

Study on relay protection and self-healing line

Yu Ren Yanhui Yu

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

Abstract

As an important part of the power system, the stable operation of the distribution network is directly related to the reliable supply of electric energy. The combination of relay protection technology and self-healing line provides a new way for fault handling of distribution network. This paper analyzes the working principle of relay protection technology of distribution network and its cooperation mechanism with self-healing line, and discusses the specific application in fault location, isolation and recovery in detail. The study shows that through the rational configuration of relay protection device and the optimization of self-healing line strategy, the efficiency of failure processing, and the reliability and stability of distribution network can be significantly improved. In the future, with the development of intelligent technology, the cooperative treatment of relay protection and self-healing lines of distribution network will be further intelligent, providing important support for the modern development of power system.

Keywords

distribution network; relay protection; self-healing line; fault handling; intelligent

配电网继电保护与自愈线路配合故障处理研究

任宇 于艳辉

内蒙古电力（集团）责任有限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

配电网作为电力系统的重要组成部分，其稳定运行直接关系到电能的可靠供应。继电保护技术与自愈线路的结合为配电网故障处理提供了新途径。本文分析了配电网继电保护技术的工作原理及其与自愈线路的协作机制，详细探讨了在故障定位、隔离与恢复中的具体应用。研究表明，通过合理配置继电保护装置与优化自愈线路策略，可以显著提高故障处理效率，减少停电时间，增强配电网的可靠性和稳定性。未来，随着智能化技术的发展，配电网继电保护与自愈线路的协同处理将进一步智能化，为电力系统的现代化发展提供重要支撑。

关键词

配电网；继电保护；自愈线路；故障处理；智能化

1 引言

配电网作为电力系统连接发电与用电端的重要环节，其运行质量直接影响电能的传输效率和用户体验。随着现代社会对电力需求的持续增长，配电网的运行压力日益增大，而设备老化、外部环境影响及系统负载波动等问题导致配电网故障发生频率增加。快速、准确地处理配电网故障已成为保障电力供应和提升系统可靠性的关键。

继电保护作为电力系统的重要保护手段，其核心功能是故障检测与隔离，通过快速切除故障区域，避免其对整个电力系统的进一步扩散。然而，传统的继电保护装置存在响应速度有限、误动作率较高及对复杂故障场景适应性不足的问题。在此背景下，自愈线路作为一种具备故障快速恢复能

力的新型技术应运而生。自愈线路通过自动检测、定位故障点并实施隔离和恢复操作，能够大幅缩短故障处理时间，减轻用户停电带来的不便。

将继电保护技术与自愈线路相结合，可以形成一套完善的故障处理体系，既充分利用继电保护的精准检测能力，又发挥自愈线路的快速恢复优势。本文通过分析配电网继电保护与自愈线路的协作机制，探讨两者在故障处理中的具体应用与优化策略，为配电网的稳定运行与智能化发展提供参考。

2 配电网继电保护技术概述

2.1 继电保护的基本原理与功能

继电保护是一种利用继电器装置实现电力系统故障检测和隔离的技术，其基本原理是通过监测系统运行参数（如电流、电压和频率）识别异常状态，并在必要时触发断路器切除故障部分，保护系统的安全与稳定。继电保护装置主要

【作者简介】任宇（1992-），男，中国内蒙古乌兰察布人，硕士，助理工程师，从事配电网自动化研究。

包括过流保护、方向保护、差动保护及距离保护等多种类型，每种装置根据不同的故障特性和运行需求设计，适用于不同场景的故障处理。

继电保护的核心功能包括故障检测、动作判据设定和保护协调。在故障检测环节，装置通过实时监测电网运行数据，快速识别电气参数的异常变化；在动作判据环节，根据预先设定的保护整定值判断是否需要动作；而在保护协调环节，各保护装置之间需根据电网拓扑和故障特点合理协调动作，确保保护的选择性和快速性。

2.2 配电网继电保护的特点与应用挑战

配电网继电保护的应用特点主要体现在其分布广、保护级别低及故障类型多样化等方面。由于配电网通常覆盖较大区域且负载复杂，保护装置的布置需要兼顾经济性与可靠性。此外，配电网故障常呈现多样性，包括线路短路、接地故障及外力损伤等，这对继电保护装置的故障识别能力提出了更高要求。

