

Research on Optimized Scheduling Strategies for Photovoltaic and Wind Power Hybrid Microgrids

Jie Liu

China Three Gorges Corporation Shanxi Branch, Datong, Shanxi, 037100, China

Abstract

In the context of global energy transition, renewable energy development has become a crucial solution to address energy crises and environmental challenges. As two key renewable energy sources, photovoltaic (PV) and wind power demonstrate clean and sustainable characteristics, playing an increasingly vital role in the energy system. However, their intermittent and fluctuating output poses challenges to grid stability when connected on a large scale. This makes optimizing dispatch strategies for PV-wind hybrid microgrids particularly essential. The study aims to enhance energy efficiency through rational dispatching approaches, maximize renewable energy utilization while ensuring grid stability and reducing reliance on traditional energy sources. Such efforts not only promote renewable energy development but also hold significant importance for achieving sustainable energy solutions.

Keywords

PV-wind hybrid microgrid; optimized dispatch strategy; renewable energy

光伏风电混合微电网的优化调度策略研究

刘杰

中国长江三峡集团有限公司山西分公司, 中国·山西 大同 037100

摘要

在全球能源结构转型的大背景下, 可再生能源的开发与利用成为应对能源危机和环境问题的重要途径。光伏与风电作为两种重要的可再生能源形式, 具有清洁、可持续的特点, 在能源体系中占据着越来越重要的地位。然而, 由于光伏和风电出力具有间歇性和波动性, 其大规模接入电网对电力系统的稳定运行带来了挑战。因此, 研究光伏风电混合微电网的优化调度策略显得尤为必要。该研究旨在通过合理的调度策略, 提高能源利用效率, 最大限度地利用可再生能源, 同时保障供电稳定性, 降低对传统能源的依赖。这不仅有助于推动可再生能源的发展, 还对实现能源的可持续发展具有重要意义。

关键词

光伏风电混合微电网; 优化调度策略; 可再生能源

1 引言

随着全球能源需求的持续增长以及环境问题的日益严峻, 能源结构转型已成为各国关注的重点。在这一过程中, 光伏与风电因其绿色、无污染的特性, 逐渐成为能源体系中的重要组成部分。然而, 光伏和风电的出力受自然条件影响较大, 其间歇性和波动性给电力系统的调度运行带来了诸多困难。微电网作为一种新型的电力网络形式, 能够有效整合分布式能源, 提高能源利用效率。在微电网中, 如何通过优化调度策略来协调光伏、风电以及其他能源的运行, 成为当前研究的热点问题。本文围绕光伏风电混合微电网的优化调度策略展开研究, 旨在探索一种能够提高能源利用效率和保障供电稳定性的方法, 为可再生能源的大规模应用提供理论

支持和技术指导。

2 光伏风电混合微电网概述

2.1 系统构成

光伏风电混合微电网作为一种典型的分布式能源系统, 其主要由光伏发电机组、风力发电机组、储能系统以及负荷等核心组成部分构成。光伏发电机组通过光伏效应将太阳能转化为电能, 其出力特性与太阳辐射强度、环境温度等因素密切相关, 通常表现为日间出力较高且具有一定的间歇性和波动性^[1]。风力发电机组则利用风能驱动发电机旋转, 进而产生电能, 其出力受风速分布、风向变化等气象条件的影响, 呈现出显著的随机性和不稳定性。储能系统在微电网中扮演着至关重要的角色, 它能够在可再生能源出力过剩时吸收多余能量, 并在出力不足时释放电能, 从而平抑功率波动并提高系统的供电可靠性。常见的储能设备包括蓄电池、超级电容器和飞轮储能等, 不同类型的储能技术在响应速度、循环

【作者简介】刘杰(1986-), 男, 中国山西大同人, 本科, 工程师, 从事新能源风电光伏检修维护研究。

寿命和经济性方面各有优劣。此外，负荷作为微电网的能量消耗端，可分为固定负荷和可控负荷两类。固定负荷通常指不可调节的用电设备，而可控负荷则可以根据需求侧管理策略进行灵活调整，以实现负荷曲线的优化。这些组成部分之间通过电力电子变换器和控制系统实现能量的高效传输与分配，形成一个有机整体，共同维持微电网的稳定运行。

2.2 运行原理

光伏风电混合微电网的运行模式主要包括并网模式和孤岛模式，两种模式下的能量产生、传输、分配和储存过程各具特点。在并网模式下，微电网与主电网相连，能够通过双向功率交换实现能量的互补。当光伏和风电出力充足时，多余的电能可以上传至主电网，从而实现经济效益最大化；而在可再生能源出力不足时，主电网可为微电网提供必要的电能支持，确保负荷的持续供电^[2]。此外，储能系统在并网模式下主要用于平抑短时的功率波动，减少对大电网的冲击。例如，在光伏发电午间出力高峰时段，储能系统可以吸收部分多余电能，而在晚高峰负荷需求增加时释放电能，从而降低对大电网的依赖。相比之下，孤岛模式下的微电网需要独立运行，此时能量的平衡完全依赖于内部电源和储能系统的协调配合。在这种情况下，控制系统通常会根据实时监测的数据动态调整各分布式电源的出力，同时优化储能系统的充放电策略，以确保微电网的频率和电压稳定。无论是并网还是孤岛模式，微电网的运行均依赖于先进的能量管理系统，该系统通过对各组件状态的实时监控和优化调度，实现能量的高效利用和系统的稳定运行^[3]。

