



清华大学

Tsinghua University

EUDP Sino-Danish project



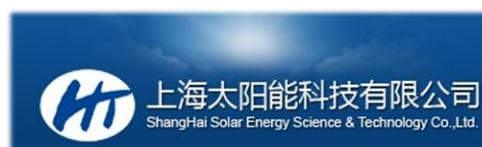
Micro-Grid Technology Research and Demonstration

Prof. Josep Guerrero, Aalborg U.
joz@et.aau.dk

Prof. Kai SUN 孙凯, Tsinghua U.
sun-kai@mail.tsinghua.edu.cn



Kamstrup



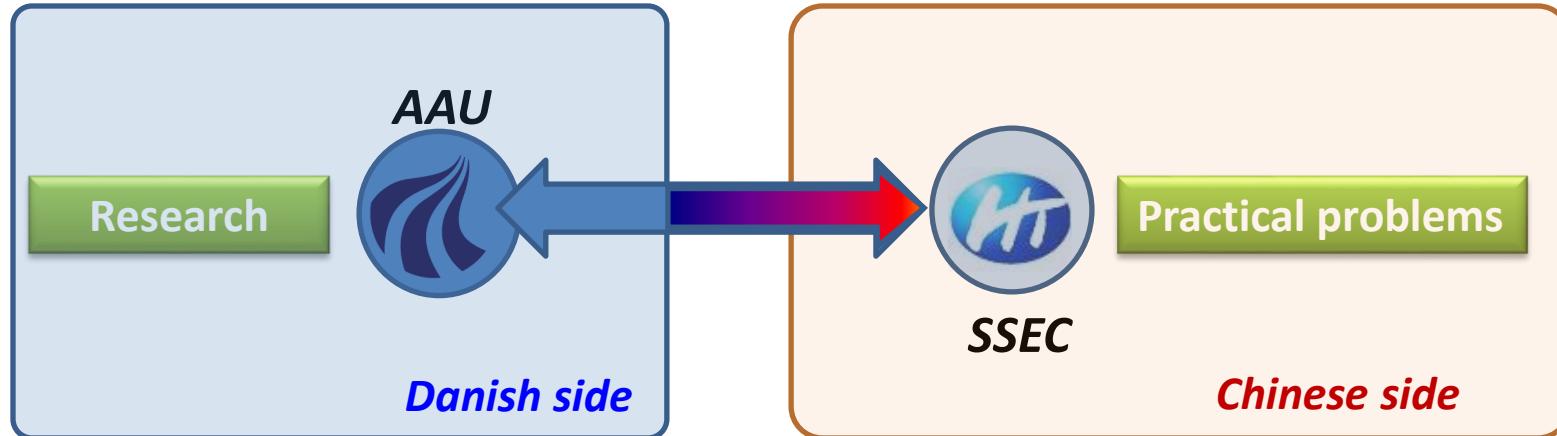
清华大学
Tsinghua University



MicroGrid Research programme: www.microgrids.et.aau.dk



The RED project



2013 Sino Danish Collaboration Project

Objectives:

- Test problems derived by the microgrid operation
- Hardware-in-the-loop initial tests

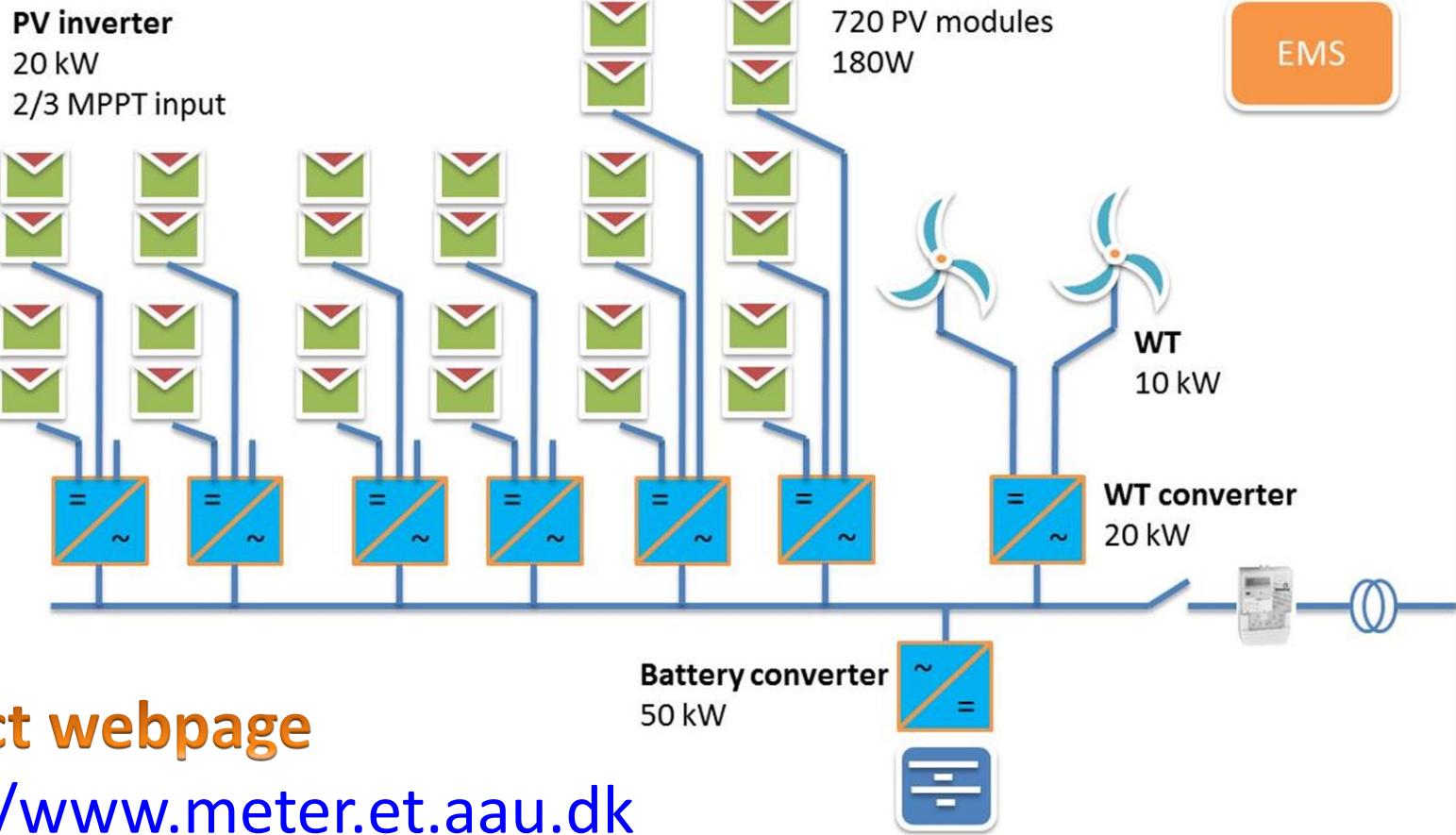


中国-丹麦可再生能源发展项目

Sino-Danish Renewable Energy Development Programme



200kW MicroGrid based on wind/PV/storage hybrid system



Project webpage

<http://www.meter.et.aau.dk>



200kW MicroGrid based on wind/PV/storage hybrid system



PV power generation subsystem

PV array installed on the roof of **Shanghai ShenZhou** New Energy B plant, installed capacity of **130 kVA**, east-west array configuration, adopt the fixed angle best installation.



