

# 风光储一体化微电网系统优化配置研究

梁 岩<sup>1</sup> 肖云省<sup>1</sup> 梁瑞鹏<sup>1</sup> 秦富财<sup>2</sup> 魏晋龙<sup>3</sup>

1. 四川盐源华电新能源有限公司 四川 凉山 615700

2. 中建八局西南建设工程有限公司 四川 成都 610000

3. 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司 贵州 贵阳 550000

**摘 要：**风光储一体化微电网通过风能、光伏与储能协同运行，实现能源稳定供给与经济高效运行。本文围绕系统优化配置展开研究，聚焦设备选型、容量匹配及运行策略优化，综合资源禀赋、负荷特性及技术约束构建动态平衡模型。通过数学建模、容量优化、充放电策略及协同控制，提升可再生能源消纳能力，降低系统综合成本，保障供电质量，推动分布式能源高效利用与能源绿色转型。

**关键词：**风光储一体化；微电网系统；优化配置

**引言：**随着可再生能源规模化发展，风光储一体化微电网成为分布式能源供给的重要模式。其通过风能、光伏与储能装置协同，适配不同场景负荷需求，提升能源利用效率与供电可靠性。优化配置需兼顾技术可行性、资源约束及经济性，实现设备高效选型、容量合理匹配及运行策略优化，为区域能源自给与绿色转型提供技术支撑。

## 1 风光储一体化微电网系统优化配置概述

风光储一体化微电网系统优化配置，聚焦于风能、光伏与储能装置的高效协同，通过科学配置实现能源供给的稳定与经济性。系统需综合考量资源禀赋、负荷特性及设备性能，构建动态平衡模型，以适配不同场景下的能源需求。

### 1.1 设备选型优化

根据区域风速、光照强度等自然条件，筛选高效能风机与光伏组件，结合储能电池的循环寿命、充放电效率等参数，形成最优设备组合，提升系统整体能效比。

### 1.2 容量配置策略

基于历史负荷数据与可再生能源出力预测，通过数学建模确定风机、光伏及储能装置的最佳容量比例；此策略旨在平衡系统成本与供电可靠性，避免容量过剩或不足导致的资源浪费或供电缺口。

### 1.3 运行控制逻辑

设计智能调度算法，实时监测系统运行状态，动态调整各设备出力与储能充放电策略；通过优化控制逻辑，系统可灵活响应负荷波动与可再生能源出力变化，维持电压与频率稳定，保障供电质量<sup>[1]</sup>。优化配置过程需注重技术创新与实际应用的结合，通过持续迭代算法与调整参数，提升系统在不同环境下的适应性与鲁棒

性，最终实现风光储一体化微电网的高效、稳定、经济运行。

## 2 风光储一体化微电网系统构成与优化配置基础

### 2.1 风光储一体化微电网系统构成

风光储微电网由风力发电、光伏发电、储能装置及能量管理系统四部分协同构成，形成自给自足的分布式能源网络。各组件通过智能调控实现能源供需动态平衡，支撑区域用电需求。（1）风力发电单元，采用低风速启动风机，适配多风环境，通过叶片设计优化捕获风能效率，输出功率与风速呈三次方关系，需结合场地风资源评估选型。（2）光伏发电模块，配置高转换率单晶硅组件，结合跟踪支架提升日照利用率，输出特性受光照强度与温度影响，需考虑阴影遮挡对发电效率的影响。（3）储能系统配置，以锂离子电池为主，辅以超级电容应对瞬时功率波动，通过双向变流器实现充放电切换，保障系统频率与电压稳定。能量管理系统作为“大脑”，实时采集各单元运行数据，通过算法优化能源分配策略。系统通过模块化设计实现灵活扩展，既可独立运行，也可并网接入主电网，形成多能互补的能源供给体系，为偏远地区或特殊场景提供稳定电力支撑。

### 2.2 系统优化配置核心目标

风光储微电网优化配置需围绕能源高效利用与系统稳定运行展开，核心目标聚焦于提升可再生能源占比、保障供电可靠性及降低综合成本。（1）提升可再生能源消纳能力，通过风光出力预测与储能动态调节，减少弃风弃光现象，最大化利用自然能源资源，降低对传统能源的依赖程度。（2）保障供电质量与稳定性，结合负荷波动特性，优化储能系统响应速度与容量配置，确保电压、频率稳定，满足用户用电需求，避免因能源波动导致的

供电中断。(3)实现经济与环境效益双赢,在设备选型、容量匹配及运行策略上寻求平衡,降低初始投资与运维成本,同时减少碳排放,推动绿色能源技术的可持续发展<sup>[2]</sup>。此配置目标通过技术优化与系统协同,推动风光储微电网从“可用”向“高效、可靠、经济”转型,为分布式能源系统的规模化应用提供核心支撑,助力能源结构向清洁化、智能化方向演进。

