

新能源光伏发电技术及控制研究

毛永强

内蒙古华电辉腾锡勒风力发电有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要：光伏发电技术及其控制策略的全面探索揭示了该领域的深厚潜力。概述了光伏发电的基本原理与显著优势，明确了其在推动全球能源结构转型中的核心角色。深入探讨控制技术的双重应用，涵盖光伏逆变器的多样化分类、高效的最大功率点追踪技术、精确的并网控制以及智能化的监控系统。文章还深入分析了光伏系统的运行特性，并提出针对性的优化策略，特别是针对光照强度和温度的有效控制措施。这一切研究努力，均旨在为促进光伏发电技术的持续进步与广泛应用提供坚实的理论支持与实践指导。

关键词：新能源；光伏发电技术；控制研究

引言：在全球能源危机与环境保护的双重压力下，新能源光伏发电技术以其清洁、可再生的特点，成为全球能源结构转型的重要方向。深入探讨光伏发电的基本原理、技术优势及其控制技术，旨在分析光伏系统在复杂环境下的运行特性与优化策略。通过系统研究与实践应用，旨在为新能源光伏发电技术的持续进步与广泛应用提供有力支持，共同推动构建绿色低碳的未来能源体系。

1 新能源光伏发电技术概述

新能源光伏发电技术是一种清洁、可再生的能源利用方式，正逐步成为全球能源结构转型的重要支柱。该技术基于光伏效应原理，利用太阳能电池板将太阳能直接转化为电能，无需任何机械转动部件或燃烧过程，实现了从自然界光源到电能的直接转换。光伏电池作为光伏发电技术的核心组件，主要有硅基（单晶硅、多晶硅）、铜铟镓硒（CIGS）及非晶硅等多种类型，它们在光电转换效率、制造成本、耐用性等方面各有千秋。其中，硅基光伏电池凭借成熟的制造工艺和较高的转换效率，在市场上占据主导地位。光伏发电系统通常包括光伏电池板阵列、逆变器、储能设备（如电池组）及电网接入装置等。当太阳光照射到光伏电池板上时，光子能量被半导体材料吸收，并激发出电子，进而形成电流。这一直流电通过逆变器转换成交流电，满足电网或终端用户的用电需求。储能设备则用于平衡光照不稳定性导致的电能输出波动，提高供电的可靠性和稳定性^[1]。随着技术进步和成本降低，新能源光伏发电技术在全球范围内得到了广泛应用，不仅在家庭住宅、工商业建筑等领域普及，还逐渐成为电力系统调峰填谷、增强电网灵活性的重要手段。未来，随着全球对可持续发展和绿色低碳的重视，光伏发电技术将发挥更加关键的作用，助力构建更加清洁、安全、高效的能源体系。

2 控制在光伏发电中的重要作用

在光伏发电领域，控制技术发挥着不可或缺的重要作用，是推动该行业高效、稳定运行的关键要素。光伏发电系统不仅受到光照强度、温度等自然环境因素的直接影响，还需与电网实现精确对接与协调，以满足日益复杂的电力需求。第一，控制技术首先通过最大功率点追踪（MPPT）算法，确保光伏电池板在任意光照条件下都能输出最大电能，从而最大限度地提高发电效率。这一智能化调节机制，有效应对了太阳能资源波动性的问题，保障了系统能量的最大化利用。第二，控制在光伏发电系统的储能管理、电网接入与孤岛保护等方面同样至关重要。储能系统的智能控制能够优化电能的存储与释放策略，确保在光照不足或电网故障时，也能为用户提供稳定的电力供应。而精准的电网接入控制与孤岛检测技术，则确保了光伏发电系统能够安全、可靠地融入电网，实现与传统能源的互补互济。第三，随着物联网、大数据等先进技术的引入，光伏发电系统的控制技术正向着更加智能化、自动化的方向发展。这不仅提升了系统的运维管理效率，还为实现更高级别的能源调度与优化配置提供了可能。总之，控制在光伏发电中的重要作用不可小觑，它是提升发电效率、保障系统稳定、实现能源高效利用的关键力量。随着技术的不断进步，控制在光伏发电领域的应用前景将更加广阔。

3 光伏发电控制技术

3.1 光伏逆变器原理及分类

光伏逆变器是光伏发电系统中的核心转换设备，负责将光伏电池板产生的直流电（DC）转换为交流电（AC），以便接入电网或直接供给交流负载使用。逆变器的工作原理基于电力电子技术，通过内部的IGBT（绝缘栅双极型晶体管）等功率半导体开关元件，实现对电

