

光伏发电系统中储能技术的应用与优化

陈瑞新

国能蚌埠发电有限公司，安徽蚌埠，233000；

摘要：本文聚焦光伏发电系统中储能技术的应用与优化。通过分析储能技术在光伏发电中的作用及应用现状，探讨多种储能技术的特点与关键技术，并提出优化策略。旨在提高光伏发电系统稳定性与可靠性，促进光伏发电产业发展，为相关研究与实践提供参考。

关键词：光伏发电系统；储能技术；应用；优化

DOI：10.69979/3029-2727.24.07.014

引言

随着全球对清洁能源需求的增长，光伏发电作为重要的可再生能源利用方式，得到了广泛关注。然而，光伏发电的间歇性和波动性限制了其大规模应用。储能技术的引入为解决这一问题提供了有效途径。本文将对光伏发电系统中储能技术的应用与优化展开研究。

1 光伏发电系统与储能技术概述

1.1 光伏发电系统的组成与工作原理

光伏发电系统主要由太阳能电池板、控制器、逆变器和负载等部分组成。太阳能电池板是核心部件，由多个光伏电池通过串联和并联方式构成，其工作原理基于半导体的光伏效应。当太阳光照射到电池板上，光子被半导体材料吸收，产生电子-空穴对，在内部电场作用下，电子和空穴分别向相反方向移动，从而形成电流。控制器负责对电池板输出的电能进行调节和控制，防止电池过充和过放。逆变器则将电池板输出的直流电转换为交流电，以满足负载和电网的用电需求。整个系统通过各部件协同工作，实现将太阳能高效转化为电能并加以利用。

1.2 储能技术的概念与分类

储能技术是指通过特定的装置或物理介质，将电能、化学能、机械能等能量形式储存起来，并在需要时释放的技术。从储能原理和技术特点来看，主要分为物理储能、化学储能和电磁储能三大类。物理储能包括抽水蓄能、压缩空气储能和飞轮储能等，抽水蓄能是利用电力负荷低谷时的电能抽水至上水库，在电力负荷高峰期再放水至下水库发电；压缩空气储能是在用电低谷时将空气压缩存储，高峰时释放驱动发电设备。化学储能以各类电池为代表，如铅酸电池、锂离子电池、钠硫电池等，依靠电池内部的化学反应实现电能的存储与释放。电磁

储能则有超级电容器储能和超导储能等，超级电容器通过电极和电解质界面的电荷存储电能，超导储能利用超导线圈在超导态下无电阻的特性存储电能。

1.3 储能技术在光伏发电系统中的重要性

光伏发电具有间歇性和波动性，受光照强度、时间等因素影响较大，输出功率不稳定。储能系统可在光照充足时储存多余电能，在光照不足或用电高峰时释放电能，起到“削峰填谷”的作用，有效平抑功率波动，保障电力供应的稳定性和可靠性，提升电能质量。储能技术有助于提高光伏发电系统的能源利用效率。避免因发电功率超出负荷需求而造成弃光现象，使光伏发电系统所发电量得到更充分的利用，从而推动光伏发电产业的可持续发展，为大规模开发和利用太阳能提供有力支撑。

2 储能技术在光伏发电系统中的应用现状

2.1 不同类型储能技术的应用场景

不同类型的储能技术因其特性差异，有着各自适用的应用场景。锂离子电池能量密度高、循环寿命长，适用于对储能容量和充放电次数要求较高的分布式光伏发电系统，如工业厂房、商业建筑的屋顶光伏电站等，能在有限空间内存储较多电能，满足日常用电需求。铅酸电池成本较低，技术成熟，常用于小型户用光伏发电系统，像农村家庭的光伏发电装置，可在一定程度上满足家庭基本用电。抽水蓄能规模大、调节能力强，适合应用于大型集中式光伏电站，能有效平衡大规模光伏发电的功率波动，保障区域电网稳定。压缩空气储能适用于有合适地理条件（如地下洞穴）的地区，与大型光伏电站配套，在用电低谷时存储能量，高峰时释放助力发电。

