

基于钠锂离子联合储能系统的台区建设方案

张 能, 童金聪*

(国网浙江省电力公司宁波供电公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 由于台区用电量需求增长, 风能、光伏等新型能源的接入, 以及台区能源多元化应用模式的发展, 储能系统成为电量调节不可或缺的关键环节。当前, 电化学储能方案主要以锂离子电池储能为主, 但锂离子电池存在成本较高、安全性差、低温性能差等缺点, 文章提出一种兼容锂离子电池高能量密度、钠离子电池高安全性及良好低温性能优势的钠锂离子联合储能系统方案以及智能远端控制平台架构设计, 设定了3种运行方式, 可适应台区在不同情况下的状态, 满足现代智慧配电网下台区运行的要求。该系统能够有效提高台区供电保障、多元互动能力、并提升台区用电质量。同时其可复制、易推广性为其他具有源网荷储互动需求台区提供典型建设经验。

关键词: 台区; 储能系统; 运行模式; 钠锂离子电池

中图分类号: TM727

Research on a Sodium-Lithium Ion Combined Energy Storage System for Substation Area Construction

ZHANG Neng, TONG Jincong*

(State Grid Zhejiang Electric Power Company Ningbo Power Supply Company, Zhejiang Ningbo 315000, China)

Abstract: Due to the increasing demand for electricity in the substation area, the integration of new energy sources such as wind and photovoltaic power, and the development of diversified energy application models in the substation area, energy storage systems have become an indispensable key link for power regulation. Currently, electrochemical energy storage solutions mainly focus on lithium-ion battery energy storage, but lithium-ion batteries have disadvantages such as high cost, low safety, and poor low-temperature performance. The paper proposes a sodium-lithium ion combined energy storage system scheme that is compatible with the high energy density of lithium-ion batteries and the high safety and good low-temperature performance advantages of sodium-ion batteries, as well as an architecture design of the intelligent remote control platform. Three operation modes are set up to adapt to the substation area, meeting the operational requirements of modern smart distribution network. The system effectively enhances power supply reliability, supports diversified interaction capabilities, and improves power quality within the substation area. At the same time, its replicability and easy promotion provide typical construction experience for other substation areas with demand for source-grid-load-storage interaction.

Keywords: substation area; energy storage system; operation mode; Sodium-Lithium ion battery

高比例高渗透率新能源接入, 极大增加了配电网管控难度, 尤其给终端电力客户的安全稳定用电带来了很大威胁。同时以电化学为主的储能系统因具有可调节性强、响应迅速等优点, 已经被广泛应用于电源侧、电网侧的调峰、调频、调压等业务领域。随着客户用电量、充电需求的增多, 台区重过载以及电动汽车充电难问题日益突出, 也越来越普遍; 多种分布式能源从低压侧接入电网, 对台区的能源流供电质量也提出更高要求。

收稿日期: 2024-05-16

作为台区级新型电力系统的关键装备, 储能系统能够起到缓解台区变重过载、节约配电基础设施建设投资、削峰填谷、紧急备用电源等作用。当前, 电化学储能方案主要以锂离子电池储能为主, 但锂离子电池存在成本较高、安全性低、低温性能差等缺点, 钠离子电池具有良好的低温性能及高安全性, 但功率密度较低。因此结合两者各自优势, 本文提出一种兼容锂离子电池高能量密度、钠离子电池高安全性及良好低温性能优势的钠锂离子联合储能系统方案以及智能远端控制平台架构设计, 作为示范

项目，为提高台区保供、多元互动、提升台区用电质量，复制推广至其他具有源网荷储互动需求台区提供典型建设经验。

1 储能系统方案设计

1.1 钠锂离子联合储能系统架构方案

该系统主要由电池簇、储能变流器 PCS、并离网切换柜及相关控制模块组成。系统内部包含一簇 100 kW·h 钠离子电池和一簇 100 kW·h 锂离子电池，每簇分别连接一台 PCS，并经由并离网柜接入到电网端，其系统架构图见图 1。表 1 为其系统参数表。

