

新型电力系统中大规模储能对峰谷差削减效果的研究

杨书韵

云南保山电力股份有限公司 云南 保山 678000

【摘要】新型电力系统在高比例可再生能源接入的背景下,面临峰谷负荷差异显著扩大、系统调节压力加大的挑战。大规模储能技术作为灵活的能量调控手段,能够在电力低谷时储能、高峰时释能,有效削减负荷峰谷差。本文以负荷特性与储能响应机制为基础,分析储能容量配置、运行策略及技术特性对削峰填谷效果的影响,建立储能对峰谷差削减的量化模型,并通过仿真验证其优化作用。研究结果表明,大规模储能对提升系统平衡性、增强可再生能源消纳能力及降低运行成本方面具有显著效果,对构建安全高效的新型电力系统具有重要支撑意义。

【关键词】新型电力系统; 大规模储能; 峰谷差; 负荷调节; 能量优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.02.031

随着新能源装机比例的持续提升,电力系统运行的不确定性和波动性不断增强,传统调节手段已难以满足灵活调度的需求。峰谷差的加剧不仅增加了系统的运行风险,也影响了能源利用效率。储能技术的快速发展为解决这一问题提供了新的路径。通过在负荷低谷时储能、负荷高峰时释放能量,储能系统能够在时间尺度上实现电力的再分配,从而平衡供需矛盾。大规模储能的引入使电力系统具备更高的弹性与自适应能力,为实现清洁能源与系统稳定运行之间的协调提供了技术支撑。

1 峰谷差问题的成因与系统负荷特征分析

新型电力系统在高比例可再生能源接入的条件下,电力负荷特性呈现出显著的时变性与不确定性。受气候、产业结构以及用户用电行为差异的影响,负荷曲线的波动幅度不断扩大,峰谷差问题愈加突出。新能源发电的间歇性与波动性导致电力供需时序不匹配,高峰时段供电紧张、低谷时段电力富余,系统负荷的不均衡运行使电网调峰压力持续增加。电力系统的传统调节手段难以实现快速、灵活的能量平衡,负荷高峰期的电源启停频繁、备用容量需求上升,进一步加剧了系统运行成本与设备磨损问题。

新型电力系统结构中,风电与光伏等可再生能源的高比例接入改变了传统负荷的时空分布特征。白天光伏出力高、夜间需求高峰集中于居民用电区间,形成“源随天变、荷随人动”的特征,导致峰谷差呈现周期性放大趋势。同时,电动汽车、热泵以及分布式储能设备的大量接入,使负荷曲线更加复杂化,局部电网在短时间内出现显著波动。传统以集中发电为核心的系统运行模式已难以支撑这种高度动态的负荷变化。

随着需求侧响应机制尚未完善,用户侧负荷调节能力不足,电价信号对用电行为的引导作用有限,导致削峰填谷潜力未能有效释放。电力市场化水平较低、峰谷电价差异不足等问题,使部分地区的负荷差异进一步放大。电网在运行过程中为

维持频率稳定与电压质量,不得不依赖火电机组调峰或弃风、弃光等被动措施,这种方式既限制了新能源消纳能力,又降低了系统运行效率。由此,峰谷差扩大已成为制约新型电力系统高质量运行的重要瓶颈,亟需通过大规模储能等灵活调节手段实现平衡调度与动态优化。

2 大规模储能削峰填谷的机理与策略研究

大规模储能系统在削峰填谷的过程中承担着能量时移与功率平衡的核心功能,其作用机理体现在能量转换、容量调节及系统优化运行的多层面协同。储能装置通过在低谷时段吸收电能并在高峰时段释放,实现电力供需的动态平衡,使电网负荷曲线趋于平滑。电化学储能因响应速度快、调节精度高,被广泛应用于削峰填谷场景。其充放电过程通过功率控制与能量管理系统的协调运行,能够实现毫秒级响应,确保电网在负荷剧烈波动时保持稳定。抽水蓄能、电化学储能与压缩空气储能等多类型储能技术在不同时间尺度上发挥作用,通过混合配置可实现短时调频与长时调峰的综合调节。

