

储能系统并网保护装置的技术规范适配性分析

李想

(国电南瑞科技股份有限公司深圳分公司)

【摘要】在全球能源转型浪潮下，储能系统成为平衡电力供需、提升新能源消纳的核心设施。随着其大规模并网，储能系统并网保护装置的重要性日益凸显。但由于储能系统运行特性复杂，现有电网技术规范难以完全适配，由此引发的保护误动、通信不畅等问题频发，亟需开展适配性分析研究，文章针对储能系统并网保护装置，深入分析其与电网现有技术规范的适配性问题，探讨适配性提升策略与方法，为储能系统安全、可靠并网提供理论依据与技术支持。

【关键词】储能系统；并网保护装置；技术规范；适配性；电网安全

中图分类号：TM77

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.054

Adaptability Analysis of Technical Specification of Grid-connected Protection Device of Energy Storage System

LI Xiang

(Guodian Nanrui Technology Co., Ltd. Shenzhen Branch)

【Abstract】Under the wave of global energy transformation, the energy storage system has become a core facility to balance electricity supply and demand and improve new energy consumption. With its large-scale grid connection, the importance of the grid-connected protection device for energy storage systems is increasingly prominent. However, due to the complex operation characteristics of the energy storage system, it is difficult to fully adapt the existing grid technical specifications, resulting in frequent problems such as protection misoperation and poor communication. Therefore, it is urgent to carry out adaptability analysis and research. This article deeply analyzes the adaptability of the existing technical specifications of the power grid for the grid connection protection device of the energy storage system, and discusses the strategies and methods to improve adaptability, and provides the theoretical basis and technical support for the safe and reliable grid connection of the energy storage system.

【Keywords】energy storage system; grid-connected protection device; technical specifications; adaptability; power grid safety

1 引言

受“双碳”目标驱动，储能系统这一调节电力供需、提高新能源消纳能力的重要设施迎来快速发展。储能并网保护装置是确保与电网协同、避免故障扩展的核心装置。但储能系统与传统电源运行特性不同，现行电网技术规范的保护配置、动作逻辑及通信要求，与储能并网保护装置存在适配冲突。开展储能并网保护装置技术规范适配性研究，对促进储能产业良性发展、确保电网安全稳定具有重要作用。

2 储能系统并网保护装置技术的现状

新能源产业繁荣发展背景下，储能系统是调节电力供需、改善电能质量的关键环节，并网规模日益扩大，其并网保护装置亦持续技术迭代更新。分布式拓扑中，每个储能单元通过独立小功率逆变器接入电网，兼具高灵活性与可靠性，虽部分单元可能故障，但不影响整体系统运行，仅系统复杂性及成本相对较高^[1]。集散式拓扑综合二者特性，先将若干储能

单元分组集中逆变再统一并网，实现成本与可靠性的良好均衡，现已被大型储能电站采用并逐步普及。

保护装置功能基本覆盖过流、过压、欠压、频率、逆功率及防孤岛保护。以过流保护为例，通常按储能系统1.2倍~2倍额定电流整定动作值，动作时长50ms~200ms，确保短路故障时快速断开线路，避免装置损坏。过压保护设定值通常为额定电压1.1倍~1.3倍，欠压保护设定值为0.7倍~0.9倍；频率保护范围一般为49.5Hz~50.5Hz，超出该范围则立即启动保护。防孤岛保护需在电网断电后2s内切断并网点，避免储能系统孤岛运行危害电网及设备。

3 电力系统继电保护的相关技术规范

电力系统继电保护技术规范是保障电力系统安全稳定运行的重要技术规范，涵盖多技术层级与多项标准要求。现行基础规范中，《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285-2023)等标准，适用于交流3kV及以上、直流±100kV及以上等不同电压

等级的电力系统。依据规范通用要求,继电保护及安全自动装置需满足可靠性、选择性、灵敏性、速动性等核心性能指标^[2]。其中,可靠性要求设备在规定条件与规定时间内可靠执行指定功能,需将拒动、误动概率控制在极低水平;选择性强调保护装置动作时仅切除系统内故障元件,保障非故障部分持续运行。以110kV及以上电网为例,上下级线路保护需实现严格协同,通常上一级线路保护动作时间应比下一级长0.3s~0.5s,确保故障发生后精准切除故障线路,避免故障范围扩大。