流和电压的精确控制。根据功能和用途的不同,光伏逆变器可分为多种类型。常见的有集中式逆变器、组串式逆变器和微型逆变器。集中式逆变器容量大,适用于大型光伏电站;组串式逆变器则更灵活,可以安装在每个光伏组件串后,降低线缆损耗并提高系统的整体效率;微型逆变器则直接集成于光伏组件内部,实现了真正的组件级MPPT,提高了系统的发电效率和可靠性^[2]。

3.2 MPPT (Maximum Power Point Tracking) 技术

MPPT (最大功率点跟踪) 技术是光伏发电系统中提高发电效率的重要手段。由于光伏电池的输出功率受到光照强度、温度等多种因素的影响,存在一个最大功率点 (MPP), 使得在此工作点下, 光伏电池能输出最大的电功率。MPPT技术通过实时检测光伏电池的输出电压和电流, 采用特定的算法计算出最大功率点, 并自动调整光伏电池的工作状态, 使其始终运行在最大功率点上。这不仅提高了光伏发电系统的能量转换效率, 还使系统能够更好地适应光照和温度等环境条件的变化。目前, 常见的MPPT算法包括扰动观察法、电导增量法等。这些算法各有优缺点, 但都在不同程度上提高光伏发电系统的发电效率和经济性。

3.3 并网控制与智能监控系统

并网控制是光伏发电系统实现与电网稳定互联的关键技术。它涉及到光伏发电系统与电网之间的电压、频率、相位等参数的匹配和协调, 以确保系统能够安全、可靠地向电网供电。并网控制技术通常包括孤岛检测与保护、电压与频率控制、有功与无功调节等功能, 以确保光伏发电系统在并网运行时不会对电网造成不利影响。另外, 智能监控系统在光伏发电系统的运维管理中也发挥着重要作用。该系统通过采集光伏电池板、逆变器、储能设备等关键部件的实时运行数据, 进行数据分析与处理, 为运维人员提供直观的系统运行状态监控和故障预警功能。同时, 智能监控系统还可以与远程控制中心进行数据交互, 实现远程监控和运维管理, 降低运维成本和提高了管理效率^[3]。

4 新能源光伏发电系统的运行优化与调整

4.1 光伏系统运行特性分析

光伏系统运行特性受多种环境因素影响, 深入分析这些特性是制定优化策略的前提。据统计, 光照强度是影响光伏电池板输出功率的最主要因素, 随着光照强度的增加, 光伏电池板的输出功率通常呈现线性或近似线性的增长趋势。然而, 当温度超过一定阈值时, 光伏电池的转换效率会显著下降, 因为高温会增加电池内部的热损失。通过对某大型光伏电站的运行数据进行分析,

发现该电站日发电量高峰期出现在中午至下午时段, 此时光照最为强烈。而在早晨和傍晚, 由于光照强度减弱, 发电量也随之下降。此外, 季节性变化对光伏系统的发电量也有显著影响, 夏季由于光照时间长且强度大, 发电量明显高于冬季。除了环境因素外, 光伏系统的运行特性还受到系统组件的影响。例如, 光伏电池板的材质、制造工艺及老化程度都会影响其输出功率。逆变器作为光伏系统中的关键设备, 其转换效率和稳定性也对系统性能产生重要影响。

4.2 发电系统运行优化策略

基于光伏系统的运行特性分析, 可以制定以下发电系统运行优化策略: (1) 光照强度优化利用: 通过调整光伏阵列的朝向和倾角, 以及采用追日系统等技术手段, 最大限度地利用光照资源, 提高光伏电池的发电效率。(2) 温度控制: 采用通风散热、水冷等技术手段降低光伏电池板的温度, 减少因高温导致的热损失, 提高转换效率。根据数据显示, 当光伏电池板温度降低5°C时, 其转换效率可提高约1%。(3) 储能系统优化: 根据光伏系统输出功率的波动情况, 合理配置储能设备的容量和充放电策略, 以平抑输出功率的波动, 提高供电可靠性和电网稳定性。(4) 逆变器效率提升: 选用高效率的逆变器, 并定期进行维护保养, 确保其处于最佳工作状态。通过数据分析发现, 逆变器效率每提升1%, 整个光伏系统的发电量可提升约0.8%。

4.3 智能控制策略研究

智能控制策略在新能源光伏发电系统的运行优化中发挥着越来越重要的作用。(1) 基于大数据的预测控制: 利用大数据分析技术, 对光伏系统的历史运行数据进行深度挖掘和分析, 建立预测模型, 预测未来一段时间内的光照强度、发电量等关键参数。基于预测结果, 智能控制系统可以提前调整储能设备的充放电策略、优化逆变器的控制参数等, 以提高系统的运行效率和经济效益。(2) 自适应控制: 开发具有自适应能力的智能控制算法, 使光伏系统能够根据不同的运行条件和目标需求自动调整控制策略。例如, 当检测到光照强度急剧下降时, 智能控制系统可以迅速调整逆变器的控制参数, 确保系统稳定输出; 当电网负荷较重时, 智能控制系统可以优化储能设备的放电策略, 为电网提供有力的支撑。(3) 集成化智能监控平台: 构建集成化的智能监控平台, 将光伏系统的各个部件、设备以及外部环境因素纳入统一的管理体系中^[4]。该平台可以实现远程监控、故障诊断、数据分析等功能, 为运维人员提供直观、便捷的管理手段。同时, 通过智能算法对海量数据进行分析