2.3 应用中存在的问题与挑战

在储能技术应用于光伏发电系统的过程中，面临诸

多问题与挑战。从成本角度看,储能设备购置成本较高,尤其是一些高性能的储能电池,如锂离子电池,导致初始投资大,限制了其大规模推广应用。此外,储能系统的运行维护成本也不容忽视,需要专业技术人员和定期维护保养。技术层面,储能系统的能量转换效率有待进一步提高,部分储能技术在充放电过程中存在较大能量损耗,降低了能源利用率。而且,储能设备的寿命有限,随着充放电次数增加,性能逐渐衰退,更换周期和成本难以把控。安全方面,部分储能电池存在热失控、起火爆炸等风险,如锂离子电池在过充、过热等异常情况下可能引发安全事故,给应用带来安全隐患。

3 光伏发电系统中储能技术的关键技术

3.1 电池管理系统技术

电池管理系统(BMS)主要负责监测电池的电压、电流、温度等参数,通过精确计算来评估电池的荷电状态(SOC)和健康状态(SOH)。基于这些数据,BMS实施电池均衡控制,避免电池组内单体电池出现过充或过放的情况,从而延长电池整体使用寿命。同时,BMS还具备热管理功能,当电池温度过高或过低时,启动散热或加热装置,使电池工作在适宜的温度区间,保证电池性能稳定。此外,BMS还能实现与其他系统的通信,为储能系统的优化控制提供数据支持。

3.2 储能系统与光伏发电系统的集成技术

在电力电子接口方面,需采用合适的变换器,实现两者之间电能的高效转换与传输。例如,双向DC-DC变换器可灵活调节储能电池与光伏阵列之间的电压和电流,确保功率的稳定流动。通信与协调控制技术也至关重要,通过通信网络使光伏发电系统和储能系统实时交互信息,根据光照强度、负载需求等因素,协同控制两者的运行状态,实现最佳功率输出。分布式储能集成技术则着重解决多个分布式储能单元与光伏发电系统的连接问题,实现分布式储能资源的有效整合与利用,提升系统整体性能。

3.3 储能容量配置技术

基于负荷预测的容量配置方法,通过分析历史负荷数据以及气象数据,运用时间序列分析、神经网络等算法预测未来负荷需求和光伏发电量,据此确定合适的储能容量,以满足系统的能量平衡需求。考虑可靠性的容量配置模型,将系统供电可靠性指标纳入考量,综合评估不同储能容量配置方案下系统停电风险等因素,确保在满足一定可靠性要求的前提下确定储能容量。动态容量配置策略则根据光伏发电系统实时运行状态和环境变化,动态调整储能容量,提高储能设备的利用率和系

统经济性。

3.4 储能系统的能量转换效率提升技术

在充放电控制策略上,采用智能控制算法,如MPP T(最大功率点跟踪)算法与优化的充放电曲线相结合,使储能系统在充放电过程中始终保持较高效率。新型储能材料与电极结构的优化也能显著提升能量转换效率,例如研发高导电性、高稳定性的电极材料,改进电池内部结构,减少电能转换过程中的损耗。此外,储能系统的能量回收技术可将系统在运行过程中产生的多余能量,如制动能量等进行回收再利用,进一步提高能量转换效率,降低能源浪费。

3.5 储能系统的安全防护技术

过充过放保护技术通过实时监测电池电压和电流,一旦检测到电池处于过充或过放状态,立即切断充电或放电回路,避免电池因过充过放而损坏甚至引发安全事故。电池故障诊断与预警技术运用故障诊断算法,对电池的运行数据进行分析,提前发现电池潜在故障隐患,并及时发出预警信号,以便运维人员采取措施。在储能系统的消防与防爆方面,采用阻燃材料、安装消防灭火装置以及防爆电气设备等,防止因电池热失控等原因引发火灾或爆炸,确保储能系统的安全运行。

4 光伏发电系统中储能技术的优化策略

4.1 基于智能算法的储能容量优化

遗传算法通过模拟生物进化过程,对储能容量配置方案进行编码、选择、交叉和变异操作,从大量可能的解中寻找最优解,以实现储能容量在满足系统需求前提下的最小化投资。粒子群优化算法则将储能容量配置问题的解看作搜索空间中的粒子,每个粒子通过跟踪自身历史最优位置和群体最优位置来更新自己的位置,从而不断优化储能容量。将模拟退火算法与其他智能算法结合,能在搜索过程中以一定概率接受较差解,避免陷入局部最优,更有效地找到全局最优的储能容量配置方案,提高系统运行效率和经济性。