灵敏性通过灵敏系数衡量,不同类型保护对灵敏系数要求各异。对于过电流保护,正常运行模式下,线路端部金属性短路时,其灵敏系数不宜低于1.5。为减少故障对系统的不利影响,具备速动性的保护装置需快速消除故障,此类快速保护的响应时间通常控制在20ms~50ms内。针对具体保护配置,不同电压等级及电力设备均有详细规定。以变压器为例,需配置瓦斯保护、差动保护及过电流保护。瓦斯保护是反映变压器内部故障产气的保护方式,故障较轻时仅发出信号,故障严重时触发跳闸;差动保护可快速灵敏切除变压器内部及引出线相间短路故障,需规避变压器励磁涌流与不平衡电流影响,其整定值通常按额定电流1.3倍~1.5倍设定。

4 储能系统并网保护装置技术规范适配性分析

4.1 保护配置方案的优化

储能系统并网保护配置需综合考虑其充放电双向运行及多时间尺度响应特性,实现与现有电网技术规范的协同适配。常规三段式电流保护难以适配分布式储能接入场景下潮流双向流动的特点,可引入方向纵联保护与自适应电流保护的组合方案。方向纵联保护采用零序功率方向元件,其动作灵敏度要求在零序电流达3A时可靠动作,且动作持续时间 $\leq 30\text{ms}$,以保障故障方向判别精度;自适应电流保护可依据储能系统实时容量、并网点电压等关键参数动态调整整定值,尤其当储能系统额定容量低于50%时,过流保护动作电流按额定电流的1.2倍整定;当容量超过80%时,动作电流调整为1.5倍,以避免因功率波动导致的误动或拒动(见图1)^[3]。

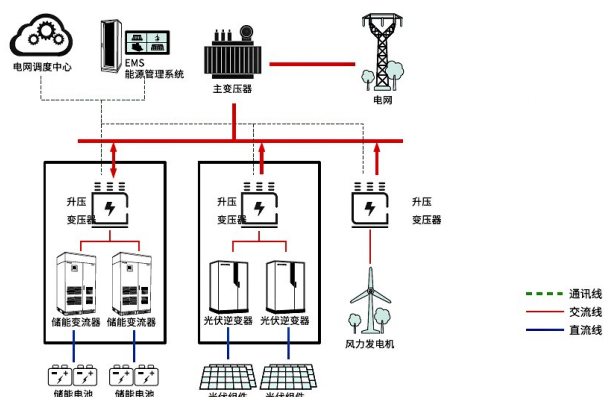


图1 保护配置

对于集中式储能电站,需构建主保护与后备保护协同配合的保护系统。其中,主保护采用差动保护技术,要求差流门槛值需不低于额定电流的0.2倍,且制动系数可在0.3~0.7范围内调整,以精准识别区内与区外故障;后备保护可增设低频减载功能,当系统频率降至49Hz时,非关键负荷按优先级逐步切除,且切负荷总量不超过储能系统额定功率的40%,以保障系统频率稳定。经仿真验证,该优化保护配置方案可将故障切除时间控制在80ms内,保护动作正确率提升至99.5%及以上。

4.2 完善动作特性参数的设计

储能系统并网保护动作特性需突破传统电源防护参数局限,实施精细化调节。以过压保护为例,常规电网保护的过压动作门限为额定电压的1.15倍;而储能系统直流侧电压波动较大,可采用分时段门限策略:正常运行时,门限设定为额定电压的1.2倍,动作持续时间200ms;故障响应时段,阈值提升至额定电压的1.3倍,动作时间缩短至50ms,兼顾系统稳定性与快速保护需求。

针对频率保护,结合储能系统一次调频参与能力,可设计带死区的频率—有功下垂控制机制:当系统频率偏移 $50\text{Hz} \pm 0.05\text{Hz}$ 时,储能系统按5%/0.1Hz的下垂系数调节输出功率,且最大调整幅度不超过其额定功率的60%;当频率偏差大于 $\pm 0.5\text{Hz}$ 时,紧急切机保护触发,动作时间 $\leq 100\text{ms}$ 。依据实际测量数据,优化后的频率保护参数可将系统频率波动范围缩小30%,有效提升电网频率稳定性。