200kW MicroGrid based on wind/PV/storage hybrid system



Wind power generation subsystem

Total wind power installed capacity: 20kVA. (2 x 10 kW Wind Turbines)



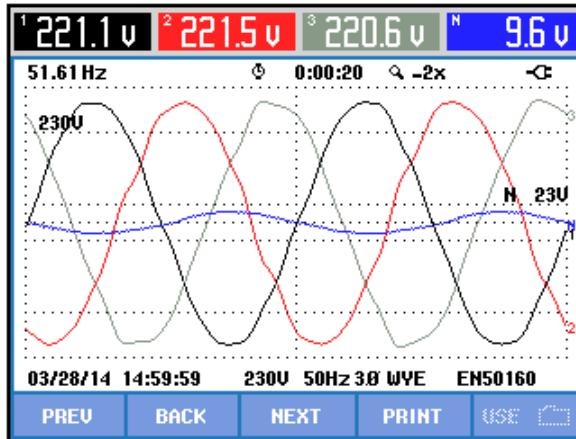
200kW MicroGrid based on wind/PV/storage hybrid system



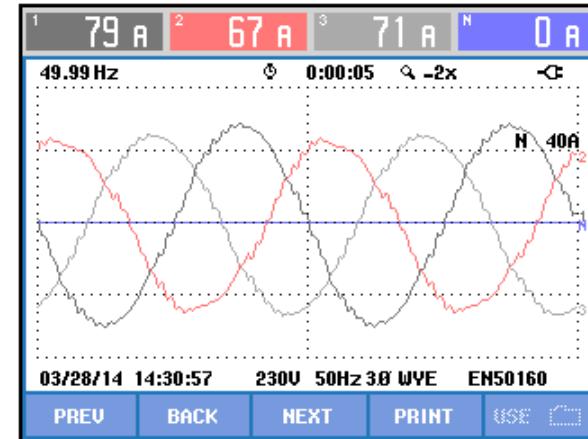
Battery energy storage system, power electronics and control.



The Experiment of hybrid Micro-grid system



The voltage of PCS(island mode)



The current of PCS(gird-connected)

谐波表格				
Volt	L1	L2	L3	N
THD% _f	2.5	3.3	2.9	9.3
H3% _f	0.5	1.3	0.8	4.0
H5% _f	1.5	1.1	2.1	2.2
H7% _f	1.3	2.2	1.5	1.1
H9% _f	1.1	1.6	0.8	1.0
H11% _f	0.2	0.4	0.4	0.6
H13% _f	0.1	0.1	0.1	0.2
H15% _f	0.1	0.1	0.1	0.3

03/28/14 15:00:22 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160
PREV BACK NEXT PRINT USE

The THD analysis of voltage

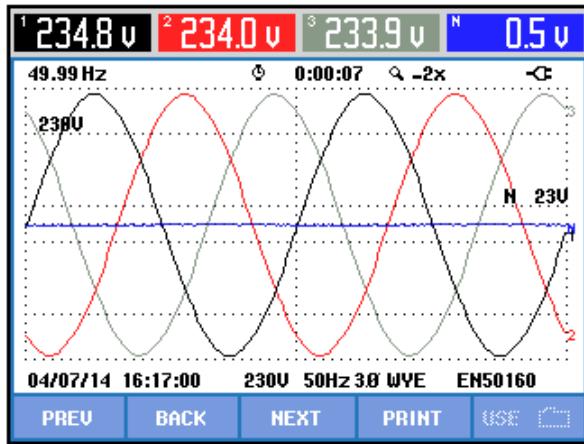
谐波表格				
Amp	L1	L2	L3	N
THD% _f	6.7	11.2	7.5	541.5
H3% _f	1.1	7.8	0.7	92.2
H5% _f	1.9	2.4	2.3	82.5
H7% _f	2.5	3.8	3.6	96.9
H9% _f	1.3	1.6	1.3	80.9
H11% _f	0.6	0.7	0.7	87.6
H13% _f	0.5	0.7	0.6	84.0
H15% _f	0.5	0.6	0.6	87.9

03/28/14 14:33:09 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160
PREV BACK NEXT PRINT USE

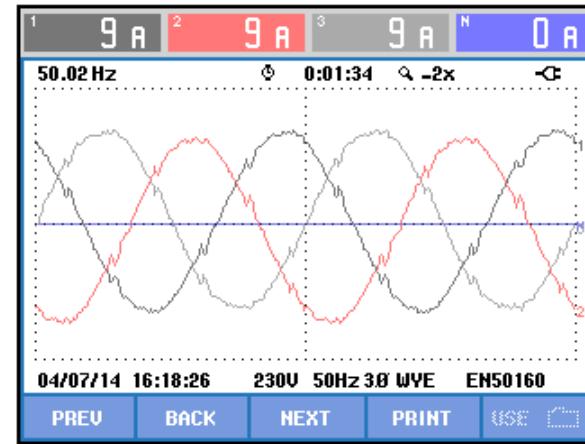
The THD analysis of current



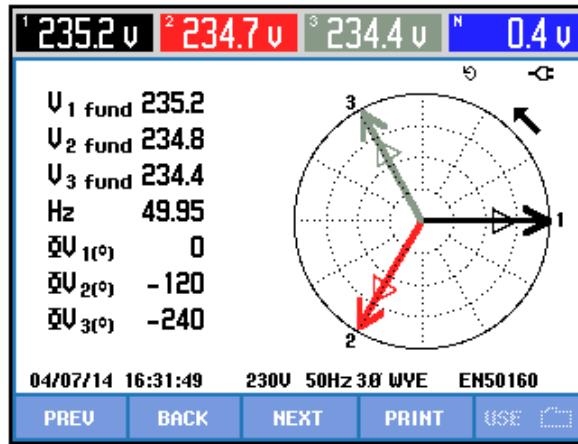
The Experiment of hybrid Micro-grid system