1.2 智能远端控制平台

智能远端控制平台采用三级架构，实现系统整体运行监测控制系统能量管理策略和运行模式判断与切换。其架构方案如图 2 所示，主要由电池系统管理单元 (BAU)、主控电池簇管理单元 (BCU)、从控单体电芯采集单元 (BMU) 以及相应的线束组成。BMU 负责采集电池模块内部单体电池的电压和温度，并上报至 BCU，BCU 根据电池的运行状态判定工作模式，同时将电池信息及工作状态上报至 BAU，并接受 BAU 的控制信息做相应调整。电池三级控制系统能够精确高效地完成电池状态采集、电池寿命估算、电池能量均衡、电池故障分析诊断、电池信息管理等，并完成同储能变流器 (PCS) 和能量管理系统 (EMS) 数据交互等功能。

1.3 平台界面及功能设置

如图 3 所示为系统平台界面，系统平台界面主要包含系统信息、设备工作状态、系统控制模式等，可实时监控各级设备工作模式及状态详细参数等信息，同时能够查看历史运行数据，并可按照需求自

行设置工作模式及功率参数等。灵活调整控制储能系统出力，提高储能系统在配网运行中的使用效率与经济性。

1.4 消防系统

如图 4 所示为消防系统设计架构，消防系统采用七氟丙烷灭火系统与空间全淹没喷头等组合实现对储能系统的防护，集成了国产化高精度气体浓度采集装置、温度传感器及烟雾传感器，可实现对火情的精准探测，当储能系统内部发生火灾时，消防系统自动进行探测报警，并联动启动气体灭火系统，通过空间全淹没喷头，快速释放灭火介质，进行空间全淹抑制灭火，有效保障储能系统的消防安全。

2 运行功能

2.1 自主并离网

通过能量管理系统 EMS，实时监测电网端运行数据，根据控制策略设定的阈值，由 PCS 控制并离网柜 SCR 开关，实现并离网无缝切换，确保功率输出平稳、负载稳定运行，保证重要负荷不间断供电。

2.1.1 并网模式

如图 5 所示，当负荷高峰期，负载率超过设定阈值或储能系统容量低于某一阈值时，EMS 系统根据设定控制策略下达至 PCS，PCS 根据指令控制 SCR 开关锁相闭合，储能系统进入并网状态，此时源储侧一起给荷侧供电，或者源侧给储侧充电。

2.1.2 离网模式

如图 6 所示，当电网侧发生计划性检修或非计划性故障时，EMS 系统根据设定控制策略下达至 PCS，PCS 根据指令控制 SCR 开关锁相断开，储能系统进入离网状态，给负荷供电，从而保证重要负

