

基于储能技术的新能源电力安全防护系统

李 哲

华电郑州机械设计研究院有限公司 河南 郑州 450046

摘 要：随着全球能源结构向低碳化转型，太阳能、风能等新能源发电装机规模持续攀升。本文聚焦于基于储能技术的新能源电力安全防护系统。首先阐述储能技术与新能源电力安全的基本概念。储能技术在新能源电力安全防护中应用广泛，能提升电网稳定性，包括频率调节、电压支撑和惯量支撑；可改善电能质量，如平滑功率输出、抑制谐波；还能增强电力系统可靠性，有效应对间歇性发电并提升应急供电能力。在系统构建方面，涵盖架构设计、关键技术及设备选型、运行与管理策略等内容。研究旨在通过储能技术完善新能源电力安全防护体系，为新能源电力的安全稳定运行提供有效支撑。

关键词：基于储能技术；新能源电力；安全防护系统

引言：着全球对清洁能源的需求日益增长，新能源电力在能源结构中的占比不断提高。然而，新能源发电的间歇性和波动性给电力系统的安全稳定运行带来挑战。储能技术作为解决这些问题的关键手段，能够在新能源电力系统中发挥重要作用。它可以调节电力供需，提升电网稳定性，改善电能质量，增强电力系统的可靠性。本文深入探讨储能技术在新能源电力安全防护中的应用，并研究基于储能技术的新能源电力安全防护系统的构建，期望为新能源电力的可持续发展提供理论与实践参考。

1 储能技术与新能源电力安全概述

在全球能源转型浪潮中，储能技术与新能源电力安全深度绑定，成为构建新型电力系统的核心要素。储能技术作为能量时空调控的“稳定器”，通过物理、化学等手段实现电能的存储与释放，涵盖抽水蓄能、锂电池、压缩空气储能等多元技术路线。抽水蓄能凭借规模大、成本低的优势主导大规模储能市场；锂电池则以高能量密度、响应快速的特性，在分布式储能场景中广泛应用。新能源电力虽具备清洁低碳属性，但太阳能、风能等发电的随机性与波动性，导致电网频率波动、电压失稳等安全隐患。储能技术通过实时调节功率输出，可有效平抑新能源发电的间歇性，在电网频率异常时快速释放或吸收电能，维持系统稳定。在极端天气或设备故障场景下，储能系统还能作为备用电源，保障关键负荷供电^[1]。

2 储能技术在新能源电力安全防护中的应用

2.1 提升电网稳定性

2.1.1 频率调节

新能源电力的间歇性发电，易引发电网频率波动，

威胁电力系统稳定运行。储能技术在频率调节中发挥着关键作用。当新能源发电功率突然下降，导致电网频率低于额定值时，储能系统可迅速释放电能，为电网补充功率，促使频率回升；反之，当新能源发电过剩、电网频率过高，储能系统则快速吸收多余电能，避免频率持续上升。

2.1.2 电压支撑

新能源电站接入电网时，其功率的剧烈变化会导致局部电网电压不稳定，出现电压骤升或骤降现象。储能技术可充当电压支撑的“调节器”。在电压下降时，储能系统向电网注入无功功率，提高电压水平；当电压过高，储能系统吸收多余无功功率，降低电压幅值。以超级电容器储能为例，它能快速吞吐无功功率，对电压变化做出即时响应，通过动态无功补偿，维持电网电压在正常范围内，有效改善新能源接入区域的电压质量，增强电网对新能源电力的接纳能力，确保电力传输的可靠性与安全性。

2.1.3 惯量支撑

传统同步发电机具备天然的转动惯量，可在电网频率突变时，依靠转子惯性释放或吸收能量，抑制频率变化速率。但随着新能源装机容量占比提升，缺乏转动惯量的新能源发电设备大量接入，导致电网惯量水平下降，频率稳定性面临挑战。储能技术能够模拟同步发电机的惯量特性，提供惯量支撑。当电网频率发生变化时，储能系统可根据频率变化率，快速调整输出功率，释放或吸收能量，减缓频率变化速度。

2.2 改善电能质量

2.2.1 平滑功率输出

新能源发电受自然条件影响显著，如风力大小、光

照强度的随机变化,使得其输出功率呈现剧烈波动。这种不稳定的功率输出接入电网,不仅增加电网调度难度,还会对电网设备及用户端用电造成不良影响。储能技术可有效平滑新能源功率输出。在新能源发电功率上升阶段,储能系统将多余电能储存起来;当发电功率下降时,储能系统释放电能,维持功率输出的稳定。例如,在大型光伏电站中配置锂电池储能系统,通过实时监测光伏输出功率,智能控制充放电策略,能够将功率波动限制在合理范围内,使光伏电站输出更接近稳定的基荷电源,提升新能源电力在电网中的消纳能力和供电可靠性。