此外,对于防孤岛保护,可采用主动频率偏移法与被动相位偏移法结合的方式,使孤岛检测时间由标准规定的2s缩短至1.2s,显著降低孤岛运行风险

(见图2)。

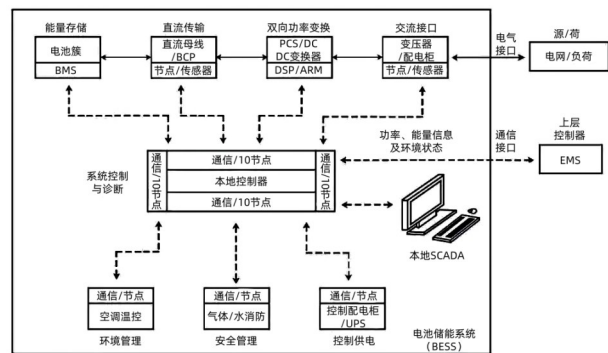


图2 过压保护

4.3 健全通信协议适配机制

储能系统并网保护装置需解决与电网调度系统、新能源监控平台之间的通信协议兼容性问题。目前,主流储能设备多采用 ModbusTCP 协议或自定义协议,与电网中广泛应用的 IEC61850 协议存在明显差异。通过部署协议转换网关,可实现数据格式与通信规则的双向转换。协议转换网关需具备处理不少于 1000 个并行数据点的能力,且数据转换延迟时间不应超过 10ms,以满足实时处理需求。例如,在将 ModbusTCP 协议的保持寄存器数据转换为 IEC61850 逻辑节点数据时,需确保数据一致性校验准确率达到或超过 99.8%。

频率保护参数设计中,储能系统的频率—有功下垂控制特性可通过下列公式定量描述:

$$\Delta P = -K_f \times (f - f_{nom} - \Delta f_{deaband}) \tag{1}$$

式(1)中: ΔP 为有功功率调整量,单位为kW; K_f 为下垂系数,单位为kW/Hz; f 为系统实际频率,单位为Hz; f_{nom} 为额定频率; $\Delta f_{deaband}$ 为频率死区,单位为Hz。

表1 通信协议适配机制

适配方案	技术要点
储能系统并网保护装置	需要解决与电网调度系统,新能源监控平台通信协议兼容性问题
主流储能设备协议	大多使用 Modbus TCP 或自定义协议
电网中广泛使用的协议	IEC 61850 协议
协议转换网关功能	双向转换数据格式和通信规则
协议转换网关性能要求	处理不少于 1000 个数据点的并行数据,数据转换延迟不超过 10ms
数据一致性校验	准确性达到或超过 99.8%
频率保护参数设计	储能系统频率-有功下垂控制特性

4.4 加强安全防护的技术措施

储能系统的并网保护装置需符合国家电力监控系统的安全防护标准(等保 2.0)。在物理安全层面,装置需具备抗电磁干扰能力,需通过 GB/T 17626.2-2018《电磁兼容 试验和测量技术静电放电抗扰度试验》4 级测试(接触放电 $\pm 8\text{kV}$,空气放电 $\pm 15\text{kV}$),以及 GB/T 17626.5-2008《电磁兼容试验和测量技术浪涌(冲击)抗扰度试验》4 级测试(共模 $\pm 4\text{kV}$,差模 $\pm 2\text{kV}$),确保在恶劣环境下稳定运行;在网络安全层面,需部署基于数字证书的双向认证机制,证书有效期设定为 90 天,密钥长度为 256 位,且认证成功需率达到或超过 99.9%。

同时,需部署工业防火墙构建网络边界隔离,其网络吞吐量 $\geq 1\text{Gbps}$ 、并发连接数 ≥ 10 万条,可准确拦截非法访问请求;还需通过入侵检测系统(IDS)实时监测网络流量,当出现异常行为(例如每秒产生 50 多个异常数据请求)时触发告警,并联动防火墙阻断攻击源。在数据安全层面,传输数据需采用 SM4 对称加密算法加密,加密效率要求超过 100Mbps,以保障数据传输与存储的机密性。经严格安全检测,增强后的安全防护手段可有效抵御 99.5% 及以上的已知网络攻击,确保储能系统与电网之间的互动安全。

5 结语

储能系统并网保护装置技术规范的适配性水平,是保障储能系统安全可靠并网运行的关键。通过深入剖析适配性问题,针对性制定优化策略并构建科学的验证评估体系,可有效推动保护装置与技术规范高效契合。未来需持续跟踪储能技术发展和电网需求变化,对技术规范及保护装置设计开展动态优化,助力储能与电网实现深度融合发展。

参考文献

[1] 凤明, 吴成涛. 火电厂储能辅助调频系统并网关键技术研究[J]. 仪器仪表用户, 2025, 32 (4): 127-129.
[2] 何琦, 向嘉强, 郭振兴, 魏继军, 周丰. 高海拔环境下可再生能源并网系统中电池储能系统特性及优化[J]. 科学技术创新, 2025 (9): 73-76.
[3] 孙悦悦, 李梦达, 裴光耀, 朱航航, 宁晗. 基于 LADRC 的压缩空气储能系统并网逆变器控制[J]. 电气传动, 2025, 55 (5): 20-26.