

# 智能微电网实验室方案

## 1. 主要内容

- 搭建一个智能微电网实验系统，以进行包括微网能量管理、储能系统管控、电力大数据、虚拟电厂等智能电网分析与优化技术的研究、实验及示范。
- 借助实验系统开展课题研究，培养学生在智能电网、人工智能等领域的科研能力，锻炼学生的实践能力。
- 成果可转化为微网、储能的产品及解决方案。
- 实验系统总投入预计为 100 万元人民币，包括电池储能系统、电源设备、负荷设备、开关柜、量测及计算机设备等。

## 2. 微电网系统设计方案

### 2.1. 微电网实验系统设计图

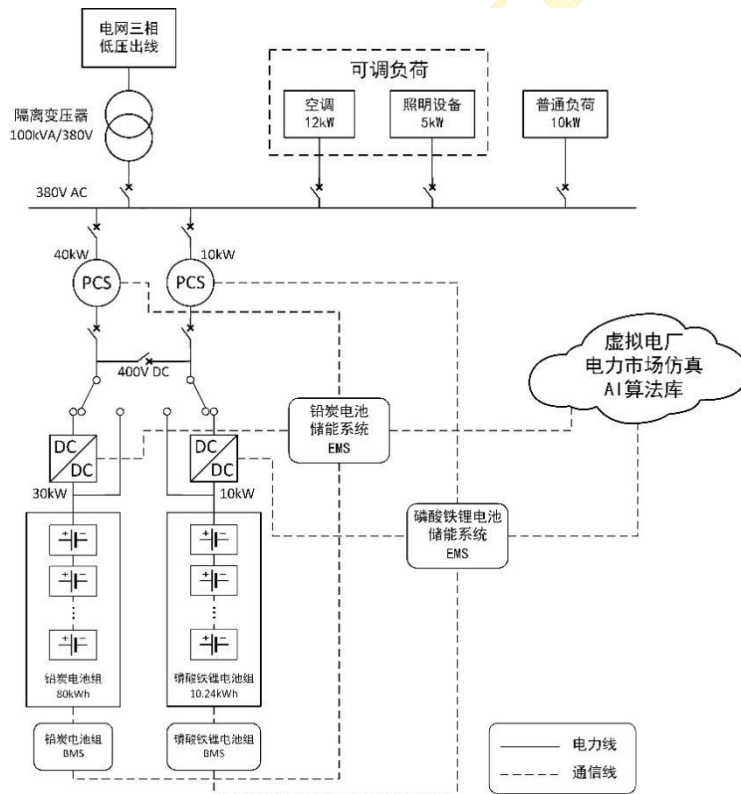


图 1 微电网实验系统设计图

如图 1 所示，所提微电网实验系统的主要电力设备如下：

- 电网接入：为保证实验系统不影响电网的正常运行，在实验系统的公共连接点处，采用隔离变压器连接电网低压出线。
- 电池储能系统两套，分别为：

- 一套铅炭电池储能系统；
- 一套磷酸铁锂电池储能系统。
- 负荷设备包括以下两类：
  - 可调负荷，用于负荷控制及需求响应的研究，包括以下四种：
    - ◆ 空调；
    - ◆ 交流充电桩；
    - ◆ 照明设备；
    - ◆ 电热水器。
  - 普通负荷，不可调控。

## 2.2. 设备购置清单

序号	设备名称	规模型号	单位	数量
1	隔离变压器	100kVA/380V	台	1
2	常规铅炭电池模组	200Ah*2V	块	200
3	磷酸铁锂电池组	10.24kWh	组	1
4	40kW AC/DC 储能变换器	40kW	台	1
5	10kW AC/DC 储能逆变器	10kW	台	1
6	30kW DC/DC 储能变换器	30kW	台	1
7	10kW DC/DC 储能变换器	10kW	台	1
8	空调及控制器	2kW	套	6
9	负载模拟器	5kW	台	2
10	开关柜		个	8
11	计算机		台	2
12	服务器		台	1
13	电池模组 BMS 模块		个	110
14	智能仪表		个	10
15	能量管理系统(EMS)		套	2
16	电力波形记录分析系统		套	1
17	电能质量分析仪		台	1
18	实验台		套	1
19	安全用品		套	1
20	常用安装工具		套	1
21	测试工具		套	1
22	施工运行费用		组	1
总计				

