

储能式光伏电站发电效率优化方法分析

何振源 张学习 史明亮

国华（哈密）新能源有限公司

摘要：随着全球能源危机的加剧和环境污染的日益严重，太阳能光伏发电作为一种绿色、环保的可再生能源技术，受到了广泛关注。储能式光伏电站作为光伏发电的重要组成部分，其发电效率的优化对于提高整个光伏发电系统的经济效益和环境效益具有重要意义。本文将对储能式光伏电站的发电效率优化方法进行分析，并结合相关文献和实际案例，探讨优化方法的实施效果。

关键词：储能式光伏电站；发电效率；优化方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.22.118

引言

太阳能光伏发电技术以其独特的优势，如无污染、无资源枯竭风险、不受地域限制等，成为解决能源危机和环境污染问题的重要途径。然而，太阳能光伏发电系统在实际运行中，受到多种因素的影响，如太阳辐射强度、气候条件、光伏组件效率等，导致发电效率难以达到理论值。因此，如何优化储能式光伏电站的发电效率，成为当前研究的热点之一。

一、储能式光伏电站发电概述

储能式光伏电站，作为可再生能源领域的重要一环，其发电模式独具特色，光伏电站通过太阳能电池板直接捕获太阳光能，利用光伏效应将光能转化为电能。这一过程中，太阳能电池板作为核心部件，其性能直接影响到电站的发电效率。高效的光伏电池板能够在不同光照条件下，实现稳定的电能输出。然而，光伏电站产生的电能多为直流电，而日常生活和工业生产中更常用的是交流电，为了将直流电转化为交流电，光伏电站配备了逆变器，逆变器不仅负责电能的转换，还负责调节电能的电压和频率，确保输出的电能满足电网的接入要求。储能式光伏电站与传统光伏电站的最大区别在于其储能系统，在光照充足时，光伏电站产生的电能除了满足即时需求外，多余的部分会被储存到储能系统中，储能系统通常采用电池组或超级电容器等设备，它们能够高效、安全地储存电能，并在需要时快速释放。储能系统的引入，使得光伏电站的发电模式更加灵活和可靠，在夜间或光照不足时，储能系统可以释放储存的电

能，满足电力需求，此外，在电网故障或停电等紧急情况下，储能系统还可以作为备用电源，确保电力供应的连续性。

二、储能式光伏电站分级充电系统的内部结构与工作原理

（一）分级充电系统的内部结构

储能式光伏电站的分级充电系统，其内部结构复杂而精细，主要包括光伏板、逆变器、电池储能系统和分级充电控制器等核心组件，光伏板是系统的能量来源，通过光电效应将太阳光能转化为直流电能，这些光伏板通常由多个太阳能电池组成，经过串联或并联后，形成足够大的电压和电流输出。逆变器则扮演着电能转换的重要角色，它将光伏板产生的直流电转换为交流电，以供家庭或工业使用；同时，在充电过程中，它还可以将交流电转换回直流电，为电池储能系统充电，电池储能系统是分级充电系统的核心部分，用于储存光伏板产生的多余电能，该系统由多个高性能电池组成，这些电池通常采用锂离子电池等先进技术，以确保高效、安全的电能储存，分级充电控制器则是整个系统的“大脑”，它负责监控光伏板的输出、电池的状态以及电网的需求，并根据这些信息智能地调整充电策略，通过精确控制电池的充电速度和深度，分级充电控制器能够确保电池的安全、延长其使用寿命，并在需要时快速释放储存的电能^[1]。

（二）分级充电系统的工作原理

分级充电系统的工作原理是基于对电池充电过程的精确控制和优化，确保电池在安全、高效的状态下完成充电，该系统通过智能调节充电电流和电压，以适应电池的不同充电阶段和外部环境的变化，从而达到最佳的充电效果。在充电初期，分级充电系统通常采用恒流充电模式，这一阶段，系统根据电池的额定容量设定一个恒定的充电电流，如0.1C速率，即电池额定容量的十分之一，这种高电流充电方式可以迅速提高电池电压，加快充电进程。同时，由于充电电流较大，电池内部的化学反应也相对较快，使得蓄电池两端电压上升较快，此阶段通常持续5至6小时，直至电池电压达到预定的规定值。当电池电压上升到规定值后，分级充电系统进入

