

面向新能源消纳的分布式光伏储能系统优化配置

肖 闯

四川川润环保能源科技有限公司 四川 成都 610000

摘 要：面向新能源消纳的分布式光伏储能系统优化配置研究，旨在通过科学的方法和策略，提升新能源的利用效率和电网的稳定性。本文深入探讨了储能容量的优化配置、充放电策略的优化以及电网调度与需求响应的协同作用，以实现分布式光伏储能系统的智能化运行和高效管理。研究结果表明，通过合理配置储能容量和优化充放电策略，可以有效提高新能源的消纳水平，降低电网的运行成本，为新能源的可持续发展提供有力支持。

关键词：分布式；光伏储能系统；优化配置

1 分布式光伏储能系统基础理论

1.1 分布式光伏储能系统概述

分布式光伏储能系统是一种创新的能源解决方案，它将光伏发电和储能技术相结合，实现了电能的生产、储存和使用。这一系统主要由光伏组件、储能设备、逆变器以及相关的控制系统组成。光伏组件通过吸收太阳能，将其转化为直流电能，再通过逆变器将直流电转换为交流电，以供日常用电设备使用。多余的电能则会被储存到储能设备中，如锂离子电池、铅酸电池或钠离子电池等，这些高性能电池能够有效地存储电能，并且在夜间或阴天等光照不足的情况下，释放储存的电能，确保电能的持续供给。分布式光伏储能系统具有多重优势。首先，光伏发电是一种清洁能源，不会排放有害物质，对环境没有污染，符合可持续发展的理念。其次，分布式光伏储能系统可以根据需要在各个电力负荷集中的地方建立，减少了电力传输的损耗和线路故障对供电的影响，提高了供电可靠性。光伏发电和储能系统可以相互补充，光伏发电在阳光充足时产生电能，多余的电能可以储存在储能设备中，并在夜晚或阴雨天供电使用，实现了电能的平衡利用，分布式光伏储能系统可以减少对传统能源的依赖，降低能源成本。分布式光伏储能系统的应用领域广泛，居民可以安装光伏组件在屋顶上发电，并将多余的电能储存起来，供夜晚或阴雨天使用。商业建筑通常有较高的用电需求，采用分布式光伏储能系统可以在一定程度上降低用电成本，提高电能供应的可靠性。

1.2 新能源消纳机制

新能源消纳机制是指电力系统对新能源发电（如风电、光伏发电等）的吸纳和利用能力。新能源发电具有随机性和波动性的特点，需要配合储能、区域微电网等技术来有序提升电力系统的消纳能力^[1]。电能必须“即

发即用”，在电力系统中，电能被发电厂生产出来后，可以通过本地使用、存储转化或通过电网输送到其他区域等方式被利用。由于新能源发电的随机性和波动性，常常会出现电能“用不完又送不出”的情况，即弃电现象。为了提升电力系统的消纳能力，需要采取一系列措施。完善新能源利用率管理机制，制定科学合理的新能源利用率目标，针对风电、光伏发电等新能源的消纳问题，国家已经出台了一系列政策，如《清洁能源消纳行动计划（2018-2020年）》等，提出了全国平均风电、光伏利用率达到95%的目标。随着新能源装机总规模的大幅增长，消纳问题仍然严峻。在《2024-2025年节能降碳行动方案》中，提出了放宽资源较优地区的新能源利用率至90%的要求，以引导新能源投资更趋于理性。加快构建新型电力系统和新型能源体系，提升电力系统的调节能力。这包括开展电力系统调节能力需求分析，明确新增煤电灵活性改造、抽水蓄能等措施，以及加强电网建设，提高电网的输送能力和稳定性。深化电价机制改革，推动新能源消纳的市场化进程，电力市场化改革被认为是新能源消纳的关键。通过优化省内省间电力交易机制、探索分布式新能源通过聚合代理等方式公平有序参与市场交易等措施，可以激发市场活力，提高新能源的消纳水平。还可以利用时间电价机制，引导储能系统在电价较低时充电，在电价较高时放电，从而降低光伏发电系统的总体运行成本。加强新能源项目与电网建设的协同性，确保新能源发电能够顺利并网和消纳。这包括加强规划、加快建设、优化流程等方面的工作，以及允许发电企业投资建设新能源配套送出工程，并由电网企业进行回购等措施。这些举措直接解决发电企业面临的现实问题，提高新能源项目的开发效率和消纳水平。