### 2.3 系统优化配置约束条件

风光储一体化微电网系统优化配置需满足多重约束条件,确保系统安全、高效、经济运行。(1)技术可行性约束,系统各组件技术参数需匹配,如光伏组件输出功率与储能设备充放电速率需协调,避免因技术不匹配导致系统效率降低或设备损坏。系统运行需考虑环境因素影响,如光照强度、风速波动等自然条件对发电功率的影响,需通过动态调整储能设备充放电策略来平衡供需。(2)资源约束,风光资源分布不均,需结合当地资源禀赋进行配置,避免资源浪费或供应不足。储能设备容量需根据实际需求确定,既不能过大导致成本增加,也不能过小导致供电不稳定;系统优化需兼顾短期运行与长期维护,确保设备寿命周期内性能稳定。(3)经济性约束,系统投资成本需控制在合理范围内,通过优化设备选型、降低运维成本等方式提高经济性;同时,需考虑电力市场价格波动对系统收益的影响,确保项目具有可持续性。系统配置需平衡技术、资源与经济性约束,通过多目标优化实现综合效益最大化,为微电网安全稳定运行提供支撑。

### 2.4 优化配置基础参数分析

风光储一体化微电网优化配置需以基础参数分析为基石,明确系统运行边界与性能目标。参数选取应聚焦可再生能源出力特性、负荷波动规律及设备技术约束,避免引入干扰因素。(1)风光资源时序特性,基于当地气象数据,分析光伏发电的昼夜周期性与风电的季节波动性,建立高精度出力模型,为容量配置提供支撑。(2)负荷需求动态特征,通过负荷监测装置采集用电曲线,识别峰谷时段与随机波动模式,优化储能容量以匹配负荷需求的分布。(3)设备技术参数约束,考虑光伏组件效率衰减、风机功率曲线偏差及储能电池充放电效率,设定合理的设备选型边界,确保系统稳定运行。参数分析需结合场景验证,例如在工业园区微电网中,通过历史负荷数据校准预测模型,提升配置方案的实用性;各参数间需形成逻辑闭环,避免因参数冲突导致系统性能下降<sup>[3]</sup>。优化后的参数组合可提升微电网的能源利用率,降低设备投资成本,为风光储一体化系统的规模化应用

奠定技术基础,推动可再生能源在分布式场景中的高效利用。

## 3 风光储一体化微电网系统优化配置方法与策略

### 3.1 优化配置的数学建模方法

风光储微电网优化配置需构建数学模型以量化系统性能,指导设备选型与容量配置。模型需体现风光出力波动性、储能调节特性及负荷动态需求,形成可计算的优化框架。(1)目标函数设计,聚焦系统运行成本与供电可靠性双重指标,成本维度涵盖设备投资、运维费用及能量损耗;可靠性维度通过缺电概率、电压波动范围等参数衡量,实现经济性与稳定性的平衡。(2)约束条件构建,包含功率平衡约束、设备运行限制及电网交互规则,功率平衡要求风光发电、储能输出与负荷需求实时匹配;设备限制涉及储能充放电速率、风电光伏最大出力阈值,避免设备过载或效率下降。(3)求解算法选择,采用混合整数非线性规划方法处理离散设备容量与连续运行参数的耦合问题,结合模拟退火算法优化初始解,提升全局搜索能力,避免陷入局部最优。此建模方法通过目标-约束-算法的逻辑链,将复杂系统特性转化为可求解的数学问题,为风光储微电网的规模化部署提供量化依据,推动可再生能源与传统能源的深度融合。

### 3.2 风光储容量优化配置方法

风光储容量优化需以资源特性与负荷需求为核心依据。风能与太阳能出力波动存在时间维度互补性,需通过长期气象数据识别最佳装机比例,实现供电平稳性提升。(1)资源互补分析需量化季节差异,春季光照充足但风力较弱,秋季风力增强而光照减弱,需通过动态比例调整平衡全年出力稳定性。储能单元容量需与发电单元出力特性深度耦合;储能系统需具备快速响应能力以应对负荷突变,同时需通过循环寿命评估确定合理容量规模,避免过度配置导致成本增加。(2)负荷匹配策略需细化至日周期,清晨光伏出力不足时由储能补足,午后光伏高发时储能充电,夜间风力增强时优先利用风能供电。经济性评估需贯穿配置全过程;设备投资成本需与运维成本、电力替代收益形成综合对比,通过净现值分析确定最优投资规模。(3)成本效益模型需纳入电价波动因素,分时电价机制下,储能充放电策略需与电价峰谷时段精准匹配,实现运行成本最小化。容量配置方案需通过多场景验证,识别极端天气、设备故障等突发情况对系统的影响,确保方案具备足够鲁棒性以应对实际运行挑战。

