

Research on fault location and rapid recovery technology of Inner Mongolia distribution network line

Yanhui Yu Yu Ren

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., Ltd., Ulanqab Power Supply Company Jining Power Supply Branch, Ulanqab, Inner Mongolia, 012000, China

Abstract

The Inner Mongolia region has a complex geographical environment and changeable climate conditions, and the fault frequency of the distribution network line is relatively high, which puts forward higher requirements for the reliability of the power grid. How to quickly and accurately locate the faults of the distribution network lines and realize the rapid recovery has become a key problem to improve the quality of power supply. Based on the operation characteristics of the distribution network line in Inner Mongolia, this paper analyzes the common fault types and causes, and discusses the fault location method and rapid recovery strategy based on intelligent technology. The research shows that by introducing advanced fault positioning technology, automation equipment and optimized dispatching strategy, the efficiency and accuracy of distribution network fault handling can be significantly improved, the outage time can be reduced, and the stability and power supply quality of the power grid can be improved.

Keywords

Inner Mongolia; distribution network line; fault location; quick recovery; intelligent technology

内蒙古配网线路故障定位与快速恢复技术研究

于艳辉 任宇

内蒙古电力(集团)有限责任公司乌兰察布供电公司集宁供电分公司, 中国·内蒙古 乌兰察布 012000

摘要

内蒙古地区地理环境复杂、气候条件多变,配网线路的故障频率较高,对电网的可靠性提出了更高要求。如何快速准确地定位配网线路故障并实现快速恢复,成为提升电力供应质量的关键问题。本文从内蒙古地区配网线路的运行特点出发,分析了常见故障类型与成因,探讨了基于智能化技术的故障定位方法和快速恢复策略。研究表明,通过引入先进的故障定位技术、自动化设备和优化调度策略,可以显著提升配网故障处理的效率和准确性,减少停电时间,提高电网的稳定性和供电质量。

关键词

内蒙古; 配网线路; 故障定位; 快速恢复; 智能化技术

1 引言

内蒙古地区是中国能源输送的重要枢纽,其配电网的稳定运行对保障区域经济发展和居民用电具有重要意义。然而,由于内蒙古地区地广人稀,配网线路的覆盖范围广泛,且受极端天气、沙尘暴和外力破坏等影响,故障发生频率较高,给配网的运维管理带来了巨大挑战。传统的故障定位与恢复方式主要依赖人工巡检和经验判断,处理效率低,难以满足现代电网的可靠性要求。

随着电网智能化水平的提高,故障定位与快速恢复技术得到了广泛关注。通过采用先进的监测设备、通信技术和智能算法,可以实现对故障点的快速准确定位,并通过自动

化设备完成线路的隔离和恢复操作,从而显著提升故障处理效率。本文以内蒙古配网线路为研究对象,分析了当前故障处理中存在的问题,提出了基于智能化技术的改进方法,并探讨了未来的发展方向。

2 内蒙古配网线路故障的成因分析与现状

2.1 内蒙古配网线路的运行特点

内蒙古地区配网线路主要分布在城乡结合部和偏远农村区域,这些区域的线路长度较长,负载分布不均,且线路维护难度较大。此外,内蒙古地区多风沙、寒冷天气频繁,极端气候条件对配网线路的运行安全构成严重威胁。例如,大风可能导致线路摆动或接触不良,沙尘可能积聚在绝缘子表面引发污闪,而严寒可能导致设备老化和机械损坏。这些特点使得内蒙古配网线路故障具有发生频率高、故障类型多样化的特点。

【作者简介】于艳辉(1987-),女,中国内蒙古乌兰察布人,本科,工程师,从事电力工程及其自动化研究。

2.2 配网线路故障的主要类型

根据内蒙古地区配网运行的实际情况，常见的故障类型包括短路故障、接地故障和断线故障。短路故障多由外力破坏或设备老化引起，接地故障则通常与绝缘子污闪或线路受潮有关，而断线故障往往是由于线路受风力或冰雪重压所致。此外，雷击、鸟害和小动物攀爬也可能引发线路异常。这些故障类型对电网的安全运行形成了不同程度的威胁，需要针对性地设计故障定位和处理策略。

2.3 现有故障处理方法的局限性

当前，内蒙古配网故障处理主要依赖人工巡检与经验判断，效率低且误差较大。由于配网线路覆盖范围广且地形复杂，人工巡检耗时长，且受光线、天气等因素影响，故障点定位的准确性难以保障。此外，人工恢复操作效率较低，在故障发生后可能导致大范围停电，严重影响用户用电体验。因此，探索更加高效和精准的故障定位与恢复技术成为配网发展的迫切需求。