3 现有优化调度策略分析

3.1 基于规则的调度策略

基于规则的调度策略是一种依赖于预设规则和优先级对微电网中各设备进行调控的方法。其核心原理在于根据系统运行状态和环境条件，按照既定的逻辑顺序分配能源资源^[4]。例如，在光照充足时优先使用光伏发电，风速较高时则优先利用风力发电，并在储能系统电量不足时从主电网购电。这种策略的优势在于其简单性和可靠性，尤其适用于场景较为单一、负荷需求变化不大的情况。然而，随着微电网规模的扩大和运行环境的复杂化，基于规则的调度策略暴露出明显的局限性。由于该策略缺乏动态优化能力，难以在多变的环境下实现资源的最优分配，从而导致能源利用率低下或运行成本增加。此外，当面对多重约束条件（如供需平衡、储能容量限制等）时，固定规则可能无法灵活应对，进而影响系统的整体性能^[10]。

3.2 经济调度策略

经济调度策略以降低微电网运行成本为目标，通过综合考虑发电成本、购售电价格以及储能系统的充放电费用等因素，制定最优的能量管理方案。在这种策略中，目标函数通常包括燃料成本、维护费用以及与主电网交互的成本，旨在实现经济效益的最大化^[5]。研究表明，经济调度策略能够

有效减少微电网的运行开支，特别是在电价波动较大的情况下，通过合理安排储能系统的充放电操作可以显著提升经济效益。然而，这种策略往往忽视了环境效益和可再生能源的利用率。在实际应用中，经济调度策略需要与其他优化目标相结合，以实现综合效益的最大化^[7]。

3.3 考虑环境因素的调度策略

考虑环境因素的调度策略在优化过程中将减少污染物排放作为重要目标之一，通过优先利用清洁能源并限制传统机组的使用，来降低对环境的影响。该策略通常引入环境成本指标，如二氧化碳排放量或污染物处理费用，并将其纳入目标函数中进行优化。研究表明，这种策略在改善空气质量、减少温室气体排放方面具有显著效果，尤其在高风电渗透率的微电网中，能够有效提升清洁能源的消纳率。然而，从经济角度来看，考虑环境因素的调度策略也面临一定的挑战。例如，为了达到减排目标，可能需要增加环保设备的投资，从而导致初期成本上升；同时，由于清洁能源出力的间歇性和不确定性，过度依赖可再生能源可能会影响系统的稳定性和可靠性。因此，如何在经济成本和环境效益之间取得平衡，成为该策略研究的关键问题之一。

4 不同场景下策略的适用性

4.1 地域差异

地域差异对光伏风电混合微电网的优化调度策略适用性具有显著影响，主要原因在于不同地域的光照资源和风速条件存在显著差异。例如，沿海地区通常风速较高且稳定，这为风力发电提供了良好的自然条件；而内陆高原地区则因海拔较高、光照强度大，更适合光伏发电系统的部署^[4]。基于规则的调度策略在沿海地区表现出较强的适应性，由于其简单直观的特点，能够有效应对风速变化较为规律的情况。然而，在面对复杂地形和气候条件时，该策略可能无法充分利用资源，导致能源浪费。相比之下，经济调度策略在光照资源丰富的内陆高原地区表现突出，通过优化发电成本和购售电成本，可以实现经济效益最大化。但该策略在沿海地区的应用可能受到限制，因为高风速条件下的风电出力波动性较大，难以精确预测，从而增加了调度难度。

考虑环境因素的调度策略在不同地域的应用也需因地制宜。在生态脆弱的内陆高原地区，减少污染物排放的目标尤为重要，因此该策略能够在一定程度上弥补其他策略在环保方面的不足。然而，其在经济成本方面的劣势不容忽视，尤其是在偏远地区，环保设备的投入可能会进一步加剧资金压力。而在沿海地区，尽管环境因素同样重要，但由于风电出力稳定性较高，该策略的实施效果相对较好。综合来看，各策略在不同地域的应用均需结合当地资源条件和实际需求进行改进，以提升整体适用性和运行效率。

4.2 气候条件变化

气候条件的变化对光伏和风电出力具有直接影响，进而影响优化调度策略的稳定性和灵活性。季节变化是其中一

个重要因素,例如在夏季,光照时间长且强度大,光伏发电系统的出力通常较高;而在冬季,风速可能增加,为风力发电提供有利条件。这种季节性变化要求调度策略能够根据实时气象数据动态调整,以确保能源供应的连续性和稳定性。基于规则的调度策略在应对季节性变化时表现出一定的局限性,因其依赖于预设规则,难以快速适应气候条件的动态变化。相比之下,经济调度策略通过引入实时市场价格和预测模型,能够在短期内优化资源配置,从而提高系统的适应性。

