

# 美的集团空调事业部

## 研究生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-MDKT-4

联 培 项 目 名 称： 家庭能源管理系统的研究与开发

联 培 单 位： 美的集团家用空调事业部

项 目 负 责 人： 史海旭

联 系 电 话： 15201519790

单 位 负 责 人： 江海昊

联 系 电 话： 15573261025

东北大学佛山研究生创新学院

## 填表说明

- 1、 本表由联合培养基地填写，务必保证信息全面准确。
- 2、 联合培养基地每年 3 月前将本表交于东北大学佛山研究生创新学院，用于本年度接收联合培养研究生。
- 3、 一份需求表只能填写一个项目，且需求表上交后原则上不允许取消或更改。
- 4、 联培项目编号为：东北大学佛山研究生创新学院简称佛山研究生创新学院，简称代码-FSNEU、年份-202X、基地名称简称代码-XXX(广州海格通信集团股份有限公司简称海格通信，简称代码 HGTX)、本基地本年度项目序号 X X，例如：FSNEU-2022-HGTX-1。
- 5、 各栏目内容可续页。

东北大学佛山研究生创新学院联培基地项目需求表

项目编号	FSNEU-2026-MDKT-4	项目名称	家庭能源管理系统的研究与开发
联培课题方向	电力电子微电网控制技术		
所需研究生学科方向	电气工程专业 二级学科优先为 电力电子		
需求人数	2		
岗位要求	1、硬件调试测试 1 人 2、软件调试测试 1 人 3、协助其他产品开发维护工作 4、可利用本部门产品家庭能源管理系统（光储充热空）研究控制策略，获取实验波形，撰写大小论文		
项 目 简 介			
<p>一、项目背景：</p> <p>2022年俄乌战争以来，对于欧洲人打击最大的就是能源成本飙升，导致生活压力倍增。在国内电力、煤炭供需持续偏紧，多种因素导致近期一些地方出现拉闸限电，连生活用电也受到影响。全球能源发展方式需要从简单、粗放式发展向集约和可持续发展方向转变。随着互联网技术的不断发展和完善，“互联网”与“智慧能源”的有机融合，将是重塑全球能源竞争新格局的重要契机，是实现能源绿色和可持续发展的内在动力与要求，是推动能源生产和消费革命的强劲引擎。</p> <p>以光伏、储能为核心的家庭能源系统产品在未来具有广阔的市场前景，但就目前市场上家庭能源产品存在的主要问题有：发电类产品单价高、策略难以全面涵盖各种边界工况条件，故障返修率高，寿命较低，标准不</p>			

完善，各厂家家电产品无法实现互联互通，因此相当部分消费者对于采用智慧能源管理产品来进行节能的积极性不高，用户体验性差。

## 二、研究现状：

随着平价时代的到来，近年来全球户用光伏重回高速增长，目前光伏的电力电子功率变换技术研究集中于光伏功率的最大化获取，然而大规模的此类系统装机势必造成电网结构的重构，户用光伏-储能蓄能系统内的电力电子变换控制设计将不再能将电网视为容量无穷大系统，而必须考虑和发电厂协同维持电网电压的频率和幅值。而此类分布式光伏渗透率的提高也增大了电网系统的运行风险，导致电网对光伏本地消纳的要求进一步提高，也将造成传统光伏功率控制原则的转变，以适应分布式光伏、发电厂和变电站共同维持电网的新要求。

**传统技术：**家庭微电网提供了各类清洁能源的接口和协同利用的手段。家庭微电网通常是交直流混合型，交流侧可市电网相连，以获得稳定电能支撑；也可断开和电网的连接，独立供电运行。电力电子变换器的传统控制策略由并离网的条件决定，并采用电压源或电流源的控制模式。例如离网状态时，交直流接口变换器工作于Vf控制模式，V/f 控制是对分布式电源逆变器的电压和频率进行控制，以提供交流母线电压和频率的支撑；并网状态时，交直流接口变换器工作于 P/Q 控制模式。P/Q 控制是对分布式电源输出的有功与无功功率进行控制的方法，不刚性维持交流电压的幅值和频率。这种依并离网状态切换的控制方法的性能，受并离网条件判断准确度和并离网开关动作速度的影响。且状态切换增加了控制逻辑的复杂度，随着多能源的接入和更多家电的联动，家庭微电网整体的控制复杂度叠加上升，不利于控制系统的可靠性。需要研究开发更直接遵循微

