

探析光伏与储能一体化系统控制技术

周 超

苏交科集团股份有限公司浙江分公司 浙江 杭州 310000

摘 要：光伏与储能一体化系统控制技术针对光伏发电的间歇性问题，通过储能技术实现能量平滑与稳定输出。该技术设计了光伏与储能一体化系统的拓扑结构，并制定了光伏电池最大功率点跟踪、蓄电池剩余容量检测等控制策略。这些策略优化了系统能量流动，确保在光照变化时系统仍能稳定运行。此外，对于级联运行的光储系统，设计了基于双母线控制的负荷分配策略，以延长蓄电池使用寿命。

关键词：光伏与储能一体化系统；控制技术；协调控制策略

引言：随着可再生能源的快速发展，光伏与储能一体化系统作为新能源利用的重要方式，正逐步成为研究的热点。光伏发电虽清洁高效，但受光照条件影响大，输出功率波动较大。储能技术的引入，为解决这一问题提供了新的途径。本文旨在深入探讨光伏与储能一体化系统的控制技术，通过优化策略，实现能量的高效转换与稳定输出，为新能源的广泛应用提供技术支持与理论参考。

1 光伏与储能一体化系统概述

1.1 系统定义与组成

(1) 光伏发电系统的基本原理。光伏发电系统利用光伏效应，将太阳光直接转换为电能。光伏组件是系统的核心部件，通常由多个光伏电池组成。当太阳光照射到光伏电池上时，光子激发电池内部的电子，形成电流，从而将光能转化为电能。这一过程无需燃料，无污染，是一种绿色、可持续的能源利用方式。(2) 储能装置的种类与特性。储能装置是光伏与储能一体化系统中不可或缺的部分，用于存储光伏发电系统产生的多余电能，并在需要时释放出来。常见的储能装置包括蓄电池和超级电容器等。蓄电池具有较高的能量密度和较长的使用寿命，是目前最常用的储能方式。而超级电容器则具有更快的充放电速度和更长的循环寿命，但在能量密度方面相对较低。不同类型的储能装置具有不同的特性，适用于不同的应用场景。(3) 一体化系统的整体架构。光伏与储能一体化系统通常包括光伏组件、逆变器、储能装置、控制系统等部分。光伏组件负责将太阳光转换为电能；逆变器将直流电转换为交流电，以供家庭或工业用电使用；储能装置用于存储多余的电能；控制系统则负责整个系统的运行管理和安全保护。

1.2 系统的运行原理

(1) 光伏发电与储能的协调机制。光伏与储能一体

化系统的协调机制主要通过控制系统实现。当光伏发电系统产生的电能超出即时需求时，控制系统会将多余的电能储存到储能装置中；当电力需求高于光伏发电量时，储能装置会释放储存的电能，确保电力系统的稳定运行。(2) 系统在不同光照条件下的响应策略。在不同光照条件下，系统会根据光照强度、时间等因素自动调整运行状态。例如，在晴天光照充足时，系统会优先使用光伏发电；在阴雨天气或夜晚，则会主要依靠储能装置供电。通过智能控制系统，系统能够确保在各种光照条件下都能提供稳定、可靠的电力供应。

2 光伏与储能一体化系统控制技术

2.1 控制技术基础

(1) 控制系统的目标与原则。光伏与储能一体化系统的控制目标主要包括最大化能源利用效率、确保系统稳定输出、延长设备寿命以及提高系统的安全性和可靠性。为实现这些目标，控制系统应遵循以下原则：实时性，即控制系统应能实时响应系统状态的变化；精确性，即控制系统应能准确监测和控制各个组件的运行状态；可靠性，即控制系统应能在各种恶劣环境下稳定运行，确保系统的安全性和可靠性；经济性，即在满足性能要求的前提下，尽量降低控制系统的成本^[1]。(2) 主要控制策略与方法。主要控制策略与方法包括MPPT技术、储能充放电管理等。MPPT技术旨在实时调整光伏组件的工作点，使其始终保持在最大功率输出状态，从而提高整个系统的能源利用效率。储能充放电管理则负责根据系统的实际需求和储能装置的状态，智能地控制储能装置的充放电过程，以实现能源的优化配置和高效利用。

