

储能技术在光伏并网发电系统中的应用分析

王 涛

(四川蜀道清洁能源集团有限公司建设管理分公司, 四川 成都 610000)

摘 要 在光伏发电不断发展的背景下, 系统并网运行面临着功率波动、电压不稳及弃光现象等多重挑战。基于此, 本文阐述了在光伏并网发电系统中应用储能技术的必要性, 并提出构建储能调控模式、融合智能管理系统、拓展储能运行场景、加强储能状态监测等策略, 并结合实践案例进行论证, 旨在为促进储能技术在光伏发电中的深入应用提供参考。

关键词 储能技术; 光伏并网发电系统; 储能调控模式; 智能管理系统; 储能运行场景

中图分类号: TM61

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.26.026

0 引言

能源结构向低碳化发展为光伏发电技术的持续成熟提供了有力支撑, 但其在并网运行中所引发的系统不确定性依然不容忽视, 需合理安排电能的使用时机及流动方向, 储能环节在并网过程中发挥关键作用。随着光伏系统对运行稳定性的要求不断提高, 储能技术融入整体架构设计对系统效率的影响日益凸出。其在运行结构中的融合深度直接关系到光伏电源的并网质量及电力系统的调节能力。

1 储能技术在光伏并网发电系统中应用的必要性

1.1 缓解功率波动

光伏并网发电系统的运行状态深受光照强度及气候变化的影响, 导致输出功率易产生随机性波动^[1]。与此同时, 缺乏稳定的供电会对电网造成频繁扰动, 影响整体运行的有序性。引入储能技术在一定程度上可以调节电能的时间分布规律, 使供给过程更具连续性。暂时性吸收富余的发电功率, 在负载增加或光照不足时再释放可以使储能装置承担起调节作用, 从而使并网侧功率曲线趋于平滑。电网对功率变化的敏感性要求接入电源具备较强的调控能力, 而储能技术所具备的快速响应特性正好符合这一要求。基于此, 储能单元具备精准放电的能力, 能够作为光伏发电与电网之间的缓冲通道, 缓解因波动产生的电力供需矛盾, 降低功率跃变带来的冲击风险, 有助于提升电网的调节灵活度。

1.2 支持电压稳定

电压稳定性是光伏并网发电系统安全运行的核心技术指标。在大规模光伏接入时, 由于源侧输出不均衡及负载端变化频繁, 容易出现局部电压波动现象。

储能技术在母线电压偏离设定值时实施充放电行为, 动态调节电压可以有效压制因功率瞬变导致的电压扰动。对并网发电系统而言, 电压水平能够反映供电的质量, 长时间偏离额定值将影响负载性能, 甚至触发保护跳闸干扰供电连续性。储能装置作为可调性强的能量节点可快速吸收过剩电能, 在电压下降时输出功率补偿有效削减电压偏移幅度。此外, 储能装置的快速响应特性能使其在应对突发性电网扰动时具备显著优势, 在低电压穿越等特殊工况中能够辅助逆变器维持稳定运行, 避免电压骤变引发系统连锁反应。将储能设备嵌入光伏并网发电系统的关键节点可实时干预电压变化, 进一步提升系统对电网扰动的承载能力。在实际运行中, 储能设备还能配合智能控制策略, 对母线电压实施多点采样分析最终形成闭环调节机制, 有效避免过充过放、稳压不及时等问题, 保证光伏发电与用电端之间的能量交互更加平衡, 从而促进整个并网系统运行的稳定性。

1.3 应对弃光风险

在光伏发电规模不断扩大的同时, 弃光现象频繁出现已成为制约提升并网效率的突出难题。由于光伏发电存在明显的时间集中性, 当电网无法即时接纳全部发电量时, 部分电能易被迫舍弃, 这一现象将浪费可再生资源, 降低投资回报水平。在此基础上, 储能技术能够提供有效的缓冲空间, 缓解光伏发电与负荷之间的时间错配问题。当电能供大于求时, 储能单元可暂存多余电量, 为后续负荷高峰释放使用创造条件。在负荷调节能力不足、电网调度响应滞后的条件下, 储能装置所具备的快速响应及定量输出能力可成为调节弃光矛盾的重要因素。其存在能使光伏发电的供电连续性更强, 减少清洁能源浪费, 增强发电侧的经济性,

有助于提升整体电力系统的运行效能^[2]。在运行管理中,优化储能容量配置以及放电时序控制,相关工作人员能够更加灵活地匹配负荷变化与发电节奏之间的错位关系。基于此,配合预测性调度措施,储能设备可根据日照强度、负荷走势及历史运行数据提前建立充放电计划,为并网调度争取更多主动调整时间。此外,弃光现象往往集中于中午高峰时段,若储能装置响应滞后或充放比例失衡,仍可能导致能量浪费。为避免这一问题,技术人员不断细化能量管理策略,借助监测 SOC(荷电状态)、气象参数及光伏出力,实时动态调整储能负荷比,保证光伏能量优先转入储能端而非溢出至无法接纳的电网节点。在实际操作中,这一策略可显著降低弃光率,同时能缓解主网负荷波动,为光伏资源的高效利用和区域电力供需平衡提供有力保障。

