



融合储能的光伏发电系统优化

邢子涯¹, 刘 玮¹, 耿俊成², 周兴华³, 夏 越⁴

(¹国网河南省电力公司, 河南 郑州 450000; ²国网河南省电力公司电力科学研究院, 河南 郑州 450000; ³北京中恒博瑞数字电力科技有限公司, 北京 100085; ⁴中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 随着新能源开发的不断深入, 光伏发电在电力系统中的应用范围逐渐扩大, 解决光伏发电波动性问题成为规模化并网运行的核心。通过归纳光伏储能发电系统的组成及并网运行的关键, 结合光伏储能并网运行现状, 提出光伏储能系统优化的具体措施, 并对光伏发电系统的未来发展提出展望, 以期对光伏发电规模化并网运行提供参考。

关键词: 储能; 光伏发电; 系统优化

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0050

中图分类号: TK 02

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 02-591-03

Optimization of photovoltaic power generation system integrated with energy storage

XING Ziya¹, LIU Wei¹, GENG Juncheng², ZHOU Xinghua³, XIA Yue⁴

(¹State Grid Henan Electric Power Company, Zhengzhou 450000, Henan, China; ²Electric Power Research Institute, State Grid Henan Electric Power Company, Zhengzhou 450000, Henan, China; ³Beijing JoinBright Digital Electricity Technology Co., Ltd., Beijing 100085, China; ⁴College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: With the continuous advancement of new energy development, the application of photovoltaic power generation in the power system has gradually expanded, and solving the fluctuation of photovoltaic power generation has become the core of large-scale grid-connected operation. By summarizing the composition of photovoltaic energy storage power generation system and the key to grid-connected operation, and considering the current situation of photovoltaic energy storage grid-connected operation, this paper provides specific measures to optimize the photovoltaic energy storage system, and proposes the future development of photovoltaic power generation system, in order to provide reference for large-scale grid-connected operation of photovoltaic power generation.

Keywords: energy storage; photovoltaic power generation; system optimization

光伏发电在新能源开发中具有重要地位。考虑到建设成本、难度等因素, 传统电网无法兼顾偏远及海岛地区供电需求, 而太阳能分布范围广、光伏发电系统装机规模小等优势, 可助力电力供应延伸到传统电网无法达到的区域。但光伏发电的间歇性特征, 给电力系统运行稳定性带来了挑战。为解决此

收稿日期: 2026-01-16; 修改稿日期: 2026-01-28。

第一作者及通信联系人: 邢子涯 (1983—) 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 电力数字化技术应用, E-mail: 2631108718@qq.com。

引用本文: 邢子涯, 刘玮, 耿俊成, 等. 融合储能的光伏发电系统优化[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(2): 591-593.

Citation: XING Ziya, LIU Wei, GENG Juncheng, et al. Optimization of photovoltaic power generation system integrated with energy storage[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(2): 591-593.

问题,在光伏发电系统中嵌入储能设备,能提高光伏发电利用效率,缓解弃光问题,还能增强电力系统稳定性,为新能源并网运行提供优化方案。

1 基于光伏储能的新型电力系统

光伏储能系统作为光伏发电与电力系统连接的桥梁,能有效应对光伏发电引发的电压、频率、功率等波动,保障光伏储能系统的高效运作,为新能源并网运行创造有利条件。

光伏发电是利用光伏组件,将太阳能转化为电能的技术,具有清洁、安全、资源丰富等优势。根据建设方式、应用规模等差异,光伏发电可分为集中式与分布式两种。其中,集中式光伏储能主要以光伏电站形式存在,选址多以阳光充足的空旷区域为主,大规模布阵的太阳能板将太阳能转化为电能,经逆变升压处理后可接入电网。虽然集中光伏电站能最大限度利用太阳能,但由于其建设及运营成本较高,长距离输电损耗较多,且存在土地占用风险。而分布式光伏发电多安装在用户端,装机容量小,安装方式灵活,既可在离网状态下持续为用户供电,也可将多余电能并入电网获取收益。虽然分布式光伏发电避免了电力输送产生的能量损耗,但其规模效应十分有限。