2.2.2 抑制谐波

新能源发电设备中的电力电子装置,如逆变器、整流器等,在运行过程中会产生大量谐波。谐波注入电网后,会引起电网电压畸变、增加线路损耗、干扰通信系统,甚至导致电力设备故障。储能技术能够对谐波进行有效抑制。储能系统通过检测电网中的谐波成分,利用其灵活的功率调节能力,输出与谐波幅值相等、相位相反的电流,从而抵消谐波电流。以采用先进控制算法的储能变流器为例,它可快速跟踪谐波变化,实时调整输出电流,将电网谐波含量控制在国家标准允许范围内,净化电网电能质量,保障电网及用电设备的安全稳定运行,为用户提供高质量的电力供应。

2.3 增强电力系统可靠性

2.3.1 应对间歇性发电

新能源发电具有显著的间歇性特征,太阳能在夜间、阴雨天无法发电,风力发电受风速变化影响巨大,这种不确定性严重威胁电力系统的稳定供电。储能技术成为破解这一难题的关键。通过储能系统的充放电调节,可将新能源发电高峰期的多余电能储存起来,在发电低谷期释放,实现发电与用电的时间匹配。例如,在风光互补发电项目中,锂电池储能系统能够在风力充足、光照强烈时吸收过剩电力,在风光资源匮乏时补充电量,使发电输出曲线更加平滑,降低新能源发电的不确定性对电网的冲击,保障电力供应的持续性和稳定性,有效提升电力系统对新能源的接纳能力。

2.3.2 提升应急供电能力

在自然灾害、设备故障等突发状况下,电力系统可能出现局部或大面积停电,严重影响社会生产生活。储能技术凭借其快速响应和独立供电特性,能够显著提升电力系统的应急供电能力。当电网发生故障时,储能系统可迅速切换至离网运行模式,为医院、交通枢纽、数据中心等关键负荷持续供电,避免因停电造成重大损

失。以配置大容量磷酸铁锂电池的储能电站为例,在电网故障瞬间,其毫秒级的响应速度可立即接管供电,满足应急负荷需求,直至电网恢复正常^[2]。

3 基于储能技术的新能源电力安全防护系统构建

3.1 系统架构设计

3.1.1 总体架构

基于储能技术的新能源电力安全防护系统采用分层分布式架构,该架构以模块化设计理念为核心,将系统划分为新能源发电层、储能单元层、电网调度层和用户负载层四大层级。新能源发电层通过光伏阵列、风力发电机组等设备,将可再生能源转化为电能;储能单元层部署锂电池组、抽水蓄能电站等装置,充当“电力蓄水池”,实现电能的存储与释放。电网调度层作为系统的“大脑”,依托智能监控平台和5G通信网络,实时收集各层级数据,运用优化算法动态调整储能系统的充放电策略。用户负载层则包含工业、商业及居民用电设备,直接对接电力需求。各层级间通过标准化通信协议和数据接口实现信息交互,形成一个可灵活扩展、高效协同的整体,保障新能源电力在复杂工况下的安全稳定运行。

3.1.2 各单元功能

新能源发电单元利用光伏效应或风力动能转化技术,将太阳能、风能转化为电能,是系统的基础能源供给端。储能单元集成充放电管理模块,在新能源发电过剩时,通过电能-化学能或电能-机械能的转换实现能量存储;在发电不足或用电高峰时,反向释放能量维持功率平衡。监测与控制单元部署高精度传感器和智能控制器,对系统电压、电流、温度等关键参数进行实时监测,借助边缘计算技术快速诊断设备故障并启动保护机制。通信单元搭建覆盖全域的通信网络,保障各单元间数据的低延迟、高可靠传输。电网调度单元结合气象预测、负荷曲线和储能状态,制定最优调度策略,协调发电、储能和用电环节,实现电力资源的精准分配与高效利用,全方位提升系统运行的安全性和可靠性。

3.2 关键技术与设备选型

3.2.1 储能技术选择

储能技术的选择需综合考量应用场景、成本效益和性能指标。抽水蓄能凭借大容量、长寿命和低度电成本的优势,适用于电网调峰、填谷及大规模储能场景,在电力系统中承担基础调节作用;锂电池储能因能量密度高、响应速度快,成为分布式新能源电站和用户侧储能的首选,尤其适用于平滑光伏发电波动、保障配电网稳定性;液流电池以其高安全性、深度充放电能力和长循环寿命,在长时储能和高安全性要求场景中独具优势;

