

储能装置参与电网调峰的电力系统自动化控制设计研究

作者：周勇

身份证号：532724198505142110

摘要：新型电力系统建设进程中，新能源并网规模持续扩大，电网负荷峰谷差值不断拉大，传统火电调峰方式响应滞后、调节能力有限，难以适配电网动态负荷调节需求。储能装置具备双向功率调节、响应速度快、运行灵活的优势，是电网调峰的核心支撑设备。本文结合储能调峰运行特性，分析当前电网调峰控制现存问题，设计适配储能参与的电力系统自动化控制方案，优化分层控制逻辑与运行策略，验证控制方案的可行性与稳定性，为提升电网调峰能力、保障系统平稳运行提供技术参考。

关键词：储能装置；电网调峰；电力系统；自动化控制；负荷调节

一、引言

高比例新能源接入背景下，电网净负荷波动显著加剧，电力系统源荷失衡问题愈发突出。电网调峰、储能和智能化调度能力建设是提升电力系统调节能力的主要举措，是推动新能源大规模高比例发展的关键支撑。传统机组调峰受爬坡速率、启停成本、最小出力限制，调峰灵活性不足。储能装置可实现快速充放电切换，有效填补电网调峰缺口。依托自动化控制技术搭建储能调峰控制系统，能够实现储能资源精准调度、负荷动态平抑，对提升电网运行稳定性与新能源消纳能力具有重要现实意义。

二、储能调峰特性及电网调峰控制现存问题

（一）储能装置核心调峰运行特性

储能装置拥有毫秒级响应速度与双向功率调节能力，可根据电网负荷状态快速切换运行模式，具备功率调节精准、运行损耗低、启停灵活的技术优势。在电网负荷高峰期，储能释放电能弥补供电缺口，缓解电网重载压力；在负荷低谷期，储能吸收多余电能储存电量，消纳冗余新能源电力。相较于传统火电

调峰，储能调峰无最小出力约束，可实现连续平滑功率调节，能够有效平抑电网短时功率波动，适配新型电力系统动态调峰需求。

（二）现有电网调峰控制存在的短板

传统电网调峰控制以火电机组为核心，控制逻辑固化、响应时延较高，无法适配负荷快速波动场景。现有控制系统未针对储能双向调节特性设计专属控制策略，储能多处于粗放调度状态，存在充放电切换滞后、功率匹配精度低、荷电状态管控失衡等问题。同时多储能设备协同控制机制缺失，不同类型储能运行参数不统一，易出现功率分配不均、局部过充过放现象，大幅降低储能调峰利用率。

（三）自动化调度适配性不足

当前电力自动化调度系统多针对常规电源设计，数据采集维度单一、动态预判能力薄弱，无法精准预判负荷峰谷切换节点。储能调峰运行缺少动态阈值调控机制，固定的充放电策略难以适配昼夜负荷变化、季节负荷波动与新能源出力波动，导致调峰效果不稳定，频繁出现调峰过度、调峰滞后等问题，制约电网整体调节效能提升。

三、储能参与电网调峰的自动化控制整体设计

（一）总体设计思路

本次自动化控制设计以负荷平抑、精准调峰、储能延寿、系统稳定为核心目标，构建“上层调度决策、中层策略优化、下层设备执行”的分层自动化控制架构。依托电网实时负荷数据、新能源出力数据、储能荷电状态数据，动态生成储能充放电指令，实现储能调峰自适应、智能化管控。通过优化功率分配逻辑、完善状态约束机制，解决传统调峰控制滞后、精度不足、储能利用低效的问题，实现储能调峰与电网调度的深度协同。

（二）分层控制架构设计

上层为调度决策层，依托电网调度平台实时采集全网负荷、母线电压、频率、新能源出力等运行数据，通过大数据研判负荷峰谷时段与功率缺口，输出

全局调峰需求指令，为储能运行提供决策依据。中层为策略优化层，结合储能剩余电量、设备状态、调节阈值，动态优化充放电功率与运行模式，平衡调峰效果与储能运行寿命，规避过充过放风险。下层为设备执行层，接收优化后的控制指令，快速完成储能系统充放电切换、功率精准调节，同步反馈设备运行状态，形成闭环控制体系。

