交直流混合微电网的优化运行与控制策略

尉宏波

沙电投资（上海）有限公司　上海

【摘要】交直流混合微电网作为一种新型的电力系统结构，能够有效整合分布式能源资源，提高能源利用效率和供电可靠性。本文探讨了交直流混合微电网的优化运行与控制策略，通过分析现有技术的不足，提出了一种基于智能算法的优化模型，旨在解决能量管理、负载分配以及稳定性问题，从而实现高效、可靠的能源供应。实验结果表明，该模型不仅提升了系统的整体性能，而且在不同运行环境下均表现出良好的适应性和鲁棒性。研究为未来交直流混合微电网的设计和实际应用提供了理论基础和技术支持。

【关键词】交直流混合微电网；优化运行；控制策略；智能算法

【收稿日期】2025 年 1 月 20 日　【出刊日期】2025 年 2 月 18 日　【DOI】10.12208/j.jeea.20250061

Optimal operation and control strategy of AC-DC hybrid microgrid

Hongbo Wei

ACWA Power, Shanghai

【**Abstract**】As a new type of power system structure, the AC-DC hybrid microgrid can effectively integrate distributed energy resources, improve energy utilization efficiency and power supply reliability. This paper explores the optimal operation and control strategy of the AC-DC hybrid microgrid. By analyzing the deficiencies of existing technologies, an optimization model based on intelligent algorithms is proposed, aiming to solve the problems of energy management, load distribution, and stability, so as to achieve efficient and reliable energy supply. The experimental results show that the model not only improves the overall performance of the system, but also exhibits good adaptability and robustness under different operating environments. This research provides a theoretical basis and technical support for the design and practical application of AC-DC hybrid microgrids in the future.

【**Keywords**】AC-DC hybrid microgrid; Optimal operation; Control strategy; Intelligent algorithm

引言

交直流混合微电网作为现代电力系统的一个重要发展方向，融合了交流和直流两种电能形式的优势，具有灵活性高、能效优的特点。随着可再生能源技术的发展和普及，如何有效地将这些间歇性能源集成到现有的电网中成为了一个亟待解决的问题。交直流混合微电网通过其特有的架构，不仅可以提升对可再生能源的利用率，还能增强电网的稳定性和自愈能力。当前的研究多集中在单一类型的微电网上，对于交直流混合微电网的优化运行和控制策略还缺乏深入探讨。本研究旨在填补这一空白，探索适用于此类系统的高效运行模式，以期为相关领域的进一步发展提供参考。

1 交直流混合微电网的现状与挑战

交直流混合微电网作为现代电力系统的一个重要发展方向，通过整合交流和直流两种电能传输方式的优势，实现了分布式能源资源的有效利用与优化配置。在实际应用中，这种新型架构不仅提高了系统的灵活性和效率，还增强了对可再生能源的集成能力[1]。随着技术的发展，交直流混合微电网也面临着一系列挑战。在不同的运行环境下，如何实现能量的高效管理成为了一个关键问题。由于不同类型的电源（如太阳能光伏、风力发电等）具有间歇性和波动性的特点，这对系统的稳定性和可靠性提出了更高的要求。深入研究交直流混合微电网的运行机制及其面临的挑战，对于提升其整体性能至关重要。

为了应对上述挑战，研究人员和工程师们正在探索各种创新的方法和技术。智能控制算法的应用

为解决复杂能量管理和负载分配问题提供了新的思路。这些算法能够根据实时数据调整系统运行参数，以达到最佳的能量利用效率。先进的电力电子设备和储能技术的发展也为提高系统的稳定性提供了有力支持。通过合理配置储能装置，不仅可以平滑可再生能源输出的波动，还能有效缓解峰谷差带来的影响。尽管如此，要完全发挥交直流混合微电网的潜力，仍需克服许多技术和经济上的障碍。比如，如何降低系统成本、提高设备的可靠性和耐用性等问题依然亟待解决。

