

# 太阳能与风能互补发电系统的优化设计

张红阳

河北能源工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 太阳能与风能互补发电系统利用两种可再生能源的互补特性, 提升了电力供应的稳定性与可靠性。该系统通过合理配置太阳能光伏与风力发电设备, 能够充分利用日夜交替与季节变化中的能源优势。通过优化设计, 制定了基于能量管理的策略, 有效平衡了发电波动, 并借助储能技术解决了能源存储问题。此外, 智能调度系统的应用使得能源分配更加高效、精准, 减少了能源浪费。优化后的系统不仅提高了发电效率, 还显著降低了运营成本, 为可再生能源的大规模应用提供了技术支持。

[关键词] 太阳能; 风能; 互补发电; 优化设计; 可再生能源

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15552

中图分类号: TP3

文献标识码: A

## Optimization Design of Complementary Solar and Wind Power Generation System

ZHANG Hongyang

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** The complementary power generation system of solar and wind energy utilizes the complementary characteristics of two renewable energy sources to enhance the stability and reliability of power supply. This system can fully utilize the energy advantages of day night alternation and seasonal changes by reasonably configuring solar photovoltaic and wind power generation equipment. By optimizing the design, a strategy based on energy management was developed to effectively balance power generation fluctuations, and energy storage technology was utilized to solve energy storage problems. In addition, the application of intelligent scheduling systems makes energy allocation more efficient and accurate, reducing energy waste. The optimized system not only improves power generation efficiency, but also significantly reduces operating costs, providing technical support for the large-scale application of renewable energy.

**Keywords:** solar energy; wind energy; complementary power generation; optimization design; renewable energy

### 引言

随着全球能源危机和环境问题的日益严峻, 寻找高效且可持续的能源解决方案成为当务之急。太阳能和风能作为主要的可再生能源, 不仅具有丰富的资源优势, 还能有效减少温室气体排放。然而, 单一能源系统在供电稳定性和效率方面存在诸多挑战。太阳能与风能互补发电系统通过结合两者优势, 优化能源供给, 不仅提高了系统的整体效率, 还能克服各自的波动性和间歇性, 成为未来能源布局的重要方向。

### 1 太阳能与风能互补发电系统的基本原理

#### 1.1 太阳能发电: 光伏效应及其工作原理

太阳能发电主要依赖光伏效应原理, 即当光照照射到半导体材料(如硅)表面时, 激发电子跃迁产生电流。光伏电池由多个太阳能电池片组成, 它们将太阳辐射能转化为电能。光照强度与太阳能电池的输出电流成正比, 因此, 电池的工作效率会受到光照强度和角度的影响。太阳能系统通常通过串联和并联的方式将多个光伏模块连接, 形成太阳能电池阵列, 从而提高发电能力。

#### 1.2 风能发电: 风力涡轮机的工作原理

风能发电通过风力涡轮机将风的动能转化为电能。风力涡轮机主要由叶片、转子、发电机和塔架等组成。风吹

动叶片时, 叶片会旋转, 驱动转子运动。转子通过轴与发电机连接, 将机械能转化为电能。风力发电的效率受风速、叶片设计、风机功率曲线等因素影响。一般来说, 风速越大, 涡轮机产生的电能越多, 但当风速超过一定范围时, 风机的工作效率会下降, 因此, 风力发电也具有一定的波动性。

#### 1.3 互补性原理: 太阳能与风能的互补特性

太阳能与风能互补性是指两者在时间和空间上的互补特性, 能够弥补各自的不足。太阳能受日照时间和天气条件影响, 具有明显的昼夜和季节性波动, 而风能则受季节性和气候变化影响, 风速在不同的时段和地区差异较大。通过合理的互补设计, 太阳能和风能可以在不同的时间段和气候条件下相互支持, 减少系统的波动性和不稳定性, 实现更高的能源利用效率。例如, 在白天阳光充足时, 太阳能发电提供主要电力, 而在夜晚或阴天时, 风能可以补充发电, 确保系统的持续稳定供电<sup>[1]</sup>。

#### 1.4 互补发电系统的基本结构与工作模式

太阳能与风能互补发电系统的基本结构通常包括太阳能光伏组件、风力涡轮机、储能系统、逆变器、控制系统等部分。太阳能和风能的发电模块通过并联方式连接, 电能通过逆变器转化为符合电网要求的交流电。储能系统

(如蓄电池或飞轮储能)则用来存储多余的电能,在发电不足时提供补充。控制系统实时监控光伏和风力发电的工作状态,根据天气变化和电力需求自动调节能源输出,实现系统优化运行。在设计时,需要考虑发电设备的容量匹配、储能系统的容量以及智能调度策略,以确保系统高效稳定地运行。