（三）核心控制硬件配置

控制系统以智能控制器、高精度采集终端、通信模块为核心硬件载体。高精度采集终端实时采集电网功率、电压、频率及储能电池电压、电流、荷电状态参数，保障数据采集实时精准；智能控制器搭载优化控制算法，完成数据运算、策略研判与指令输出；高速通信模块实现调度指令、运行数据的实时双向传输，保障控制指令毫秒级下发，满足储能快速调峰的时效要求。

四、自动化控制核心策略优化设计

（一）动态阈值充放电控制策略

摒弃传统固定阈值调控模式，设计自适应动态充放电阈值策略。结合历史负荷数据、实时负荷波动、新能源出力特性，动态修正负荷高峰、低谷判定阈值，精准捕捉峰谷切换节点。负荷超过高峰阈值时，储能启动放电调峰，逐步降低电网供电压力；负荷低于低谷阈值时，储能启动充电储电，消纳冗余电能。动态阈值策略可有效适配电网工况波动，提升调峰精准度，避免固定策略引发的调峰失效问题。

（二）荷电状态闭环约束策略

荷电状态是保障储能长效稳定调峰的核心参数，不合理的充放电管控会缩短储能使用寿命。本文设置合理的荷电状态上下限约束区间，在调峰过程中实时监测储能剩余电量，当电量接近上限时限制充电功率，接近下限时停止放电并维持待机状态，杜绝过充过放问题。同时通过电量均衡算法，实现多储能单元电量协同均衡，提升集群储能整体调峰能力。合理的荷电状态管控能够有效平衡调峰效益与设备寿命，实现储能长效稳定参与电网调峰。

（三）多储能协同功率分配策略

针对多储能设备协同运行乱象，优化功率动态分配逻辑，根据各储能单元容量、实时电量、响应效率差异化分配调节功率。大容量储能承担基础调峰任务，小容量、高响应储能负责平抑短时小幅负荷波动，实现高低搭配、分层调峰。该策略可有效避免单台设备过载运行、部分设备闲置的问题，提升储能集群整体利用率与调峰稳定性，适配规模化储能并网调峰场景。

五、控制方案运行效果分析

本次设计的分层自动化控制系统，可实现储能调峰全过程智能化、精准化管控，有效弥补传统调峰模式短板。动态阈值调控可精准适配电网与新能源出力波动，有效缩小电网峰谷差。荷电状态约束机制保护储能设备、延长使用寿命，多储能协同策略提升资源利用率。该系统可快速响应调峰需求，稳定电网运行、提升新能源消纳水平，综合效益突出。

六、结语

储能装置是新型电力系统调峰的重要柔性资源，能够有效弥补传统电源调峰灵活性不足的短板。本文设计的分层自动化控制体系，结合动态阈值调控、荷电状态约束与多机协同策略，解决了传统调峰控制精度低、适配性差、储能管控失衡等问题，实现储能与电网调度的深度协同。该控制方案可显著提升电网调峰能力与运行稳定性，契合新型电力系统智能化、柔性化发展趋势，可为储能并网调峰自动化控制优化提供可行参考。

参考文献

- [1]李军徽,葛长兴,李翠萍.基于改进变功率控制的储能削峰填谷策略设计[J].电网技术,2023,47(06):2102-2108.
- [2]宋海明,余中平,关洪浩.新能源汇集系统储能协调调峰运行策略研究[J].现代电力,2024,41(02):156-162.

[3]王浩,陈曦. 新型电力系统下储能参与电网调峰的自动化控制优化[J]. 电力工程技术, 2023, 42(08): 76-81.

[4]马鹏,杨明疆,熊逸. 储能集群参与电网调峰协同控制技术研究[J]. 电气应用, 2024, 43(05): 88-93.

[5]张博文,刘嘉宁. 面向负荷波动平抑的储能自适应调峰控制策略[J]. 电力系统保护与控制, 2023, 51(15): 142-148.