

100kW/215kWh 构网型台区储能一体机系统的设计

刘云 徐勃 赵首营 呼延钊

西安西电电子有限公司 陕西西安 710000

摘要: 100kW/215kWh 构网型储能一体机系统包括电池、构网 PCS、EMS 和离并网切换装置等，作用是在储能电池和交流配电网之间提供能量转换，支撑台区电压稳定并给 I 类负荷提供备用电源。介绍了这一系统的总体方案、主回路和通信，分析了这一系统的构网能力和备用电源模式，同时给出了这一系统的技术优势。

关键词: 构网；离并网切换；储能；一体机；备用电源

1 设计背景

2023 年 7 月，国家发改委、国家能源局、国家乡村振兴局发布《关于实施农村电网巩固提升工程的指导意见》(以下简称《指导意见》)，明确深入实施农村电网巩固提升工程，全面巩固提升农村电力保障水平，推动构建农村新型能源体系，助力乡村振兴和农业农村现代化。农网升级改造是实施乡村振兴战略的重要支撑^[1]。

随着经济发展，农村电网用电负荷快速增加，大量光伏等新能源电源接入和电动汽车的普及，大规模可再生能源发电并网使农村电网系统高度电力电子化，带来诸如三相不平衡、末端电压低、台区变压器过载等问题。分布式储能装置 (distributed energy storage system, DESS) 具有灵活的潮流双向调节能力，可有效应对主动配电网因可再生能源渗透率过高导致的一系列问题。合理的 DESS 配置方案不仅可以平抑功率波动、降低网损、提升系统运行经济性；还可以凭借其灵活的运行特性高效地服务于主动配电网的电压管理，改善网络电压质量，提升供电可靠性。^[2]

西电电力电子有限公司基于市场需求，提出 100kW/215kWh 构网型储能一体机解决方案，将电池、构网 PCS、EMS 和离并网切换装置等集成于台区储能系统中，构网 PCS 采用三相四桥臂拓扑结构具有分相控制功能，解决三相不平衡问题；能够抬升电网电压具备无功补偿功能；可结合配电网进行辅助供电，具备动力增容功能；可以对光伏等新能源进行消纳，具备移峰填谷功能。同时在电网停电后，通过离并网切换装置对 I 类负荷提供备用电源，提高供电可靠性。

2 构网型 PCS 主回路

100kW 构网型 PCS 采用三相四桥臂式设计，拓扑图见图 1 所示。具有单独的 N 线，能够带三相不对称负载运行，供电更加稳定。三相四线既可以提供 380V 电压、又可以提供 220V 电压的电源。该方案能解决三相三线式在负载不平衡时无法通过 N 线回馈电流的能力，同时无需添加变压器，节约成本、提高空间利用率。构网特性是 1.2 倍过载长期运行，1.5 倍过载运行 10 秒。

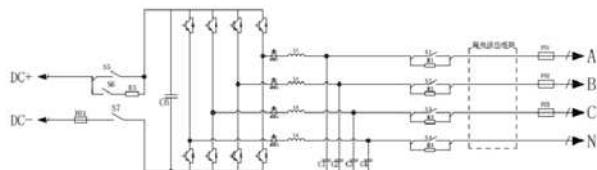


图 1 100kW 构网型 PCS 拓扑图

3 通信

监控系统是储能系统电池柜本地状态显示与控制模块，模块主要采集电池仓各开关位置信号、系统运行遥测及 BMS 系统参数定值等信息，并具备开关控制与定值设置等功能，同时支持与第三方平台系统通信，监控及运营管理。系统基本功能包括：储能电站就地监控、数据处理、数据存储、报警与事件、历史数据管理、人机界面与操作和统计分析与报表、与第三方平台系统通信。

能量管理系统宜优先采用以太网通信，与 BMS、PCS、保护测控装置等智能设备通信协议宜采用 DL/T 634.5104、DL/T 860、Modbus 等标准规约。EMS 与 BMS 之间采用 RS485 通讯，EMS 与 PCS 之间采用 LAN(Modbus-TCP) 通讯。BMS 与 PCS 之间宜优先采用以太网通信，通信协议采用 DL/T 634.5104、DL/T 860、Modbus 等标准规约。通讯配置图见