3 配网线路故障定位技术研究

3.1 基于电气量分析的故障定位方法

电气量分析是传统配网故障定位的主要方法之一，通过监测故障时电流、电压的变化特征来判断故障点的位置。例如，基于阻抗法的定位技术利用故障点到测量点之间线路阻抗的变化来估算故障距离；基于波形特征分析的定位技术则通过故障时产生的电磁波传播特性进行定位。这些方法具有一定的可靠性，但对复杂网络和多分支线路的故障定位效果有限。

3.2 基于行波测量的故障定位技术

行波测量是一种较为先进的故障定位方法，通过捕捉故障发生时产生的暂态行波信号，结合波到达时间差或反射波分析来确定故障点位置。行波测量具有定位精度高、适用范围广的特点，尤其在长距离线路的故障定位中优势明显。然而，由于行波信号容易受到外界干扰，测量设备需要较高的灵敏度和抗干扰能力。

3.3 基于人工智能的故障定位技术

近年来，人工智能技术的应用为配网故障定位提供了新的思路。例如，利用机器学习算法可以从大量历史故障数据中提取规律，构建故障类型分类器和定位模型；通过神经网络算法可以对复杂故障场景进行模拟和预测，从而实现更高精度的定位结果。此外，结合图像识别技术与无人机巡检，能够快速发现外力破坏导致的线路故障，为故障处理提供直观信息。

4 配网线路快速恢复技术研究

4.1 快速恢复的基本原理与流程

快速恢复技术的核心在于通过自动化设备对故障点进行精准隔离，同时迅速恢复非故障区域的供电，从而最大程度减少停电范围和时间。这一过程通常包括三个关键环节：

故障检测、隔离操作和供电恢复。

在故障检测阶段，配网系统依赖智能传感器和在线监测设备实时采集线路运行数据，如电压、电流和线路状态。通过对这些数据的分析，可以快速识别故障发生的时间、位置和性质，从而为后续处理提供可靠依据。现代故障检测技术结合了高精度传感器与高速通信网络，使得数据传输和处理几乎可以在毫秒级完成，极大提升了检测效率。

在隔离操作阶段，智能开关和断路器是关键设备。它们通过接收故障检测装置的指令，能够在毫秒级时间内切断故障线路，防止故障扩展到非故障区域。通过合理配置开关设备，可以优化故障隔离策略，确保操作快速、准确且对其他线路影响最小。

在供电恢复阶段，系统通过重构电网拓扑结构，实现非故障区域的快速供电恢复。这一环节通常由自动化控制系统主导，通过分析电网运行状态和负载分布，制定最佳恢复方案。例如，在多分支线路中，优先恢复关键负荷供电，同时优化电力资源分配，以确保整个网络的平稳过渡。快速恢复技术的全面应用，不仅显著减少了用户停电的时间和范围，还提高了电网的供电可靠性和用户满意度。

4.2 智能设备在快速恢复中的应用

智能设备的广泛应用为配网快速恢复提供了强大的技术支撑。这些设备涵盖了智能开关、重合闸装置、自动化控制终端及远程监控系统等多个方面，其高效的运行能力极大提升了快速恢复的可靠性与效率。

智能开关作为线路故障隔离的核心设备，能够通过内置的保护算法和控制逻辑，在故障发生后快速识别故障区域并自动隔离相关线路。现代智能开关不仅具备高灵敏度和高可靠性，还支持与其他设备之间的实时通信，从而实现协同动作，确保隔离操作的精准性和高效性。

重合闸装置在短时故障处理中的作用尤为重要。对于雷击等瞬态故障，重合闸可以通过自动合闸操作快速恢复线路供电，无需人工介入。这一功能在减少停电时间、提高供电连续性方面具有显著优势。现代重合闸设备通过融合人工智能算法，可以根据历史数据和实时监测信息，自动调整重合闸的操作逻辑，从而进一步提升故障处理的效率和精准度。

此外，基于物联网的远程控制设备通过高速通信网络实现对配网的实时监控与操作，使得故障定位、隔离和恢复的全过程都可以在远程完成。这种技术显著缩短了故障处理的响应时间，降低了运维成本，同时为无人化运维和管理提供了技术支持。

4.3 自动化调度系统的优化设计

自动化调度系统是快速恢复技术的核心支撑平台，其设计优化直接影响到整个故障处理过程的效率与效果。通过引入先进的通信技术、数据处理技术和智能算法，自动化调度系统能够实现故障信息的快速采集、精确分析和高效