储能技术作为光伏发电并网运行的关键,能在光伏发电产能高峰期吸收并储能多余电能,在负荷高峰期释放电能,以此实现电力系统的供给平衡。而且,光伏储能减少了对化石能源的依赖,加快推动能源结构调整,还能为负荷端提供备用电能,提升电力系统的抗风险能力。此外,光伏储能针对光伏发电输出不稳定的问题,通过削峰填谷方式确保电力系统的供需平衡,提高了光伏发电利用效率,降低了电网波动对负荷侧的影响。

新型电力系统以光伏发电代替传统火力发电,结合数字化、智能化技术推动电力系统的绿色低碳转型。大规模接入光伏发电的新型电力系统不仅是能源供应方式的清洁化,而且借助智能技术实现电网运行的精准化管理,以更加高效的储能方式提高了电力系统的自适应性。

2 光伏储能并网运行的现状分析

从产能机制来看,光伏储能系统中的光伏组建在光电效应下,将太阳能转化为直流电,经逆变器后生成可以并入电网的交流电,再经变压器与电力

系统连接。在此过程中,逆变器不仅发挥电流转换功能,还通过电压、频率调节,保障电能输出与电网运行的同步。同时,光伏储能系统嵌入智能化控制及信息通信技术,可在实时监控及精准调度下,满足电网安全稳定运行需求。此外,光伏储能系统能满足用户侧差异化的用电需求,还能在应急状况下提供备用电能,降低电网波动造成的损失。

在土地资源日益紧张的当下,即使是地域广阔的西部地区也出现了资源锐减的情况,加之光伏发电系统本身耗电量较小,多数区域出现弃光限电。尤其是光伏发电随日照、季节变化具有波动性,并不适合规模化并网运行。近年来,国家大力发展分布式光伏系统,主要利用工业、商业园区屋顶进行光伏发电,但依然无法摆脱光伏发电波动性问题,导致电力系统稳定性受到影响,需要光伏储能一体化系统在夜间及恶劣天气持续供能。

在光伏发电过程中,强光照条件下系统输出电压较高,弱光照条件下系统输出电压较低。特别是在光伏发电相对集中的区域,不同光照强度会产生差异化的电压,造成电网波动。而分布式光伏发电由于较为分散,容易出现负荷不平衡及过载问题,影响电力系统运行可靠性。虽然逆变器在光伏发电并网运行中发挥重要作用,但电压、功率、频率等调控能力仍需完善^[1]。

3 融合储能的光伏发电系统优化

融合储能的光伏发电系统,可在光伏发电量过剩时,储能设备开始充电,以此方式存储电能;而当光伏发电量不足时,储能设备释放电能,以确保电力系统供应的稳定性^[2]。

3.1 功率预测

光伏发电的波动性无法应对负荷变化,增加了电力系统稳定运行难度。为此,电力部门可将气象数据、光伏发电数据进行整合,借助数据分析及算法优化,提高光伏发电功率预测精准度。当前,基于气象预报、天气预报及大数据分析的功率预测模型,预测精度可达到90%以上,误差范围小于10%。在光伏发电系统功率预测基础上,电力系统可引入智能调控系统机储能设备,在光伏发电过剩时储能电能,发电不足时释放电能,通过灵活调节实现光伏发电功率的智能调度。

3.2 逆变器优化

逆变器是光伏发电与电力系统相连的设备,主要负责将直流电转化为可并网运行的交流电,并精

准调节电网电压。当前,逆变器的光伏转化效率可达到98%以上,还可通过最大功率点追踪提高并网运行效率。随着近年来光伏装机规模的扩大,对逆变器的电压、频率调节要求也不断提高,需进一步提高逆变器的精准度及功能。为此,可在光伏发电系统中接入多级逆变器,降低逆变过程中电流损耗,提高系统的转换效率;同时引入智能控制及故障诊断技术,通过及时监控调整工作状态,最大限度降低异常状况对电网的干扰。

