

新能源风电和光伏工程中的储能技术分析

张 奎

中国能源建设集团甘肃省电力设计院有限公司 甘肃 兰州 730050

摘要: 新能源风电和光伏工程中, 储能技术至关重要。本文先分类阐述化学、物理、电磁储能技术的特性, 接着分析储能技术在风电工程中平滑出力、调峰备用及协同优化等方面的应用逻辑, 以及在光伏工程中补偿波动、提升自给率和协同优化等作用。还探讨了储能技术在多能互补中的角色、效率与经济性提升路径、市场机制与商业模式创新, 为新能源储能技术发展与应用提供参考。

关键词: 新能源; 风电工程; 光伏工程; 储能技术; 应用逻辑

引言: 随着全球能源转型加速, 新能源风电和光伏装机规模持续扩大。然而, 风电和光伏发电具有间歇性、波动性等特征, 给电网稳定运行带来挑战。储能技术作为解决新能源消纳问题的关键手段, 能够通过能量时空转移, 实现电能与多种形式能量的相互转换与存储, 有效平抑新能源出力波动, 提升能源系统稳定性和可靠性。深入研究储能技术在新能源风电和光伏工程中的应用逻辑与集成优化方向, 对推动能源清洁低碳转型具有重要意义。

1 储能技术的分类与特性分析

1.1 化学储能技术

化学储能技术依靠可逆化学反应完成电能与化学能的相互转化, 在新能源储能领域占据重要地位。锂离子电池是当前应用最为广泛的化学储能装置, 凭借高能量密度与长循环寿命的优势, 在快速响应场景中表现出色^[1]。这类电池通过锂离子在正负极材料间的嵌入与脱嵌实现充放电, 电极材料体系的持续优化不断推动性能提升, 在电网调频、用户侧储能等领域发挥关键作用。铅酸电池作为传统储能方案, 技术成熟且制造成本较低, 但受铅元素比重与活性物质利用率限制, 能量密度与循环寿命难以突破, 多用于对经济性较为敏感的备用电源场景。液流电池采用功率容量解耦设计, 借助电解液在储罐与电堆间的循环实现能量存储与释放, 这种结构赋予容量大、寿命长的特点, 在可再生能源并网的长时储能需求中展现独特价值。钠离子电池因钠资源储量丰富、成本低廉受到广泛关注, 工作原理与锂离子电池相近, 通过钠离子在电极材料中的迁移实现充放电, 在分布式储能领域具备替代潜力, 未来有望成为低成本储能解决方案的重要发展方向。

1.2 物理储能技术

物理储能技术通过物理过程完成能量转换与存储,

拥有响应速度快、环境适应性强的优势。这种独特的能量转换方式使其在应对突发能源需求变化时具有显著优势, 为电力系统的稳定运行提供了快速响应的保障。压缩空气储能利用地下洞穴或压力容器存储压缩空气, 具备规模化应用条件, 在电网调峰场景中作用突出。运行过程中, 空气被压缩时释放热量, 释放能量时则需要吸收热量, 合理回收利用这部分热量能够进一步提高系统效率。飞轮储能依托高速旋转体存储动能, 毫秒级响应能力与高功率密度特点使其适合电网调频需求, 可有效平抑电网频率波动。飞轮储能使用寿命长, 维护成本相对较低, 在频繁充放电场景中优势更为明显。抽水蓄能是技术最为成熟的物理储能方式, 通过上下水库的水位差实现能量转换, 装机容量通常较大, 但受地形条件与建设周期影响, 主要分布在山区水电资源富集区域, 在电力系统调峰填谷中承担基础性支撑功能。

1.3 电磁储能技术

电磁储能技术基于电磁场原理实现能量存储, 核心优势在于超高速响应、低能量损耗及高频充放电能力, 适配短时高频调节、电能质量优化等特殊需求, 是电力系统精细化调控的核心技术之一。超导磁储能利用超导线圈在临界温度下的零电阻特性, 将电磁能直接存储于磁场中, 响应时间极短且系统损耗低, 在电能质量调节领域具有不可替代的作用。电网出现电压波动、频率偏差等电能质量问题时, 超导磁储能可迅速响应, 提供或吸收有功、无功功率, 保障电网稳定运行。超级电容器通过双电层结构或氧化还原反应存储电荷, 功率密度远超传统电池, 充放电过程耗时短, 广泛应用于短时高功率场景, 为电力系统提供灵活的功率支撑。超级电容器循环寿命长, 充放电次数多且对环境友好, 搭配电池组成混合储能系统, 可兼顾功率与能量需求, 是极具发展潜力的电磁储能技术。

