

新能源光伏与储能技术协同研究

颜学浩

中电建新能源集团股份有限公司宁夏分公司 宁夏 吴忠 751100

摘要: 新能源光伏与储能技术的协同是提升能源系统稳定性与效率的关键路径。本文在阐述光伏发电原理与储能技术类型的基础上,系统分析二者协同运行的必要性,重点探讨基于可靠性与多目标优化的能量管理策略,以及光伏发电侧、储能系统侧和系统协调控制方法,并介绍大型光伏电站、光伏基地等场景的协同创新应用,为光储系统的高效集成与优化运行提供理论参考与实践指导。

关键词: 新能源光伏; 储能技术; 协同运行; 创新应用

引言

在全球能源转型加速推进的背景下,新能源光伏发电规模持续扩大,但其出力具有间歇性与波动性,对电网稳定运行构成挑战。储能技术能够实现电能的时空平移,有效弥补光伏发电的先天不足。推动光伏与储能的深度融合,成为构建新型电力系统、提升新能源消纳能力的重要方向。深入探究光储协同运行机制与控制策略,对于促进能源清洁低碳转型、保障电力系统安全稳定具有重要理论价值与现实意义。

1 新能源光伏与储能技术基础

新能源光伏技术本质在于将太阳辐射能量直接转化为电能,这一过程依赖半导体材料的光生伏特效应,当特定波长的光子照射到光伏电池表面时,其能量被半导体原子吸收并促使电子跃迁形成自由电子-空穴对。在PN结内建电场的作用下,这些载流子发生定向移动从而产生直流电,目前晶体硅光伏电池占据市场主导地位,其技术发展聚焦于提升光电转换效率与降低制造成本;新型钝化接触技术可显著减少载流子表面复合,双面发电设计则能同时利用直射光与地面反射光,钙钛矿光伏电池作为新兴方向,具备高吸收系数与可调节带隙优势,但其长期稳定性仍需持续优化。储能技术作为能源系统的关键环节,主要解决电力供需时空不匹配问题;电化学储能通过化学能与电能相互转化实现能量存储,其中锂离子电池因能量密度高、自放电率低获得广泛应用。其工作原理基于锂离子在正负极材料间的嵌入与脱出,正极材料结构稳定性与负极材料嵌锂能力直接影响电池性能;液流电池采用液态电解质存储能量,功率与容量可独立设计,适合大规模储能场景。飞轮储能通过高速旋转的转子储存动能,具有功率密度高、响应迅速的特点,适用于频率调节等应用场景;不同储能技术各有特性,需根据具体需求进行针对性选择与系统集成^[1]。

2 新能源光伏与储能系统协同运行机制

2.1 协同运行的必要性分析

光伏发电具有天然的间歇性和功率波动特征。其发电能力深受日照强度、环境温湿度等多种外部条件的影响。这种不稳定的发电特性,使得单一的光伏电源难以确保持续且稳定的电力供应,进而对电网的运行质量产生潜在的负面影响。储能单元的引入,为解决这一问题提供了有效途径。它能够借助能量的时空转移功能,巧妙地调节发电与用电之间的瞬时差异。当光伏发电量超出当地用电需求时,储能设备可以将多余的能量储存起来;而当光伏供电不足或者在夜间没有日照时,储能系统则能够按照需求释放储存的电能,维持负载的正常运行。光伏与储能组合运行,形成了一个技术互补的完整体系。储能设备在其中发挥着灵活调节的关键作用,不仅提高了能源的使用效率,还增强了系统应对突发情况的适应性,为构建更加稳固的能源供给结构提供了坚实的技术支撑,保障了电力供应的稳定性和可靠性。

2.2 基于可靠性的能量管理策略

基于可靠性的能量管理策略,其核心目标是在各种不同的运行状态下,都能够保障系统对重要负荷的电力供应。需要构建一个系统运行状况的实时分析模型。这个模型需要综合光伏发电预测数据、储能单元的电量状态以及负载需求的变化等多方面信息,从而制定出最佳的功率分配计划。储能系统的电量管理是该策略的关键环节,必须设定合适的工作范围,防止过度充放电对设备寿命造成损害。当预判可能出现电力短缺的情况时,控制系统要提前对储能系统的充放电安排进行调整,保留充足的后备容量。对于重要负荷的供电保障,通常采用分级管理模式,根据负荷的重要程度设定不同的供电等级。此外,系统还需要考虑设备异常等特殊情况下的运行方案,设计对应的独立运行模式与电网切换机制。这