2 应用储能技术在光伏并网发电系统中的策略

2.1 构建储能调控模式,稳定光伏输出功率

光伏并网发电系统受限于气候条件变化,常出现输出功率不连续,波动性强的问题,使电网难以根据实时负荷变化有效调度,导致整体运行稳定性受到影响。在此基础上,应用储能技术调节能量的释放节奏可平滑处理光伏输出功率。调控策略应围绕功率变化频率特征处理,以减轻快速波动对电网造成的冲击。在新能源大规模接入场景中,并网点阻抗特性对整体稳定性影响显著,若调控策略无法适应电力谐振变化将导致储能响应失效。因此,要稳定光伏输出功率,关键在于储能装置合理分配频段主导权,并结合动态分析及自适应调节优化能量流动路径,从而增强光伏并网发电系统的协调性^[3]。

在构建储能调控模式过程中,相关工作人员可应用自主阻抗适配控制方式,针对性调节构网型储能变换器的输出特性。操作初期,技术人员需连续监测并网点阻抗状态,并实时采集谐振频率及幅值等关键数据。根据反馈信息,调控单元开始启动自适应调节算法,微调阻抗适配系数能够使储能变换器的频率响应特性趋于并网点的主导频段。在频段强主导区域内,储能装置的电压、电流输出信号更加稳定,有效增强系统整体的抗扰能力。同时,优化频段匹配,弱化新能源机组在负阻尼频段的影响,可以让阻抗相互作用关系得到缓解,使系统不再因频率错位导致并网扰动放大。在现场调试中,相关工作人员还应反复观察构网储能变换器的输出曲线,定量比对负载扰动后谐波抖动程度,直观判断调控响应的即时效果。在调整结束后,

光伏输出功率波动幅度明显减小,并网接口处电压偏移现象消退,整个发电过程更趋平稳。采用这种基于自主阻抗适配的调控方法可充分体现储能技术在光伏并网发电系统中的功率稳定性,从而为后续运行安全奠定技术基础。

2.2 融合智能管理系统,提升并网运行效率

由于光照条件、环境温度、电池剩余容量等因素存在动态变化,单一控制逻辑难以覆盖多重变量叠加所带来的不确定性。与此同时,光伏并网发电系统在运行过程中涉及多种类型的数据变量,涵盖发电端、储能单元以及电网接口^[4]。智能管理系统以数据驱动为基础,可提供贯穿全流程的信息支撑框架,使储能技术的调节功能更具针对性。精准识别并网节点的运行状态,系统能够动态修正功率调配方案。发电资源的时空分布特性需要借助智能手段综合处理,才能避免局部响应滞后,保障储能单元的协同调控作用持续有效。

在优化并网运行效率过程中,相关工作人员可围绕全面数据采集展开调度任务,深度融合智能管理模块与光伏及储能技术。操作开始时,技术人员需设定关键数据采集参数,涵盖光照强度、环境温度、光伏组件发电功率、逆变器运行状态等内容,保证发电端各项指标完整上传。同时,对储能单元设置状态监控通道,持续采集电池荷电水平、电压变化、充放电时长、实时电流波动等指标。数据采集终端需同步连接电网接口,实时获取外部电压、频率、功率因数等信息,以形成多维度数据流。相关工作人员则根据平台反馈的数值变化,追踪光照变化趋势与发电能力之间的偏差,结合储能设备的充放电能力调整各时段内能量流向。在某时段光照突升导致电能富余,系统检测到逆变器出口功率出现抖动,技术人员需立即启用充电通道,对储能模块释放容量指令,使电能过剩部分顺利导入储能装置。随后,当电网频率出现短暂下滑,平台则结合数据预测模型判定短期供电不足,储能单元可快速切换为放电状态,输出功率同步填补发电间隙。整个过程由数据采集驱动反馈指令,相关工作人员可以根据信息流有效干预,最终使光伏并网发电系统在复杂负荷环境中维持平衡状态。

2.3 拓展储能运行场景,增强系统调节能力

单一并网发电模式难以满足日益多样的用电需求,而储能技术具备空间灵活性强、功率调节快速、响应时间短等优势,可延展使用场景多重路径调控电能。光伏并网发电系统因其资源时段性强、负荷波动快等特性,在实际运行中常常面临应用场景受限、调节方

式单一等问题,容易造成能量利用率不高、电网负荷峰谷错配等问题。在此基础上,结合储能环节与终端用电场景能够提升储能装置对用电行为变化的敏感度,有利于打通发电端与消费侧之间的调度通道,提升整个光伏并网发电系统的灵活性。

