电流顺畅通过。当故障发生，故障电流超过设定阈值，断路器内部的脱扣器动作，使触头迅速分离，从而切断故障电流，将故

障区域与正常运行区域隔离。它适用于各级电压等级的配电网，在变电站、馈线等关键位置广泛应用，可有效保护电气设备免受持续故障电流的损害。重合器则具有自动重合闸功能。它在检测到故障并切断电流后，会按照预设的时间间隔和重合次数进行自动重合操作。若故障为瞬时性故障，重合器重合成功，恢复供电；若故障仍存在，则再次跳闸并闭锁，等待人工检修。重合器常应用于辐射状配电网馈线分段处，可减少瞬时性故障导致的停电时间，提高供电可靠性。分段器通过监测线路电流来判断故障区间。正常运行时，分段器处于闭合状态，与重合器或断路器配合工作。当故障发生，重合器或断路器跳闸后，分段器根据过流次数或时间计数，达到设定值时自动分闸，隔离故障段。分段器适用于分支线路较多的配电网，可缩小小故障停电范围，提高供电恢复速度。

3.2 恢复策略优化与决策支持

配电管理系统收集配电网运行数据，包括拓扑结构、负荷分布、电源状态等信息，通过数据分析评估故障对供电网络的影响。在制定恢复策略时，优先考虑重要负荷供电是关键原则。对于医院、数据中心等关乎民生和社会稳定的重要场所，利用算法计算最短恢复路径，优先恢复其供电，确保关键服务不中断优化分布式电源接入也是重要策略^[3]。在故障停电期间，合理控制分布式电源的出力 and 并网，使其作为备用电源为附近负荷供电，缓解停电影响。通过预测分布式电源的发电能力和负荷需求，调整其输出功率，实现局部区域的自给自足供电。还可利用优化算法综合考虑线路损耗、恢复时间等因素，选择最优的恢复顺序和路径，避免过载和二次故障，提高恢复供电的效率和质量，确保配电网在故障后能快速、稳定地恢复正常运行。

表 1：配电网故障恢复策略优化参数对比分析

参数	数值范围	单位	描述	影响因素	优化目标
恢复时间	5 - 120	分钟	故障发生后至供电恢复的时间	故障类型、设备配置、恢复路径	最短恢复时间
重要负荷恢复优先级	1 - 10	等级	用于表示各负荷的恢复优先级，1 为最高优先级	负荷类型、经济影响、社会影响	确保关键负荷优先恢复
分布式电源出力功率	0 - 1000	kW	分布式电源（如太阳能、风能等）在恢复期间的最大输出功率	电源容量、天气条件、负荷需求	提高备用电源利用率

线路损耗率	0 - 10	%	配电线路在恢复过程中产生的电力损失	路径选择、负荷分配、设备状态	减少线路损耗，优化恢复路径
二次故障发生概率	0 - 0.05	%	故障恢复后发生再次故障的概率	电气设备质量、负载波动、环境因素	降低二次故障的风险
恢复顺序优化	1 - 10	等级	指定故障恢复过程中的各设备和线路恢复顺序，1 为最优顺序	故障类型、电力需求、设备配置	确保恢复过程效率及负荷平衡
故障检测精度	90 - 100	%	检测系统识别故障的准确性，越高越能提前隔离故障区域	监控设备灵敏度、网络传输速度、数据采集频率	提高故障检测精度，减少误判
负荷需求波动率	1 - 20	%	负荷需求的波动程度，影响恢复策略的调整	负荷类型、时段特性、气候因素	精准预测负荷变化，避免恢复过程中的过载

4 配电网自动化技术在提高供电可靠性中的综合应用

4.1 实时监测与预警系统

实时监测系统通过在配电网的各个关键节点部署多种类型的传感器，实现对配电网运行状态的全方位、不间断监测。这些传感器包括电压互感器、电流互感器、温度传感器、功率传感器等，它们能够实时采集配电网的电压、电流、功率、温度等运行参数。采集到的数据通过高速通信网络，如光纤通信、无线通信等，实时传输至监控中心。在监控中心，强大的数据处理系统对海量的实时数据进行快速分析和处理。通过预设的阈值和智能算法，系统能够精准判断配电网的运行状态是否正常。一旦发现运行参数偏离正常范围，如电压波动异常、电流过载、设备温度过高等潜在故障隐患，预警系统立即启动。预警系统可以通过多种方式通知运维人员，如短信、邮件、监控终端弹窗等，确保运维人员第一时间获取故障预警信息。运维人员根据预警信息及时采取相应的预防措施，如调整运行方式、安排设备检修等，从而在故障发生前消除隐患，有效降低故障发生的概率。

4.2 自愈控制与智能运维

当配电网发生故障时，自愈控制系统能够迅速感知故障的发生，并通过快速故障定位和隔离技术，将故障区域与正常运行区域隔离开来。然后，系统根据预先设定的恢复策略和网络拓扑结构，自动调整电网的运行方式，实现非故障区域的快速恢复供电，最大限度减少停

