

考虑网络重构的配电网韧性提升多阶段优化

袁 志

国网会理供电有限责任公司 四川凉山

【摘要】本文探讨了在考虑网络重构的背景下，提升配电网韧性的多阶段优化问题。配电网在遭遇突发事件时的韧性对于保障电力供应具有重要意义。文章首先提出了一种基于网络重构的韧性提升优化模型，并通过多阶段优化方法进行求解，以最大化系统在突发事件下的稳定性和恢复能力。通过对比分析不同重构方案的效果，研究验证了该方法在提高配电网韧性方面的有效性，为智能电网的优化管理提供了理论依据。

【关键词】网络重构；配电网；韧性提升；多阶段优化；智能电网

【收稿日期】2025 年 10 月 24 日 **【出刊日期】**2025 年 11 月 24 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250215

Multi-stage optimization for enhancing distribution network resilience considering network reconfiguration

Zhi Yuan

State Grid Huili Power Supply Co., Ltd., Liangshan, Sichuan

【Abstract】 This paper investigates the multi-stage optimization problem for enhancing distribution network resilience under the context of network reconfiguration. The resilience of distribution networks during emergencies is crucial for ensuring power supply reliability. A resilience enhancement optimization model based on network reconfiguration is first proposed and solved using a multi-stage optimization approach to maximize system stability and recovery capability under emergency conditions. By comparing the effectiveness of different reconfiguration schemes, the study verifies the proposed method's efficacy in improving distribution network resilience, thereby providing a theoretical basis for the optimal management of smart grids.

【Keywords】 Network reconfiguration; Distribution network; Resilience enhancement; Multi-stage optimization; Smart grid

引言

配电网作为电力系统的重要组成部分，其稳定性直接影响到社会的正常运作。随着气候变化和社会发展的挑战，传统配电网面临越来越多的外部压力，尤其是在突发事件发生时，常常会出现电力中断、设备损坏等情况。如何提高配电网的韧性，增强其对突发事件的适应能力，成为了电力系统研究的一个重要方向。网络重构作为一种有效的手段，能够在突发事件中调整电力流向，优化资源配置，从而提高系统的应急响应能力。然而，在实际应用中，如何在不同阶段、不同条件下进行合理的重构，进而提升系统的整体韧性，仍然是一个亟待解决的问题。本文将在此背景下，提出多阶段优化模型，以期配电网韧性提升提供一种科学的决策方法。

1 配电网韧性提升的背景与挑战

随着全球气候变化的加剧，极端天气事件频发，配

电网的稳定性和可靠性面临前所未有的挑战。尤其是自然灾害、技术故障和人为破坏等因素，都可能引发电力系统大规模的中断，影响社会经济的正常运行。为了保障电力供应的稳定，提升配电网的韧性，成为当前电力行业急需解决的问题。配电网韧性不仅是一个技术问题，更是系统设计和运行管理的重要课题^[1]。在这种背景下，如何优化配电网结构，提升系统对异常情况的应对能力和恢复能力，成为了研究的核心。

尽管现有的配电网系统在正常情况下能够高效运行，但在遭遇突发事件时，传统的电网系统往往表现出一定的脆弱性，尤其是在设备损坏、线路断裂以及负荷不平衡的情况下。面对这些挑战，配电网的韧性需要通过更加灵活的网络重构方案来提升。网络重构可以在发生故障时，迅速调整电力的流向，恢复系统的正常运行，从而减小事故对电力供应的影响。然而，传统的配电网设计缺乏针对韧性提升的整体考虑，现有的技术

手段和管理模式仍然面临一些局限。

在面对这些问题时,提升配电网的韧性不仅需要考虑外部因素的影响,还需要结合配电网的实际运行情况,对电网的结构和管理进行综合优化。特别是在考虑到多重因素和复杂性时,单一的技术手段难以全面应对配电网的各种挑战。如何结合多阶段优化模型和网络重构技术,提升配电网的韧性,已成为电力系统研究中的一项重要任务。

2 网络重构技术在配电网韧性提升中的应用

网络重构技术作为提升配电网韧性的一项关键手段,已经在多个领域得到了广泛应用。该技术通过灵活调整配电网的结构,使得电力的传输更加稳定,从而提高配电网对突发事件的适应能力。具体来说,网络重构可以通过对电力系统的不同拓扑结构进行调整,实现负荷的重新分配和电流的重新导向。这种灵活性使得配电网在发生故障时,可以迅速恢复供电,避免大范围的电力中断。

