

光伏储能一体化系统优化配置与运行策略

田乐俊

四川紫火炬电力工程有限公司 四川 成都 610000

摘要: 在能源转型背景下,光伏储能一体化系统成为研究热点。本文围绕系统优化配置与运行策略展开,先阐述优化配置的核心要素与方法,涵盖光伏组件、储能装置等配置要点及基于特性、负荷的配置方法;接着分析系统运行模式,包括光伏与储能协同、面向负荷供给等模式及切换逻辑;最后探讨运行控制策略,涉及储能充放电、功率平衡等控制思路。通过研究为系统高效稳定运行提供理论支撑。

关键词: 光伏储能一体化;优化配置;运行模式;控制策略

引言:随着可再生能源的快速发展,光伏发电凭借其清洁、可再生的特性得到广泛应用。然而,光伏出力具有间歇性和波动性,给电网稳定运行带来挑战。储能技术的引入可有效平抑光伏出力波动,实现能量的时空转移。光伏储能一体化系统将光伏发电与储能有机结合,成为解决能源问题的关键方案。深入研究其优化配置与运行策略,对于提高能源利用效率、保障电力系统稳定运行、推动能源可持续发展具有重要意义。

1 光伏储能一体化系统优化配置的核心要素

1.1 光伏组件配置相关要素

光伏组件配置相关要素聚焦组件自身特性与安装适配性,涵盖组件类型选择、安装倾角确定、排列方式规划及组件容量匹配。组件类型选择需结合使用环境适配性,考量组件光电转换效率、耐候性及抗辐照性能,筛选适配场景需求的组件规格^[1]。安装倾角需结合区域光照资源分布特征,通过光照辐射计算确定合理角度,最大化捕捉太阳辐射能量。排列方式需规避组件间遮挡问题,合理规划组件间距与排布方向,保障每块组件均能充分接收光照。组件容量匹配需结合系统整体出力需求,协调组件数量与单块组件功率,确保组件出力能够满足后续设备运行与储能充电需求。

1.2 储能装置配置相关要素

储能装置配置相关要素主要包括储能介质选型、储能容量确定、充放电速率设定及储能装置接口适配。储能介质选型需考量能量密度、循环寿命、充放电效率等关键特性,结合系统运行需求选择适配的储能技术类型。储能容量需结合光伏出力波动特征与系统负荷需求,合理设定容量规模,确保能够有效平抑光伏出力波动、保障系统功率平衡。充放电速率设定需匹配光伏出力变化规律与储能装置自身性能,避免速率过高或过低影响装置寿命与系统运行稳定性。接口适配需保障储能装置与功

率转换装置、光伏组件的顺畅衔接,确保能量传输高效无损耗。

1.3 功率转换装置配置相关要素

功率转换装置配置相关要素重点包括装置类型选择、转换效率把控、功率等级匹配及运行稳定性保障。装置类型选择需结合系统拓扑结构,适配光伏组件出力特性与储能装置充放电需求,选取对应的光伏逆变器、储能变流器等设备。转换效率把控需优先选择高效转换设备,减少能量在转换过程中的损耗,提升系统整体能量利用率。功率等级匹配需结合光伏组件总出力与储能装置充放电功率,确保转换装置功率能够适配系统能量传输需求,避免出现过载或功率不足问题。运行稳定性保障需考量装置抗干扰能力与启停特性,确保在光伏出力波动时仍能稳定运行。

1.4 系统配置的约束条件

系统配置的约束条件涵盖技术约束、资源约束与设备约束三个层面。技术约束主要涉及系统能量传输效率、设备运行兼容性及系统响应速度,需确保配置方案符合光伏储能系统运行的技术要求。资源约束聚焦光照资源分布与储能资源供给,配置过程需结合区域光照条件合理规划光伏组件布局,结合储能介质供给情况确定储能装置规模。设备约束包括设备自身运行参数、使用寿命及维护需求,需确保所选设备的运行参数与系统配置要求相适配,兼顾设备使用寿命与系统长期运行需求,避免因设备特性不符导致配置方案无法落地。

2 光伏储能一体化系统优化配置方法

2.1 基于系统特性的配置方法

基于系统特性的配置方法以光伏储能一体化系统自身结构与运行特性为核心出发点,聚焦光伏组件、储能装置、功率转换装置的固有特性,构建适配特性的配置体系^[2]。该方法需分析光伏组件出力的间歇性、波动性特

征,结合储能装置的充放电特性与功率转换装置的转换特性,统筹各装置特性差异进行配置。通过梳理各装置的运行参数与适配关系,优化装置选型与参数设定,确保配置方案与系统固有特性相契合,减少因特性不匹配导致的能量损耗与运行不稳定问题,提升系统整体运行协调性。