4.2 储能系统运行控制策略优化

基于功率预测的实时控制策略,利用精准的光伏发电功率和负荷功率预测数据,实时调整储能系统的充放电功率,确保光伏发电系统输出功率的稳定性,减少功率波动对电网的影响。多时间尺度的协同控制策略,在秒级、分钟级和小时级等不同时间尺度上对储能系统进行协调控制,既能快速响应短期功率变化,又能满足长期的能量平衡需求。储能系统与电网互动的优化控制,通过参与电网的调峰、调频等辅助服务,实现储能系统

与电网的双向互动,提高电网稳定性的同时,为储能系统运营方带来额外收益。

4.3 提高储能系统经济性的策略

在储能设备选型上,综合考虑不同类型储能设备的成本、寿命、能量密度等因素,选择性价比高的设备。例如,对于一些对成本较为敏感的应用场景,可优先选用铅酸电池;而在对能量密度和循环寿命要求较高的场合,则考虑锂离子电池。峰谷电价套利策略,利用电网峰谷电价差,在电价低谷时充电,高峰时放电,通过电价差获取收益。此外,储能系统的全生命周期成本管理,从设备采购、安装调试、运行维护到退役回收,对每个环节的成本进行精细化管理,降低总成本,提高储能系统的经济效益。

4.4 储能技术与其他能源互补的优化策略

储能技术与其他能源互补的优化策略可提升能源综合利用效率。光储柴互补系统的优化配置,结合光伏发电、储能和柴油发电的特点,根据不同季节、天气以及用电需求,合理安排三者的运行模式。在光照充足时,优先利用光伏发电,多余电能储存起来;光照不足且储能电量不足时,启动柴油发电机发电,确保电力供应的连续性。光储气联合运行策略,将光伏发电与天然气发电相结合,储能系统在其中起到调节作用,平衡两者的功率输出,提高能源供应的稳定性。储能与其他分布式能源的协同优化,如与风力发电、生物质能发电等配合,充分发挥各种能源的优势,减少能源浪费,实现能源的高效利用。

4.5 基于区块链技术的储能系统优化

在储能交易方面,区块链的去中心化和不可篡改特性,使得储能设备所有者之间的电能交易更加安全、透明。通过智能合约,自动执行交易规则,实现电能的快速、公平交易。基于区块链的储能系统分布式管理,可将储能系统的运行数据分布存储在各个节点上,提高数据的安全性和可靠性。同时,各节点可实时共享数据,便于对储能系统进行协同管理和优化控制。区块链技术

还能提升储能系统的安全性与可靠性,防止数据被篡改和恶意攻击,保障储能系统稳定运行,促进储能行业的健康发展。

5 结语

本文对光伏发电系统中储能技术的应用与优化进行了全面探讨。明确了储能技术的重要性,分析了应用现状与关键技术,提出了优化策略。未来,需进一步深入研究,推动储能技术在光伏发电系统中更广泛、高效的应用,促进清洁能源发展。

参考文献

- [1]王以勒. 储能技术在光伏发电系统中的应用研究[J]. 中国战略新兴产业,2022,(24):50-52.
- [2]马广平. 刍议电压基准变步长直流解耦光伏发电与储能技术[J]. 中国设备工程,2022,(05):235-236.
- [3]刘辉,吴仁良. 光伏发电与储能技术在钢铁企业节能降碳中的可行性研究[J]. 节能与环保,2022,(02):64-66.
- [4]于冬,李瑶. 储能技术在光伏并网发电系统中的应用研究[J]. 中国设备工程,2021,(24):196-197.
- [5]郭子兴. 储能技术在光伏发电系统中的应用[J]. 电子产品世界,2021,28(11):83-85.
- [6]顾素平. 储能技术在光伏发电系统中的应用[J]. 集成电路应用,2021,38(07):186-187.
- [7]杨润广. 储能技术在光伏发电系统中的应用[J]. 科技创新与应用,2021,(10):188-190.
- [8]胡志良. 电压基准变步长直流解耦光伏发电与储能技术研究[D]. 河北工程大学,2020.
- [9]全俊晓. 储能技术在光伏并网发电系统中的应用分析[J]. 电子测试,2020,(02):129-130+118.
- [10]林大为. 储能技术在光伏并网发电系统中的应用[J]. 智能城市,2019,5(20):82-83.
- [11]张帅. 储能技术在光伏并网发电系统中的应用[J]. 通信电源技术,2019,36(05):227-228.
- [12]张昭鑫,庄玥,张忠智. 光伏发电储能技术及其进展[J]. 中国科技信息,2018,(19):110-111.