- 设备总投入预计为人民币 100 万元。
- 所提微电网实验系统所需室内场地预计为 60 平方米。

## 3. 方案特点

### 3.1. 五种拓扑结构

目前的储能系统按电池接入方式分为单级或双级、交流或直流等。本方案通过开关的切换组合可以支持五种不同拓扑结构,满足不同储能系统的拓扑和多种电池混合接入电网的实验方案。

### 3.2. 两种运行模式

离网和并网是储能系统运行的两种模式,其中离网运行的频率和电压控制是技术难点。本方案由储能电池和负载构成一个微网,通过调节 PCS 的功率输出进行微网控制实验。

### 3.3. 基于电力市场的储能响应策略

电力市场的电价信息是未来驱动自动化设备经济运行的关键因素。能量管理系统(EMS)与云端系统通信,由云端设定价格曲线。EMS 接收云端发送的价格信息,控制储能系统做出响应。本方案可以模拟调频和调峰辅助服务、自动需求响应(ADR)等功能。

### 3.4. 基于虚拟电厂的储能控制策略

虚拟电厂的难点之一是进行远程分布式控制。本方案将两套储能系统独立运行,通过云端控制输出功率,模拟虚拟电厂的调控策略。

### 3.5. 基于人工智能技术的储能系统分析

EMS 采集 BMS 电池信息、PCS 运行参数、实时母线参数等存储于云端数据库,构建人工智能(AI)算法分析库。学生通过对储能系统建模,学习 AI 程序的开发过程及算法模块使用方法。

## 4. 研究课题

### 4.1. 基于电力大数据的虚拟电厂协同调度与优化

通过对电力市场、电网状态、新能源发电、用户负荷、天气等多源大数据的整合与分析,考虑新能源发电和负荷的不确定性,以系统整体的经济运行为目标,研究大规模设备聚合形成虚拟电厂的协同调度与优化问题,设计快速求解的计算方法。

### 4.2. 基于人工智能算法的电池储能管控技术

通过对电池组及储能系统的关键参数及运行数据的实时采集与分析,设计人工智能算法,精准计算、预测电池网络的荷电状态及健康状态,并进一步设计优

化控制算法，提高电池储能系统的运行寿命。

### 4.3. 智能电网实时监测、分析、保护与控制技术

以电能监测与分析系统为基础，结合微电网分析技术、电池管理与保护技术等，研发对储能系统及可控负荷的预警和保护技术，实现多设备的网络化协同控制，并通过可视化的方式予以呈现。

## 5. 应用方向

### 5.1. 工业园区集装箱式储能系统

提供削峰填谷、需量控制、需求响应、电费优化、电能质量治理、可再生能源消纳等功能。

安装于工商业用户端或是园区的储能系统是我国用户侧储能的主要应用形式，主要服务于电费管理，帮助用户降低需量电费和电量电费。在这些领域，储能既可以与光伏系统联合使用，也可以独立存在；通过峰谷电价差套利是最主要的盈利手段，根据不同地区的政策，需量电费管理和需求侧管理是辅助盈利点。由于储能系统成本有差异，各地区的峰谷电价差不同，因此项目的盈利空间也有差别。以峰谷电价差在 0.75 元-0.80 元之间的地区为例，假定利用峰谷电价差套利是唯一的盈利点，安装铅炭电池系统，每天两次充放，目前储能电站项目静态投资回收期在 6-8 年不等。若采用退役动力电池梯次利用方案，成本可进一步降低，投资回收期可缩减至 5-6 年。

目前比亚迪、中恒普瑞、协鑫集成等企业都已经针对工业园区规划和部署了大型分布式储能项目，以利用峰谷价差节省电费开支为主要目的，同时兼顾提供光伏利用水平、参与需求响应、延缓电力系统改造升级、参与电力辅助服务等收益点。