2.2 基于负荷需求的配置方法

基于负荷需求的配置方法围绕系统负荷的分布特征与变化规律开展配置,以负荷供给保障为核心目标,优化各装置配置参数。该方法需梳理负荷的时间分布、功率变化特征,结合光伏出力的时段性差异,合理规划光伏组件容量与储能装置规模。通过匹配负荷需求与光伏出力、储能调节能力,确定功率转换装置的功率等级与运行参数,确保系统配置能够满足不同时段的负荷供给需求,实现负荷供需的动态平衡,避免出现供给不足或资源浪费的情况。

2.3 配置参数的优化思路

配置参数的优化思路聚焦光伏储能一体化系统各核心配置参数的合理设定,结合系统运行需求与装置特性,形成系统性的参数优化路径。优化过程需围绕光伏组件容量、储能装置容量、功率转换效率等关键参数展开,结合光伏出力波动规律与负荷变化特征,调整参数取值范围。通过分析参数变化对系统运行的影响,筛选最优参数组合,兼顾参数合理性与经济性,确保配置参数既能满足系统运行需求,又能降低配置成本,实现参数与系统运行需求的精准适配。

2.4 配置方案的适配原则

配置方案的适配原则是确保配置方案可行有效的核心准则,贯穿配置全过程,涵盖装置适配、运行适配与场景适配三个层面。装置适配要求各组成装置的参数与性能相互匹配,保障能量传输高效顺畅;运行适配要求配置方案能够适配光伏出力波动与负荷变化,确保系统运行稳定;场景适配要求结合系统应用场景的差异,调整配置方案重点,适配不同场景下的运行需求。遵循适配原则可避免配置方案与实际运行需求脱节,提升配置方案的实操性与合理性,为系统长期稳定运行提供保障。

3 光伏储能一体化系统运行模式

3.1 光伏出力与储能充放协同运行模式

光伏出力与储能充放协同运行模式聚焦光伏能量与储能资源的协同调度,核心是根据光伏出力变化动态调整储能充放状态,实现能量的合理分配与高效利用。该模式需实时捕捉光伏出力的波动变化,结合储能装置的剩余容量与运行状态,动态调整充放策略^[3]。光伏出力充

足时,控制储能装置进行充电,储存多余光伏能量,避免能量浪费;光伏出力不足时,调度储能装置放电,补充光伏出力缺口,维持系统能量供给稳定。通过光伏与储能的协同联动,平抑光伏出力波动,保障系统能量供需的动态平衡,提升光伏能量利用率。

3.2 面向负荷供给的运行模式

面向负荷供给的运行模式以负荷需求为核心导向,统筹光伏出力与储能调节能力,实现负荷的精准供给与稳定保障。该模式需实时监测负荷的变化情况,结合光伏出力预测与储能剩余容量,合理调度光伏能量与储能资源。优先利用光伏出力直接供给负荷,减少储能装置的放电损耗;当光伏出力无法满足负荷需求时,启动储能装置放电补充,确保负荷供给连续稳定。根据负荷变化趋势,提前调整储能充放计划,适配负荷的时段性波动,保障负荷供给的可靠性与经济性。

3.3 系统待机与应急运行模式

系统待机与应急运行模式主要针对系统非满负荷运行及突发异常情况设计,保障系统安全与应急响应能力。待机模式下,系统处于低功耗运行状态,光伏组件维持低功率出力,储能装置保持一定剩余容量,功率转换装置处于待机状态,随时准备响应负荷与光伏出力变化。应急运行模式针对突发停电、光伏出力骤降等异常情况启动,快速调度储能装置全额放电,保障关键负荷的应急供电,避免因突发情况导致负荷中断。该模式需优化待机功耗控制与应急响应速度,提升系统的应急保障能力与运行安全性。

3.4 运行模式的切换逻辑

运行模式的切换逻辑是保障系统平稳运行的关键,需结合光伏出力、负荷需求、储能状态等多方面因素,构建科学合理的切换机制。切换逻辑需明确各运行模式的触发条件,根据实时监测的光伏出力数据、负荷数据及储能运行参数,自动判断切换时机。切换过程中需优化设备运行状态调整,控制功率转换装置、储能装置的运行参数平滑过渡,避免切换过程中出现功率冲击、电压波动等问题。同时需设置切换保护机制,确保模式切换过程安全可靠,实现各运行模式的无缝衔接,保障系统运行的连续性与稳定性。

4 光伏储能一体化系统运行控制策略

4.1 储能充放电控制策略

储能充放电控制策略以光伏出力变化、负荷消耗需求及储能装置运行特性为核心导向,通过动态调控充放电过程,实现储能资源高效利用与装置运行安全的双重保障。该策略需实时采集光伏出力实时数据、负荷动态