在削峰填谷策略设计中,储能系统的运行模式取决于电价机制、负荷预测结果及储能设备寿命约束。电价信号是驱动储能运行的关键变量,通过峰谷电价差形成充放电激励,使储能能够在经济调度中实现能量套利与系统平衡双重目标。基于负荷预测与可再生能源出力预测的模型,可构建储能最优调度策略,使其在供需不平衡时段主动参与能量分配。模型通常采用多目标优化算法,以最小化峰谷差、降低运行成本并延长储能寿命为约束条件。通过引入动态规划与遗传算法等优化工具,能够提高储能系统在不同负荷情景下的响应灵活性。

在系统配置方面,储能容量与功率等级的合理匹配是影响削峰效果的关键因素。储能容量过小将导致削峰能力不足,而过大则增加投资成本并降低利用率。根据负荷曲线形态、峰谷持续时间与电力市场价格变化,可采用分层配置方式,将短时

储能与长时储能联合运行，实现多时段能量的协调调度。配合智能控制算法与实时监测系统，储能能够在保证电网频率稳定的同时，优化能量流动路径，提高系统整体效率。

在实际应用中，大规模储能削峰机制还需考虑区域电网特性与可再生能源接入比例的影响。当新能源出力波动较大时，储能系统可作为虚拟惯量参与频率支撑，弥补传统电源的动态响应不足。通过与需求侧响应、分布式发电协同运行，形成“源-网-荷-储”一体化的能量管理体系，能够在削减峰谷差的同时，增强系统对不确定性的适应能力。这种多维协调机制使储能不再仅是电能的存储单元，而成为维系电力系统安全、经济与清洁运行的重要调节枢纽。

3 储能削峰填谷效果的评估与综合分析

储能削峰填谷效果的评估过程涉及系统建模、数据仿真与多维指标分析等环节，通过定量化方法验证储能能在电网运行优化中的实际贡献。构建评估模型时需考虑负荷特征、储能响应特性及电价变化规律，通过功率平衡方程与能量约束方程建立储能运行的动态模型。仿真系统通常以典型日负荷曲线为基础，结合不同储能配置容量与运行策略，模拟储能高峰与低谷时段的充放电行为，从而计算削峰率、填谷率以及峰谷差变化幅度等关键参数。通过比较储能运行前后的负荷曲线，可直观反映系统平滑化程度与调节灵敏度。

在经济性分析方面，评估模型引入储能设备投资成本、运

维费用与电价收益等因素，形成综合经济评价指标体系。削峰填谷带来的经济收益主要体现在峰时电价差收益与备用容量成本降低。通过生命周期成本法可评估储能投资回收周期与内部收益率，反映其经济可行性。为提高评估精度，需将储能系统的能量转化效率与寿命衰减特性纳入长期运行分析中，使结果更具现实指导意义。不同类型储能技术在经济性能上的差异明显，电化学储能能短周期削峰方面表现突出，而抽水蓄能则在长期能量平衡中更具优势。

系统稳定性分析强调储能能频率调节、电压支撑及备用容量补偿方面的综合作用。通过建立时序仿真模型，分析储能能在负荷扰动下的动态响应能力与电网稳定裕度的变化情况，可量化其对系统安全运行的贡献。与传统调峰手段相比，储能能削峰填谷过程中能够以更高的时效性参与实时调度，显著降低负荷波动引起的频率偏移。通过综合评估结果，可揭示储能削峰填谷对系统运行效率、经济性与安全性的综合优化效应，为新型电力系统规划与储能布局提供量化依据。

4 结语

大规模储能作为新型电力系统的重要调节单元，在削减峰谷差、平衡供需关系及提升系统稳定性方面展现出显著优势。通过合理的容量配置与优化运行策略，储能能够有效实现负荷曲线平滑化与能量时移，促进可再生能源的高效消纳。储能技术的应用不仅改善了电网运行的灵活性，也为构建安全、高效、低碳的现代电力体系提供了坚实支撑。

参考文献：

- [1] 王浩,陈俊伟.基于储能技术的电力系统峰谷差削减研究[J].电网技术,2022,46(4):1201-1209.
- [2] 刘畅,赵一帆.新型电力系统中储能调峰运行优化方法研究[J].电力系统自动化,2023,47(12):56-64.
- [3] 周志明,李凯.大规模储能系统削峰填谷效果仿真分析[J].电力科学与工程,2021,37(8):89-96.