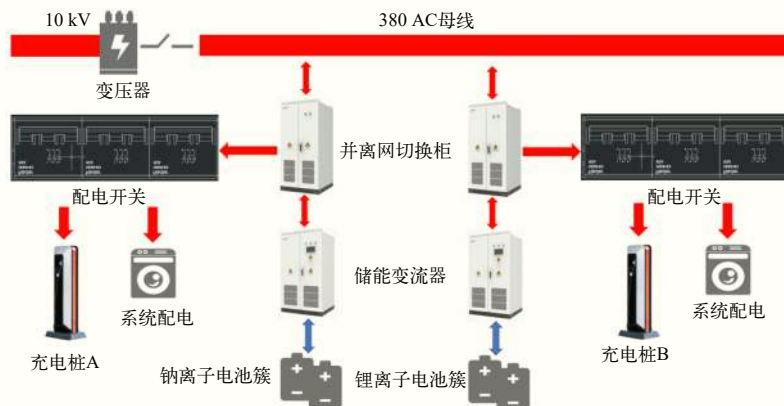


图1 储能系统架构图

表1 系统参数表

项目	钠离子电池簇性能参数	锂离子电池簇性能参数
电池模块成组方式	12S2P	24S1P
簇成组方式	228S2P (19个模块)	240S1P (10个模块)
单体尺寸/mm	42 × 173 × 205(肩高)	42 × 173 × 205(肩高)
标称电压/V	729	768
标称容量/(A·h)	>150	>145
能量/(kW·h)	>108	>111.3
使用电压范围/V	501.6~877.8	600~876
使用温度范围/℃	充电: 0~45 放电: -30~55	充电: 0~45 放电: -20~55
最大持续充电倍率	1C	1C
最大持续放电倍率	1.5C (最大可到5C, 但限于PCS功率, 最大可使用1.5C)	1C
瞬时放电倍率/10 s	5C	3C
最大输出功率/kW	110	110
其余电气部件	2台PCS、2台并网柜、1个控制柜(内含UPS/EMS/总控)、1套灭火系统、1套照明系统、2个空调	

荷不断电。

2.2 定时充放电(削峰填谷)

如图7、图8所示, 根据实际台区电力负荷统计情况, 设定谷峰时段储能系统充放电模式及功率。当负荷处于低谷时段时, 储能系统进入充电模式;

