

# 光伏发电系统中最大功率点跟踪控制策略的优化研究

王 新

陕西光伏产业有限公司 陕西 西安 710075

**【摘要】**：光伏发电系统易受光照强度、环境温度等外部因素扰动，进而导致输出功率偏离最大功率点、能量转换效率偏低。基于这一实际问题，本文重点开展最大功率点跟踪（MPPT）控制策略的优化设计工作。以提升系统跟踪精准度、加快动态响应速率、削弱稳态波动为核心目标，结合光伏发电系统的输出规律，改良现有控制算法的参数配置与运行逻辑，有效破解传统控制策略在复杂工况下存在的跟踪滞后、抗干扰效能不足等难题。通过仿真实验与实际测试验证，优化后的控制策略可有效改善系统在各类工况下的最大功率点跟踪效能，大幅提升光伏组件的能量转换效率，强化系统运行的稳定性与经济性，为光伏发电系统的高效运转提供可靠的控制保障。

**【关键词】**：光伏发电系统；最大功率点跟踪；控制策略优化；能量转换效率；动态响应

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.096

## 1 光伏发电系统最大功率点跟踪控制现存问题及成因分析

光伏发电系统最大功率点跟踪控制的突出问题集中于复杂工况下跟踪效能的欠缺，核心诱因关联光伏组件输出特性、控制策略设计疏漏及外部环境扰动三方面。光伏组件输出功率会随光照强度、环境温度的波动呈现非线性变化，最大功率点伴随工况动态迁移，传统控制策略采用固定参数配置，难以实时匹配工况波动，进而引发跟踪滞后，无法快速捕捉动态变化的最大功率点。传统方案对外部干扰的耐受能力有限，光照、温度发生突变时，系统易出现稳态震荡，造成输出功率偏离最大功率点，致使能量转换效率下滑。控制算法的响应机制缺乏合理性，未能紧密结合光伏系统的动态输出规律，这一问题进一步放大了跟踪精度不足、响应速率迟缓等短板，对光伏发电系统的高效稳定运转形成制约。

## 2 光伏发电系统最大功率点跟踪控制策略的优化设计

### 2.1 光伏组件输出特性建模优化

光伏组件输出特性的精准建模是实现高效最大功率点跟踪控制的关键基础，建模准确度将直接影响整体控制策略的跟踪效果与运行可靠性。结合光伏组件内部光电转换机理与外部工况响应规律，对传统固定参数建模方式进行改进，打破单一参数配置带来的应用局限，引入光照、温度等环境因子动态修正系数，将实时工况变化融入模型构建全过程，建立能够动态反映外部条件变化的输出特性模型<sup>[1]</sup>。通过高精度拟合电压、电流与功率三者间的非线性关系，明确各类工况下最大功率点的偏移特征，为控制算法优化提供坚实理论依据，减少因模型偏差造成的跟踪误差，确保控制策略能够依据真实输出特性实现稳定、精准的最大功率点跟踪。

### 2.2 控制算法参数自适应优化

针对传统 MPPT 控制策略参数长期固化、无法随外部工况实时动态匹配的突出短板，本文对控制算法开展参数自适应优化设计。结合光伏系统在多变环境下的动态运行特性，构建具备自主调节能力的参数自适应机制，让算法核心调节参数可随光照强度、环境温度的实时变化自主完成适配修正，从根本上突破固定参数对跟踪性能的固有约束。在此基础上优化参数调节逻辑，实现动态响应速度与稳态运行稳定性的协同兼顾，当光照、温度发生突变时可迅速调整参数，加快跟踪节奏并消除滞后现象；当工况趋于平稳时则精细校准参数，抑制稳态震荡，确保系统稳定运行于最大功率点附近。同时改进算法收敛流程，减少无效迭代次数，降低系统整体能耗，进一步提升算法运行效率与鲁棒性，显著增强控制策略在复杂环境下的抗干扰能力与自适应水平。

### 2.3 跟踪控制逻辑优化

跟踪控制逻辑的科学与否，直接决定光伏发电系统最大功率点跟踪的实时性与精准度。本文在前期完成光伏组件输出特性建模优化与控制算法参数自适应设计的基础上，对跟踪控制逻辑进行深度完善与重构。摒弃传统控制中单一、僵化的跟踪模式，构建动态跟踪与稳态维持协同运行的复合逻辑架构，在最大功率点附近采用精细化调节模式，进一步缩小跟踪误差、提升定位精度；当外界光照、温度出现大幅波动时，自动切换至快速跟踪模式，压缩响应与定位时长。同时优化跟踪触发与判别机制，精准识别有效工况变化，减少冗余动作与不必要的能量损耗<sup>[2]</sup>。针对光照突变、温度波动等典型外部干扰，增设专门的干扰抑制与动态补偿环节，削弱扰动对跟踪过程的冲击，确保系统在复杂多变工况下仍可稳定、快速、精准锁定最大功率点，最大限度挖掘光伏组件的发电能力与运行效益。见

图1所示:

