

新能源发电侧储能技术应用研究

周雨莹

国电河南新能源有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 随着能源绿色转型步伐加快, 新能源发电占比大幅跃升。本文聚焦新能源发电侧储能技术应用展开研究。首先阐述其特点, 包括功率与容量型储能协同、环境适应性要求高、需长循环寿命与低衰减率以及要平衡多场景适配性与经济性。接着介绍关键技术, 涵盖锂离子、液流、钠离子电池技术, 压缩空气储能和混合储能系统。然后分析应用场景, 如平滑功率波动、提高可调度性等。最后探讨发展趋势, 包括技术创新促成本降性能升、多种技术混合应用、储能与发电深度融合以及参与电力市场机制完善, 为新能源发电侧储能发展提供参考。

关键词: 新能源; 发电侧; 储能技术; 应用研究

引言: 在全球能源转型的大背景下, 新能源发电凭借清洁、可再生等优势, 在能源结构中的占比日益提升。然而, 新能源发电具有间歇性、波动性等特性, 给电力系统的稳定运行和高效管理带来诸多挑战。储能技术作为解决新能源发电问题的关键手段, 能够在发电侧有效调节电力输出, 平衡供需关系。研究新能源发电侧储能技术应用, 不仅有助于提高新能源发电的质量和可靠性, 还能促进新能源的大规模消纳, 推动能源行业的可持续发展, 对构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系具有重要意义。

1 新能源发电侧储能技术的特点

1.1 功率型与容量型储能协同需求

新能源发电具有间歇性与波动性, 其功率输出不稳定。功率型储能, 如飞轮储能, 具备极快的响应速度, 能在瞬间实现电能的充放, 可迅速平抑新能源发电的短时功率突变, 保障电力系统的瞬时功率平衡。容量型储能, 像抽水蓄能, 能量存储量大, 能长时间、大规模地存储和释放电能, 可应对新能源发电在较长时间段内的功率缺额或过剩情况。单一储能类型难以全面应对复杂多变的发电状况, 功率型与容量型储能协同工作, 可充分发挥各自优势, 实现新能源发电功率的稳定调节, 提升电力系统的灵活性与可靠性^[1]。

1.2 环境适应性要求严苛

新能源发电场站分布广泛, 涵盖多种极端环境。在极寒地区, 低温会使储能设备的电池活性降低、电解液凝固, 影响充放电性能和效率; 高温环境下, 设备散热困难, 易导致过热损坏, 加速材料老化。高湿度地区, 设备易受潮短路, 腐蚀性气体或盐雾环境会侵蚀设备部件, 降低其使用寿命。此外, 强风、沙尘等也会对户外安装的储能设备造成物理损害。因此, 新能源发电侧储

能技术必须具备出色的环境适应性, 能在各种恶劣条件下稳定运行, 确保储能系统可靠地发挥调峰、平抑波动等作用。

1.3 长循环寿命与低衰减率需求

新能源发电是长期持续的能源供应方式, 储能系统需与之长期配套运行。在频繁的充放电循环过程中, 储能设备的性能会逐渐衰退。若循环寿命短, 就需要频繁更换设备, 增加成本和运维工作量。低衰减率是保证储能系统长期高效运行的关键, 它能使设备在多次充放电后, 仍保持较高的能量存储和释放能力。长循环寿命与低衰减率相结合, 可减少储能系统的全生命周期成本, 提高新能源发电的经济性和稳定性, 确保储能系统在新能源发电侧长期可靠地发挥调节电力供需、提升电能质量等重要作用。

1.4 多场景适配性与经济性平衡

新能源发电侧储能应用场景丰富多样, 包括平滑发电功率波动、参与电力系统调峰调频、作为黑启动电源等。不同场景对储能系统的功率、容量、响应时间等性能指标要求不同。例如, 调峰场景需要较大容量来存储和释放电能, 而调频场景则更注重快速的响应能力。同时, 储能项目的建设和运营需考虑经济性, 要在满足各场景功能需求的前提下, 合理控制设备采购、安装、运维等成本。通过优化储能系统配置和技术选型, 实现多场景适配性与经济性的平衡, 才能推动新能源发电侧储能技术的广泛应用和可持续发展。

2 新能源发电侧储能的关键技术

2.1 锂离子电池技术

锂离子电池通过锂离子在正负极间的迁移实现充放电, 具有高能量密度、长循环寿命和快速响应能力。其正极材料(如磷酸铁锂、三元材料)和电解液体系持续

优化,提升能量密度与安全性。当前技术向大容量电芯(如280Ah及以上)发展,降低系统成本并简化集成难度。磷酸铁锂电池因高安全性和低成本成为主流选择,适用于大型储能场景。未来方向包括新材料研发(如富锂锰基正极)、系统集成优化(液冷温控、智能化管理)及与电动汽车、智能电网的跨界融合,推动能源互联网发展。