图 2 所示。

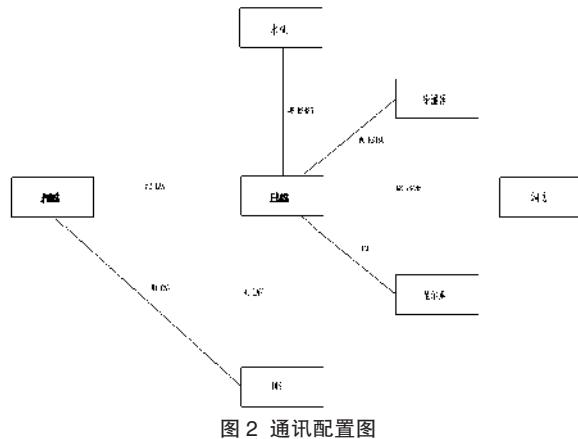


图 2 通讯配置图

4 系统基本控制策略

- (1) 运行策略的描述说明和流程图，由就地监控及运营管理软件实现。
- (2) 各个运行策略采用功能模块化设计，单一策略的投运与切除不影响其他策略的运行。

(3) 考虑到储能项目运行的实际情况、用户负荷状态和电价政策变化等，控制策略配置需具备易操作性与可扩展性。

- (4) 各个策略的详细功能描述为：

i. 系统运行策略：系统启停、状态和状态转换逻辑，系统状态包含待机、停机、运行、故障等。

ii. 簇间均衡策略：电池系统中包含多个电池簇；当电池簇之间的电压偏差较大时，无法直接闭合电池簇的接触器，以防产生较大的环流损坏电气设备；EMS 获取电池簇端电压最大值 V_{max} ；通过 EMS 下发 PCS 接触器闭合指令，闭合簇端电压最低的电池簇接触器，并调度 PCS 对该簇电池按照设定的功率进行充电，直至 V_{max} 。

iii. 电池维护策略：为了延长电池寿命，需要定期对电池进行一次 100%DOD 深充深放循环；通过 EMS 下发指令，更改 BMS 的充满和放空保护限值，以满足 100%DOD 充放，系统按照正常调度策略运行；系统完成一次充放电后，通过 EMS 将 BMS 的充满和放空保护限值改回正常运行时的值，系统按照正常调度策略运行；定期的时长可以设置，默认为 3 个月。

iv. 热管理策略：基于电池的最高温度，控制多台空调的启停，在满足电池运行温度的前提下，缩短空调的运行时间，以达到节电目的。

v. 谷电峰用策略：支持设置谷电价、平电价、峰电价和尖峰电价的时段，包括夏季和非夏季等，以便实现在谷电价或平电价时段内充电，在峰电价时段内放电。

vi. 需量控制策略：支持设置变压器的申报需量更改；当储能系统在充电时，需要控制储能系统的充电功率，以便变压器的负荷功率低于申报的需量值。

vii. 负荷跟踪策略：在储能系统放电时，秒级调节 PCS 的调度指令，以便储能系统的放电功率接近变压器负荷的功率。

viii. 计划曲线策略：按照每 15 分钟一个功率设定点的模式，对单日 24 小时内共 96 个点的储能系统充放电功率进行设定，包括可设定的功率值和充放电等。

ix. 防逆流策略：在储能系统放电时，实时监测用户配电变压器的电流，控制储能项目的放电功率，防止储能项目向配电变压器高压侧倒送电能。

5 构网功能

台区储能装置需具备构网功能，具有配网电压、频率调节能力，针对台区重要负荷保供应用场景，分布式储能需满足“零感知”并离网转换要求，在并离网无缝切换时运行模式下，通过构网控制（虚拟同步控制或下垂控制）实现并离网平滑切换及稳定运行。

5.1 低压治理策略

西安市某村山间小道全长 5.9 公里，据实地考察，该台区供电线路长，供电线路阻抗较大，线路中末端用户电压低情况频发且严重时达到 100V 左右，已严重影响居民的正常生活用电，线路图见图 3 所示。