样,即使在外网发生故障时,光储系统也能够自主维持区域电网的稳定工作,确保重要负荷的持续供电^[2]。

2.3 多目标优化能量管理策略

多目标优化能量管理策略旨在多个相互影响的目标之间找到最优的平衡。这些目标通常包括运行成本的节约、系统效能的提升、设备使用寿命的延长以及环境影响的控制等方面。为了实现这一目标,需要建立一个包含技术指标与经济因素的综合评价系统,并运用智能优化方法来解决多目标决策问题。在建立数学模型时,需要全面统筹考虑众多要素,如光伏发电的不确定性、储能系统的转换效率、电池衰减特性与充放电程度之间的关联、用电价格体系以及负荷预测误差等。优化结果集合能够提供多种可行的运行方案,每种方案都对应着不同的目标侧重方向。在实际运行中,可以根据具体的需求选择合适的兼顾方案。例如,在用电高价时段,优先采用储能供电以节约成本;在电网薄弱时期,保留部分储能容量以提高供电可靠性。这种策略的实施需要精准的预测数据和先进的优化算法支持,通过持续优化与实时修正,不断调整运行计划,从而实现系统整体效益的持续提升。

2.4 光伏发电侧控制策略

光伏发电侧控制策略的关键在于最大功率点跟踪技术的完善与创新。传统的跟踪方法在稳定的环境下表现良好,但在光照快速变化时,容易出现追踪偏差和功率波动的问题;改进型自适应步长调整算法能够根据实际的运行状况动态地改变搜索步长,在确保追踪速度的同时,降低稳定状态下的功率损耗。针对光伏阵列可能出现的局部阴影问题,可以采用分布式最大功率点跟踪结构或基于全局优化方法的阵列重组技术,这两种方法都能够有效地减少阴影造成的发电损失。光伏逆变器的控制方案同样不容忽视,它涵盖了并网电能质量管控、电压频率支撑特性以及低压持续运行能力等多个层面,现代光伏发电系统通常配备有功功率调节功能,能够依据电网的要求或系统的运行状态主动控制输出功率,为储能系统创造合适的充电条件。在光储协同体系中,光伏发电侧的快速调节能力为系统的整体灵活控制提供了重要的基础,使得系统能够更好地适应不同的运行工况和需求^[3]。

2.5 储能系统侧控制策略

储能系统侧控制策略聚焦电池管理系统精准管控与储能变流器智能调度,电池管理系统持续监测单体电池电气参数与温度数据,借助先进均衡技术和算法维持电池组一致性,防止个别电池过度充放电。基于电池健康

状态预测的自适应管理策略,可依据电池老化程度调整充放电参数,延长电池使用周期;储能变流器控制方案需考虑与电网交互的多种模式,如恒功率运行、恒压恒频输出及下垂调节等。并网时,一般采用功率外环与电流内环的双层控制结构,精准快速调节有功无功功率;独立运行时,要建立稳定电压频率基准,为区域电网提供电压支持。鉴于储能系统不同时间尺度调节需求,控制策略采用分层设计,融合秒级以下快速响应与分钟至小时级能量调度,达成多时间维度协调控制,保障储能系统高效稳定运行。

2.6 光伏-储能系统协调控制策略

光伏-储能系统的协调控制策略致力于通过两者之间的紧密配合,达成系统整体性能的最优。这种协调通常建立在集中式系统控制器的基础上,该控制器汇集来自光伏发电单元、储能系统、用电负荷及电网的实时信息,通过预设的协调机制生成最优控制指令。典型的协调模式包含功率平滑方式、负荷跟踪方式、峰谷调节方式以及应急备份方式等。在功率平滑应用中,协调控制器通过调整储能系统的充放电功率来滤除光伏输出的快速波动分量,使并网功率保持相对稳定。在负荷跟踪应用中,系统根据负荷预测与光伏发电预估结果,合理规划储能系统的充放电计划,确保发电与用电的实时匹配。协调控制策略还需充分考虑不同运行模式间的平稳过渡,防止因模式切换引发的功率突变或供电中断。基于预测模型的协调算法能够充分利用系统的预报信息,通过连续优化生成前瞻性的控制序列,明显提升系统的经济性和可靠性,实现光伏-储能系统的高效协同运行。