网运行功率平衡机理的，环路更加统一的控制策略，以降低控制和采样系统的复杂度，提升其可靠性和对电网的友好性。

**新兴技术：**统一控制理论以统一的控制环路应对不同并网条件，包括微网内各部件是否缺失的条件。统一控制理论深刻把握了交直流惯性环节功率平衡的本质要求，因而顺应该要求的统一控制策略无需因微网外部条件变化而切换控制环路。这种控制方法同时也为家庭微网和电网的有机互动带来了新型简便的技术路径。

a) 下垂控制与虚拟同步电机控制方法：下垂控制借鉴了电力系统的一次调频功能，利用传统发电机的有功-频率、无功-电压两条特性曲线，对分布式电源中的逆变器进行控制，实现对微电网系统交流母线电压和频率的分布式调节。虚拟同步电机控制策略以下垂控制为基础，增加了一个虚拟的转子惯性环节，从而获得了更优的频率稳定性，改善了交流电能质量，并且是一种自治的并联控制策略。由于表现为同步电机的特性，而不需要区分并网和离网条件，使得控制逻辑大为简化，且能自动参与交流电网频率的维持。

b) 交直流双侧统一控制方法：将直流侧的下垂控制和交流侧的虚拟同步电机控制相结合，学者们提出了交直流双侧统一控制方法。这种控制方法将两侧的下垂作一均衡，并将两侧的虚拟惯量合并为真实的母线惯量，从而实现了直流电压刚性和交流电压刚性的双向自动传递。因此无论交流侧并网或离网，直流侧支撑电源运行或缺失，只要全系统还有一个支撑型电源，这种统一控制就仍然可以适用，而不需切换控制环路。因而是一种很先进而又简易的控制思想，实现了交流频率的支撑与直流母线电压的支

撑统一，正受到越来越多的关注和研究。这种控制方法将虚拟和真实惯量统一的特点，为多清洁能源协同的上层控制设计，带来了坚实的底层控制基础。

### 三、关键性问题或技术：

#### 1) 家庭源网荷储热多变换器协同控制技术

光伏发电利用的光能，热泵利用的环境热能，输入到电机和电力电子变换器组成的功率变换系统。针对这一特点，研究揭示这些电机和变换器在各种工况下的功率耦合机理，及其共同调节直流母线电压的机制。并分析各变换器控制芯片在低带宽不可靠通信下的可靠协调机制，以及控制系统部署构架。据此提出光伏-环境热多能源协同的电能量变换先进控制策略。这种控制策略将以统一的控制环路适应不同工况模式，如并网模式/离网模式，热泵模式和/电加热模式。

#### 2) 家庭源网荷储热能效优化管理技术

构建家庭能源系统需求响应模型，通过家庭负荷柔性控制方法，改变负荷能源消费行为，促进整体能源系统的供需平衡。根据家庭宽谱能源系统负荷特性及家庭电动汽车出行规划，以家庭能源系统运行成本最低、经济效益最大、负荷峰谷最小、负荷波动均方差最小等为控制目标，储能寿命、用户行为习惯、可再生能源与负荷不确定扰动等为约束，研究交互调度策略与求解方法，确保系统能够实现多重控制优化目标。

### 四、预期目标：

1、家庭智慧能源管理系统辅助控制策略方案，包含休假模式等特殊模式的针对性策略和参数整定方法

2、家庭智慧能源管理系统联动家电策略方案，包含联动的能效收益

联合优化方法

3、相关产品完成研发

项 目 负 责 人项 目 经 历			
起止时间		项目名称	主要内容
2021-01-01 至 2021-12-31		国家自然科学基金委员会,青年科学基金项目,52007096,基于机电耦合双端模拟的AC-DC 接口变换器控制研究(主持)	接口变换器无参考值控制方法研究
2019-01-01 至 2022-12-31		国家自然科学基金委员会,面上项目,51877117,大容量可逆固体氧化物燃料电池系统中的电力电子变换理论与技术研究,65 万元	容量可逆固体氧化物燃料电池系统中的电力电子变换理论与技术研究
2017-01-01 至 2020-12-31		国家自然科学基金委员会,面上项目,51677054,基于低漏电流本征设计的双降压式并网逆变器拓扑理论与关键技术研究,65 万元	基于低漏电流的并网逆变器拓扑理论与关键技术研究
2016-07 至 2020-12		国家重点研发计划,智能电网技术与装备专项,2016YFB0900205,基于宽禁带功率器件的新型光伏直流升压变流模块技术,272 万元	基于宽禁带功率器件的新型光伏直流升压变流模块技术研究
2020-03 至 2022-03		清华大学-丰田汽车联合研究院,跨学科专项,20203910017,面向“光储充氢”的直流微电网系统关键技术研究,530 万元	面向“光储充氢”的直流微电网系统关键技术研究
工 作 计 划 安 排			
序号	起止时间	阶段内容	工作量估计 (天)
1	2026.07-2027.03	家庭光储系统学习与调试,参与产品储备技术研究工作	110
2	2027.04-2028.04	家庭光储系统联动家电策略研究,产品储备技术研究工作	120