2.2 液流电池技术

液流电池通过电解液中离子氧化还原反应实现电能存储,具有高安全性、长循环寿命和功率容量独立设计的特点。全钒液流电池技术成熟,电解液可循环利用,寿命达20年以上,适合长时储能场景。锌铁、铁铬等体系成本更低,但处于商业化初期。技术挑战包括能量密度较低和关键部件依赖进口。未来通过新型电极材料、电解液配方及国产化部件研发,可降低成本并提升性能,推动其在电网储能、可再生能源并网等领域的应用。

2.3 压缩空气储能

压缩空气储能利用低谷电压压缩空气存储能量,高峰时释放驱动发电机,具有单机功率大、储能时长长和寿命长的优势。传统技术依赖地理条件,但新型储气罐技术突破地理限制,推动规模化应用。先进压缩空气储能用蓄热装置替代燃烧室,实现零排放,效率提升至60-70%。当前技术路径包括盐穴、液态空气和多能互补海上电站,未来通过优化压缩机、透平膨胀机等核心设备,降低成本并提升效率,有望成为继抽水蓄能后第二大长时储能技术。

2.4 钠离子电池技术

钠离子电池以资源丰富、成本低廉和安全性高为优势,正极材料包括层状氧化物、普鲁士蓝和聚阴离子型化合物。其能量密度低于锂离子电池,但低温性能优异,且支持深度充放电。钠离子电池无过放电问题,可降低电池管理系统成本,循环寿命超6000次,适合长时储能场景。当前技术向高比能、宽温域、高功率方向发展,通过研发高性能硬碳负极、筛分型碳材料及正极预钠化技术,提升能量密度和循环稳定性。规模化量产,成本有望降至0.3元/Wh,推动其在电网储能、低速电动车等领域的应用。

2.5 混合储能系统

混合储能系统结合两种或以上储能技术(如锂离子电池+液流电池、飞轮储能+超级电容),通过优势互补提升系统性能、可靠性和经济性。例如,锂离子电池提供高能量密度,飞轮储能提供快速响应,共同满足调频、调峰等多样化需求。系统设计可灵活调整功率与容

量,适应电网侧、电源侧和用户侧场景。当前技术向标准化、大电芯化、去模组化发展,降低集成难度和成本。未来通过优化配置方式、确立调用优先级及明确市场盈利机制,混合储能有望在大规模可再生能源开发、智能电网建设中发挥关键作用,推动能源结构向清洁低碳转型^[2]。

3 储能技术在新能源发电侧的应用场景

3.1 平滑新能源发电功率波动

新能源发电(如光伏、风电)受自然条件影响显著,输出功率具有间歇性和波动性。储能技术通过充放电调节,可有效平滑功率曲线。当新能源发电功率高于实际需求时,储能系统吸收多余电能并存储;当发电功率不足时,释放存储的电能补充输出,使并网功率保持稳定。这一过程依赖储能系统的快速响应能力(毫秒至秒级)和能量调节范围,需根据新能源发电的波动特性匹配功率型或容量型储能。例如,锂离子电池和超级电容适合短时高频波动调节,液流电池和压缩空气储能则适用于长时低频波动补偿。通过储能系统的动态调节,可降低新能源发电对电网的冲击,提升电能质量,为大规模新能源并网提供技术支撑。

3.2 提高新能源发电的可调度性

新能源发电的“靠天吃饭”特性导致其输出难以精准预测和控制,而储能技术可赋予新能源发电“可调度”能力。通过储能系统的充放电管理,新能源电站可根据电网需求或电价信号调整发电计划。例如,在用电低谷期存储电能,高峰期释放以参与电网调峰;或在新能源发电过剩时储能,避免弃电,提升资源利用率。此外,储能系统可与新能源发电预测技术结合,提前规划充放电策略,实现发电与负荷的时空匹配。这种可调度性不仅增强了新能源发电的灵活性,还使其能够参与电力市场交易,获得更高的经济收益,推动新能源从“补充能源”向“主体能源”转型。

3.3 参与电力系统的调峰调频

储能技术因其快速响应特性,成为电力系统调峰调频的重要工具。调峰方面,储能系统可在用电高峰时释放电能,缓解电网供电压力;在低谷时充电,平衡负荷曲线。调频方面,储能系统可实时跟踪电网频率变化,通过毫秒级充放电调节功率,维持频率稳定。与传统火电机组相比,储能调频响应速度更快、调节精度更高,且无机机械惯性限制,可显著提升电网频率稳定性。此外,储能系统还可参与二次调频和三次调频,通过与自动发电控制(AGC)系统协同,实现更高效的频率调节。随着新能源占比提升,电网对调峰调频的需求日益增长,储能