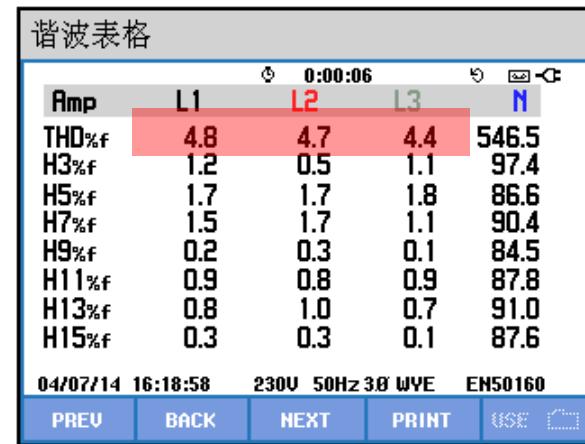
The voltage of PCC



The current of PV inverter

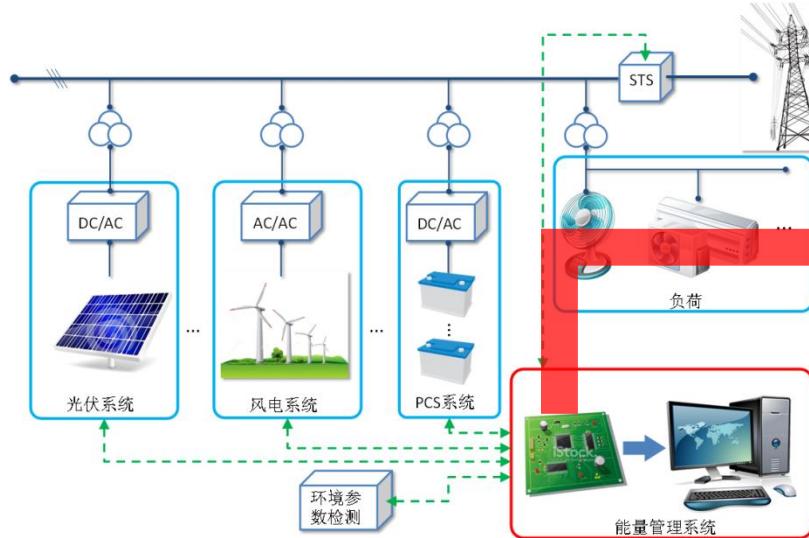


Phase analysis of voltage

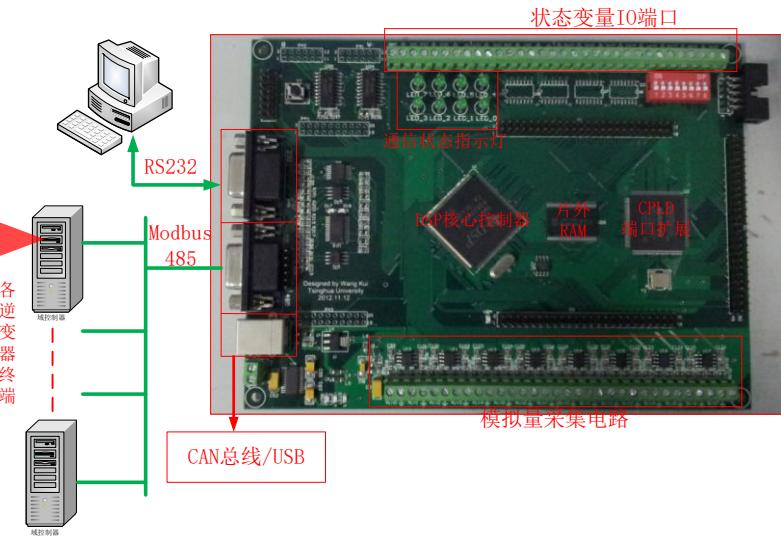


The THD analysis of current

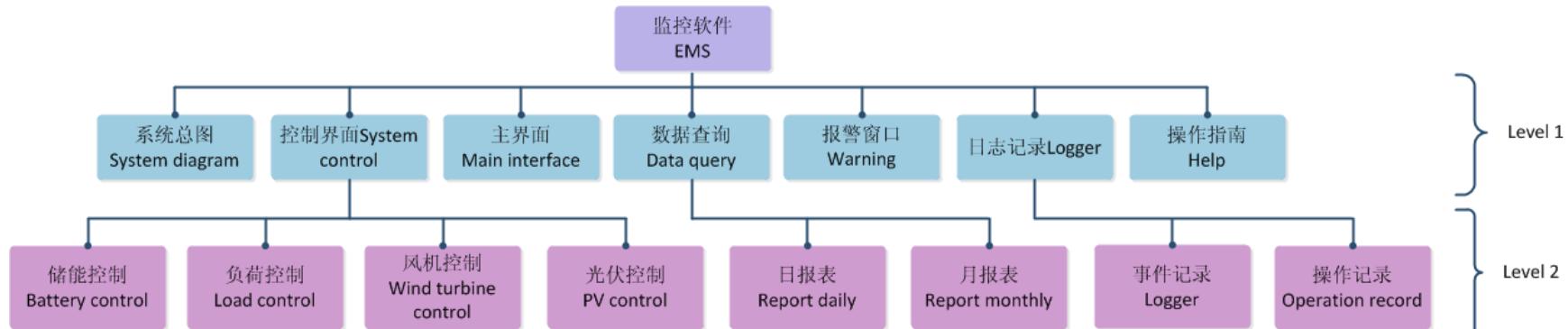
Energy Management System(EMS)



Energy management system

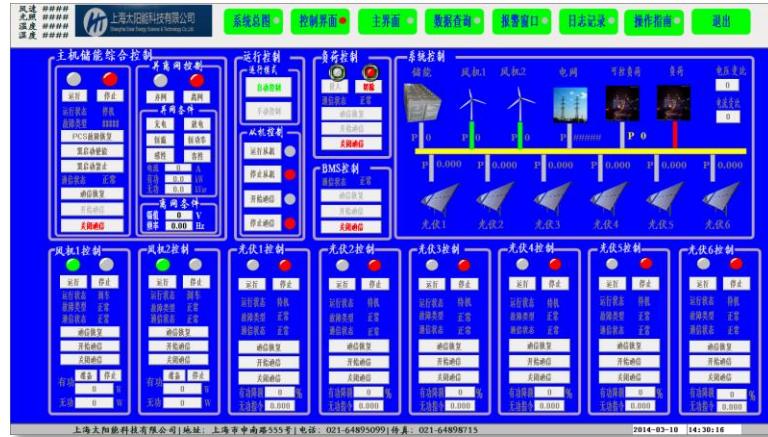


EMS Control board



The structure of EMS software

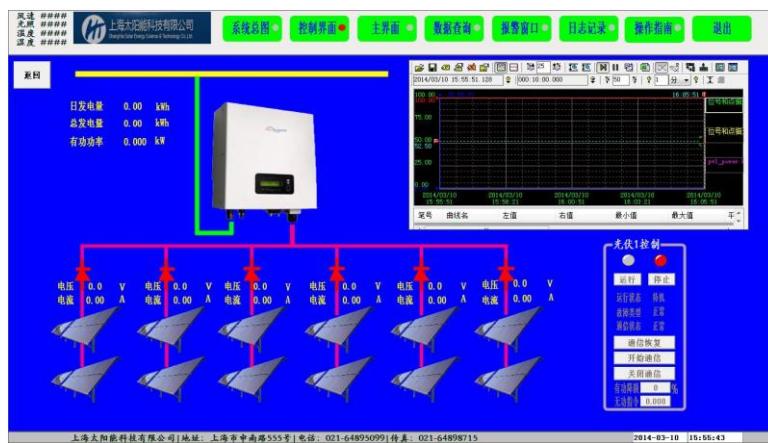
Energy Management System(EMS)