网络重构的实施并非简单的任务。它要求配电网具备较高的自动化水平,能够实时监测系统的运行状态,并根据不同的故障情况进行快速、准确的调整。这意味着配电网必须配备先进的监测设备和传感器,能够实时采集电力系统中的各类数据,并通过信息系统进行数据处理和分析^[2]。网络重构的决策过程涉及多个复杂因素,包括故障类型、设备容量、负荷需求、网络拓扑等。这些因素的变化可能会直接影响重构策略的选择,尤其是在面对突发故障和多重不确定性时,决策过程更加复杂。如何综合考虑所有相关因素,在动态变化的环境下实时制定最优的重构方案,是网络重构研究中的一个重要难题。针对这一挑战,研究人员正在不断探索更智能、更高效的优化算法,以提高网络重构的响应速度和精度。

网络重构不仅仅是应急处理的手段,它还在日常运行中发挥着重要作用。通过对网络结构进行优化调整,可以有效降低电网的运行成本,提升电力传输效率。这种优化不仅能减少能量损耗,还能通过合理的负荷分配和线路选择,减少设备的过载现象,从而提高电网的整体稳定性和经济性。结合多阶段优化模型设计更加高效的网络重构策略,不仅能在突发事件中快速响应,还能在日常运营中持续优化配电网的性能。这为实现智能电网、提升能源利用效率和增强系统韧性提供了坚实的基础,有助于推动智能电网向更高效、更稳定的方向发展。

3 多阶段优化模型的构建与求解方法

多阶段优化模型是一种综合考虑不同阶段、不同条件下系统表现的优化方法。它通过分阶段制定决策策略,逐步优化配电网的韧性提升路径。在这一过程中,每个阶段都关注不同的目标 and 需求,因此在实施时能够更加灵活地应对配电网在不同情况下的变化。这种方法的优势在于能够在考虑短期与长期目标的灵活应对突发事件和系统运行中的不确定性^[3]。短期目标可以关注恢复电力供应的速度,而长期目标则涉及系统的可持续发展和长期稳定性。多阶段优化模型的应用不仅提高了系统的应急响应能力,还能为长期运行提供理论支持。在每个阶段中,决策的优化效果都会对后续阶段产生影响,因此模型的求解需要充分考虑各个阶段的相互依赖关系,以确保系统的整体优化。

在配电网的韧性提升过程中,多阶段优化模型通常包括以下几个阶段:初步规划阶段、应急响应阶段、恢复阶段和长期优化阶段。在初步规划阶段,主要任务是分析配电网的现有结构,评估其韧性并进行初步的网络重构设计。这一阶段的重点在于识别系统的脆弱环节,并制定优化方案,以确保系统能够在面临潜在故障时作出快速响应。在应急响应阶段,系统需要实时监测故障信息,并根据网络状态做出快速决策,调整网络结构,恢复电力供应。此阶段要求系统具备高度自动化和实时决策能力,能够快速识别故障并实施适当的重构策略。恢复阶段则主要关注故障后的恢复过程,确保系统能够快速稳定运行,恢复供电正常。在长期优化阶段,则是在充分考虑实际运行数据和未来发展需求的基础上,进行系统的长期韧性提升规划,进一步增强配电网的适应性与弹性。

为了实现这些目标,多阶段优化模型需要综合考虑多种因素,如网络拓扑结构、负荷分配、设备容量、故障类型等。每个因素在不同阶段的决策中扮演着重要角色,影响着优化过程的有效性和精准度。在初期阶段,网络拓扑结构的优化可能侧重于设备的负荷均衡,而在应急响应阶段,则需要考虑如何通过重构最小化故障对系统的影响^[4]。求解过程需要采用先进的优化算法,如遗传算法、粒子群算法等,以获得全局最优解。遗传算法通过模拟自然选择和遗传学原理,可以在大规模问题中寻找最优解;粒子群算法则能够有效搜索解空间,避免陷入局部最优解。通过精确的求解,可以为配电网提供一个系统化的韧性提升方案,从而提高配电网的应急响应能力和长期稳定性,为配电网未来的发展打下坚实的基础。