处理。

优化自动化调度系统的关键在于构建高效的数据采集与处理架构。通过部署分布式传感器和边缘计算节点,可以实现对配网状态的全面感知和本地化数据处理,从而减轻中心控制系统的负担。同时,利用云计算技术可以实现海量数据的快速处理与存储,为后续决策提供数据支持。

恢复策略的优化也是调度系统的重要任务之一。通过应用人工智能技术,调度系统能够构建多场景恢复模型,根据实时运行状态和故障信息,自动选择最佳恢复策略。例如,基于深度学习的优化算法可以在复杂电网结构中快速找到最优恢复路径,同时兼顾负载均衡和系统稳定性。此外,系统还可以根据负荷优先级动态调整恢复顺序,优先保障医院、通信基站等关键负荷的供电。

为了实现全网的协调操作,自动化调度系统需要具备强大的通信能力和分布式协调能力。现代调度系统通过采用5G等高速通信技术,实现了实时数据传输和设备协同,为故障处理的高效实施提供了技术保障。

5 内蒙古配网故障处理的技术应用与发展方向

5.1 智能化技术的应用成效

近年来,内蒙古配网通过引入智能化技术,大幅提升了故障处理的效率与可靠性。智能传感器的广泛应用使得线路状态的实时监控成为可能,通过对电流、电压和环境参数的综合分析,系统可以在故障发生的第一时间准确定位故障点。此外,无人机巡检技术在内蒙古偏远地区的推广,有效解决了人工巡检范围受限和效率低下的问题。通过搭载高清摄像头和红外热成像设备,无人机能够快速发现线路的物理损伤或异常点,为故障处理提供直观依据。

自愈线路技术的应用进一步提升了故障恢复的效率和自动化水平。内蒙古地区部分重点配网已实现自愈功能,当发生非永久性故障时,系统能够在几秒内完成故障点的隔离和非故障区域的恢复,极大减少了停电范围和时间。这些技术的成功应用,不仅提高了配网运行的可靠性,还增强了用户对电力服务的满意度。

5.2 未来发展方向

未来,内蒙古配网故障处理技术将更加注重智能化、自动化与可持续性的发展。一方面,人工智能、大数据和物

联网技术的深度融合将进一步提升配网的智能化水平。例如,通过构建基于人工智能的预测模型,系统可以对潜在故障进行提前预警,采取预防措施,从而降低故障发生的概率。

另一方面,开发新型环保材料和设备将成为配网技术发展的重要方向。例如,利用耐高温、抗腐蚀的新型材料,提高线路和设备的耐久性与抗干扰能力,特别是在内蒙古复杂气候条件下,这一技术尤为重要。此外,加强区域电网之间的协同与数据共享也将为配网的整体优化提供新的机遇。通过构建区域性电网协同管理平台,可以实现跨区域的资源调配与故障处理,进一步提升电网的整体运行效率和可靠性。

6 结语

内蒙古配网线路故障定位与快速恢复技术的研究,不仅为区域电网运行的稳定性提供了有力支持,也为全国范围内的智能化配网建设积累了宝贵经验。通过引入智能化技术,如人工智能算法、大数据分析和物联网设备,配网的故障定位精度和快速响应能力得到了显著提升,减少了停电带来的经济损失和用户困扰。同时,优化自动化调度系统不仅提高了故障恢复的效率,还通过智能化的策略优化,实现了资源的动态调配,最大限度地保障了供电的可靠性和经济性。此外,环保设备的广泛应用,例如新型绝缘材料和节能型开关设备,也在降低运行成本 and 环境影响方面发挥了积极作用。这些技术创新共同推动了配网技术的现代化升级,为区域电网的安全运行提供了更全面的技术保障。未来,随着智能技术的进一步突破和在更广泛场景中的应用,内蒙古配网将迈向更加高效、智能和绿色的现代化发展道路,不仅服务于本地经济和社会发展,还将为全国电力系统的优化升级提供重要参考,为全球电力技术创新贡献经验和智慧。

参考文献

- [1] 高文利,郑李南.配电网单相接地故障选线技术研究综述[J].科技与创新,2023,(15):18-22.DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2023.15.005.
- [2] 孟乐,李俊刚,宋祺鹏,等.考虑配电网故障隔离的单相接地保护整定计算[J].电气自动化,2023,45(03):95-98+102.
- [3] 苗毅,冀超,李林,等.配电网故障的阶段式恢复辅助决策技术分析[J].中国设备工程,2022,(11):238-240.
- [4] 翁鸿彬.基于电力线通信的配电网精准拓扑分析[D].华北电力大学(北京),2022.DOI:10.27140/d.cnki.ghbbu.2022.001337.