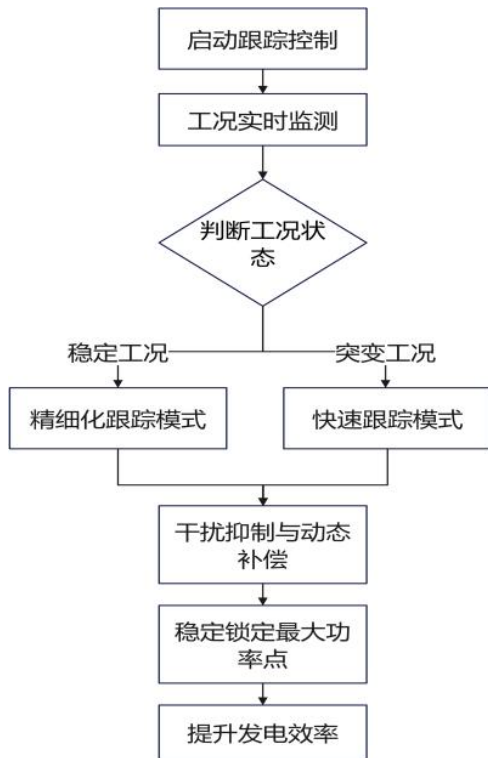


图1 光伏发电系统 MPPT 跟踪控制逻辑流程图

### 3 优化后最大功率点跟踪控制策略的性能验证

#### 3.1 验证方案设计

为全面检验优化后 MPPT 控制策略的实际应用效果,本次性能验证紧密围绕光伏系统真实运行需求展开,搭建与户外实际工况高度贴合的综合验证平台,明确各项验证指标与规范化实施流程。验证平台由光伏模拟组件、储能单元、核心控制单元与高精度数据采集单元构成,可灵活模拟不同等级光照强度、环境温度下的运行状态,同时覆盖稳态恒定工况与动态突变工况,确保验证环境全面贴近工程实际,提升结果的实用性与可信度。研究将跟踪精准度、动态响应速率、稳态震荡幅值设为核心评价指标,制定统一的测试标准与数据采集规程,通过采集单元实时记录输出功率、跟踪误差、响应时间等关键数据,为后续性能对比与效果分析提供精准、完整的数据基础,保障整个验证过程严谨规范,所得结论可为工程应用提供可靠参考。

#### 参考文献:

- [1] 吴凯,金文苏,焦海侨.电网波动条件下光伏发电系统最大功率点跟踪策略[J].电力设备管理,2025,(21):85-87.
- [2] 雷栋.基于自适应算法的光伏发电系统功率优化设计[J].电气技术与经济,2025,(09):220-223.
- [3] 林存浩.分布式光伏发电最大功率跟踪及微网运行控制策略研究[D].河北工程大学,2025.

#### 3.2 稳态工况性能验证

稳态工况性能验证以恒定光照强度、恒定环境温度为基础条件,重点检验优化后控制策略的稳态运行控制效能。将所提策略加载至自研验证平台,在光照与温度参数保持不变的前提下,使系统连续运行规定周期,并依托数据采集模块实时获取输出功率、跟踪偏差等关键运行数据。试验过程中,重点监测系统对最大功率点的持续锁定能力,细致记录功率波动幅值与跟踪误差变化趋势。结果显示,该策略可长期稳定锚定最大功率点,功率曲线平稳无剧烈起伏,跟踪误差始终维持在较低水平,从源头上避免稳态运行时的功率偏移现象。与传统控制手段相比,其稳态稳定性提升显著,可最大限度发挥光伏组件发电效能,充分印证本次优化设计具备良好实用性与可靠性。

#### 3.3 动态工况性能验证

动态工况验证围绕光伏发电系统实际运行中常见的光照突变、温度波动等复杂场景展开,模拟不同幅度光照骤变与温度梯度波动,重点检验优化后控制策略的动态响应效能与抗干扰能力。工况突变瞬间,借助验证平台数据采集模块,实时获取响应时长、跟踪精准度及输出功率恢复状态等关键指标,系统分析策略在动态变化中的适配与调节性能<sup>[3]</sup>。验证结果显示,工况突变后,该控制策略可快速识别工况变化信号,自动校准核心运行参数,迅速锁定新的最大功率点,调节过程平稳无明显震荡,输出功率可快速恢复至稳定区间。策略整体抗干扰能力突出,能够适应实际运行中复杂多变的环境条件,切实满足光伏发电系统高效稳定运行的需求。

### 4 结语

本文围绕光伏发电系统 MPPT 控制策略开展系统性研究,深入剖析传统控制方式在复杂工况下存在的跟踪滞后、稳态震荡及抗干扰效能不足等问题,搭建精准的光伏输出特性模型,完成控制算法参数自适应调节与跟踪控制逻辑的改良设计,并通过稳态与动态工况测试完成性能验证。研究表明,改良后的控制方案可大幅提升跟踪精准度与响应速率,改善系统运行稳定性,为光伏系统高效能量转换提供可行的技术路径。相关研究成果可为工程实践中光伏控制策略的选型与改良提供参考,助力光伏发电技术在实际场景中实现更高质量的应用落地。