2.2 MPPT技术研究

(1) MPPT的基本原理与实现方法。MPPT的基本原理是通过实时监测光伏组件的电压和电流，计算出当前工作点的功率，然后通过与前一时刻的功率进行比较，

不断调整工作点,使其逐渐逼近最大功率点。实现MPPT的方法有多种,包括恒电压跟踪法、扰动观测法、电导增量法等。(2)常用MPPT算法的比较与分析。1)扰动观测法:该算法通过给光伏组件的工作点施加一个小的扰动,然后观察功率的变化情况,根据功率的增加或减少来判断扰动方向是否正确,并据此调整工作点。该算法实现简单,但存在最大功率点附近振荡的问题,可能导致功率损失^[2]。2)电导增量法:该算法通过实时监测光伏组件的电压和电流,计算出电导增量,然后根据电导增量与电压的关系来判断工作点是否接近最大功率点。该算法能够避免最大功率点附近的振荡问题,但实现起来相对复杂。(3)MPPT在光伏与储能一体化系统中的应用与效果评估。在光伏与储能一体化系统中,MPPT技术的应用能够显著提高系统的能源利用效率。通过实时调整光伏组件的工作点,MPPT技术能够确保光伏组件在不同的光照强度和温度条件下始终保持在最大功率输出状态。同时,MPPT技术还能够与储能充放电管理策略相结合,实现能源的优化配置和高效利用。在实际应用中,MPPT技术的效果评估主要依赖于系统的发电效率、能源利用率以及设备寿命等指标。

2.3 储能装置控制技术

(1)储能装置的充放电控制策略。储能装置的充放电控制策略是确保系统稳定输出的关键环节。在实际应用中,应根据系统的实际需求和储能装置的状态来智能地控制储能装置的充放电过程。当系统发电量大于负载需求时,储能装置应处于充电状态;当系统发电量小于负载需求时,储能装置应处于放电状态。同时,为了避免储能装置的过充和过放问题,还应设置相应的保护阈值和控制策略。(2)电池管理系统的功能与实现。电池管理系统(BMS)是储能装置控制技术的核心组成部分。BMS的主要功能包括状态监测、能量管理、故障诊断与保护等。通过实时监测储能装置的各种参数和信息(如电压、电流、温度等),BMS能够准确判断储能装置的运行状态并采取相应的控制措施。同时,BMS还能够根据系统的实际需求和储能装置的状态来智能地管理储能装置的充放电过程,以实现能源的优化配置和高效利用。为了实现BMS的功能,需要采用先进的传感器、执行器以及相应的软件算法等硬件设备和技术手段^[3]。(3)储能装置的安全保护措施。为了确保储能装置的安全运行和人员的安全,应采取相应的安全保护措施。主要包括过充保护、过放保护、短路保护以及温度保护等。过充和过放保护能够防止储能装置在充放电过程中因电压过高或过低而损坏或引发安全事故;短路保护能

够防止储能装置内部或外部发生短路时产生过大的电流而引发火灾或爆炸等严重后果;温度保护则能够监测和控制储能装置的工作温度以防止因温度过高或过低而导致的性能下降或安全事故。这些安全保护措施的实现需要依靠先进的硬件设备和软件算法等技术手段来确保系统的稳定性和安全性。

3 光伏与储能一体化系统协调控制策略

3.1 协调控制策略的设计原则

(1)系统稳定性与可靠性的保障。协调控制策略的核心在于保障系统的稳定性与可靠性。这意味着在设计策略时,必须充分考虑光伏发电的间歇性和储能装置充放电的动态特性,确保系统在各种工况下都能稳定运行,避免功率波动对电网造成冲击。同时,策略应具备故障预测与应对机制,能在设备故障或异常情况发生时迅速切换至备用模式,确保供电的连续性。(2)经济性与环保性的平衡。策略设计需兼顾经济性与环保性。一方面,通过优化光伏发电与储能装置的功率匹配,减少不必要的能源浪费,降低系统运行成本。另一方面,利用储能装置的削峰填谷能力,平衡电网负荷,减少对传统化石能源的依赖,实现节能减排目标。

3.2 协调控制策略的具体实现

(1)光伏发电与储能装置的功率匹配。为实现光伏发电与储能装置的功率匹配,需采用先进的预测算法和实时监测技术,准确预测光伏发电量,并据此调整储能装置的充放电计划。通过智能调度,确保光伏发电高峰时储能装置充电,低谷时放电,最大化利用可再生能源。(2)电网接入与孤岛运行的切换控制。在电网接入与孤岛运行之间平滑切换,是保障系统灵活性和可靠性的关键。策略应能实时监测电网状态,一旦检测到电网故障或异常,立即启动孤岛运行模式,确保系统自给自足。同时,当电网恢复正常时,策略应能安全、迅速地切换回并网运行,保证系统的连续供电。(3)应对突发事件的控制策略。针对电网故障、极端天气等突发事件,策略应包含紧急预案。例如,在电网故障时,通过快速启动备用电源或调整储能装置的放电策略,确保关键负荷的供电。在极端天气条件下,通过预测模型提前调整光伏发电和储能装置的运行计划,减轻天气变化对系统的影响^[4]。