恒压充电阶段,在此阶段,系统保持输出电压恒定,而充电电流则随着电池电压的上升而逐渐减小,这是因为随着充电的进行,电池内部电阻增加,导致充电电压与电池端电压之间的差距逐渐缩小。此时,系统通过智能调节充电电流,确保电池在恒压条件下安全、稳定地充电。此阶段通常持续8至10小时,直至电池电压达到充电终了值。在充电的最后阶段,分级充电系统采用浮充式充电模式,这一模式下,系统选择一个较小的充电电流,通常为电池额定容量的0.05C速率,即按额定容量的1/20的电流进行充电。这种小电流充电方式有助于补偿电池自身的放电损耗,同时避免过充,从而保持电池的最佳状态。浮充式充电通常持续较长时间,以确保电池充满并维持其稳定状态。分级充电系统的优点在于其智能化和灵活性,系统能够根据电池的当前状态、环境温度、光照强度等因素智能调节充电参数,确保电池在安全、高效的状态下完成充电,此外,该系统还具备过流、过压、过温等保护功能,能够在异常情况下自动切断充电电路,保障系统安全。

三、储能式光伏电站分级充电系统设计

(一) 环境照度检测模块

在储能式光伏电站的分级充电系统中,环境照度检测模块起到了至关重要的作用,该模块的主要任务是实时监测光伏电站所在地的光照强度,为充电控制策略提供准确的环境数据支持。环境照度检测模块的核心是一个高精度的环境照度传感器,该传感器能够准确地测量光照强度,并将其转换为电信号输出,为了确保测量结果的准确性,传感器需要经过严格的校准和测试,以确保其在不同光照条件下的测量误差在可接受的范围内。除了传感器本身,环境照度检测模块还包括信号处理电路和数据传输接口,信号处理电路负责将传感器输出的电信号进行放大、滤波和数字化处理,以便后续的数据分析和处理。数据传输接口则负责将处理后的数据传输给充电控制系统,以便根据环境照度调整充电策略。在实际应用中,环境照度检测模块通常安装在光伏电站的合适位置,以确保能够充分反映电站所在地的光照情况,同时,模块还需要具备防水、防尘等防护措施,以确保其长期稳定运行。

(二) 充电电路设计

储能式光伏电站的充电电路设计是实现高效、稳定充电的关键环节,在分级充电系统中,充电电路需要根据电池的当前状态、环境照度和电网需求等因素,智能地调整充电策略。充电电路的设计需要考虑多个方面,

首先,需要选择合适的充电方式,如恒流充电、恒压充电或脉冲充电等,以满足不同电池的充电需求,同时,还需要设计合理的充电控制策略,以确保电池在充电过程中不过充、不过放,延长其使用寿命。在充电电路的实现上,可以采用高效的充电芯片和功率转换器件,以提高电能的转换效率和充电速度,此外,还需要设计精确的电流和电压检测电路,以实时监测电池的充电状态,并根据检测结果调整充电参数。为了保障充电电路的安全性和稳定性,还需要设计过流、过压、过温等保护电路,并在电路中设置合适的熔断器和保险丝等安全器件,以防止电路故障或短路等危险情况的发生^[2]。

(三) 逆变电路设计

逆变电路是储能式光伏电站中的重要组成部分,负责将直流电转换为交流电,以供家庭或工业使用,在分级充电系统中,逆变电路还需要具备将交流电转换回直流电的功能,为电池储能系统充电。逆变电路的设计需要考虑多个因素。首先,需要选择合适的逆变器拓扑结构,如全桥逆变、半桥逆变等,以满足不同应用场景下的电能转换需求。同时,还需要设计高效的逆变器控制策略,以确保逆变器在不同负载和光照条件下的高效稳定运行。在逆变电路的实现上,可以采用高性能的功率转换器件和先进的控制算法,以提高逆变器的转换效率和稳定性,此外,还需要设计精确的电流和电压检测电路,以实时监测逆变器的运行状态,并根据检测结果调整控制参数。为了保障逆变电路的安全性和可靠性,还需要设计过流、过压、过热等保护电路,并在电路中设置合适的熔断器和保险丝等安全器件,以防止电路故障或损坏等危险情况的发生。此外,逆变电路还需要具备良好的散热性能,以确保在高温环境下能够稳定运行。

四、储能式光伏电站发电效率优化方法

(一) 优化光伏组件的布局 and 安装角度

在储能式光伏电站中,光伏组件的布局 and 安装角度对于发电效率具有决定性的影响,合理的布局可以确保光伏组件能够充分接收太阳光照射,减少阴影遮挡,提高整体发电效率,安装角度的优化则能够确保光伏组件在不同季节和时间段内都能保持较高的发电效率,这需要对地理位置、气候条件以及光伏组件的特性进行综合考虑。例如,在纬度较高的地区,光伏组件的安装角度应适当倾斜,以接收更多的太阳辐射;而在纬度较低的地区,则可以适当减小安装角度,避免夏季高温对光伏组件的影响。此外,还应考虑到地形、建筑物等因素对光伏组件布局的影响,以确保电站的安全稳定运行,为

了实现光伏组件布局和安装角度的优化,可以采用先进的仿真软件 and 数据分析工具,这些工具能够模拟不同布局和安装角度下的光照情况,预测电站的发电量和发电效率,通过对比分析不同方案的结果,可以选择出最优的布局和安装角度方案。同时,还可以结合实际情况进行微调,以进一步提高电站的发电效率^[3]。