2 储能技术在风电工程中的应用逻辑

2.1 风电出力平滑与功率调节

风电出力受自然条件影响波动明显,这种间歇性给电网稳定运行带来挑战,易导致电网频率、电压偏离额定值,影响电力系统安全。储能系统依托能量时空转移机制,在风电功率过剩时吸收多余电能并转化为化学能、机械能或电磁能存储,功率不足时释放存储能量补充电网需求,形成对风能波动性的动态补偿。充电过程对应风电功率高于电网需求的时段,放电过程对应风电功率低于需求的时段,最终让风电场输出功率曲线更加平稳^[2]。储能与风电场的联合运行通过能量管理系统实现功率分配优化,储能装置作为灵活调节单元,可快速响应电网调度指令,在秒级、分钟级时间尺度内平抑功率波动,将风电功率波动幅度控制在允许范围内,显著提升风电场出力稳定性,增强风电与电网的适配性。

2.2 风电场调峰与备用能力构建

储能系统在风电工程中承担重要调峰功能,其核心价值在于缓解风电出力与用电负荷的时空错配问题,助力风电场深度参与电网调峰辅助服务。风电低谷期,风速不足或电网需求较低时,储能装置将风电场发出的电能储存起来,避免弃风损失;用电高峰期或风电出力不足时,再将存储能量释放至电网,有效缓解电网峰谷差压力。这种能量时空转移特性让储能成为风电场参与电网调峰的关键技术手段,降低电网峰谷负荷差。储能装置可作为风电场的备用电源,在风电场突发故障或极端天气导致出力骤降时,快速提供功率支撑以维持电网稳定,其响应速度远超传统备用电源。储能装置备用响应迅速,能够维持电网频率与电压稳定,显著提升风电系统的抗风险能力,推动风电场从单纯发电单元升级为具备调峰与备用能力的智能电源,为电力系统安全稳定运行提供多重保障。

2.3 风电与储能的协同优化策略

储能与风电的协同优化核心在于实现容量配置与充放电策略的精准适配,既要保障风电稳定出力、满足电网调度要求,又要严格控制项目投资成本、提升全生命周期收益。储能容量配置需充分考虑风电出力特性,包括风速分布规律、功率波动范围及持续时间等关键因素,结合电网接入标准与调峰需求综合测算。容量配置过小无法有效平抑波动,过大则造成投资浪费,因此需建立基于风电出力统计特性的容量优化模型,实现经济性与可靠性的平衡。储能充放电策略制定需与风电预测技术深度融合,通过高精度风速预测与功率预测,提前规划储能装置的充放电时段与功率大小,在风电功率预测值高于实际

值时适当增加充电功率避免弃风,预测值低于实际值时提前释放能量弥补缺口,最大限度提升系统运行效率。

3 储能技术在光伏工程中的应用逻辑

3.1 光伏出力波动性与储能补偿

光伏发电功率受日照强度、温度、云层遮挡等自然因素影响,日间波动特征明显,典型表现为日出后功率快速上升,正午前后维持较高水平,午后随日照减弱逐渐下降,日落时降至零,这种波动易给电网调度与稳定运行带来压力^[3]。储能系统通过灵活充放电调节,在光伏功率上升阶段吸收多余电能,下降阶段释放存储能量,实现对光伏出力曲线的平滑处理。光伏发电功率超过电网需求或处于负荷低谷时,储能装置进入充电模式,将电能转化为化学能、机械能等形式存储;光伏功率不足或处于用电高峰时段,储能装置转为放电模式,补充电网供电缺口。这种动态调节机制可大幅降低光伏功率波动幅度,减少弃光现象并提升电能质量,使光伏发电从间歇性能源转变为可控性更强的稳定电源,同时降低光伏并网对电网调峰能力的依赖。

3.2 光伏系统自给率提升与离网应用

分布式光伏作为当下能源领域的重要发展方向,正展现出巨大的应用潜力。在分布式光伏场景中,储能系统通过优化自用策略显著提升能源自给率,降低用户对电网的依赖度与用电成本,尤其适配工商业园区、居民住宅等多元分布式场景。白天光伏发电优先满足本地负荷需求,多余电能存储于储能装置,避免多余电量并网带来的调度压力;夜间或阴雨天气时,储能装置释放能量维持负载运行,减少对电网的依赖。这种运行模式让分布式光伏系统从单纯发电单元转变为具备独立供电能力的能源节点,尤其适用于偏远地区或电网覆盖薄弱区域,为这些地区提供了稳定可靠的电力来源,有力推动了能源的普惠与均衡发展。储能与光伏的离网组合可构建完整微电网系统,通过能量管理系统实现光伏、储能与负载的协同控制,具备黑启动与应急供电能力,可在电网故障或停电时快速恢复关键负荷供电,为无电地区、应急救援场景提供可靠解决方案,大幅拓展光伏发电的应用边界,进一步凸显了其在能源保障方面的关键作用。