3.3 协调控制策略的效果评估与优化建议

(1)基于实际数据的性能分析。策略实施后,应基于实际运行数据进行性能分析。通过对比实施前后的发电量、储能效率、电网接入稳定性等指标,评估策略的有效性。同时,利用大数据分析技术挖掘潜在问题,为

后续优化提供依据。(2)针对不同应用场景的优化方案。针对不同应用场景,如城市电网、偏远地区微电网等,应根据其特定需求调整协调控制策略。例如,在城市电网中,可重点优化储能装置的削峰填谷能力,减少电网负荷峰值;在偏远地区微电网中,则需强化系统的孤岛运行能力和应急响应速度,确保供电的稳定性和可靠性。通过持续优化,使协调控制策略更加贴近实际应用需求,推动光伏与储能一体化系统的高效、稳定、经济运行。

4 光伏与储能一体化系统控制技术中的应用案例

4.1 公共停车场的应用

(1)系统设计与实施方案。在公共停车场中,光伏与储能一体化系统被巧妙融入停车场棚顶,利用停车场的闲置空间进行光伏发电。系统设计时,首先需对停车场棚顶进行结构评估,确保光伏组件安装的安全性与稳定性。随后,根据停车场的日均光照量和预计用电量,合理配置光伏组件与储能装置的容量。实施方案中,采用智能控制策略,实现光伏发电与储能装置的自动匹配,以及电网接入与孤岛运行的平滑切换,确保停车场在任何工况下都能稳定供电。(2)经济效益与环保效益分析。该系统不仅降低了停车场的运营成本,通过自发自用、余电上网的模式,实现了经济效益的提升。同时,光伏发电作为一种清洁能源,显著减少了停车场的碳排放,对改善城市环境、推动绿色出行具有积极意义。

4.2 公共建筑的应用

(1)公共建筑屋顶光伏与储能系统的优势与挑战。公共建筑屋顶空间广阔、日照资源丰富,是部署光伏与储能一体化系统的理想之地。此系统能直接为建筑供电,大幅降低输电损耗。但挑战在于需确保屋顶承重、防水及防火安全,同时系统设计与建筑外观需和谐统一。(2)公共建筑光伏储能系统运行维护要点。系统启用初期,详尽的设备调试与性能测试至关重要,以保障稳定运行。日常维护则需定期清理光伏组件、检测储能装置性能,并监控整体运行状态,这是确保系统长期高效运行的关键。

4.3 社区能源自给系统的应用

(1)社区能源自给系统的规划与建设。社区能源自给系统的构建需兼顾居民日常用电需求与绿色能源供

给。系统中,光伏发电与储能装置容量需精密匹配,确保能源的高效利用。智能管理系统在此发挥着核心作用,它优化光伏发电与储能装置的协同运作,实现能源自给自足,多余电量还能回售电网,增加社区收益。

(2)储能装置在社区能源自给系统中的作用。储能装置不仅是能源自给系统的“蓄水池”,更是平衡供需、稳定供电的关键。在日照充足时段,储能装置储存多余电能,减轻电网高峰压力;在阴雨或夜晚,它则释放储存的电能,保障社区供电不间断,提升了整个能源系统的灵活性和可靠性。

4.4 紧急救援领域的应用

(1)光伏发电与储能系统在灾难救援中的作用。在灾难救援中,光伏发电与储能系统能够提供紧急电力供应,为救援设备、通讯设施等提供关键能源支持。系统具备快速部署、自给自足的特点,能够在断电、断网的极端条件下发挥重要作用。(2)系统设计与实施的特殊要求。系统设计与实施时,需充分考虑灾难救援场景的特殊性,如系统的小型化、便携性、快速部署能力等。同时,系统的安全性与稳定性也是首要考虑的因素,确保在恶劣环境下仍能稳定运行。

结束语

综上所述,光伏与储能一体化系统控制技术对于提高可再生能源利用率、确保电网稳定运行具有重要意义。通过不断的研究与优化,我们能够实现更高效的光伏发电与更智能的储能管理,推动新能源产业的持续发展。未来,随着技术的进步与成本的降低,光伏与储能一体化系统将在更多领域得到广泛应用,为构建绿色低碳社会贡献力量。

参考文献

- [1]赵子豪.光伏发电与储能一体化设计装置[J].产业经济,2021,(04):43-44.
- [2]赖志葵.太阳能光伏发电与储能一体化系统优化研究[J].建筑理论,2024,(03):38-39.
- [3]胡肖敏.光伏储能一体化技术的创新研究与应用[J].文化科学,2024,(10):106-107.
- [4]石焕良.分布式光伏与储能一体化技术研究[J].电力系统及自动化,2024,(06):66-67.