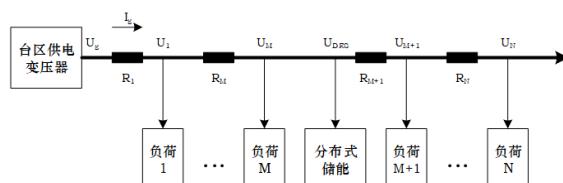


图 3 西安市某村台区供电图

低压治理策略是在低压台区中对中末端用户三相电压不平衡、无功补偿、单相过载等工况进行治理，无功功率和有功功率是低压治理的步长，设备会按照步长设置，逐渐将台区电压靠拢至目标电压，输出功率限制即为单相的最大功率上下限。当现场需要使用此策略时，例如现场电网三相电压 ABC 为 190、180、200。则可以先将目标电压设置为

190, 无功设置为 50、有功设置为 50, 输出功率限值设置为 30。然后回到主界面, 点开模式设定界面, 观察设备输出功率及电网电压的变化, 根据当前变化不改进设置值。比如系统输出了 30kW 有功功率, 电网电压在 1 分钟内从 180V 提升到了 185V, 则可以判断功率对电压的影响幅度, 以及变化速率, 下次设置参数时, 可根据本次结果, 设置更优的参数。

5.2 离并网切换

考虑重要负载离网下切换到备用模式为“零感知”, 并离网切换时间小于 20ms, 快速分离与连接电网与微网。在储能柜和 I 类负荷之间增加 STS 装置, 通过切换 QF1、QF2、QF3 来保证负载供电, STS 离并网回路见图 4 所示。

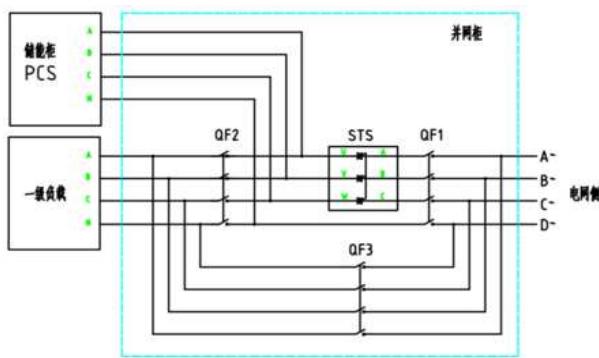


图 4 STS 离并网回路拓扑图

正常并网状态, QF3 回路为检修回路, 正常断开。电网侧通过 QF1–STS–QF2, 通过储能柜 PCS 给一级负载供电,

储能柜根据削峰填谷进行并网, 一级负载不足功率由电网侧供电。当电网侧断电后, STS 监测的电网掉电, 告知 EMS 后通过远程电动开关断开 QF1 回路, 保护电网侧检修人员安全。同时储能 PCS 通过 QF2 给一级负荷供电。当电网恢复供电, STS 进行 PCS 侧和电网侧同期策略, 同期后告知 EMS 后通过远程电动开关闭合 QF1 回路, 进行安全并网。

QF3 和 QF2 是机械互锁的, 正常通过合 QF2 分 QF3 进行一级负荷供电, 当 PCS 发生故障后, 通过分 QF2 合 QF3 进行一级负荷供电, 保证一级负荷持续供电。

6 结语

本文以某项目 100kW215kWh 构网型台区储能一体机为研究对象, 分别说明了构网型 PCS 主回路、通信、系统基本控制策略、构网功能。以西安市某村台区供电为例, 说明了构网型台区储能的低压治理的策略, 对中末端用户三相电压不平衡、无功补偿、单相过载等工况进行治理。

参考文献:

- [1] 毛世平, 张琳, 何龙娟, 等. 我国农业农村投资状况及未来投资重点领域分析 [J]. 农业经济问题, 2021, 42(7):47–56.
- [2] 蔡鹤鸣. 适应三相不平衡主动配电网的储能优化配置研究 [D]. 西安: 西安石油大学, 2023.

作者简介: 刘云 (1991—), 男, 汉族, 陕西西安人, 中级职称, 硕士研究生, 研究方向为电力电子储能应用。