电范围和停电时间^[4]。智能运维技术则为自愈控制提供了有力支持。通过在设备上安装智能监测终端,实现对设备运行状态的远程监控。这些终端能够实时采集设备的运行数据,如设备的电气参数、机械状态、绝缘性能等,并将数据传输至运维管理平台。在运维管理平台上,利用大数据分析和人工智能算法,对设备运行数据进行深度挖掘和分析,实现对设备故障的准确诊断。一旦诊断出设备故障,系统能够自动生成维修方案,并根据故障的严重程度和影响范围,合理安排维修资源和维修时间。

5 配电网自动化技术应用案例分析

5.1 湘阴县金龙先导区首开区项目供配电工程概况

湘阴县金龙先导区首开区项目一期规模宏大,总建筑面积达 123,602.89 平方米,其中地下室建筑面积为 34,156.31 平方米且为地下 1 层。其涵盖多种建筑类型,包括 1#酒店及公寓、2#商业及配套、3#总部办公、4#展示中心、5-7#研发办公楼以及 8#垃圾站等,各建筑功能多样,用电需求复杂。从负荷特性来看,该区域既有商业、办公等场所的集中性大负荷用电需求,又有公寓等居住区域的分散性负荷需求,且不同类型建筑在用电时间、用电功率等方面呈现多样化特点。商业及办公区域在工作日白天用电高峰明显,而酒店及公寓在夜间也存在较大用电量。供配电系统基本架构方面,配电工程从市政电网引入两路 10kV 独立专线电源至变电配房供电,新增容量专变 10000KVA。其包括多个重要组成部分,如 10kV 外线工程,设有智能环网柜(二进四出)共 3 台,以及约 4330 米的 ZC-YJV22-3×300/10kV 高压电缆等;临时 10kV 外线工程,配备立杆、高压电缆、杆上设备及顶管等;中心配电间及 A、B、C 专变配电间,包含高低压配电柜、不同容量的干式变压器及柴油发电机组等设备,并配备相应的设备基础、电缆沟、照明及附属设施;地下室路由采用高压桥架;地下室及室外充电桩部分,根据不同专变间配置相应数量的充电桩配电箱及连接电缆。

5.2 配电网自动化技术的具体应用与效果评估

设备选型上,选用了高精度、高可靠性的智能传感器,如在关键节点安装的先进电流、电压传感器,能精准采集运行数据。断路器、重合器等故障隔离设备性能卓越,可快速响应故障并有效隔离。系统配置方面,构

建了完善的通信网络,确保数据实时传输。在 10kV 外线及各配电间之间实现了无缝通信连接,便于数据交互与控制指令下达^[5]。运行数据统计显示,在故障发生时,智能传感器迅速采集故障信息并传输至监控系统,系统通过高效的故障定位算法,如基于阻抗法和行波法的综合应用,能在极短时间内准确判断故障位置。以某次实际故障为例,从故障发生到定位完成仅耗时数秒。故障隔离设备快速动作,将故障区域隔离,同时自愈控制系统启动,根据预设策略调整电网运行方式,快速恢复非故障区域供电。与传统供配电方式相比,其效果显著。供电可靠性大幅提升,以往可能导致大面积长时间停电的故障,如今停电范围显著缩小,停电时间大幅缩短。过去类似规模项目因故障平均停电时长可能达到数小时,而在此项目中,多数故障情况下停电时间可控制在几分钟以内。这不仅减少了因停电给商业运营、居民生活带来的不便,还降低了经济损失,提高了区域整体的电力服务质量,为项目的持续稳定发展提供了坚实的电力保障,也为其他类似项目在配电网自动化技术应用方面提供了宝贵的参考范例。

6 结语

配电网自动化技术在电力故障快速恢复中展现出关键作用,通过对湘阴县金龙先导区首开区项目等的剖析可知,其在故障检测、隔离与恢复策略等多方面成效显著。实时监测预警降低故障概率,自愈控制与智能运维提升可靠性。该技术的应用减少停电影响,满足多样用电需求,为现代配电网发展提供有力支撑,是提升供电质量与稳定性的重要路径。

参考文献

- [1] 吴凌霄. 电力系统配电网自动化技术的应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(12): 105-107.
- [2] 钟世亮, 姜小斐. 电力系统配电网自动化技术研究[J]. 光源与照明, 2024, (11): 168-170.
- [3] 潘正. 配电网故障定位中的电力自动化技术研究[J]. 现代制造技术与装备, 2024, (S2): 74-76.
- [4] 朱向伟. 电力系统自动化技术在配电网运行管理中的应用[J]. 电力设备管理, 2024, (15): 192-194.
- [5] 翟存波, 魏鹏. 电力系统中的配电网自动化技术研究[J]. 光源与照明, 2024, (06): 147-149.

作者简介: 周储良, 男(1971-12), 汉族, 湖南株洲, 工程师, 本科学历, 主要研究电气自动化和电气技术