## 2 太阳能与风能互补发电系统的优化设计目标

### 2.1 提高系统的整体发电效率

太阳能与风能互补发电系统的优化设计首要目标是提高整体发电效率。两种能源各具优势,太阳能的发电受日照条件影响较大,而风能则与风速、气候条件密切相关。通过优化系统设计,可以使太阳能与风能的发电能力最大化,确保两者的互补性得到充分发挥。例如,在阳光充足的日间,太阳能电池板提供高效的电力输出;而在风速较大时,风力发电则能弥补太阳能不足的部分。通过调配这两种能源的输出,能够实现系统的高效运行,减少能源浪费并提高系统的整体发电能力。

### 2.2 优化能源输出的稳定性和可靠性

在太阳能与风能互补发电系统中,优化能源输出的稳定性和可靠性是另一重要目标。由于太阳能和风能各自具有明显的波动性和间歇性,单一能源系统往往无法满足持续稳定的电力供应需求。通过精确的系统设计和调度策略,可以实现不同能源输出的平衡。例如,通过先进的能量管理系统,对太阳能和风能的发电量进行实时监控,结合储能技术,将多余的能源存储起来,在需求高峰期或资源不足时进行补充。这样不仅提高了系统的可靠性,还能在不同的环境条件下稳定地提供电力输出。

### 2.3 降低建设和运营成本

降低建设和运营成本是优化设计的另一重要目标。在互补发电系统的建设阶段,需要合理配置光伏组件和风力涡轮机的数量和容量,以确保系统的整体成本效益最大化。对于风能和太阳能发电设备的选择,必须考虑到设备的价格、维护成本、运行效率以及使用寿命等因素。优化设计还需考虑储能系统的规模与选择,以减少不必要的投资,同时提升设备的使用寿命。此外,系统的智能化控制与自动化管理技术的引入能够减少人工干预与运营成本,从而在长期运行中降低总体成本。

### 2.4 实现系统的自动化控制与智能调度

自动化控制与智能调度系统的设计是太阳能与风能互补发电系统优化的核心。通过引入物联网(IoT)技术,能够实时收集风速、光照强度、负载需求等环境和设备参数,将这些信息传输到中央控制系统。结合人工智能(AI)和大数据分析技术,系统能够智能判断当前资源的可用性与需求状况,自动调整太阳能与风能的发电比例。例如,在太阳能发电量较高时,系统可以减少风力发电的输出,避免能源过剩;而在太阳能发电不足时,风能系统则可以

弥补差距<sup>[2]</sup>。

此外,智能调度系统能够根据电力需求的变化灵活调度储能设备。当电网需求增加时,系统自动调用储能设备释放电力,保证电力供应的稳定性。通过这些技术的综合应用,自动化控制系统不仅提高了系统的灵活性和响应速度,还显著降低了人为操作错误的可能性,从而提升了整个发电系统的效率与稳定性,确保了能源供给的持续可靠。

## 3 优化设计的关键技术

### 3.1 能量管理策略

能量管理策略是优化太阳能与风能互补发电系统的核心技术之一。由于太阳能和风能的发电量受到自然条件的影响,二者的发电能力在不同时间和天气条件下波动较大。因此,如何根据实时的天气状况(如风速、光照强度、温度等)动态调整太阳能与风能的配比,成为提高系统发电效率和稳定性的关键。能量管理系统需通过传感器和气象预测数据,实时监控环境变化,并通过算法计算两种能源的最优比例。例如,在风速较大的情况下,系统可以优先调度风力发电设备;而在阳光充足时,则增强太阳能电池板的发电输出。这种动态调整不仅能够最大化两种能源的利用,还能减少不必要的能源浪费,提高整体的能源利用效率。

### 3.2 系统优化模型

建立系统的数学模型是优化太阳能与风能互补发电系统的重要技术手段。通过对系统中各个组成部分(如太阳能电池、风力涡轮机、储能系统等)的特性进行建模,可以为系统的优化设计提供理论支持。数学模型主要包括发电量预测、负载需求匹配等内容。在发电量预测方面,模型需要根据历史数据和气象预测结果,对未来一段时间内的太阳能和风能的发电量进行估算。负载需求匹配则要求模型在保证系统发电能力的同时,精确调节不同能源之间的输出比例,以满足不同时间段内的电力需求<sup>[3]</sup>。通过多目标优化算法,系统能够实现最佳的发电能力与负载需求之间的匹配,提升能源供给的稳定性与效率。

### 3.3 储能技术的应用

储能技术在太阳能与风能互补发电系统中的应用,能够有效平衡能源供需差异,提高系统的稳定性。在实际运行过程中,太阳能和风能的发电量波动较大,可能存在发电过剩或短缺的情况。储能设备,如电池组、飞轮储能等,能够将多余的电能存储起来,并在需求高峰或发电不足时释放,从而保证系统在不同环境下的稳定运行。例如,在白天阳光充足时,太阳能的发电量较高,多余的电能可以储存起来;而在夜间或阴雨天,风力发电和储能系统将提供稳定的电力供应。这种方式可以避免能源的浪费,并保障电力供应的可靠性和连续性。