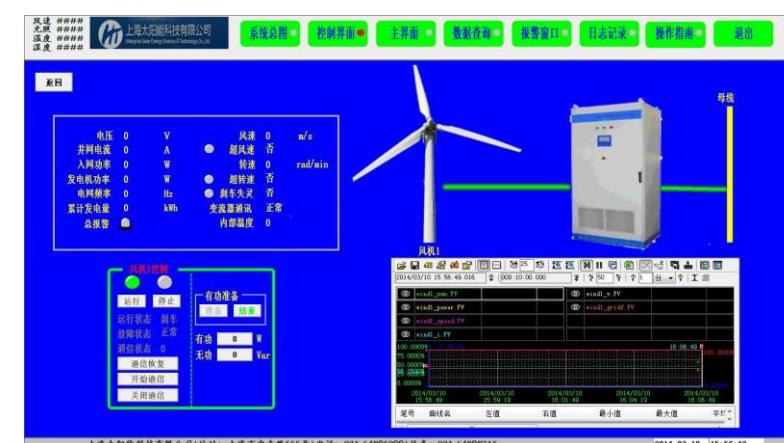
System control interface



Energy storage control interface



PV System control interface



Wind turbine control interface

Micro-Grid Technology Research and Demonstration



Energy Management System(EMS)

The screenshot shows a complex industrial control and monitoring system. At the top, there's a navigation bar with tabs: 系统总图 (System Overview), 控制界面 (Control Interface), 主界面 (Main Interface), 数据查询 (Data Query), 报警日志 (Alarm Log), 操作指南 (Operation Guide), and 退出 (Exit). Below the navigation bar, there are several status indicators and data displays. A large blue box labeled "固定负载" (Fixed Load) contains a switch icon, and a grey box labeled "可控负载" (Controllable Load) contains a switch icon. The main monitoring area shows power parameters for phases A, B, and C, including voltage, current, active power, reactive power, and power factor. There are also sections for frequency, total power, and power factor. On the right side, there's a graph showing power consumption over time, with data points for 2014/03/10, 2014/03/10, 2014/03/10, 2014/03/10, 2014/03/10, 2014/03/10, and 2014/03/10. The bottom of the screen has a footer with the company name and address, and a timestamp.

Load control interface

Main control interface

 上海宝特科技有限公司 Shanghai Baitek Technology Co., Ltd.	系统启动	控制界面	主界面	数据查询	报警窗口	日志记录	操作指南	退出
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	--------------------

日报表

日期	
2014年3月9日	08时0分0秒
2014年3月9日	1时0分0秒
2014年3月9日	2时0分0秒
2014年3月9日	3时0分0秒
2014年3月9日	4时0分0秒
2014年3月9日	5时0分0秒
2014年3月9日	6时0分0秒
2014年3月9日	7时0分0秒
2014年3月9日	8时0分0秒
2014年3月9日	9时0分0秒
2014年3月9日	10时0分0秒
2014年3月9日	11时0分0秒
2014年3月9日	12时0分0秒
2014年3月9日	13时0分0秒
2014年3月9日	14时0分0秒
2014年3月9日	15时0分0秒
2014年3月9日	16时0分0秒
2014年3月9日	17时0分0秒
2014年3月9日	18时0分0秒
2014年3月9日	19时0分0秒
2014年3月9日	20时0分0秒

月报表

日期	
2014年3月1日	
2014年3月2日	
2014年3月3日	
2014年3月4日	
2014年3月5日	
2014年3月6日	
2014年3月7日	
2014年3月8日	
2014年3月9日	
2014年3月10日	
2014年3月11日	
2014年3月12日	
2014年3月13日	
2014年3月14日	
2014年3月15日	
2014年3月16日	
2014年3月17日	
2014年3月18日	
2014年3月19日	
2014年3月20日	
2014年3月21日	

Data query interface

序号	时间	说明	程序
0	2014/03/10 10:06:56	程序启动	ProgramMan
1	2014/03/10 10:07:05	SYSTEM登录	LOGIN
2	2014/03/10 10:07:06	程序关闭	ProgramMan
3	2014/03/10 10:07:06	程序启动	DRAW
4	2014/03/10 10:07:11	启动系统	Startup
5	2014/03/10 10:07:11	程序启动	Startup
6	2014/03/10 10:07:13	程序启动	DB
7	2014/03/10 10:07:13	Load Success EkCalc.Dll	DB
8	2014/03/10 10:07:13	Load Success EkDevRun.dll	DB
9	2014/03/10 10:07:13	Load Success EkReportOLEDB.dll	DB
10	2014/03/10 10:07:13	没有检测到加密密，只能以演示方式运行。忽略：进入...	DB
11	2014/03/10 10:07:14	程序启动	Server
12	2014/03/10 10:07:16	程序启动	VIEW
13	2014/03/10 10:07:16	没有检测到加密密，只能以演示方式运行。	VIEW
14	2014/03/10 10:07:16	2014-03-10 10:07:16.056 打开COM5失败，该端口...	DB
15	2014/03/10 10:07:16	2014-03-10 10:07:16.071 打开COM5失败，该端口...	DB

Log record interface



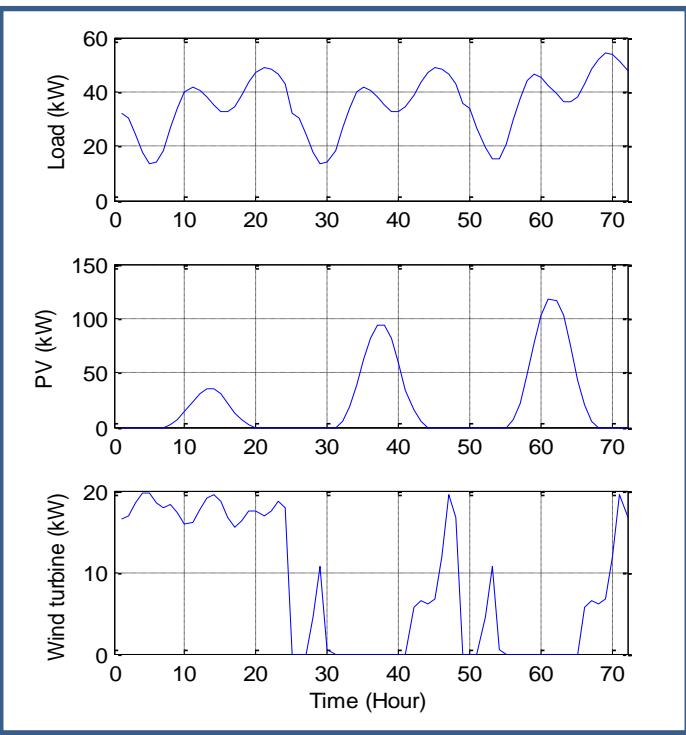
Energy Management Strategy

Mode	Condition	PV	WT	PCS
Stand Alone	$30\% < SOC < 100\%$	MPPT	MPPT	Discharging
Grid Scheduling	$P_{renewable} > P^* - P_{load}$ and $SOC < 100\%$	MPPT	MPPT	Charging
	$P_{renewable} > P^* - P_{load}$ and $SOC = 100\%$	Power Control	Power Control	Stop Charging
	$P_{renewable} < P^* - P_{load}$ and $SOC > 30\%$	MPPT	MPPT	Discharging
	$P_{renewable} < P^* - P_{load}$ and $SOC = 30\%$	MPPT	MPPT	Charging
Economic Optimal	$30\% < SOC < 100\%$	MPPT	MPPT	Optimal control