(二) 使用高效的逆变器

逆变器是储能式光伏电站中的关键设备之一,负责将光伏组件产生的直流电转换为交流电,因此,选择高效的逆变器对于提高电站的发电效率至关重要,高效逆变器具有转换效率高、稳定性好、可靠性高等优点,能够减少能量损失,提高电站的发电效率。在选择逆变器时,需要考虑其转换效率、功率因数、谐波失真等指标,转换效率是逆变器性能的重要指标之一,它反映了逆变器将直流电转换为交流电的能力。功率因数则反映了逆变器输出的交流电与电网的匹配程度。谐波失真则反映了逆变器输出电流中的谐波含量,过高的谐波含量会对电网造成污染。因此,在选择逆变器时,需要综合考虑这些指标,选择出性能优异的逆变器。

(三) 优化光伏阵列的清洁和维护

光伏阵列是储能式光伏电站的核心部分,其性能直接影响到电站的发电效率,然而,在长期运行过程中,光伏阵列会受到灰尘、污垢等污染物的影响,导致发电效率下降,因此,定期对光伏阵列进行清洁和维护是提高电站发电效率的重要措施。清洁光伏阵列时,需要采用合适的清洁方法和工具,常用的清洁方法包括干洗和水洗两种。干洗方法适用于干燥地区,可以通过吹扫、吸尘等方式去除光伏板表面的灰尘和污垢;水洗方法则适用于湿润地区,可以通过喷水、刷洗等方式去除光伏板表面的污垢,在清洁过程中,需要注意避免使用腐蚀性强的清洁剂或工具,以免对光伏板造成损伤。除了清洁外,还需要对光伏阵列进行定期检查和维修,检查内容包括光伏板的完好性、连接线的牢固性、电气设备的运行状况等,对于发现的问题,需要及时处理和修复,以确保光伏阵列的正常运行和发电效率^[4]。

(四) 采用智能控制系统

智能控制系统是储能式光伏电站的重要组成部分,能够实现对电站的实时监控、数据分析和优化控制,通过智能控制系统,可以实时监测光伏阵列的工作状态、环境参数以及储能系统的状态等信息,并根据这些信息对电站进行优化控制。智能控制系统可以根据天气条件和负载需求自动调整光伏阵列的工作模式,在阳光充足

时,系统可以调整光伏阵列以最大化吸收太阳能;在阴天或低光照条件下,系统则能优化电能分配,确保储能系统的有效充电。此外,智能控制系统还可以对储能系统进行智能管理,根据电网需求和储能系统的状态自动调整充放电策略,提高储能系统的利用效率。智能控制系统的应用不仅提高了电站的自动化水平,还显著提升了发电效率,通过实时数据分析和优化控制,系统能够及时发现并解决潜在问题,确保电站的稳定运行和高效发电。

(五) 优化储能系统

储能系统是储能式光伏电站的重要组成部分,负责储存光伏阵列产生的多余电能并在需要时释放。因此,优化储能系统对于提高电站的发电效率具有重要意义。优化储能系统可以从多个方面入手,首先,需要选择高性能的储能电池。高性能的储能电池具有能量密度高、充放电效率高、循环寿命长等优点,能够提高储能系统的整体性能。其次,需要合理配置储能容量。储能容量的配置应根据电站的实际情况和需求进行综合考虑,既要满足电网的需求,又要避免过度投资。此外,还需要优化储能系统的充放电策略。通过制定合理的充放电策略,可以减少电能损耗,提高储能系统的利用效率。

结语

储能式光伏电站的发电效率优化是一个复杂而重要的课题。通过优化光伏组件的布局和安装角度、使用高效的逆变器、优化光伏阵列的清洁和维护、采用智能控制系统以及优化储能系统等方法,可以显著提高储能式光伏电站的发电效率。这些优化方法的实施不仅有助于提高光伏发电系统的经济效益和环境效益,也为全球能源转型和可持续发展提供了有力支持。

参考文献

- [1] 湛静娜, 赵培. 太阳能光伏技术的研究与发展[J]. 工程技术: 引文版, 2016(6): 9.
- [2] 黄幼平. 风力和太阳能光伏发电现状及发展趋势[J]. 科技展望, 2015, 25(36): 134-135.
- [3] 郑伟. 提升光伏电站发电效率的方法[J]. 农村电工, 2020, 28(01): 35-36.
- [4] 李春来, 兰建军, 李宇. 储能式光伏电站发电效率优化方法研究[J]. 电源技术, 2018, 42(06): 852-854.
- [5] 苗风东, 李研达, 许忠敏. 储能技术在光伏发电系统中的应用[J]. 电源技术, 2014, 38(08): 1475-1477.