和处理,可以发现潜在的运行问题和优化空间,为系统的持续改进提供数据支持。

5 新能源光伏发电技术在特定环境下的应用

5.1 高温、低温环境下的光伏发电技术改进

在高温环境下,光伏电池板的效率会因温度升高而降低,主要是由于热损失增加所致。通过设计优化的散热结构,如采用导热性能良好的材料、增加散热翅片或使用主动冷却技术(如水冷系统),将光伏电池板产生的热量有效导出,维持较低的工作温度。据实验数据显示,采用高效散热系统的光伏组件,在极端高温条件下,发电效率可提高约5%。研发具有更高热稳定性和转换效率的光伏材料,减少高温对电池性能的影响。例如,某些新型钙钛矿太阳能电池在较高温度下仍能保持良好的光电转换性能。在低温环境下,虽然光伏电池的效率理论上会提高(因为内阻降低),但低温可能导致电池板结霜或积雪,影响光照接收。对此,技术改进包括:在光伏板表面应用特殊涂层或加热元件,防止结冰或迅速融雪,确保光照的有效吸收。实验表明,带有加热元件的光伏组件在寒冷冬季可保持较高发电效率,相比未加热组件提升约3%。对光伏系统的电缆和接线盒等部件采取绝缘保温措施,防止因低温导致的绝缘性能下降和线路故障。

5.2 多阴天和阴雨天气条件下的发电效率提升

在多阴天和阴雨天气下,光伏发电系统的输出功率会大幅下降。为提升此条件下的发电效率,可采取以下策略:(1)增加储能系统容量:通过配置更大容量的储能设备,在晴朗天气时储存多余电能,以供阴雨天气使用。据实际应用案例分析,合理配置的储能系统可使光伏系统在多云天的日供电量增加约20%。(2)采用光敏性更强的光伏材料:研发能在低光照条件下仍能保持较高转换效率的光伏材料,如某些新型非晶硅或薄膜太阳能电池,它们在弱光环境下的表现优于传统晶硅电池。(3)智能调度与优化:利用智能控制系统,根据天气预报和实时气象数据,动态调整光伏系统的运行策略,优化电能的产生和储存,减少因天气变化导致的发电量波动^[5]。

5.3 复杂地形区域光伏发电系统设计

在复杂地形区域,如山地、丘陵、湖泊等,光伏发电系统的设计与安装需充分考虑地形地貌特征,以确保系统的稳定性和发电效率。具体设计策略包括:根据地形起伏,灵活调整光伏阵列的布置角度和间距,以最大化接收阳光。例如,在山地区域,光伏阵列可沿等高线布置,减少阴影遮挡;对于土壤松软或坡度较大的地区,需加强光伏支架的基础建设,采用桩基、锚杆等加固措施,确保光伏阵列的稳定性;在设计过程中注重生态环境保护,避免破坏自然植被和水土资源。通过选择适宜的光伏组件颜色和形状,使光伏电站与周围环境相融合,减少视觉污染;针对复杂地形区域的光伏电站,建立智能化运维管理平台,实现远程监控、故障诊断和自动维护等功能,降低运维成本,提高系统运行的可靠性和经济效益。

结束语

新能源光伏发电技术作为清洁、可再生的能源利用方式,正逐步改变着全球能源格局。随着技术进步和成本控制能力的提升,光伏发电系统已在各个领域得到广泛应用,并展现出巨大的发展潜力。通过深入研究与应用控制技术,我们可以进一步提高光伏发电效率,保障系统稳定运行,为实现绿色低碳的能源体系贡献力量。未来,随着更多创新技术的涌现,光伏发电技术必将迎来更加广阔的发展空间。

参考文献

- [1]姜浩浩,金光,郭少朋.浅谈光伏发电技术现状[J].黑龙江工业学院学报(综合版),2022,21(10):83-87.
- [2]张连源.光伏发电技术现状与发展探讨[J].光源与照明,2022(07):60-61.
- [3]李辛阳.高阳.枢纽机场光伏发电项目的应用现状与效益分析[J].2022(02): 5-11.
- [4]邵杰.钱黄俊.新能源光伏发电技术的应用探析[J].绿色环保建材,2018(12):229-231.
- [5]刘恒志.新能源光伏发电技术运用初探[J].数字通信世界,2020(1):189-190.