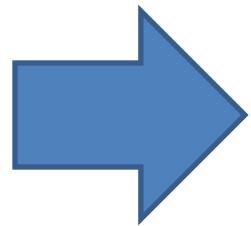


Energy Management optimal algorithm (Scenario A)

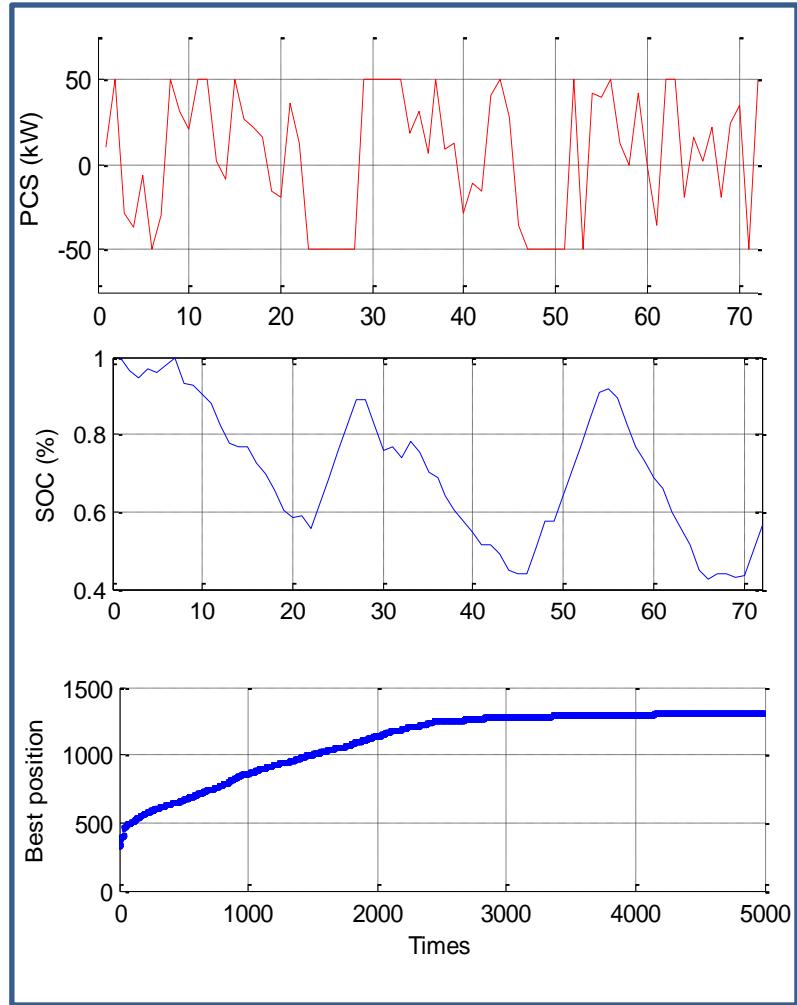
Scenario A	Day 1	Day 2	Day 3
Load	Small	Small	Regular
PV	Rain	Cloud	Regular
Turbine	Big	Small	Small



PSO
optimal algorithm



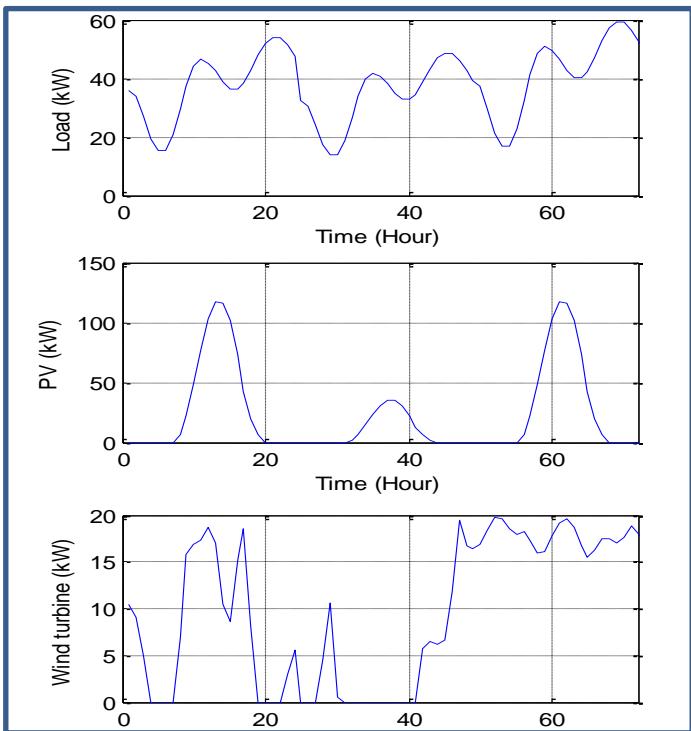
Subject to:
 $30\% < SOC < 100\%$



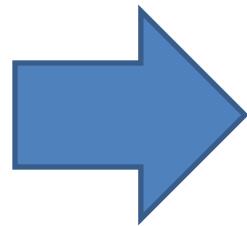


Energy Management optimal algorithm (Scenario B)

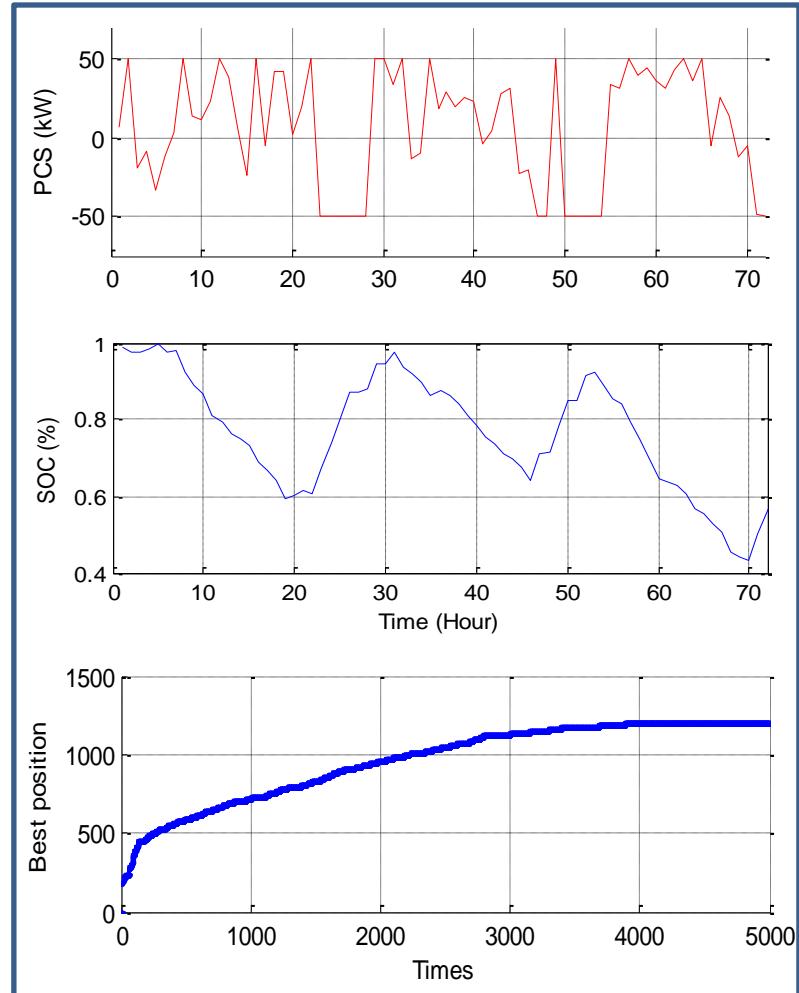
Scenario B	Day 1	Day 2	Day 3
Load	Regular	Small	Big
PV	Regular	Rain	Regular
Turbine	Mid	Small	Big