### 3.3 储能系统充放电优化策略

储能系统充放电策略需结合风光出力特性与负荷需

求动态调整,实现能源高效利用。(1)充放电时间窗优化,根据风光发电预测数据,在风光出力高峰时段优先充电,低谷时段放电,减少弃风弃光现象,例如光伏发电中午时段峰值明显,可设置储能系统在此时段集中充电,傍晚负荷高峰时放电支撑供电,形成“日循环”充放电模式。(2)功率分配策略,采用多目标优化算法平衡储能系统充放电功率与电网稳定性需求;通过动态调整充放电速率,避免储能设备过充过放,延长设备寿命,如结合负荷波动曲线,在负荷骤增时快速放电,负荷平稳时低功率充电,实现功率平滑过渡。(3)效率提升措施,引入温度控制与智能调度技术,优化储能系统运行环境。低温环境下电池容量衰减明显,可通过加热装置维持适宜工作温度;高温时段减少充电频率,避免热失控风险;同时,结合机器学习算法预测储能系统状态,提前调整充放电策略,提升整体运行效率<sup>[4]</sup>。此策略通过时间、功率、效率三维度协同优化,推动风光储微电网系统实现自平衡、高可靠运行,为可再生能源大规模接入提供技术支撑。

### 3.4 系统运行协同优化配置

风光储一体化微电网系统运行协同优化配置需聚焦多能源互补特性与动态平衡机制。系统通过实时监测风、光发电功率及储能单元状态,实现能量流的精准匹配与动态调整,保障供电连续性与稳定性。(1)多源数据融合,集成气象预测、负荷曲线及设备状态数据,构建高精度运行模型,提升预测精度与决策效率,例如结合风速、光照强度预测值,动态调整储能充放电策略,平滑功率波动。(2)动态功率分配,基于实时负荷需求与发电能力,优化风、光、储各单元出力比例;当风光发电过剩时,优先向储能充电;发电不足时,储能放电补充,确保供需平衡,此策略可减少弃风弃光现象,提高新能源利用率。(3)故障快速响应,配置智能保护装置与备用电源切换机制,在设备故障或极端天气下,自动隔离故障单元并启用备用方案,维持系统关键负荷供电,提升整体可靠性。各优化策略通过协同作用,实现风光储资源的高效整合与系统运行的灵活可控,为微电网稳定运行提供技术支撑,推动可再生能源规模化应用与能源结构转型。

### 3.5 优化配置效果评价

风光储一体化微电网优化配置效果评价需构建多维

评估体系,聚焦技术性能、经济性及运行可靠性三大核心维度。技术性能侧重动态响应与功率平衡能力,确保系统在负荷波动或发电突变时快速调整,维持供电稳定性。(1)动态响应速度,系统对负荷变化的调整时间需精确至毫秒级,避免电压波动对设备造成损害,保障关键负载持续供电,提升用户用电体验。(2)多能互补效率,风、光、储各单元协同运行时,能量转换效率需达到最优区间,减少传输损耗与弃风弃光现象,提高新能源综合利用率,降低能源浪费。(3)长期运行可靠性,通过智能监测系统实时追踪设备状态,结合定期维护策略,降低故障发生率,延长系统使用寿命,减少非计划停机时间,保障持续供电能力。技术性能、经济性与可靠性三者相互支撑,共同验证优化配置的实际效果<sup>[5]</sup>。技术性能保障即时运行稳定,经济性提升投资价值,可靠性确保长期效益,三者协同推动风光储一体化微电网的高效、安全、可持续运行,为能源结构转型提供坚实技术支撑,促进可再生能源规模化应用。

结束语:未来,风光储一体化微电网需持续优化配置策略,提升设备技术水平与系统集成能力。通过动态调整容量比例、优化充放电策略及强化协同控制,增强系统对资源波动与负荷变化的适应性。同时,需推动经济性评估与可持续发展目标融合,降低投资成本,减少碳排放,助力分布式能源规模化应用与能源结构清洁化转型。

### 参考文献

- [1]王学申,孙然,许军,等.基于飞轮储能的离网型风光储微电网系统容量优化配置研究[J].热力发电,2025,54(3):43-50.
- [2]王绍帅,江勇.基于风、光、储的微电网系统优化配置研究[J].智能城市,2025,11(3):64-66.
- [3]刘忠,黄彦铭,朱光明,等.含风-光-电氢混合储能的多微电网系统容量优化配置方法[J].发电技术,2025,46(2):240-251.
- [4]赵娜,张莲,李多,等.基于改进蜜獾算法的风光氢储微电网容量优化配置方法[J].电气工程学报,2025,20(1):338-351.
- [5]张元曦,杨国华,马龙腾,等.基于改进DE算法的园区微电网风光储优化配置[J].综合智慧能源,2025,47(9):71-79.