1.3 优化配置理论与方法

分布式光伏储能系统的优化配置是指根据负荷需

求、发电功率、储能容量等因素,确定最优的容量配置方案,以实现电网稳定性和经济性的平衡。首先,确定储能容量的配置原则,这需要根据负荷曲线、光伏发电出力、电价等信息,采用线性规划、动态规划等优化算法进行计算。通过考虑负荷需求、发电出力和电网约束等因素,确定最佳的储能容量配置方案。这一方案既要满足负荷变化和峰值需求,又要平衡经济性和性能。其次,优化储能系统的充放电策略,这需要根据电网需求、电价波动、电池状态等因素,制定最优的充放电策略。通过采用模糊控制、神经网络、预测模型等控制算法,根据实时运行数据动态调整充放电功率和时间。还可以利用峰谷套利、自用优先、虚拟电厂等策略优化充放电控制,提高系统收益和灵活性。优化并网运行管理,这需要保障分布式光伏储能系统安全、稳定、可靠地并网运行,遵守电网调度和保护要求。通过调频、调压、虚拟惯量等辅助服务参与电网运行,提升系统稳定性和调节能力。同时,还需要加强电网建设,提高电网的输送能力和稳定性,以确保新能源发电能够顺利并网和消纳。最后,进行经济性分析,这包括计算投资成本、运行成本、收益率、投资回收期等经济指标,并采用现金流折现法、生命周期成本法等评估方法对不同配置方案的经济可行性进行分析。通过容量配置优化、充放电控制优化、收益最大化等策略提高系统经济性,还需要考虑政策支持、技术进步等因素对系统经济性的影响,以制定更加科学合理的优化配置方案^[2]。

2 分布式光伏储能系统优化配置模型

2.1 系统建模

分布式光伏储能系统的优化配置首先需要对其核心组成部分进行精确建模,这些组件包括光伏发电系统、储能装置、负荷需求以及电网交互环节。光伏发电系统的建模主要基于光照强度、温度等环境因素,通过光伏电池的物理特性和电路模型,计算出不同条件下光伏系统的输出功率。这一过程通常涉及复杂的物理公式和实验数据拟合,以确保模型能够准确反映实际发电情况。储能装置的建模则关注其充放电特性、能量效率、循环寿命等关键参数。通过建立储能系统的状态空间方程,可以描述其在不同充放电策略下的能量变化,以及由此产生的损耗和成本。还需要考虑储能系统的容量约束和功率限制,以确保其在运行过程中的安全性和可靠性。负荷需求的建模则是根据历史数据和未来预测,建立负荷需求的时间序列模型。这一模型能够反映负荷的日、周、月、年等周期性变化,以及突发事件或特殊事件对负荷的影响。通过负荷需求模型,可以预测未来不同时

间段的电力需求,为储能系统的充放电策略提供依据。电网交互环节的建模则涉及电网的电压、频率、功率因数等电气参数,以及电网的调度规则和电价政策。

2.2 优化配置模型构建

在系统建模的基础上,构建分布式光伏储能系统的优化配置模型是优化过程的核心。优化配置模型通常包括目标函数和约束条件两部分,目标函数通常涉及系统的总成本、总收益或净收益等经济指标,通过优化这些指标来找到最佳的配置方案。约束条件则包括系统的容量约束、功率约束、安全约束等,以确保配置方案在实际运行中的可行性和安全性。在构建优化配置模型时,需要考虑多种因素的综合影响。还需要考虑电网的调度规则、政策补贴等因素对优化配置的影响,为了构建准确的优化配置模型,通常采用数学建模和仿真分析相结合的方法。通过数学建模,可以将实际问题抽象为数学问题,建立相应的数学模型,利用仿真分析工具对模型进行求解和验证,以评估不同配置方案的效果和性能。

2.3 求解方法与技术

求解分布式光伏储能系统优化配置模型的方法和技术多种多样,取决于模型的复杂性和求解的精度要求。常见的求解方法包括线性规划、非线性规划、动态规划、启发式算法等。线性规划适用于目标函数和约束条件均为线性的情况,通过求解线性方程组来找到最优解,由于分布式光伏储能系统的优化配置问题通常涉及非线性因素,因此非线性规划方法更为常用。非线性规划方法能够处理目标函数和约束条件中的非线性关系,通过迭代求解来找到最优解或近似最优解。动态规划方法则适用于具有时间维度的优化问题,如储能系统的充放电策略优化。通过将问题分解为多个阶段,并在每个阶段做出最优决策,最终得到全局最优解。动态规划方法能够处理复杂的时间依赖关系,但计算量较大,适用于小规模问题的求解^[3]。启发式算法则是一种基于经验和规则的求解方法,如遗传算法、粒子群算法等。这些算法通过模拟自然界的进化过程或物理现象,以迭代的方式搜索最优解。启发式算法具有全局搜索能力强、收敛速度快等优点,但可能无法找到全局最优解,且对参数设置较为敏感。在实际应用中,通常需要根据问题的具体特点和求解要求,选择合适的求解方法和技术。同时还需要考虑计算效率、求解精度、鲁棒性等因素,以确保求解结果的可靠性和实用性。