PSO
optimal algorithm



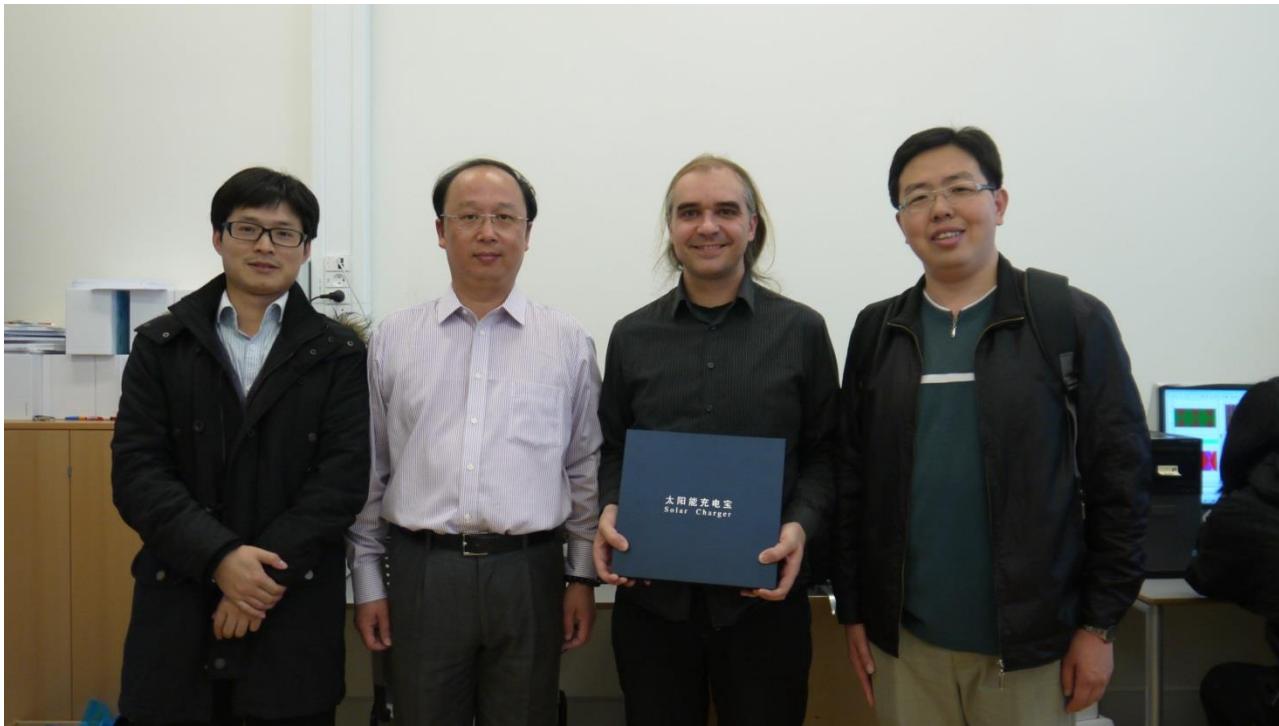
Subject to:
 $30\% < SOC < 100\%$





200kW MicroGrid based on wind/PV/storage hybrid system

***The RED project was successfully finalized with the
Microgrid demonstration facility***



RED project was a good first step towards our long term project...



Project Partners

Danish Side

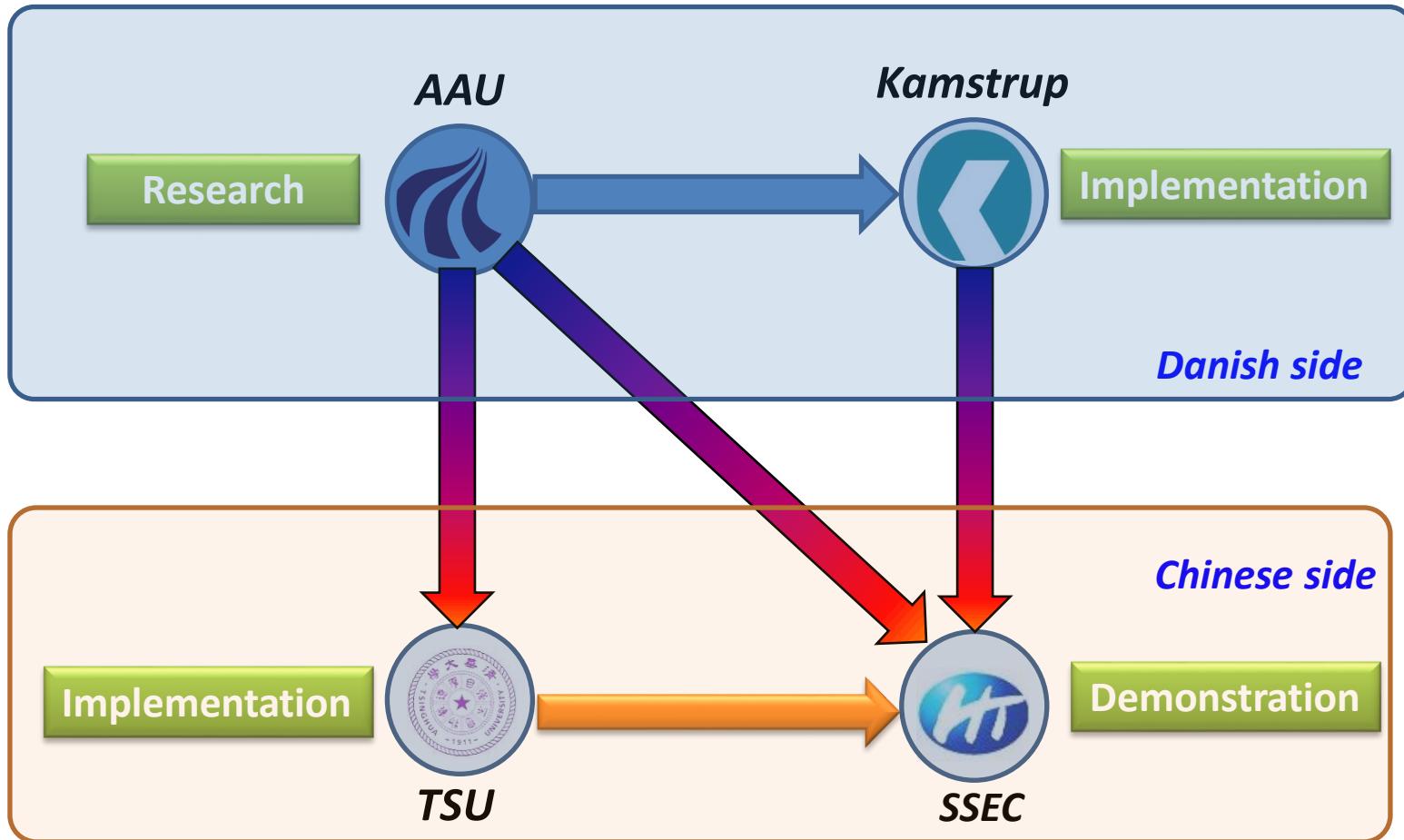
- *Aalborg University* – *Microgrid Research Programme*
- *Kamstrup A/S* – *Omnia Suite*

Chinese Side

- *Shanghai Solar Energy Ltd* – *Microgrid implementation project*
- *Tsinghua University* – *Leading University in China*



EUDP Sino-Danish project





ET Intelligent Micro-Grid Laboratory

Every setup is able to emulate a multi-converter low-voltage Microgrid, local and energy management control programmed in dSPACE real-time control platforms.