3.3 电压调控

考虑到光伏发电波动性对电网电压的干扰,电力系统需要具备完善的动态电压调节能力。在光伏发电系统出现供能波动时,逆变器可迅速响应,确保电网电压维持在标准范围,避免电压波动对用户侧的影响。具体而言,逆变器在变压调控时,主要通过无功功率方式实现电压的升高或降低,调控精度为 $\pm 2\%$ 。而随着智能化、自动化技术与逆变器的融合,光伏发电电压调控的响应速度及精准度显著提升。

3.4 频率调节

传统电力系统频率调节主要借助同步发电机实现,但光伏发电系统并不具备此特征,因此需要逆变器及储能设备协同参与调控。具体而言,逆变器可模拟同步发电机特性,在电网频率过低时,增加逆变器的输出功率;当电网频率过高时,则降低逆变器的输出功率,以此达到频率调节目的。为进一步提升频率调节效果,光伏发电系统可联合储能设备,在光伏发电频率发生偏离时,通过储能设备的充放电迅速调节频率,以确保电力系统的稳定运行^[9]。

3.5 需求响应机制

基于需求响应的光伏储能一体化系统是解决光伏并网运行不稳定问题的重要手段。目前,能量密度高、循环周期长、性能优良的锂电池成为主要的储能设备,其在电网波动时,能在毫秒级时间内快速响应,确保电力系统恢复正常运行。同时,基于需求响应的实时监控可根据负荷变化、用电量等信息,借助电价激励机制主动调控负荷侧用电行为,进而减少用电峰值期间的负荷,降低光伏发电系统的供电压力。

4 光伏储能并网运行的发展趋势

作为新型电力系统的重要组成部分,光伏发电系统

具有发电成本低、安全性高、低碳环保等特点,且随着装机规模的持续扩大,未来有望超越传统煤电产业。针对光伏并网运行的阻碍因素,相关部门应加强系统调度改革,通过技术优化、机制调整等方式,确保电网高效稳定运行。

为提高用户侧的灵活性,光伏发电系统应根据负荷侧实际情况合理分配光伏发电系统与储能设备的比例,与储能侧协调运营以实现光伏电能的优化配置^[4]。同时,电力部门应积极探索多资源灵活调控机制,通过云端调控技术实现多个光伏电站的协同管理,增强电力系统的灵活性。

为进一步提升光伏并网运行的服务质量,电力部门应正确评估光伏发电系统对电网运行的影响,以及光伏发电的接纳能力,从全局视角构建自上而下的光伏发电调度中心。同时,电力系统应融合虚拟仿真技术构建数字孪生电网,通过实体影射的方式提高光伏调度推演能力。

为推动光伏发电的市场化运作,电力部门应综合分析光伏发电与常规发电的市场关系,通过建立调峰补偿机制缓解光伏发电的系统成本,并探索光伏发电绿色交易机制,通过政策手段优先发展清洁能源,逐步将光伏发电引入碳排放交易市场^[6]。此外,电力部门还应完善光伏发电市场运作机制,扩大光伏发电在电力市场的占有率。

5 结 语

随着光伏发电并网运行技术的提升,光伏储能一体化系统有望成为实现“双碳”战略目标的关键力量,而如何通过技术优化提高光伏发电效率及质量成为研究重点。从光伏发电功率预测、逆变器优化,到电压、频率调节,再到需求响应机制,多重技术的协同作用保障了电力系统的稳定运行。未来,光伏发电系统应持续加强技术优化,为新能源并网运行、电力系统绿色转型注入强大动力。

参 考 文 献

- [1] 林俐,费宏运.规模化分布式光伏并网条件下储能电站削峰填谷的优化调度方法[J].现代电力,2019,36(5):54-61.
- [2] 张继.基于光伏储能的配电网优化运行策略[J].储能科学与技术,2024,13(11):4062-4064.
- [3] 邵尹池,李海雨,陈臻,等.规模化扶贫光伏接入对冀北农网电能质量的影响[J].供用电,2020,37(12):46-53.
- [4] 栗峰,丁杰,周才期,等.新型电力系统下分布式光伏规模化并网运行关键技术探讨[J].电网技术,2024,48(1):184-199.
- [5] 陈昆,尚龙龙,罗金阁,等.考虑多交易场景协调的光储联合系统优化配置模型[J].哈尔滨理工大学学报,2022,27(5):89-96.