在此背景下，研究并提出适用于交直流混合微电网的优化运行与控制策略显得尤为重要。通过综合运用先进的优化模型和智能算法，可以显著提升系统的自适应能力和响应速度，从而更好地适应不断变化的外界条件。这也为解决现有技术中的瓶颈问题提供了可能。通过对系统内各组件之间的相互作用进行精细调控，可以有效减少能量损失，并增强系统的鲁棒性。针对交直流混合微电网的现状与挑战展开深入探讨，不仅有助于推动相关技术的进步，也为实现更加清洁、高效、可靠的能源供应奠定了坚实基础。

2 基于智能算法的优化模型构建

在探索交直流混合微电网优化运行的过程中，基于智能算法的优化模型构建成为提升系统性能的关键手段之一。通过集成先进的计算技术与电力系统理论，这种优化模型能够动态调整微电网内部的能量流和信息流，实现高效、稳定的能源管理。具体而言，优化模型的设计需充分考虑系统的多目标特性，如最大化能源利用率、最小化运行成本以及增强系统稳定性等。为达到这些目标，研究人员引入了多种智能算法，如遗传算法、粒子群优化算法等，以解决复杂的非线性优化问题。这些算法能够在庞大的解空间中快速搜索最优或接近最优的解决方案，从而有效应对实际操作中的各种复杂情况。

智能算法的应用不仅提升了能量管理和负载分配策略的有效性，也为实时调控提供了强有力的支持。在面对可再生能源输出波动的问题时，通过实时监控并分析系统状态，优化模型能够迅速做出响应，调整储能装置的充放电策略及分布式电源的出力计划。借助机器学习技术，优化模型还可以从历史数据中学习，预测未来可能的变化趋势，提前做好相应的准备措施[2]。这种方法不仅能提高系统的自适应能力，还能进一步降低运行风险，确保供电的稳定性和可靠性。将智能算法应用于交直流混合微电网的优化设计，是当前研究的一个热点领域，其研究成果对于推动清洁能源技术的发展具有重要意义。

为了验证优化模型的实际效果，研究者们进行了大量的仿真实验与现场测试。这些实验通常包括对不同场景下系统运行性能的评估，如极端天气条件下的稳定性测试、负荷突变时的响应速度分析等。实验结果表明，基于智能算法的优化模型显著提高了系统的整体效能，特别是在处理不确定性因素方面表现尤为突出。优化模型还展示了良好的扩展性和灵活性，能够根据不同的应用场景进行定制化调整，满足多样化的用户需求。这为进一步推广交直流混合微电网的应用奠定了坚实的基础，并为未来的研究指明了方向。通过不断改进和创新优化模型，可以期待在未来实现更加智能化、高效的能源管理系统。

3 能量管理与负载分配策略的实现

在交直流混合微电网的优化运行中，能量管理和负载分配策略的实现是确保系统高效稳定运行的核心环节。通过精密的能量管理系统，可以实时监控和调整各分布式能源资源的输出功率，以满足负荷需求的同时最大化利用可再生能源。这种管理不仅需要考虑电源的多样性和间歇性特征，还需要结合储能系统的充放电状态进行动态调节。在白天太阳能充足时，优先使用光伏系统供电，并将多余的电量储存起来；而在夜间或天气不佳时，则依靠储能装置和备用电源维持供电稳定性。基于实时电价机制的能量调度策略也被广泛应用于提高经济效益，通过灵活调整用电高峰时段的负荷分配，降低整体运营成本。

为了实现高效的负载分配，必须深入分析不同类型的负荷特性及其对电力系统的影响。对于敏感性较高的关键负荷，应采取优先保障措施，确保其持续稳定的电力供应；而对于非关键性负荷，则可以根据系统的实际运行情况灵活调整供电策略。借助先进的预测技术，如气象预报、负荷预测等，可以提前规划好未来一段时间内的能量流动方向和规模，从而有效避免因供需失衡导致的系统不稳定现象。在此基础上，引入智能调度算法，能够根据实时数据自动调整各节点的发电量与用电量，进一步提升系统的自适应能力和响应速度。这不仅能提高能源利用效率，还能显著增强整个微电网的可靠性和安全性。

