

MGS-104 桌面级微网在环验证平台技术报告

低压缩比缩微复现 · 源网荷储协同控制 · 可扩展集群架构

技术报告 · 版本 V1.0

发布日期: 2026年4月

一、报告摘要

本报告系统阐述了电湃科技MGS-104桌面级微电网硬件在环验证平台的核心技术——“低压缩比缩微复现”的原理、实现方式及工程映射方法。平台基于20Vdc/12Vac、50W功率节点架构，通过可编程功率单元阵列模拟光伏、储能、负载及并网点，支撑源网荷储协同控制算法的快速验证。报告给出了单平台（4节点）及双平台并联（8节点）两种物理配置，以及“电压电流同比例”与“电压电流异比例”两种映射方式下的等效高压系统参数，并提供了典型验证案例。本报告旨在为用户从实验室验证到工程部署提供量化依据。

二、核心技术：低压缩比缩微复现

2.1 原理与定义

低压缩比缩微复现是一种动态特性映射技术：通过对电压、电流、功率等物理量进行缩放，同时保持系统的**时间常数**、**阻抗特性**、**谐振频率**等关键动态参数不变，使缩比模型在控制层面的响应与真实系统一致。类比飞机风洞试验——模型尺寸缩小，但空气动力学特性真实复现。

2.2 映射关系

物理量	真实系统	缩比平台	缩放关系	示例(平台→高压)	说明
电压	V_r	$V_m = \alpha \times V_r$	电压缩放比 α	20V → 400V ($\alpha=20$)	—
电流	I_r	$I_m = \beta \times I_r$	电流缩放比 β	2.5A → 50A ($\beta=20$) 或 125A ($\beta=50$)	β 可独立选择
功率	$P_r = V_r \times I_r$	$P_m = \alpha \times \beta \times P_r$	功率缩放比 $\alpha \times \beta$	50W → 20kW ($\alpha\beta=400$) 或 50kW ($\alpha\beta=1000$)	—
阻抗	$Z_r = V_r / I_r$	$Z_m = (\alpha/\beta) \times Z_r$	阻抗缩放比 α/β	同比例时 $\alpha/\beta=1$ ；异比例时 $\alpha/\beta=0.4$	通过阻抗补偿保持动态一致
时间常数	τ_r	$\tau_m = \tau_r$	保持不变	—	核心理态特性映射

核心原则：电压、电流可按不同比例缩放（ $\alpha \neq \beta$ ），通过阻抗补偿电路保持时间常数、谐振频率等动态参数与真实系统一致，确保控制策略映射的有效性。

三、MGS-104 平台物理配置

边缘计算节点	NVIDIA Jetson Orin Nano Super, 67 TOPS AI算力	功率节点	4 × STM32F302, 3×双向DC/DC + 1×双向DC/DC或AC/DC	电气参数	直流母线20 Vdc / 交流母线12 Vac; 单节点50W; 系统总功率200W
通信总线	CAN总线, 固定100ms周期	扩展能力	多机箱堆叠, 支持多微网集群扩展		

四、扩展方案与等效高压系统映射

4.1 单平台配置（4节点）

映射方式	电压缩放	电流缩放	阻抗缩放	等效单节点功率	等效总功率	典型场景
方案A (同比例)	×20 (20V→400V)	×20 (2.5A→50A)	×1 (8Ω→8Ω)	20 kW	80 kW	阻抗精确匹配, 并网特性研究
方案B (异比例)	×20 (20V→400V)	×50 (2.5A→125A)	×0.4 (8Ω→3.2Ω)	50 kW	200 kW	高功率密度, 工商业储能/光储充

4.2 双平台并联配置（8节点，2×MGS-104通过以太网级联）

映射方式	电压缩放	电流缩放	阻抗缩放	等效单节点功率	等效总功率	典型场景
方案A (同比例)	×20	×20	×1	20 kW	160 kW	多节点集群, 直流微电网互联
方案B (异比例)	×20	×50	×0.4	50 kW	400 kW	园区级微电网、虚拟电厂聚合

注: 方案B中阻抗缩放比 $\neq 1$, 需通过平台内置的阻抗补偿电路及参数匹配设计, 确保时间常数、谐振频率等动态特性与真实系统一致。

五、验证能力与典型场景

5.1 核心验证能力

- 光伏模拟:** 预设功率曲线、典型日曲线、随机波动、云层遮挡模拟, 可配置I-V特性
- 储能模拟:** 双向功率流动, 可配置电池容量、初始SOC、充放电效率、功率限制
- 负载模拟:** 恒功率负载、冲击性负载、柔性负荷 (功率可调)
- 协同控制算法:** 削峰填谷、强化学习能量管理

5.2 典型验证场景 (映射案例)

场景	平台配置	映射方式	等效系统	验证内容
光储充电站	1台 MGS-104	方案B (异比例)	200 kW 光储充系统	光伏优先消纳、储能平抑波动、充电桩功率分配
工商业园区微电网	2台 MGS-104 并联	方案A (同比例)	160 kW 交直流混合微网	多微电网功率交换、备用共享、SOC均衡
虚拟电厂聚合	2台 MGS-104 并联	方案B (异比例)	400 kW 分布式资源集群	集群调度、需求响应、经济性评估
工业冲击性负载平抑	1台 MGS-104	方案A/B均可	80~200 kW 冲击负载集群	储能平抑功率波动, 波动下降 > 70%

六、技术优势与工程价值

- 投资保护:** 从单平台到多机柜级联 (4~8节点), 硬件堆叠即插即用, 无需重复投资。
- 易用性:** Python脚本编程, 底层硬件完全封装, 会Python即可开展微电网协同控制研究。
- 高保真映射:** 通过阻抗补偿电路保证动态特性一致, 50W平台可等效映射至MW级系统。
- 知识产权保护:** 核心技术已申请多项发明专利及实用新型专利。

七、结论

- ✅ 单台MGS-104 (4节点) 可等效映射至 **80 kW ~ 200 kW** 真实微电网系统。
- ✅ 双台MGS-104并联 (8节点) 可等效映射至 **160 kW ~ 400 kW** 真实微电网系统。
- ✅ 方案A (电压电流同比例) 适用于需要精确阻抗匹配的并网/交流系统研究; 方案B (电压电流异比例) 适用于高功率密度、工商业储能及虚拟电厂场景。
- ✅ 平台支撑源网荷储协同控制、多智能体、强化学习等前沿算法验证, 验证结论可直接迁移至工程现场。

八、参考文献与相关案例

- MGS-104智能功率系统技术规格书 V2.6

九、联系信息

深圳市电湃科技有限公司
官网: www.powerbelltech.com
邮箱: contact@powerbelltech.com
地址: 深圳市坪山区影视文化城T2栋908B