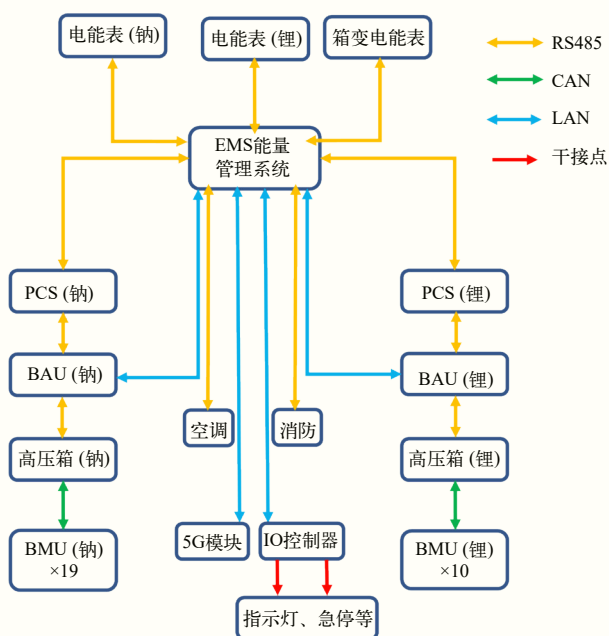


图2 智能远端控制平台架构图



图3 系统平台界面

当负荷处于高峰时段, 储能系统进入放电模式, 协同电网给负载供电。从而实现削峰填谷功能并实现盈利。

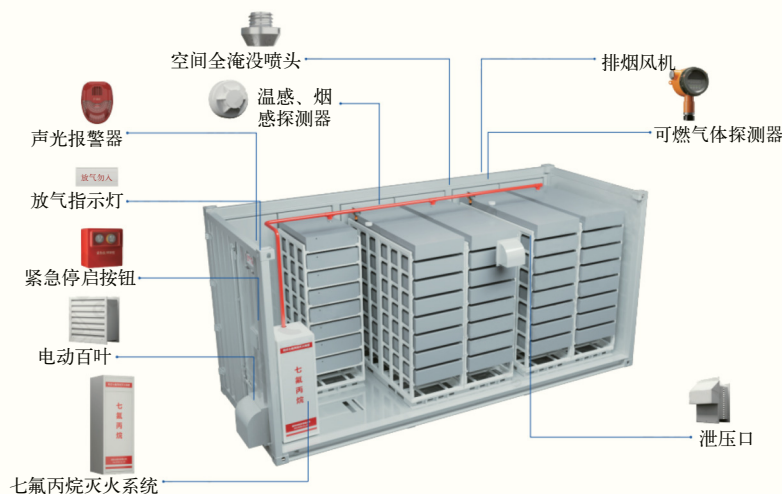


图4 消防系统设计架构

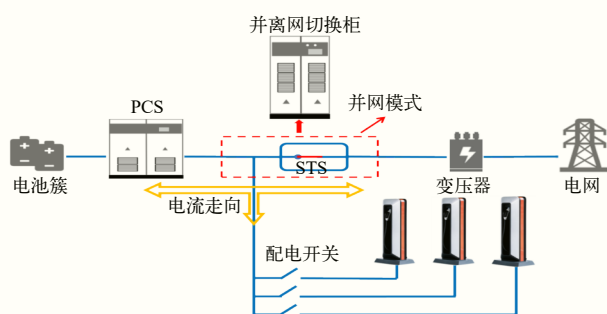


图5 并网模式

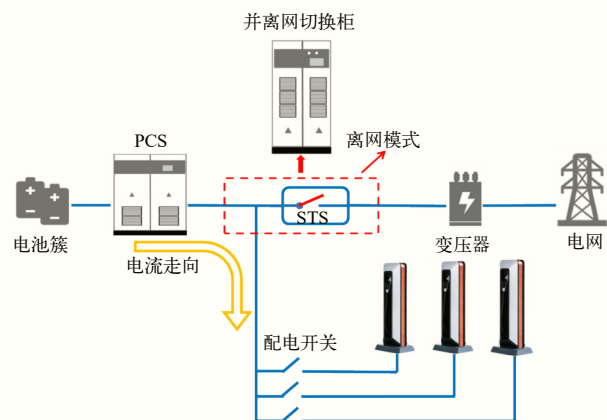


图6 离网模式



图7 充放电参数设置

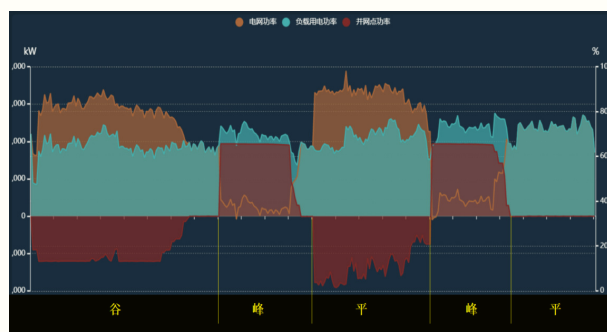


图8 负荷曲线图

2.3 平滑电网输出功率，峰值调节

为消除变压器重负载，以变压器 50% 负载率为基准，设定储能系统充放电模式及功率。当变压器负载率达到 50% 以上时进行放电，负载率较低时进

行充电，将变压器负载率维持在较低水平。

3 工程应用落地

3.1 工程概况

如图 9 所示，目前在浙江省宁波前湾新区已落地运营全市首座钠锂离子联合电池台区储能电站，总容量约 110 kW/200 kW·h。通过采用钠锂离子联合储能系统，能够兼顾锂离子电池（磷酸铁锂）高能量密度、长循环寿命，钠离子电池高安全性、高倍率特性、良好的低温性能优势。系统接入后，可依据电网运行状态，自主判定钠离子电池/锂离子电池放电顺序及模式。



图9 宁波市首座钠锂离子联合电池台区储能电站

如图 10 所示，该储能台区目前应用在前湾新区首个零碳驿站，该驿站为建设以“储能、光伏、充电桩”为核心的微电网示范区，建设 495 个停车位，全部采用钢结构车棚设计并装配光伏，配套的充电场站设计了 20 个快充充电车位、10 个慢充充电车位，配置 4 台 360 kW 分体式充电堆（一拖五）及 10 台 7 kW 慢充充电桩，配置分布式光伏 1.6 MW，并提供新零售生活配套，解决周边企业停车难、充电难的问题。



图10 前湾新区零碳驿站

(下转第 90 页)

给定的改变。根据图4所示的结果,虽然存在误差,但是在可以接受的范围内。进一步,通过观察直流母线电压 U_{bus} 波形可以发现直流母线电压存在明显的 100 Hz 的纹波电压,这是 DC/AC 变换器的固有特性。因此在进行直流母线电压控制时,选择进行 100 Hz 的滑动窗口滤波。