3 新能源光伏与储能技术协同创新应用

3.1 大型集中式光伏电站智能运维与效能提升

大型集中式光伏电站规模化运营对系统效率与可靠性提出更高要求。智能运维体系通过融合无人机巡检、红外热成像诊断与在线监测平台,实现对光伏组件、逆变器及箱变等核心设备的全天候状态感知与故障预警。无人机配备高清与热成像相机,可快速识别组件热斑、灰尘遮挡及隐裂等缺陷,定位数据同步传输至运维平台,指导检修团队精准维护;在线监测平台整合电站运行数据,运用大数据分析技术评估电站健康状态、预测发电性能并优化清洗周期,提升运维效率。通过引入AI算法对历史故障案例深度学习,构建故障知识库与智能诊断模型,可快速定位问题根源,缩短故障排查时间;智能运维体系的应用显著提升了运维响应速度与决策科学性,减少非计划停机时间,保障电站发电收益与安全稳定运行,通过数据驱动的运维策略优化,电站运维成本降低,设备

寿命延长,整体效能得到全面提升,为大规模光伏电站的高效运营提供了技术支撑。

3.2 大型光伏基地储能配置与协同运营优化

在“光伏+储能”大型基地模式下,储能系统已成为平滑功率波动、参与电网调频及实现峰谷价差套利的核心设施。针对大型基地的运行特点,需合理确定储能配置容量与功率,并设计高效协同控制策略,储能系统可通过接受电网调度指令或基地能量管理系统的统一分配,快速响应光伏出力的随机波动,抑制并网功率越限,提升外送通道利用率。在电网调频辅助服务市场逐步完善的背景下,储能凭借其毫秒级响应特性,可配合光伏电站参与自动发电控制,获取额外收益;基于电价信号的智能能量管理策略,可引导储能在电价谷段充电、峰段放电,优化基地整体用电成本,大型光储基地的协同运营,实现了清洁能源高效消纳与电网安全稳定运行的共赢^[4]。

3.3 集中式光储系统参与电网调频与辅助服务

随着新能源渗透率不断提高,电网对快速调节资源的需求日益迫切,集中式光储联合系统凭借其灵活可控特性,正逐步成为电力辅助服务市场的重要参与者。光储系统可通过集成控制单元,接收并执行电网自动发电控制或自动电压控制指令,实时调整其有功与无功功率输出,为电网提供一次调频与无功支撑服务。相比于单一光伏电站,配套储能后,系统可释放部分容量备用,并在光伏受限时段由储能提供功率补偿,增强电网频率稳定性,光储系统还可根据电网需求提供转动惯量模拟、爬坡率控制等新型辅助功能,提升高比例新能源接入下电网的运行韧性与电能质量。

3.4 储能系统在大型光伏电站中的安全管控与全生命周期管理

安全性与经济性是规模化储能应用的关键。在大型光伏电站中,需建立覆盖电池选型、系统集成、运行监

控、退役回收全链条的安全管控与全生命周期管理体系。在电池选型阶段,应综合考量能量密度、循环寿命、热稳定性及成本等因素,优选技术成熟、安全性高的电池产品;系统集成环节需合理设计电池舱布局、消防系统、热管理系统及电气保护配置,确保系统本质安全。运行阶段,电池管理系统应具备多参数实时监测、热失控预警及故障隔离功能,并与电站监控平台联动;基于电池退化模型的健康状态评估与剩余寿命预测,可指导储能系统的运维策略与资产价值评估,并为最终的梯次利用或环保回收提供决策依据,从而实现储能资产安全、高效与可持续运营^[5]。

结束语:新能源光伏与储能技术的协同研究,系统构建了从基础理论、运行机制到创新应用的全链条分析框架。通过多维度能量管理策略与分层协调控制方法,有效提升了系统的供电可靠性、运行经济性与电网适应性。在大型光伏电站、光伏基地等场景中的创新应用,进一步验证了光储协同的实用价值与发展潜力。未来应持续深化智能运维、安全管控与市场机制研究,推动光储系统在能源体系中发挥更大作用。

参考文献

- [1]孔锋超,郝晓明,陈燕龙等.新能源储能系统中的储能电池研究[J].光源与照明,2021(06):37-38.
- [2]金阳.新能源电力系统中的储能技术研究[J].低碳世界,2023,13(11):49-51.
- [3]张旭.新能源光伏场站储能系统配置规划研究[J].光源与照明,2025,(03):142-144.
- [4]王明.光伏与储能技术的协同应用对能源转型的影响研究[J].能源工程,2022,16(7):42-45.
- [5]杨勇.新能源光伏与储能技术的融合研究综述[J].科技进展,2021,15(9):62-65.