3.3 光伏与储能的协同优化策略

光伏与储能的协同优化需结合应用场景精准配置参数,核心是平衡供电可靠性、经济性与电网适配性,根据并网、离网等不同场景制定差异化优化方案。储能容量与光伏装机容量的比例关系需根据应用场景需求进行优化,在并网场景中,比例配置需考虑电网调度要求、峰谷电价差及弃光率等因素,通过经济性分析确定最优

容量,最大化峰谷套利收益与弃光回收价值;在离网场景中,比例配置则需满足负载日用电量、自给天数及系统冗余需求,确保供电可靠性^[4]。储能充放电策略与光伏发电预测的协同是提升系统运行效率的关键,借助高精度预测技术提前规划充放电计划,结合实时电价信号与负荷需求动态调整,实现能量的最优分配与高效利用,最大化系统综合效益。

4 储能技术的集成与优化方向

4.1 多能互补系统中的储能角色

在多能互补的能源体系构建中,储能技术扮演着至关重要的衔接与调节角色,是实现风电、光伏、水电、火电等多种能源协同运行、提升系统灵活性的核心枢纽。储能能够与风电、光伏、水电等多种能源形式实现协同运行,通过灵活的充放电机制,弥补不同能源在时空分布上的不均衡性与随机性。例如,当风电、光伏发电功率过剩时,储能系统吸收多余电能并存储;待到发电功率不足或用电高峰时段,储能系统释放能量补充供电缺口,从而提升整个能源系统的稳定性和可靠性。在综合能源系统框架下,储能不仅承担着能量缓冲的任务,更深度参与能量调度与优化过程,推动能源系统向清洁低碳、安全高效转型,助力实现“源网荷储”一体化运行目标。

4.2 储能系统效率与经济性提升路径

储能技术的持续进步聚焦于能量密度提升、成本降低以及寿命延长等关键方向。能量密度的提升意味着在相同体积或质量下能够存储更多电能,从而提高储能装置的空间利用率与能量携带能力;成本降低则直接关系到储能技术的市场竞争力与大规模推广应用,涵盖原材料成本、制造成本以及运维成本等多个环节;寿命延长能够减少储能装置的更换频率,降低全生命周期成本,提升投资回报率。储能系统的集成优化同样不容忽视,模块化设计使得储能装置能够根据实际需求灵活组合与扩展,提高系统的适应性与可维护性;智能化管理借助大数据、人工智能等技术手段,实现对储能系统运行状态的实时监测、故障预警以及智能决策,进一步提升系统运行效率与安全性。

4.3 储能技术的市场机制与商业模式创新

储能技术的商业化落地与规模化推广,离不开完善的市场机制支撑与多元化的商业模式创新,当前随着电力市场改革深化,储能参与市场交易的路径逐步清晰^[5]。储能参与电力市场的交易模式日益多元化,峰谷价差套利是其中重要的盈利方式之一,储能系统在电价低谷时段充电,在电价高峰时段放电,通过电价差获取经济收益。此外,储能还通过提供调频、调压、备用等辅助服务,参与电力市场交易,获取相应服务费用。在商业模式创新层面,储能与新能源项目的联合开发模式展现出巨大潜力,“光伏+储能”一体化项目便是典型代表,通过深度融合实现降本增效,不仅提升新能源发电的稳定性与可控性,还能享受政策补贴与电价优惠,降低项目整体成本,为新能源的大规模开发利用提供有力支撑,推动能源产业转型升级与可持续发展。

结束语

储能技术作为新能源风电和光伏工程的重要支撑,在平滑出力、调峰备用、提升自给率等方面发挥着不可替代的作用。通过多能互补系统中的协同运行、系统效率与经济性的提升以及市场机制与商业模式的创新,储能技术不断拓展应用边界,提高能源利用效率。持续推动储能技术发展与应用,有助于构建更加清洁、高效、稳定的能源体系,为能源产业可持续发展注入强劲动力,助力全球能源转型目标的实现。

参考文献

- [1]李刚,张潞,张晋,等.新能源风电和光伏工程中的储能技术应用[J].流体测量与控制,2024,5(5):87-90.
- [2]贾亚军.储能技术在新能源风电和光伏工程中的应用[J].电力设备管理,2025(10):168-170.
- [3]张祎钧.新能源风电和光伏工程中的储能技术应用[J].车时代,2025(10):106-108.
- [4]闫馨月.光伏、风电与储能:新能源发电的多元应用场景[J].消费电子,2025(16):68-70.
- [5]杨涛,严大洲,温国胜,等.新能源产业链构建:光伏发电-电化学储能-新能源汽车[J].中国材料进展,2024,43(2):164-174.