

# 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<sup>[1]</sup>。

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。<sup>[2]</sup>

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。

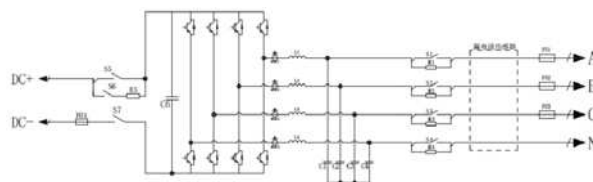


图 1 100kW 构网型 PCS 拓扑图

## 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。

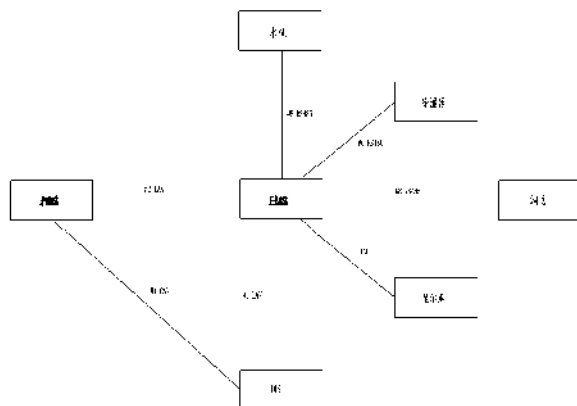


图 2 通讯配置图

#### 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系统软件实现。

(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。

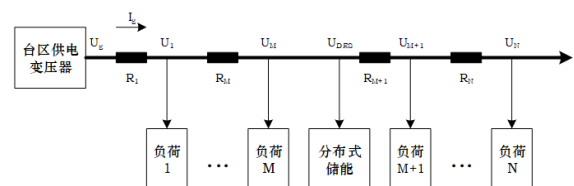


图 3 西安市某村台区供电图

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 类负载之间增加 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。

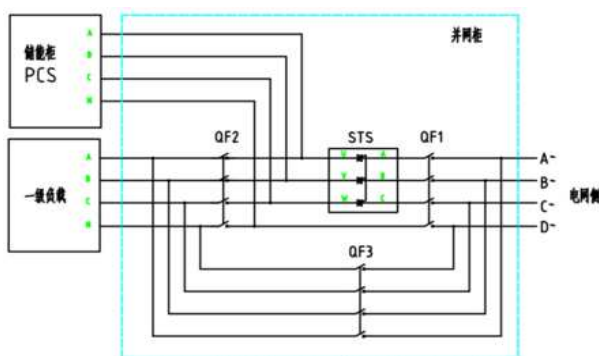


图 4 STS 离并网回路拓扑图

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 给一级负载供电。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 进行一级负载供电, 当 PCS 发生故障后, 通过分 QF2 合 QF3 进行一级负载供电, 保证一级负载持续供电。

## 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在低压治理的策略, 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。