6 确认效果

经过近 1 个月的测试使用,2023 年 2 月将生产样机投入到日常编程取电工作中,工作次数 12 次,其中无电次数为 5 次,复电装置复电次数 5 次,成功率达 100%。

本复电装置的设计是以双向 DC/DC 变换器+H 桥电路为基础,设计一套基于 TMS320F28027 为控制核心的双向 DC/AC 系统,实现对主回路无供电回路的智能电能表充电。不仅给出了关键参数设计,同时给出了控制方案。最后通过仿真和实验表明,所设计的复电仪装置具备输出不同电压等级的交流波形,实现为不同类型的智能电能表充电。

7 效益分析

通过这次 QC 活动,成功解决了现场计量装置

核查、电能表编程无电的问题,设计了使用样机,使用电能表复电装置后,龙岩供电区域范围内累计可减少因现场无电外派人次 138 次,派车使用 69 次,可节约企业生产运营成本。该便携式电能表现场复电装置的研制,为班组创新化质量管理提供了良好的开端,也为解决日常工作问题提供了新的解决方向,提升了工作效率和现场作业安全水平。

参考文献

- [1] 赖国书. 数据驱动的电表运行状态在线监测方法[J/OL]. 电测与仪表, 2022 (9): 1-10.
- [2] 周润, 向月, 王杨, 等. 基于智能电表集总数据的家庭电动汽车充电行为非侵入式辨识与负荷预测[J/OL]. 电网技术, 2022 (3): 1-14.
- [3] CHENG L, ACUNA P, AGUILERA R P, et al. Model Predictive Control for DC-DC Boost Converters with Reduced-Prediction Horizon and Constant Switching Frequency[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2018 (33): 9064-9075.
- [4] 张耀, 陈息坤, 杨胜. 锂电池化成双向 AC/DC 变换器研究[J]. 电工电能新技术, 2014 (8): 32-37.

作者简介

郑燕春(1990—),女,本科,工程师,电力营销技术及安全管理, E-mail: kslsx@126.com。

(责任编辑:刘艳玲)

(上接第 82 页)

3.2 典型场景

零碳驿站区域其负荷主要以充电桩负荷集中居多,附近商铺商业用电为辅。负荷特性呈现出集中性、临时性的特点。通过钠锂离子联合电池台区储能电站有效调控支撑,能够实现该区域光储充资源互动。如图 11 所示,当光伏出力不足,充电处于高峰期时,储能电站对外放电支撑供电,调节台区避免重过载情况发生;在低谷时段,储能电站充电储蓄电能,实现储能电站的主动削峰填谷。

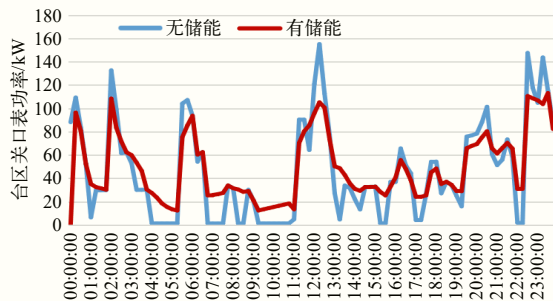


图11 储能电站削峰填谷测试

4 结束语

针对传统锂电池的缺点以及电化学储能技术特点,首先本文提出了一种兼容钠离子电池与锂离子电池优点的钠锂离子联合储能系统设计方案。结合低压配电台区特点,设计智能远端平台及功能策略,设定了 3 种运行方式,可适应台区在不同情况下的状态,满足现代智慧配电网下台区运行的要求。该系统能够有效提高台区供电保障、多元互动能力、并提升台区用电质量。同时其可复制、易推广性为其他具有源网荷储互动需求台区提供典型建设经验。

作者简介

张能(1994—),男,硕士,工程师,从事配电箱路、智能电网、配电自动化工作, E-mail: 309846802@qq.com。

童金聪(1988—),男,本科,高级工程师,从事配电箱路、智能电网、配电自动化工作, E-mail: 812240148@qq.com。

(责任编辑:张峰亮)