3 面向新能源消纳的优化配置策略

3.1 储能容量优化配置

面向新能源消纳的储能容量优化配置策略,是确保

分布式光伏储能系统能够有效吸收并储存多余新能源发电量的关键。新能源发电,特别是光伏发电和风力发电,其输出功率受自然因素影响显著,具有高度的间歇性和不可预测性。为了有效应对这种不确定性,储能系统需要具备一定的容量裕度,以便在新能源发电高峰时储存电能,在低谷时释放,从而平滑电力输出,减少弃电现象。负荷需求的变化同样对储能容量的配置有重要影响,在负荷高峰时段,储能系统可以释放储存的电能,减轻电网压力,提高供电可靠性;而在负荷低谷时段,则可以利用新能源发电的多余电量进行充电,提高储能系统的利用率。储能容量的配置需与负荷需求的变化趋势相匹配,以实现供需平衡。在储能容量优化配置的具体实践中,通常采用数学建模和仿真分析的方法。通过建立储能系统的动态模型,考虑新能源发电、负荷需求、电价政策等因素,运用优化算法求解储能系统的最优容量。随着技术的不断进步和成本的逐步降低,储能系统的应用场景也在不断扩大。除了传统的电力削峰填谷外,储能系统还可以用于提供调频、调压等辅助服务,参与电网的深度调峰和应急备用,进一步提升新能源的消纳能力。

3.2 充放电策略优化

充放电策略的优化是提升分布式光伏储能系统经济效益和新能源消纳能力的关键。在充放电策略的优化过程中,需要考虑的是新能源发电的实时情况和负荷需求的变化趋势。通过实时监测新能源发电的输出功率和负荷需求的变化,可以动态调整储能系统的充放电功率和时间,实现电能的优化分配。电价政策也是影响充放电策略的重要因素,在电价高峰期,储能系统可以释放储存的电能,降低用电成本;在电价低谷期,则可以利用新能源发电的多余电量进行充电,实现电能的低成本储存。通过灵活调整充放电策略,可以最大化储能系统的经济效益。储能系统的充放电策略还需考虑其对电网的影响,在电网调度过程中,储能系统可以作为重要的调节资源,参与电网的频率调节和电压支撑。通过优化充放电策略,可以实现储能系统与电网的协同运行,提高

电网的稳定性和可靠性。在具体实践中,充放电策略的优化通常采用智能控制算法,如模糊控制、神经网络、深度学习等。

3.3 电网调度与需求响应

电网调度与需求响应是实现新能源高效消纳的重要手段。在电网调度方面,需要建立更加灵活和智能的调度机制,通过实时监测新能源发电和负荷需求的变化,以及储能系统的状态,电网调度中心可以动态调整电网的运行策略,实现电能的优化分配和供需平衡。还需要加强与分布式光伏储能系统的信息交互和协调控制,提高电网的智能化水平和响应速度^[4]。在需求响应方面,可以通过价格信号或激励机制来引导用户调整用电行为。还可以通过建立虚拟电厂等新型市场主体,将分布式光伏储能系统和其他分布式能源资源进行整合和优化,进一步提高新能源的消纳能力。电网调度与需求响应的结合,可以实现电力市场的更加高效和公平运行。通过优化电网调度策略和鼓励用户参与需求响应,可以进一步提高分布式光伏储能系统的经济效益和社会效益,推动新能源的可持续发展。

结束语

面向新能源消纳的分布式光伏储能系统优化配置是实现新能源高效利用和电网稳定运行的重要途径。通过深入研究和实践探索,不断积累了丰富的经验和成果。未来,将继续加强技术创新和理论研究,推动分布式光伏储能系统的优化配置向更高水平发展,为构建清洁、低碳、高效的能源体系贡献力量。

参考文献

- [1]曹金京.面向新能源消纳的分布式光伏储能系统优化配置[J].自动化应用,2021(04):4-6.D
- [2]李家鹏.分布式光伏发电系统对配电网电压的影响分析[J].电子技术,2022,51(03):294-296.
- [3]彭伟,郑连清,郑天文.分布式光伏储能系统的优化配置方法[J].四川电力技术,2022,45(01):45-49+94.
- [4]张怡洁,刘星,陈振武等.分布式光伏储能系统的设计方法及运行特性[J].化工学报,2021,72(S1):503-511.