然而，传统的继电保护技术在实际应用中仍面临一些挑战。例如，受限于装置检测精度和响应速度，在复杂故障场景下可能出现误动作或拒动作；在多分支、多馈线的复杂网络中，保护整定值的合理设置和装置间的协调性也面临较大难度。这些问题限制了继电保护在配电网中的应用效果。

2.3 智能化技术对继电保护的提升作用

随着智能化技术的快速发展，继电保护系统逐渐向智能化方向演进。通过引入先进传感技术、实时通信技术及大数据分析，继电保护装置的故障检测精度和响应速度得到显著提升。例如，基于同步相量测量技术（PMU）的继电保护装置能够实时监测多节点电网的运行状态，实现更高效的故障定位和隔离。此外，人工智能算法的应用也为继电保护的优化提供了新思路，例如利用机器学习模型挖掘历史故障数据，优化保护整定值和动作逻辑，从而提高保护系统的整体性能。

3 自愈线路技术的原理与功能

3.1 自愈线路的定义与工作原理

自愈线路是一种具备故障快速恢复能力的配电网技术，其核心思想是在发生故障时通过自动化设备快速定位故障点并隔离受影响的线路，同时恢复非故障区域的正常供电。自愈线路系统通常由智能断路器、分段开关、自动化控制器及通信网络组成，通过实时监控线路运行状态，协同完成故障处理操作。

自愈线路的工作流程包括故障检测、故障定位、故障隔离及供电恢复四个阶段。在故障检测阶段，自愈线路通过安装在线路各节点的传感器实时监测电流、电压等参数变化；在故障定位阶段，系统利用分布式计算和通信技术快速确定故障点；在故障隔离阶段，智能开关根据控制指令切断故障线路；在供电恢复阶段，系统通过调整电网拓扑，恢复非故障区域的供电。

3.2 自愈线路的应用优势

相比传统故障处理方式，自愈线路在故障恢复速度和系统可靠性方面具有显著优势。一方面，自愈线路通过自动化技术实现了故障处理的无人化操作，能够在几秒内完成故障隔离和供电恢复，大幅缩短了故障处理时间；另一方面，自愈线路能够动态调整电网结构，优化电力资源分配，避免因故障引发大范围停电。此外，自愈线路技术的分布式架构使其具备较强的扩展性，能够适应不同规模和复杂度的电网结构。

3.3 自愈线路在配电网中的典型应用

自愈线路技术广泛应用于城市配电网和工业园区等关键供电区域。例如，在城市配电网中，自愈线路通过实时监控和自动调控，能够有效减少因外部环境影响（如恶劣天气或施工损伤）引起的停电事故。在工业园区，自愈线路的快速响应能力可以保障重要负荷的连续供电，避免因停电造成的生产损失。这些应用案例充分证明了自愈线路技术在提高配电网可靠性和运行效率方面的重要价值。

4 继电保护与自愈线路的协同应用

4.1 两者协作的必要性与优势

继电保护与自愈线路在故障处理中的协作可以形成优势互补的关系。继电保护装置擅长快速精准地识别故障，而自愈线路则具备高效的恢复能力，两者结合可以实现故障处理全流程的优化。例如，在故障发生时，继电保护装置能够快速检测并触发断路器动作隔离故障，而自愈线路系统则根据实时信息调整电网结构，实现非故障区域的快速供电恢复。这种协同机制不仅提升了配电网的运行可靠性，还减少了停电对用户的影响。

4.2 协同优化的技术策略

为实现继电保护与自愈线路的高效协同，需要在技术层面进行优化设计。例如，建立统一的通信与控制平台，使继电保护装置与自愈线路设备能够实时共享数据和协调动作。此外，在继电保护整定值的设置上，需要考虑自愈线路的动态特性，以确保两者在故障定位和动作逻辑上的匹配性。同时，通过引入人工智能算法，可以进一步优化故障处理的决策过程，实现系统的智能化升级。

4.3 实践应用案例与成效分析

在实际应用中，某电力公司将继电保护与自愈线路技术结合用于城市配电网管理，通过协同策略的实施，大幅提升了故障处理效率。例如，在某次线路故障中，自愈线路系统在继电保护装置动作后的5秒内完成了故障点隔离与供电恢复，停电范围仅限于故障区域。这一案例充分体现了两者协同应用的实际效果，为进一步推广应用提供了有力支持。