ET Intelligent Micro-Grid Laboratory



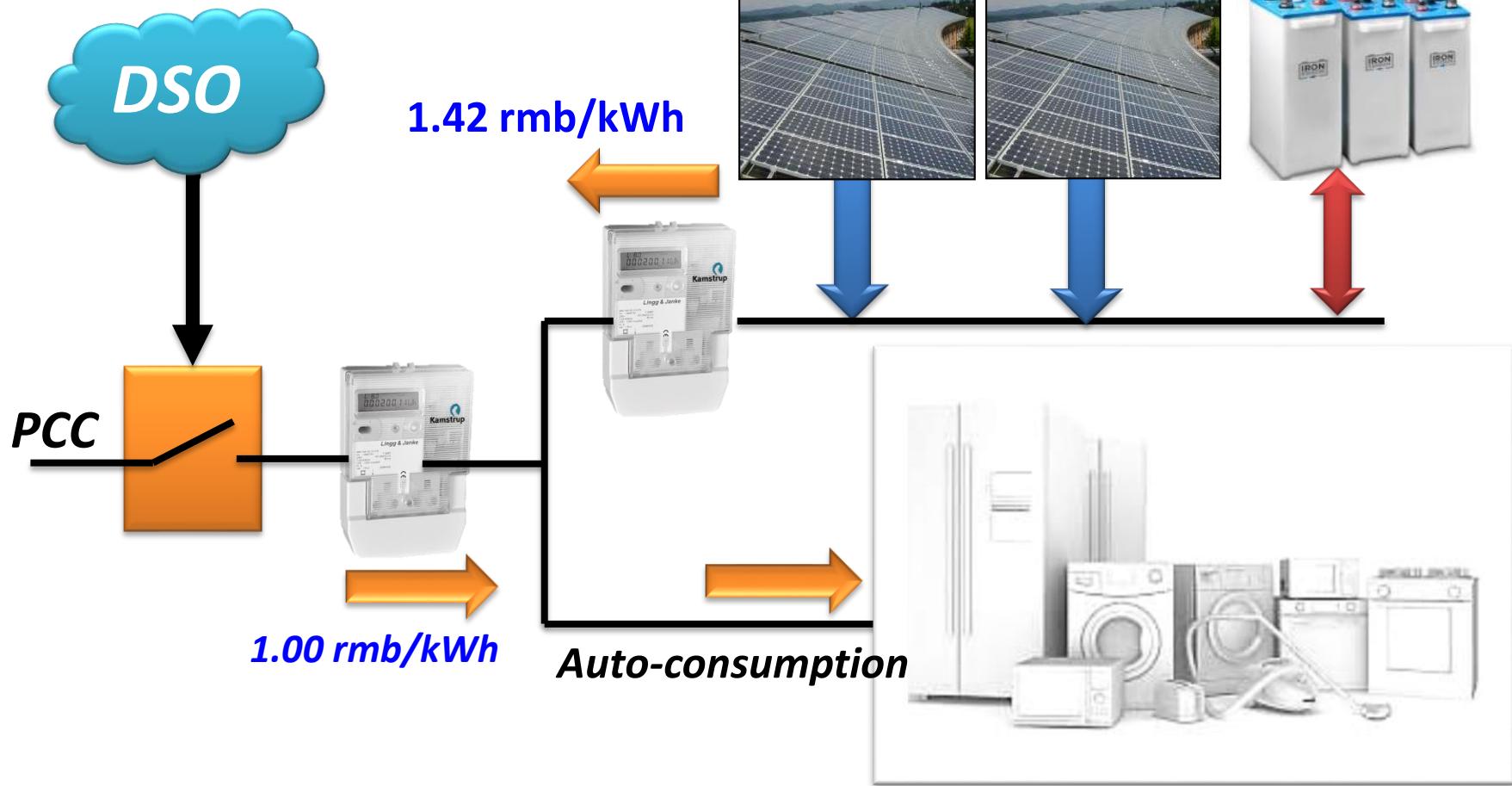


EUDP Sino-Danish project

- Research in the iMGlab-AAU
- To be Implemented at the facility microgrid in Shanghai (developed as a result of the RED-project)