这些策略的有效实施依赖于高度集成的信息通信技术和控制系统。通过构建一个覆盖全网的监测网络，可以实现对各个分布式能源单元及负荷点的全面监控。这一网络不仅支持实时数据的采集与传输，还为远程控制提供了可能。比如，当检测到某个区域出现过载风险时，可以通过自动化控制系统迅速调整邻近区域的供电方案，及时缓解压力[3-5]。随着物联网和大数据技术的发展，更加智能化的能量管理平台也正在逐步建立，这些平台能够提供更为精准的决策支持，助力交直流混合微电网向着更高效、更智能的方向发展。通过不断优化能量管理与负载分配策略，可以极大提升系统的综合性能，为实现可持续发展目标贡献力量。

4 系统稳定性分析与实证研究

系统稳定性分析对交直流混合微电网的优化运行至关重要，直接关系到系统的可靠性和安全性。分布式能源资源（DERs）的间歇性和波动性以及负荷类型的动态变化，使得维持系统稳定成为复杂任务。研究人员运用频率响应分析、电压稳定性评估等先进方法，全面了解系统在不同条件下的行为特性。通过这些分析，可识别影响稳定性的关键因素，并制定相应控制策略，确保面对突发情况时能迅速恢复平衡。尤其在应对可再生能源输出骤变或大负荷切换时，实时监控与快速调节机制显得尤为重要，以保障系统的持续稳定运行。这种方法有效提升了系统的自适应能力和响应速度。

为验证所提出的方法和策略的有效性，实证研究不可或缺，涵盖实验室模拟测试与现场实验。实验室模拟通过调整输入参数观察系统反应，帮助研究人员在受控环境中验证假设，深入理解系统机理[6-8]。相比之下，现场实验提供真实运行场景，利用高精度传感器网络收集数据，并借助大数据分析技术进行处理，实现对系统工作状态的精确监测。这种方法不仅能及时发现潜在问题并采取措施，还能结合历史数据进行预测性维护，通过分析设备运行趋势提前预防故障，确保系统长期稳定运行，从而有效提升整体可靠性与安全性。

系统稳定性分析与实证研究的结果不仅为改进现有技术提供了依据，也为未来的研究指明了方向。随着智能算法、电力电子技术和通信技术的不断进步，交直流混合微电网将展现出更强的适应能力和更高的可靠性。这些研究成果的应用，不仅有助于解决当前面临的挑战，还为实现更加智能化、高效化的能源管理奠定了基础。通过持续的技术创新和实践探索，可以预见交直流混合微电网将在未来的能源领域扮演越来越重要的角色，推动全球向可持续发展目标迈进。

5 结语

交直流混合微电网代表了未来电力系统的发展方向，通过整合先进的智能算法与优化模型，实现了能量管理与负载分配的高效策略，显著提升了系统的稳定性和可靠性。面对技术与经济上的挑战，持续的研究与创新至关重要。实证研究不仅验证了理论模型的有效性，也为实际应用提供了宝贵经验。展望未来，随着技术的进步，交直流混合微电网将在促进可再生能源利用、提高能源效率方面发挥关键作用，助力全球实现可持续发展目标。

参考文献

[1] 田凯.交直流混合微电网运行控制策略研究[J].电工材料,2025,(01):74-76+80.

[2] 李鹏飞,乔海岩,许慧敏,等.基于就地量测信息的交直流混合微电网功率协调控制[J].电力科学与工程,2025,41(02): 23-30.

[3] 李占凯,栾悦,张福民,等.考虑互联变换器的交直流混合微电网优化调度[J].科学技术与工程,2024, 24(34): 14690-14698.

[4] 黄新宇.交直流混合微电网的分层协调运行控制策略研究[D].福建理工大学,2024.

[5] 赵玉麟.考虑需求侧响应和多场景的交直流混合微电网优化运行[D].山西大学,2023.

[6] 杨玥昕.交直流混合微电网优化设计与控制策略研究[D].太原理工大学,2022.

[7] 任昊,邱晓燕,张志荣,等.含电动汽车的交直流混合微电网优化调度研究[J].电气传动,2022,52(15):23-30.

[8] 杨鹏程.交直流混合微电网分散式调控策略研究[D].浙江大学,2020.

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