极端天气事件对光伏和风电出力的影响更为显著,例如暴雨、暴雪或台风等极端天气可能导致光伏发电系统出力骤降或风力发电机组停机。在这种情况下,考虑环境因素的调度策略需要与其他策略相结合,以确保在保障环保目标的同时维持系统的稳定运行。文献研究表明,通过引入储能系统和先进的控制算法,可以有效缓解极端天气对微电网的影响。此外,随机优化方法在应对气候波动方面展现出独特优势,例如通过 K-means 聚类对风电预测误差进行建模,能够生成多种可能的场景,从而提高调度策略的灵活性和鲁棒性。因此,未来的研究应进一步探索如何结合多种策略,以应对复杂多变的气候条件,提升微电网的整体性能。

5 结语

随着全球能源结构转型的加速,光伏与风电作为重要的可再生能源形式,在微电网中的应用日益广泛。现有研究表明,优化调度策略在提高能源利用效率、保障供电稳定性以及降低运行成本方面具有显著作用。基于规则的调度策略以其简单性和可靠性在特定场景下表现出色,但在复杂多变的运行环境中存在资源分配不足的局限性;经济调度策略通过考虑发电成本和购电成本等因素,有效提升了经济效益,但可能忽视环境效益和可再生能源利用率;而考虑环境因素的调度策略尽管在减少污染物排放方面贡献突出,却面临经济成本增加的问题。此外,地域差异和气候条件变化对优化调度策略的适用性提出了更高要求,不同地区的资源禀赋和气候特征使得单一策略难以满足多样化的需求^[8]。

尽管当前研究取得了一定成果,但仍存在诸多问题和不足。首先,现有优化调度策略多集中于单一目标优化,未能充分平衡经济、环境和技术等多方面的需求。其次,由于光伏和风电出力具有间歇性和波动性,如何在实际运行中实现精准预测并快速响应仍是亟待解决的难题。此外,随着微电网规模的扩大和复杂性的增加,传统优化算法在计算效

率和处理能力上的局限性逐渐显现,难以满足实时调度的需求。

未来优化调度策略的发展应着眼于多目标综合优化与智能化技术的结合。一方面,通过引入人工智能技术(如深度学习、强化学习等),提升调度策略对复杂环境的适应能力和决策效率。例如,利用深度学习算法对历史数据进行挖掘,以实现风电和光伏发电功率的精准预测,从而优化调度决策^[9]。另一方面,开发多目标优化模型,综合考虑经济性、环保性和技术可行性,通过加权或分层优化方法实现各目标之间的平衡。此外,针对微电网中多种能源形式的协同调度问题,应加强需求侧管理的研究,探索用户参与需求响应的激励机制,进一步提升系统的灵活性和稳定性。

综上所述,光伏风电混合微电网的优化调度策略研究仍具有广阔的发展空间。未来的研究应注重理论与实践的结合,充分考虑实际运行中的不确定性和多样性,推动优化调度策略向智能化、综合化方向发展,为实现清洁能源的高效利用和电力系统的可持续发展提供技术支持。

参考文献

- [1] 程江洲,阮曾成,张赟宁,等.考虑用电优质系数的微电网分段混合策略优化调度[J].可再生能源,2021,39(02):215-221.
- [2] 王兴胜,王敬华,岳昕.微电网参与日前市场出清系统优化运行策略研究[J].水电能源科学,2021,39(06):198-201+184.
- [3] 赵凤展,张启承,张宇,等.基于VMD-MPC法的并网型微电网多时间尺度能量协调优化调度[J].农业工程学报,2021,37(07):190-198.
- [4] 吕智林,廖庞思,杨啸.计及需求侧响应的光伏微电网群与主动配电网双层优化[J].电力系统及其自动化学报,2021,33(08):70-78.
- [5] 陈恒安,管霖,卢操,等.新能源发电为主电源的独立微电网多目标优化调度模型和算法[J].电网技术,2020,44(02):664-674.
- [6] 杨军伟,杜露露,刘夏,等.高风电渗透率下考虑需求侧管理策略的智能微电网调度方法[J].智慧电力,2021,49(03):32-39+110.
- [7] 李晓春.微网中光伏电源并网运行优化配置方法研究[D].华北电力大学,2012.
- [8] 杨力俊,潘伟,田闻旭.计及需求响应和风光不确定性的微电网多目标优化模型[J].电力需求侧管理,2022,24(03):1-8.
- [9] 姜宇,陈翔宇,傅守强.计及风电功率相关性的微电网日前随机优化调度方法[J].全球能源互联网,2022,5(01):46-54.
- [10] 祝宇翔,程韧俐,史军,等.计及光伏并网的微网运行优化[J].电工技术,2020,(04):58-59+63.