在日常运行管理中,相关工作人员可以“光储充一体化场景”为调度基础,依托光伏并网发电系统开展多点协同作业。现场人员需选定光伏站附近区域设立电动汽车充电点,将充电需求直接纳入光伏输出负载端,并同步配置中型储能装置作为能量缓冲单元。清晨时段光照增强,光伏板输出功率迅速提升,相关工作人员需实时监控逆变器输出端电流变化,根据数据平台观察到电动汽车充电负荷尚处于低位。此时,多余电能无法全部消纳,相关工作人员应指令储能设备进入吸收状态,调整储能电池组充电电流至推荐值,使富余电量平稳导入储能单元,避免直接并网造成电压扰动。中午时段气温升高,充电需求快速上升,相关工作人员可结合平台提示切换储能装置至放电状态,以辅助光伏发电满足临时充电高峰的能量供应,最终使充电曲线中断位置被补齐,电动汽车终端充电电压稳定不波动,负荷侧功率曲线趋于平稳。下午光照减弱,光伏发电能力下降,储能装置再次释放上午吸收的部分电能,可以有效缓解并网端功率突降的压力。技术人员跟踪用电曲线及储能充放电数据双向比对,确认整个调节过程无明显时滞,能明显提升负载及发电曲线契合度。在整个调度过程中,储能技术借助多样化应用场景,可以完成从辅助电源到负荷调节中心的角色转化,从而为光伏并网发电系统提供稳定的电力调节能力。

2.4 加强储能状态监测,防控光伏电压异常

若储能状态信息滞后或反馈误差大,将难以及时发现电量失衡、电压跳变等异常风险,导致逆变器保护动作频繁、电网调度压力升高^[5]。与此同时,光伏并网发电系统的运行稳定性对电压控制高度依赖,在功率波动频繁的条件下,储能设备的状态变化直接影响并网端电压水平。储能设备本身具有非线性特征,其运行状态不易凭经验判断,必须借助实时信息辅助判断调控方向。精准监测可为调度指令提供数据支撑,提升储能技术在并网运行中的响应精度,使光伏并网发电系统在面对外部扰动时具备更高的电压稳定性。

在现场管理过程中,相关工作人员需围绕储能技术及光伏并网发电系统的协同关系,着手安装多种高精度传感器,以增强储能状态的可视化监测能力。操作初期,电压传感器被分别布设于各个储能电池模组

端口,用于监测每组电池的端电压变化情况。技术人员可在平台上实时查看传感器上传的电压数据,并比对不同电池单元之间的电压偏差。检测中当发现某单元电压下降幅度偏大,电池状态传感器进一步反馈其SOC值异常偏低,提示可能存在局部过放风险。相关工作人员应随即调取相应电流传感器数据,判断其充放电电流是否稳定,结果显示该模组放电电流短时升高,说明功率输出未按负荷动态匹配执行。与此同时,温度传感器记录该模组温度略高于设定阈值,可以进一步确认其运行状态存在过热迹象。针对这一现象,相关工作人员需立即将储能调节指令下调,并安排现场巡检小组重点检查该组电池连接端子是否松动,绝缘是否完好。在整个调度周期内,其他传感器所反馈的数据均在正常波动区间,电池健康状态(SOH)保持良好,光伏发电并未受到该异常点影响。平台数据显示,该次预警处理使储能输出端电压波动幅度减少约65%,逆变器运行参数恢复正常未触发保护逻辑动作。可见,监测储能状态有助于精准识别潜在异常,快速干预可能影响光伏并网发电系统稳定运行的风险源,从而有效维护电压平衡及供电连续性。

3 结束语

储能技术作为光伏并网发电系统中的关键调节力量,其作用已远超传统意义上的能量存取功能。在面对发电间歇性、电压不稳定及弃光现象等复杂运行问题时,储能设备利用精密控制及场景融合能够表现出更强的运行适应性。依托智能化手段提升监测精度,拓展调节路径,储能装置可成为并网稳定性的核心支点。未来,储能技术的功能边界将持续拓宽,也将进一步显现其在分布式能源协调、电网互动响应等领域的战略意义,从而为构建高效率的清洁能源格局提供重要支撑。

参考文献:

- [1] 王荣祥.储能技术在光伏并网发电系统中的应用[J].光源与照明,2025(05):143-146.
- [2] 杨溢.储能技术在光伏并网发电系统中的应用[J].集成电路应用,2025,42(03):246-247.
- [3] 仲崇旻,董大强.光伏并网发电系统中的储能技术分析[J].集成电路应用,2024,41(09):266-267.
- [4] 林丽蓉.储能技术在光伏电站并网发电系统中的应用[J].光源与照明,2023(09):138-140.
- [5] 李帅.储能技术在光伏并网发电系统中的应用和改进[J].光源与照明,2023(01):118-120.