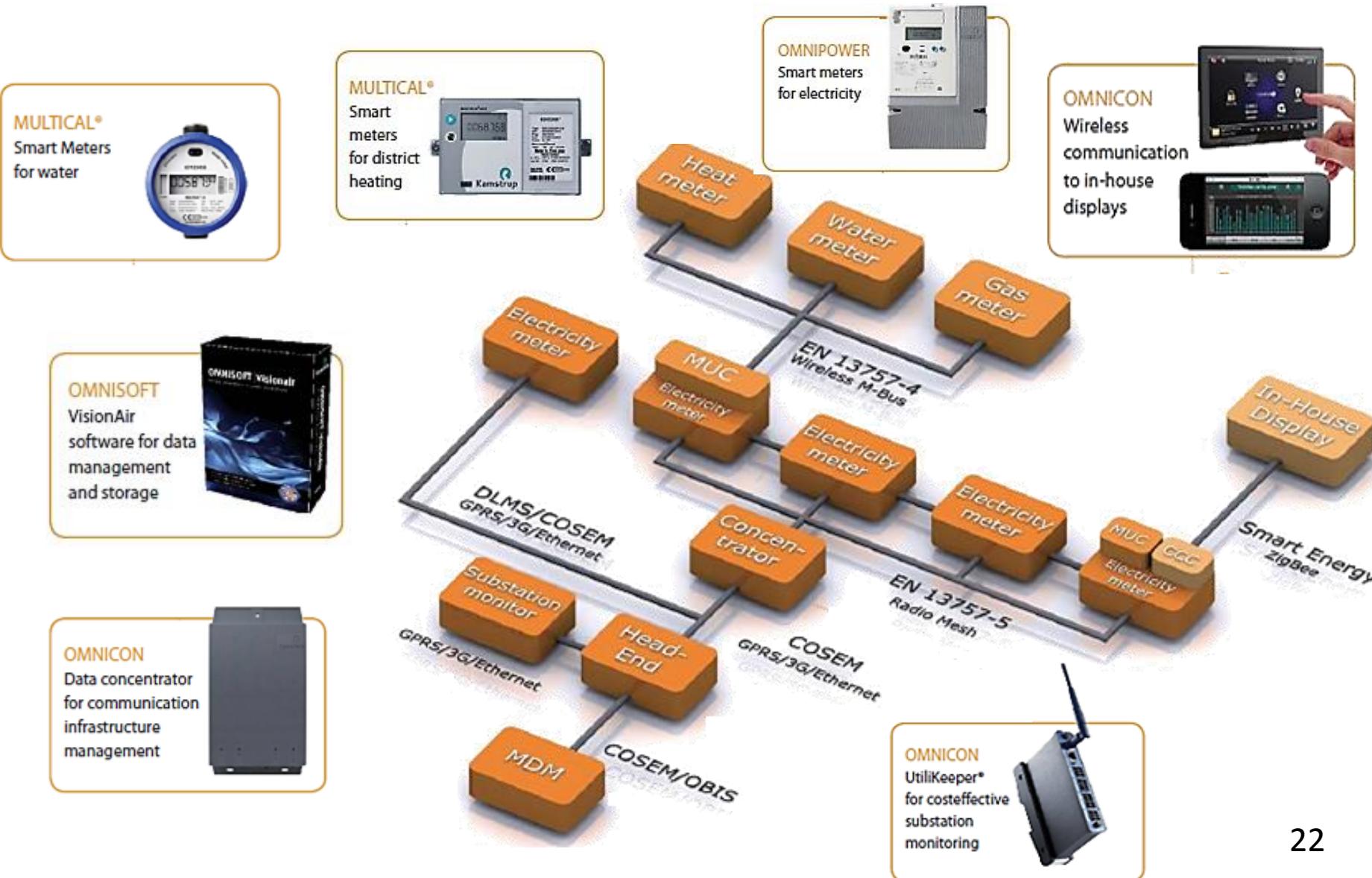


Microgrids in China – Case study scenario





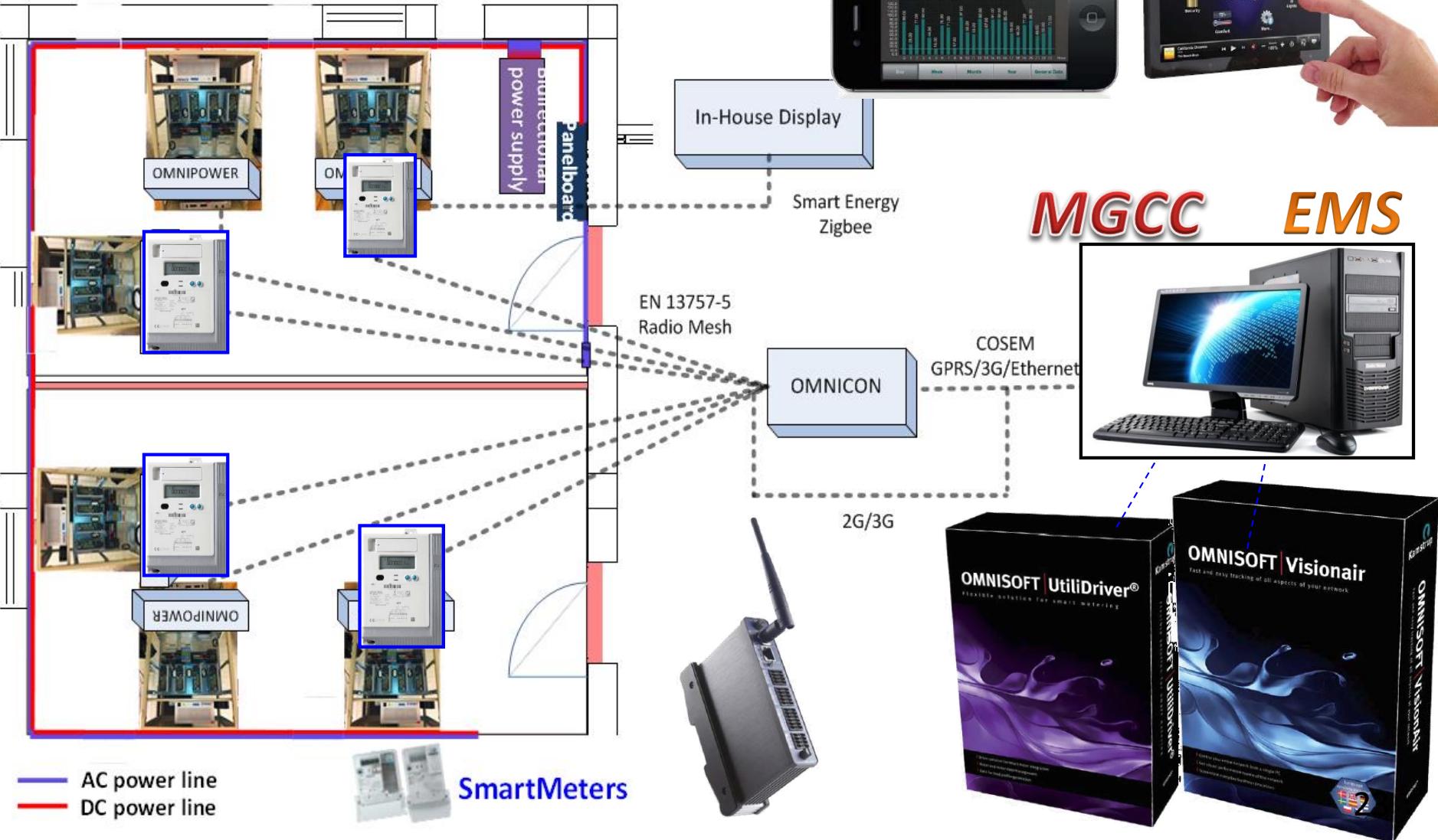
Smart grid in Denmark – The Omnia Project





Smart grid in Denmark – Omnia Project

□ Kamstrup Omnia scheme in iMGlab





Micro-Grid Technology Research and Demonstration

<http://www.meter.et.aau.dk>

Contact:

Prof. Josep Guerrero, Aalborg U. joz@et.aau.dk

Prof. Kai SUN 孙凯, Tsinghua U. sun-kai@mail.tsinghua.edu.cn

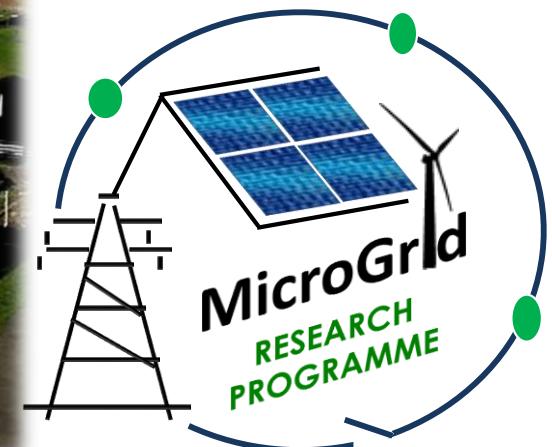
www.microgrids.aau.dk

Microgrids seriously
affect your brain
www.aau.dk



清华大学

Tsinghua University



Thank you for your attention!