飞轮储能则凭借毫秒级响应速度和高功率密度，在电网频率调节、瞬时功率补偿等方面表现突出。此外，超级电容器储能适用于短时高功率脉冲应用，压缩空气储能在大规模储能场景中具备成本潜力。根据新能源项目的规模、供电需求和经济性，需针对性地选择单一或组合储能技术，以实现最佳安全防护效果。

3.2.2 监测与控制设备

监测与控制设备是保障系统安全稳定运行的关键。在监测设备方面，高精度电流、电压传感器用于实时采集系统电气参数，其测量精度直接影响数据准确性；温度传感器监测储能电池和关键设备的运行温度，防止热失控风险；气体传感器则可及时检测电池舱内的可燃气体浓度，避免爆炸隐患。控制设备中，储能变流器（PCS）作为核心装置，负责实现交直流转换和功率调节，其控制算法的优劣决定储能系统的响应速度和稳定性；能量管理系统（EMS）通过大数据分析和智能算法，整合新能源发电预测、负荷需求和储能状态，制定最优充放电策略；故障诊断与保护装置采用边缘计算技术，快速识别系统异常并触发保护动作，如过流保护、过压保护等。此外，通信设备需具备高可靠性和低延迟特性，确保数据实时传输，为系统的精准控制和安全运行提供有力支撑。

3.3 系统运行与管理策略

3.3.1 充放电策略

合理的充放电策略是优化储能系统性能、提升新能源电力安全的核心。在新能源发电高峰时段，储能系统优先执行充电操作，将多余电能存储起来，避免弃电现象；用电高峰或新能源发电低谷期，则及时放电，保障电力供应稳定。可采用分时电价策略，在电价低谷时充电，电价高峰时放电，实现经济效益最大化。同时，基于模型预测控制（MPC）算法，结合新能源发电功率预测、负荷需求预测数据，提前规划充放电计划，动态调整储能系统输出。例如，在光伏电站中，根据天气预报预测次日光照强度，制定锂电池储能的充放电曲线，平滑光伏功率波动，减少对电网的冲击，提高新能源消纳效率，确保系统在不同工况下安全、高效运行。

3.3.2 故障诊断与预警

故障诊断与预警是保障系统安全运行的重要防线。通过部署多源传感器采集储能系统的电压、电流、温度、压力等数据，利用人工智能算法如神经网络、支持向量机，对数据进行深度分析，识别潜在故障特征。例如，当锂电池组出现单体电压异常、温度骤升等情况时，系统可快速定位故障点，并根据故障严重程度分级预警。实时监测储能变流器的运行参数，通过对比正常运行数据模型，及时发现功率波动异常、谐波超标等问题。此外，结合物联网技术，将故障信息实时推送至运维人员，以便快速采取措施，避免故障扩大化，保障电力系统稳定运行，降低事故发生概率。

3.3.3 维护管理

科学的维护管理可延长储能系统使用寿命，提升系统可靠性。建立预防性维护机制，根据储能设备的运行时长、充放电次数等数据，制定定期维护计划，对储能电池进行健康状态评估，及时更换老化、性能下降的电池单体；检查储能变流器、传感器等设备的电气连接和机械部件，确保其正常运行。利用大数据分析技术，对设备历史运行数据进行挖掘，预测设备故障趋势，提前进行部件更换或维修。同时，建立运维管理平台，实现维护任务的智能化分配与跟踪，记录维护过程中的数据信息，为后续优化维护策略提供依据^[3]。

结束语

综上所述，储能技术通过提升电网稳定性、改善电能质量、增强系统可靠性等多方面应用，为新能源电力安全防护提供了有效解决方案。基于储能技术构建的安全防护系统，从架构设计到关键技术选型，再到运行管理策略，形成了一套完整的体系。然而，随着新能源电力规模不断扩大，对储能技术和系统的要求也日益提高。

参考文献

- [1]樊金松,熊敏锐.基于储能技术的新能源电力安全防护系统设计[J].电气技术与经济,2025(1):120-122
- [2]董雪,张滔.新能源电站网络信息安全风险分析及防护研究[J].网络空间安全,2020,11(2):59-65
- [3]王建.基于储能技术的新能源电力安全防护系统设计[J].新型城镇化,2022.214-215