5 配电网继电保护与自愈线路技术的未来发展

5.1 智能化方向的发展趋势

随着人工智能、大数据和物联网技术的快速发展，配

电网继电保护与自愈线路技术的智能化水平将不断提升，为电力系统的稳定运行提供更可靠的技术支持。例如，人工智能算法的引入使得故障预测与处理更加高效和精准。通过深度学习算法分析历史运行数据和实时监测数据，智能系统可以预测潜在的故障区域，并在故障发生前采取预防措施。这种基于预测的故障管理能够显著减少电网运行的中断风险。

此外，物联网技术的广泛应用使电网状态监测更加全面和细致。通过在配电线路中部署高精度传感器和智能终端，可以实时获取电压、电流、温度等多维度数据，并通过高速通信网络传输至数据中心进行处理和分析。结合大数据技术，这些实时数据可用于识别异常运行模式，优化电网运行策略，从而提升电网的自适应能力。

智能化技术还为继电保护与自愈线路的协同提供了新的可能。例如，通过构建基于云计算的智能调度平台，能够实现对继电保护装置和自愈线路的集中控制与优化调配。人工智能与自动化技术的结合，使得电网的故障检测、隔离和恢复过程更加高效，进一步提升了系统的可靠性和抗扰动能力。未来，随着智能化技术的不断突破，继电保护与自愈线路的智能化应用将更加深入，为配电网的现代化发展注入强劲动力。

5.2 面向复杂电网的应用拓展

未来，配电网继电保护与自愈线路技术将在复杂电网环境中展现出更广泛的应用潜力。复杂电网的主要特征包括多源分布、高度非线性和动态负载波动，这些特点对故障处理技术提出了更高要求。例如，随着分布式能源在配电网中的广泛接入，微电网和虚拟电厂等新型电力系统形式日益普及，传统的继电保护策略难以应对这些复杂场景中快速变化的电力流动和负载特性。

在高比例分布式能源接入的微电网中，继电保护与自愈线路的协同应用能够显著提升系统的稳定性和抗扰动能力。例如，继电保护装置可以快速检测分布式能源接入点的异常情况，而自愈线路则通过调整电网拓扑实现电力资源的重新分配，避免单点故障引发大规模供电中断。此外，自愈线路的快速响应能力还能够在分布式能源输出波动较大的情况下平衡供需关系，保持电网的稳定运行。

在跨区域的大规模电网中，继电保护与自愈线路技术的优化协作同样具有重要价值。例如，通过引入分布式控制机制，可以在大范围内实现保护装置与自愈线路设备的协调动作，快速隔离故障区域并恢复非故障区域的供电。结合先进的通信技术，跨区域电网的故障处理过程将更加高效和可靠。此外，在复杂电网的应用场景中，继电保护与自愈线路还可以与分布式能源管理系统、电力市场和调度中心等多系统协同配合，共同提升电网的运行效率和资源利用率。

6 结语

配电网继电保护与自愈线路技术的协同应用为现代电网的故障处理提供了全新的解决方案。通过结合继电保护装置的精准检测与自愈线路的快速响应能力，不仅可以大幅提升故障处理效率，还能够显著提高电网运行的可靠性和稳定性。研究表明，这种协同机制在故障定位、隔离与恢复的全流程中展现出优异的性能，能够有效减少停电时间和影响范围，为用户提供更加稳定可靠的电力服务。

在智能化技术的推动下，配电网继电保护与自愈线路技术将进一步向智能化、自动化方向发展。人工智能、大数据和物联网的引入，不仅提升了系统的预测能力和自适应能力，还为未来电网的高度灵活性和可持续性奠定了技术基础。同时，在复杂电网场景中的应用拓展将使这项技术发挥更大的潜力，特别是在分布式能源接入、微电网运行和跨区域调度等领域，继电保护与自愈线路的协同作用将成为保障电力系统安全运行的重要支柱。

参考文献

- [1] 袁永红,高祖慧.数字化智能配网继电保护定值失配点自动校核[J].中国新技术新产品,2024,(24):69-71.DOI:10.13612/j.cnki.cn11-24.040.
- [2] 陈丽,余决.分布式电源在电力工程中的优化配置与运行控制策略[J].中国品牌与防伪,2024,(12):131-133.
- [3] 巩怀鹏,程宇.光伏电站并网对配电网继电保护的影响研究[J].光源与照明,2024,(11):117-119.
- [4] 范栋.基于Apriori算法的水电站继电保护研究[J].电气技术与经济,2024,(11):53-55.