### 3.4 智能调度与控制系统

智能调度与控制系统结合大数据和物联网技术,实现

了对太阳能与风能互补发电系统的实时监控和自动调度。系统通过部署传感器、智能计量装置以及无线网络，实时采集环境数据（如风速、光照强度、温湿度等）和设备运行数据（如发电量、电池状态、负载需求等）。利用大数据分析技术，对这些数据进行处理和分析，形成准确的负载预测和发电预测结果。基于这些信息，智能调度系统能够优化能源分配，实现能源的高效使用和自动调节。与此同时，物联网技术的应用使得系统能够在各个环节之间进行信息交互和协调，确保整个系统在不同操作条件下的最优运行状态<sup>[4]</sup>。智能调度不仅提升了系统的灵活性和自适应能力，还降低了人工操作的复杂性和成本。

## 4 系统性能评估与优化方法

### 4.1 模型仿真与实验分析

为了全面评估太阳能与风能互补发电系统的性能，仿真软件（如 MATLAB/Simulink）是常用的工具。通过这些软件，可以建立系统的数字化模型，对光伏组件、风力涡轮机、储能设备等各部分进行虚拟仿真。仿真结果可以实时反馈系统在不同环境条件下的运行状态、发电效率和稳定性，帮助分析不同配置方案的能源利用率和设备损耗情况。此外，通过对系统在不同季节和气候条件下的模拟，可以进一步评估两种能源的互补效应，确保系统能够适应多变的环境条件，并提供最优的电力供应。

实验分析则是在实际环境中对系统进行小规模测试，验证仿真模型的准确性和实用性。通过采集现场数据，结合仿真结果，能够对系统进行校准，确保预测的发电量和运行参数更加符合实际情况。实验分析的过程还可以揭示系统在实际应用中的潜在问题，如设备故障、系统响应延迟等，为进一步优化设计提供依据。最终，模型仿真与实验分析相结合，有助于提高系统的预测精度和运行效率。

### 4.2 性能指标

系统性能评估的关键在于设定科学、全面的性能指标，常见的性能指标包括系统发电效率、能源利用率、设备损耗率和运行成本等。发电效率是衡量系统输出电能与输入能量的比值，直接影响系统的经济性和环保性。能源利用率反映了系统对可用能源的有效利用程度，较高的能源利用率意味着更少的能源浪费。设备损耗率则考虑到发电设备（如光伏模块、风力涡轮机等）的能量转化效率，减少设备损耗可提高整体系统效率。运行成本包括设备投资、维护费用以及能源储存和调度的费用，合理的成本控制有助于提高系统的经济效益。因此，综合评估这些性能指标能够准确反映出互补发电系统的运行质量和优化空间。

### 4.3 优化算法

为了实现互补发电系统的最佳运行效果，优化算法是提升系统性能的关键技术手段。常见的优化算法包括遗传算法（GA）、粒子群优化算法（PSO）等。这些算法通过模拟自然界的进化过程或粒子群的行为，能够高效地搜索系统设计空间，找到最优的系统配置和参数组合。例如，遗传算法通过对多个解进行选择、交叉和变异，逐步逼近全局最优解，在优化过程中具有较强的全局搜索能力。粒子群优化算法则通过模拟粒子群体在搜索空间中的移动，找到最优解，且计算过程简单、收敛速度快<sup>[5]</sup>。在互补发电系统的优化设计中，这些算法能够用于确定光伏组件与风力涡轮机的最优配置、储能系统的容量设置，以及能量调度策略，从而实现系统的性能最优化。通过优化算法的应用，可以在保证发电效率的同时，减少成本、提升系统的稳定性和可靠性。

## 5 结语

太阳能与风能互补发电系统作为可再生能源领域的重要技术，具有巨大的应用潜力。通过合理的优化设计，可以充分利用太阳能与风能的互补特性，最大化系统的发电效率和能源利用率。能量管理策略、系统优化模型、储能技术的应用以及智能调度与控制系统的结合，都是提升系统性能的关键技术手段。与此同时，模型仿真与实验分析、性能指标评估以及优化算法的运用，能够为系统的优化设计提供有力支持，帮助实现更高效、更经济的能源利用。随着技术的不断发展，太阳能与风能互补发电系统将迎来更加广泛的应用前景，为全球能源结构转型和可持续发展做出积极贡献。

### [参考文献]

- [1] 谢典. 海上波浪能与风能互补发电系统的关键技术研究[D]. 哈尔滨: 华北电力大学(北京), 2018.
  - [2] 马云飞. 高原地区小型风光互补发电系统研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020.
  - [3] 樊刚强, 马罕志, 杨勇. 风光互补发电系统的优化设计[J]. 科技风, 2018(20): 186-187.
  - [4] 王晓燕. 风光互补发电系统负荷预测以及最大功率跟踪的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2020.
  - [5] 李宝意. 大连湾港区风光互补发电系统设计[D]. 大连: 大连理工大学, 2018.
- 作者简介: 张红阳(1997.11—), 毕业时间: 2020.06, 毕业院校: 河北建筑工程学院, 所学专业: 新能源科学与工程, 当前就职单位: 河北能源工程设计有限公司, 职务: 设计人。