2016 年，中国共有 347 家国家级工业园区，1167 家省级工业园区，全国工业园区年用电量约为 1.28 万亿千瓦时。

假设国家级、省级工业园区的平均日用电量的 5% 由储能系统进行削峰填谷，每千瓦时储能系统按 1000 元计算，则市场容量合计为：

$$12800/365*5%*1000=1753 \text{ 亿元。}$$

### 5.2. 新能源储能管理系统

提供可再生能源消纳、微电网运行、电网辅助服务等功能。

储能单元和配合新能源发电实用，增加出力平稳性和可控性。根据第三方机构发布的《中国能源展望 2030》。2020 年，新能源及可再生能源装机规模将达到约 8.6 亿千瓦，占总装机规模比重达 42.9%；2030 年装机规模将达 14.4 亿千瓦，占比达 60%，贡献 2020-2030 年间 90% 的能源消费增量。配套储能装置的功率按照风电与光伏装机容量的 15% 计算，到 2030 年，储能电池需求有望达到 8.5 亿 kWh，以单位千瓦时储能系统（锂电池）1200 元的价格计算，中国风光储能市场空间有望达到 1 万亿元（人民币）。

在微电网运行方面，可应用于电动汽车充电站、野外、离岛、偏远地区、欠发达地区等，预计将在印度、中国、日本、澳大利亚、韩国和非洲各国等地区有较大幅度增长，其中亚太地区的年增长率最高。其建设市场将以 10.9% 的年率 (CAGR) 增长，到 2022 年达到 34.94 亿美元/年的规模。此外，储能系统还能够提供快速响应能力，为电网提供辅助服务，参与辅助服务市场获得收益，起到平稳电压、调节频率、维持电能质量的作用。美国、澳大利亚、欧洲等地已有完整的电力辅助服务市场；在我国，随着电力市场整体的逐步放开，部分地区有望建立辅助服务市场试点。

### 5.3. 商业建筑分布式储能系统

支持 UPS、EPS 功能，削峰填谷、需量控制、需求响应、电费优化等。

《民用建筑电气防火设计规程》要求及建筑物必须要配备应急电源，在市电消失时提供照明和消防水泵工作电源。目前建筑的应急电源中小功率采用 EPS，大功率采用柴油发电机。由于火灾的偶发性，这部分设备基本不用成为固定资产，经过几年后需要重新购买以满足消防检查。其次大部分公共建筑都有信息化设备，要求配备 UPS 系统做为后备电源。储能系统本身具有大容量的电池系统，增加部分控制策略完全可以满足在保障 EPS 和 UPS 容量情况下，实行峰谷差价和需求响应 (ADR) 获取收益，实现将建筑的固定成本转化为投资收益。在酒店、商场、公共建筑有上千亿的市场规模。

市场对象：

#### ● 星级酒店

2015 年第四季度，国家旅游局星级饭店统计管理系统中有 12776 家星级饭店。其中包括一星级 92 家、二星级 2373 家、三星级 5286 家、四星级 2398 家、五星级 807 家。

三星级以上：8479 家，平均每家 UPS+EPS+柴油发电机的投资 100 万元计算，84.79 亿元。

#### ● 大型商场

2016 第九届中国商业地产发展高峰论坛上最新发布的《全国已开业购物中心数据盘点(不含港澳台)》显示，据不完全统计，截止至 2016 年第一季度，全国一二三线城市已有 3547 个建筑面积在 2 万平方米以上的购物中心项目开业，总计建筑面积达 35284.5 万平方米，总计经营面积达 23040.3 万平方米。

平均每家购物中心的 EPS+UPS 系统投资按 100 万元计算，共  $3547 * 100 \text{ 万} = 35.47 \text{ 亿元}$ 。

#### ● 公共建筑

2016 年年末，全国村镇实有房屋建筑面积 383.0 亿平方米，其中住宅 323.2 亿平方米，公共建筑 24.0 亿平方米，生产性建筑 35.8 亿平方米。

公共建筑平价按 5000 平方米/栋计算，每栋 20 万的 EPS+UPS 系统：  
 $240000 / 0.5 * 20 \text{ 万} = 960 \text{ 亿元}$ 。

## 6. 项目建设单位

珠海吉瓦科技有限公司为新能源创新技术企业，专注于储能、微电网、能源互联网领域，研发、生产和销售能源监控及能量管理系统产品。采用人工智能、大数据与信息物理系统技术，提高新能源的利用效率与经济效益，促进可再生能源在配用电领域的广泛应用。

总工程师林俊豪博士：清华大学学士、香港大学博士，“珠江人才计划”海外青年人才。研究方向为电力系统优化与控制、能量路由、数学优化算法，研究成果发表于 IEEE TPWRS、IEEE IoT Journal 等国际顶级学术期刊。

2018年3月

GWGRID 吉瓦科技