消耗数据,以及储能装置剩余容量、充放电效率、运行温度等关键参数,精准调整充放电功率、时长及启停时机^[4]。光伏出力盈余时,依据储能装置额定充电参数平缓提升充电速率,兼顾充电效率与装置损耗,避免充电速率过快对储能装置造成不可逆损伤;光伏出力不足或负荷突发激增时,结合负荷缺口大小与储能剩余容量,精准调控放电功率,既保障负荷稳定供给,又预留合理储能储备应对突发情况。优化充放电控制逻辑,规避过充、过放现象,延长储能装置运行寿命,确保储能调节功能持续稳定发挥,契合光伏储能系统能量调度的核心需求。

4.2 功率平衡控制策略

功率平衡控制策略核心是实现系统内部功率供需的动态匹配,通过精细化调控光伏出力、储能充放电状态及负荷分配,维系系统功率均衡,保障电能质量稳定。该策略需实时监测系统总出力与总负荷的差值,结合光伏出力短期预测趋势,动态优化控制参数。当光伏出力与储能放电总量超出负荷需求时,合理降低储能放电功率,或通过功率转换装置适度调控光伏出力,避免功率过剩引发系统电压、频率异常波动;当总出力无法满足负荷需求时,优先提升储能放电功率,快速弥补功率缺口,确保负荷供给连续无中断。通过精准的功率调节,化解光伏出力波动带来的功率失衡问题,协调各环节能量分配,保障系统运行的稳定性与可靠性,符合电力系统功率控制的基本准则。

4.3 系统运行状态调控策略

系统运行状态调控策略针对系统不同运行工况,对光伏组件、储能装置、功率转换装置等核心设备的运行状态进行动态调控,确保设备协同高效运行。该策略需实时监测各设备运行参数,包括光伏组件出力效率、储能装置电压电流、功率转换装置转换效率等,及时识别设备运行异常。针对光伏组件出力衰减问题,调整组件运行角度优化光照接收,提升出力效率;针对储能装置运行温度异常,启动温度调控机制,保障装置运行安全;针对功率转换装置损耗过大,优化运行参数降低能量损耗。例如,当光伏组件出力效率下降10%以上时,可通过调整组件安装倾角 5° ~ 10° ,提高光照接收量,提升出力效率;当储能装置运行温度超过 45°C 时,启动散热风扇或水冷系统进行降温。通过设备运行状态的精准调控,

提升系统整体运行效率,减少设备故障发生率,实现各设备协同联动、高效运转。

4.4 运行稳定性控制思路

运行稳定性控制思路围绕系统电压稳定、频率稳定及设备运行安全,构建全方位的稳定性防控体系,抵御各类运行干扰。该思路需重点管控系统电压波动与频率偏移,通过调节储能充放电功率、优化功率转换装置控制参数,将电压、频率维持在合理范围。一般来说,系统电压波动范围应控制在额定电压的 $\pm 5\%$ 以内,频率偏移范围应控制在额定频率的 $\pm 0.2\text{Hz}$ 以内。针对光伏出力骤变、负荷突变等突发情况,设计快速响应控制机制,及时调整控制策略,避免系统运行状态失控^[5]。强化设备运行保护,设置过载、过压、过温等保护阈值,当设备运行参数超出阈值时,自动触发保护机制,切断故障回路或调整运行状态,防范设备损坏与系统故障。通过多维度、多层次的稳定性控制,提升系统抗干扰能力,保障系统长期稳定运行,契合光伏储能一体化系统的运行管控需求。

结束语

光伏储能一体化系统的优化配置与运行策略研究是一个复杂且重要的课题。通过对系统优化配置核心要素、方法以及运行模式、控制策略的深入探讨,我们明确了各环节的关键要点与实施路径。合理的优化配置可提升系统性能与经济性,科学的运行模式与控制策略能保障系统稳定高效运行。在实际应用中,需综合考虑多方面因素,不断优化配置方案与运行策略,以充分发挥光伏储能一体化系统的优势,满足日益增长的能源需求。

参考文献

- [1]林学.光伏-储能一体化系统在高速公路供配电中的应用能效优化[J].运输经理世界,2025(16):151-153.
- [2]穆宇森,付兴.光伏储能一体化项目的资源配置优化与综合效益评估[J].价值工程,2026,45(7):7-9.
- [3]陈柯蒙,肖曦,田培根,等.光伏建筑一体化系统鲁棒优化配置调度方法[J].电气工程学报,2025,20(3):216-224.
- [4]李宗阳.基于全生命周期成本的光伏储能一体化项目经济效益评估与优化策略[J].品牌与标准化,2025(4):223-225.
- [5]王成.光伏-电化学储能一体化电站的设计与运行优化研究[J].电工技术,2025(20):59-62.