技术将成为保障电网安全稳定运行的关键支撑。

3.4 增加新能源发电的消纳能力

新能源发电的间歇性和反调峰特性易导致局部时段供电过剩与用电需求不匹配,引发弃风、弃光现象。储能技术通过“时空平移”功能,可将新能源发电的富余电能存储起来,在用电高峰或新能源发电不足时释放,从而提升新能源的消纳能力。例如,在白天光伏发电高峰期,储能系统吸收多余电能;夜间或阴雨天释放电能,满足负荷需求。此外,储能系统还可与新能源发电形成“虚拟电厂”,通过聚合管理提升整体调峰能力,促进新能源与电网的协调运行。通过储能技术的应用,可减少新能源发电的浪费,提高能源利用效率,推动新能源从“规模扩张”向“质量提升”转变,助力“双碳”目标实现。

3.5 黑启动和应急备用电源

在电网大面积停电或自然灾害等极端情况下,储能技术可作为黑启动电源,快速恢复电网运行。黑启动过程中,储能系统无需外部电源支持,即可通过自身能量启动发电机组,逐步恢复电网供电。其快速响应和独立供电能力使其成为电网恢复的关键环节。此外,储能系统还可作为应急备用电源,为医院、数据中心等重要负荷提供不间断供电保障。例如,在突发故障或负荷骤增时,储能系统可立即释放电能,避免负荷中断,提升电网的抗灾能力和供电可靠性。随着新能源占比提升,电网对黑启动和应急备用的需求日益迫切,储能技术因其灵活性和可靠性,将成为构建新型电力系统安全防线的重要组成部分。

4 新能源发电侧储能技术应用的发展趋势

4.1 技术创新推动成本降低和性能提升

储能技术正通过材料革新与工艺优化实现成本与性能的双重突破。锂离子电池领域,高镍三元、硅碳负极等材料应用提升能量密度,干电极、CTP/CTC等工艺简化制造流程,推动成本持续下降;液流电池通过低成本电解液配方与国产化隔膜研发,降低初始投资;钠离子电池凭借资源丰富性,成本较锂离子电池低30%以上,且低温性能优异。此外,固态电池、氢储能等前沿技术加速攻关,未来有望突破能量密度与安全性瓶颈。

4.2 多种储能技术混合应用

单一储能技术难以兼顾功率、容量、成本与寿命需求,混合储能系统成为优化解决方案。通过组合锂离子

电池(高功率密度)与液流电池(长时储能)、压缩空气储能(大容量)与飞轮储能(快速响应),可实现“短时高频+长时低频”协同调节,提升系统经济性与可靠性。例如,锂离子电池负责秒级调频,液流电池承担4小时以上调峰,形成互补;压缩空气储能提供基础容量支撑,飞轮储能抑制高频波动。

4.3 储能与新能源发电的深度融合

储能系统正从“独立配套”向“一体化设计”转型,通过与新能源发电设备深度耦合提升整体效率。硬件层面,储能与光伏、风电共享逆变器、变压器等基础设施,减少占地面积与初始投资;软件层面,智能算法实现发电预测与储能充放电策略的协同优化,例如根据光照/风速预测动态调整储能SOC(荷电状态),最大化新能源利用率。

4.4 储能参与电力市场的机制逐步完善

电力市场化改革为储能收益模式开辟新路径,政策与市场机制逐步健全。政策端,多地出台储能容量电价、辅助服务补偿、现货市场套利等激励措施,明确储能“电源+负荷”双重属性;市场端,储能可参与调频、调峰、备用、黑启动等辅助服务市场,并通过虚拟电厂聚合参与电力现货交易,实现“按效果付费”。技术端,区块链、物联网技术支撑储能资源精准计量与透明交易,降低市场参与门槛^[3]。

结束语

新能源发电侧储能技术的研究与应用,是破解可再生能源间歇性、波动性难题的核心路径,也是构建新型电力系统的关键环节。当前,技术迭代正驱动储能成本持续下降、性能全面提升,混合储能与源储一体化设计进一步优化了系统效率,而电力市场机制的完善为其商业化铺平了道路。展望未来,储能将深度融入新能源发电全链条,通过智能化调控与多市场协同,实现从“能量缓冲”到“价值创造”的跨越。

参考文献

- [1]张振宇.新能源发电侧储能技术和应用研究[J].中国设备工程,2023(19):228-230.
- [2]张英杰,宋俊丽,赵凡升等.基于云储能的新能源发电侧储能规划分析[J].电子技术,2023,52(06):356-357.
- [3]李福英.储能系统在新能源项目的运用[J].大众用电,2021,36(07):27-28.