4 案例分析与优化效果验证

为了验证多阶段优化模型的实际应用效果,本文选取了某地区配电网作为研究对象,进行了一系列的模拟实验。该地区的配电网具有一定的复杂性,面临着多种可能的故障类型和突发事件,例如设备老化、自然灾害和系统负荷波动等。在实验中,我们将该配电网的网络拓扑结构、负荷需求和设备状态纳入优化模型中,结合不同的网络重构方案进行模拟,并评估其在各种故障情况下的表现。模拟实验中,我们特别关注了系统在突发故障和自然灾害等极端情况下的表现,确保模型能够应对实际中可能遇到的各种复杂情况。

实验结果表明,采用多阶段优化模型的配电网,在突发事件发生时,能够迅速进行网络重构,恢复电力供应。在与传统配电网结构进行对比时,优化后的配电网表现出更强的应急响应能力和更高的恢复速度。具体而言,优化后的系统在故障发生后的响应时间大大缩短,且恢复过程更加平稳高效。优化配电网还能够根据负荷变化和系统状态动态调整供电路径,有效防止了供电中断的扩大,确保了电力供应的稳定性。在实际应用中,优化后的配电网不仅能够有效减少停电时间,还能够降低因故障造成的经济损失,提升了整体系统的可靠性和稳定性。

通过对不同重构方案的对比分析,研究进一步证明了网络重构技术在提升配电网韧性中的关键作用。在优化后的配电网中,网络拓扑结构得到了合理的调整,负荷分配更加均衡,设备利用率得到了提高。具体来说,优化后的网络重构方案能够动态调整电力流向,使得负荷分配更加合理,从而避免了局部过载或不均匀负荷的情况^[5-8]。重构方案还在降低设备故障率方面发挥了重要作用,确保了设备的高效利用。最重要的是,系统的整体稳定性和应急响应能力得到了显著增强,为配电网的韧性提升提供了有力的支持。这不仅提高了系统对突发事件的适应能力,还为智能电网的发展提供了新的思路和实践依据。

5 结语

本文探讨了基于多阶段优化模型的配电网韧性提升方法,重点分析了该模型在应急响应、恢复以及长期优化中的应用效果。通过对网络重构方案的优化,该模

型能够显著提升配电网在突发事件中的应急响应能力和恢复速度,同时优化了系统的整体稳定性和设备利用率。实验验证了该方法在实际应用中的有效性和可行性,为配电网的韧性提升提供了系统化的理论依据。未来,随着技术的不断进步,该模型将在更大规模和更复杂的配电网系统中得到更广泛的应用,进一步推动智能电网的优化发展。

参考文献

- [1] 陈锋升,于仲安,王梓耀,等. 快速配电网故障重构的编码改进及其应用算法[J]. 电力系统保护与控制,2025,53(15): 113-124.
- [2] 张建军,廉杰,卢泽钰,等. 网络重构和多设备协同驱动的新能源配电网台区两阶段优化模型[J/OL]. 电力系统及其自动化学报,1-13[2025-09-12].
- [3] 江昌旭,郭辰,林俊杰,等. 图强化学习驱动的主动配电网动态重构与无功补偿协同优化方法[J/OL]. 中国电机工程学报,1-13[2025-09-12].
- [4] 何悦,王剑,雷才嘉,等. 电-气-水-热多能耦合主动配电网的韧性量化评估[J/OL]. 南方电网技术,1-12[2025-09-12].
- [5] 刘洪,鲍明阳,路劲涵,等. 考虑网络重构的配电网-多微电网协同运行方法[J]. 电力自动化设备,2025,45(08):114-121.
- [6] 贾一凡,张若煊,贺海波. 基于遗传算法的配电网网络重构设计研究[J]. 科技资讯,2025,23(11):28-31.
- [7] 王伟,王洪彬,郑心莹,等. 野火蔓延下基于移动应急电源的配电网韧性增强策略[J]. 电工电能新技术,2024,43(12):11-20.
- [8] 徐岩,郭佳睿,马天祥. 考虑韧性提升的配电网故障恢复与抢修协调优化[J]. 高电压技术,2024,50(12):5516-5528.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS