

台灣微電網技術之發展現況

林法正

國立中央大學電機系講座教授

台灣電力公司常務董事

第二期能源國家型科技計畫智慧電網主軸召集人
IEEE/IET Fellow

2018年 11月12日

簡報大綱

- 一. 台灣智慧電網推動現況
- 二. 台灣智慧電網產業發展現況
- 三. 台灣微電網技術發展現況

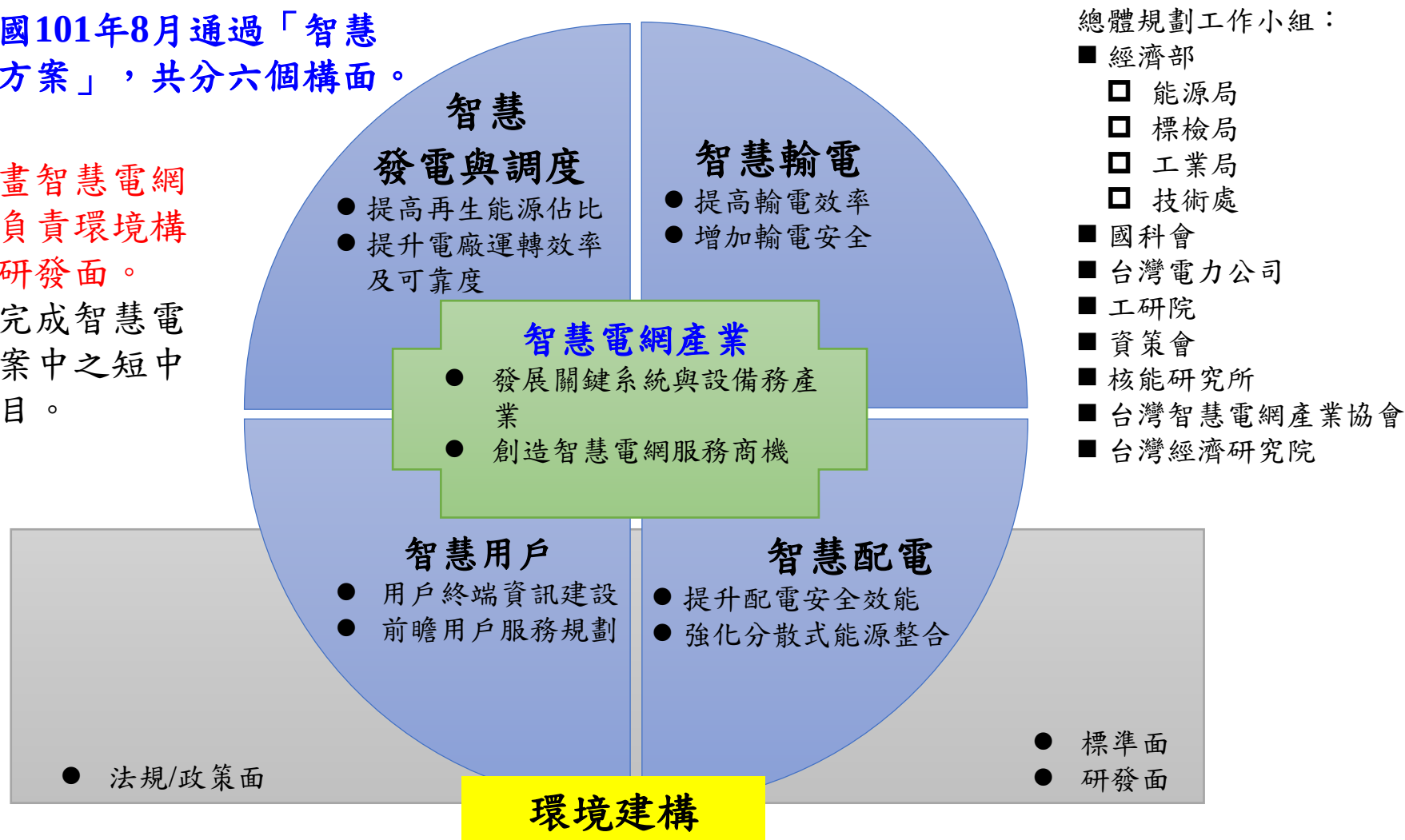
一、台灣智慧電網推動現況

台灣智慧電網總體規劃 (2011~2030)

- 行政院已於民國101年8月通過「智慧電網總體規劃方案」，共分六個構面。

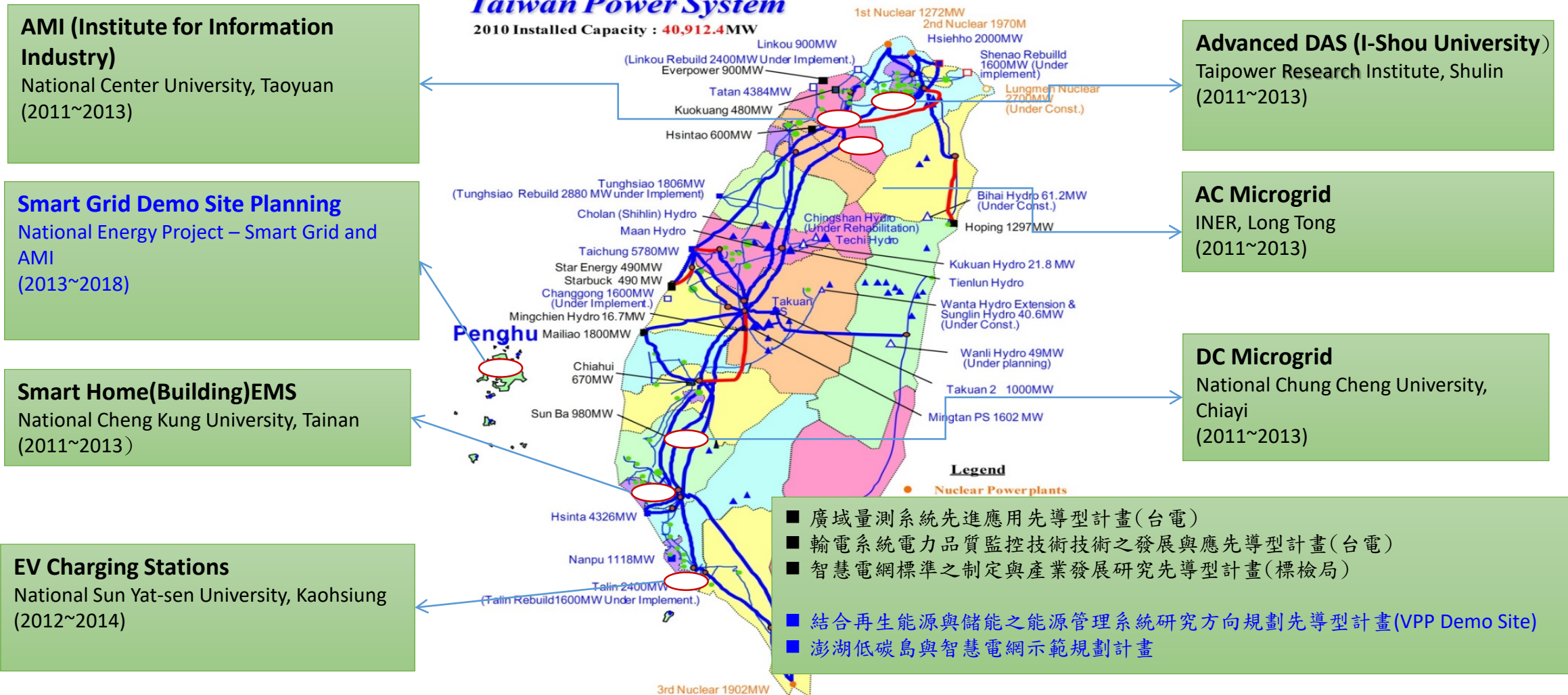
- 能源國家型計畫智慧電網主軸計畫主要負責環境構面中之標準與研發面。

- 計畫目標即是完成智慧電網整體規劃方案中之短中期技術開發項目。

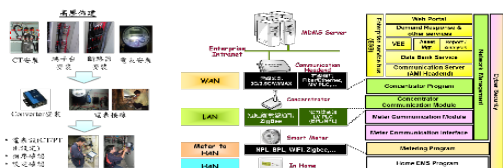


第一期智慧電網主軸專案計畫階段成果(續)

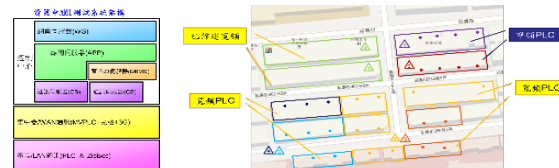
- 由電力、資通訊產學研單位共組團隊，發展智慧電網關鍵技術，完成6處先導測試場。
- 與台電合作推動廣域量測、輸電系統電力品質監控、電動車電能補充管理策略研究



國內智慧電網示範場域發展現況



智慧讀表系統與
需量反應系統



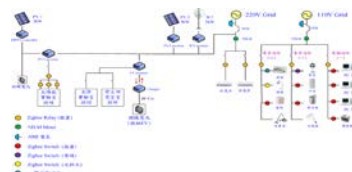
大都會型智慧讀表系統



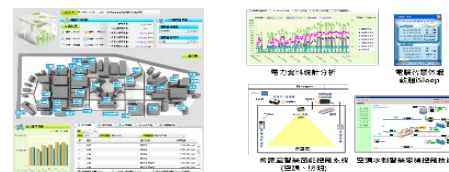
智慧電表系統與家庭能源管理系統
(人間清境社區)



智慧電網控制中心與
智慧家庭示範中心



智慧家庭(建築)
電能管理系統



工研院中興院區
智慧建物節能示範場域



量販店節能管理系統

便利商店節能管理系統



汙水處理廠馬達動力設備監控與節
能管理系統



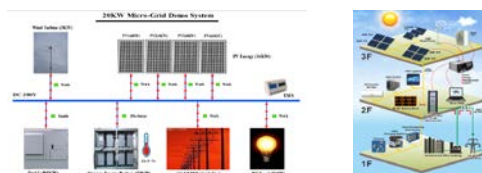
先進配電自動化示範系統



百瓩級自主式
微型電網示範系統



智慧型直流供電系統教育
展示屋(綠色能源示範屋)

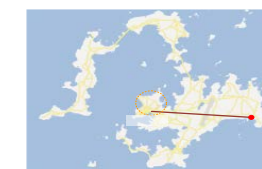


智慧型直流/交流混合型
微電網示範系統



微電網及電動車示範場

金門縣東坑整合再生能源與儲電系
統社區展示運行



澎湖智慧電網示範場域
(規劃中)

第二期能源國家型計畫智慧電網主軸中心目標及任務

主軸中心目標為確保穩定供電、促進節能減碳、提高綠能使用、引領低碳產業

- 饋線再生能源佔比最高達30%。
- 用戶間交易離型系統設計及激勵型自動需量反應額度10,000kW。
- 區域分散式能源佔比最高達35%。
- 用電抑低最大需量12,000kW。

■ 推動的理由

- 強化供電穩定，推動先進配電自動化、促成全國變電所智慧化。
- 擴大導入節電管理措施，推動自動需量反應、時間電價等。
- 降低二氧化碳排放，大幅提高再生能源可併網容量。
- 促進產業升級，引導智慧電網相關產業發展。

■ 主軸中心任務(105-107年度)

1. 擴大澎湖智慧電網展示區域與功能及推動離島供電全面微電網化

發展澎湖本島μEMS，以監控與調度全島及海底電纜之發電與輸電量，並大幅提高再生能源滲透與降低離島柴油發電之成本。

2. 大幅提高台灣本島再生能源併網容量

發展再生能源併網技術來大幅提高再生能源併網容量，以降低台灣本島二氧化碳排放量。

3. 擴大AMI高壓用戶自動需量反應參與之戶數與額度

自動需量反應可解決再生能源滲透率大幅提升後之供電間歇性問題、降低尖峰負載燃油電廠之發電成本、解決區域供電壅塞及電源不足之問題。

4. 協助台電解決低壓AMI佈建所遭遇之通訊、裝設與維運問題

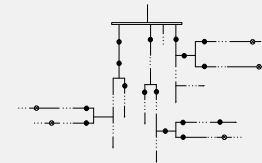
低壓AMI大量佈建後，可全面實施自動需量反應與時間電價。

5. 持續研擬智慧電表從用戶、集中器、台電資料庫、用戶集成商間之相關標準並發展商業模式

協助台灣電力公司加速低壓電表佈建、建立自動需量反應及用戶創電用電之新商業模式。

智慧電網主軸計畫第二期推動架構

K 澎湖智慧電網
示範系統建置
(澎湖低碳島 Demo Site)

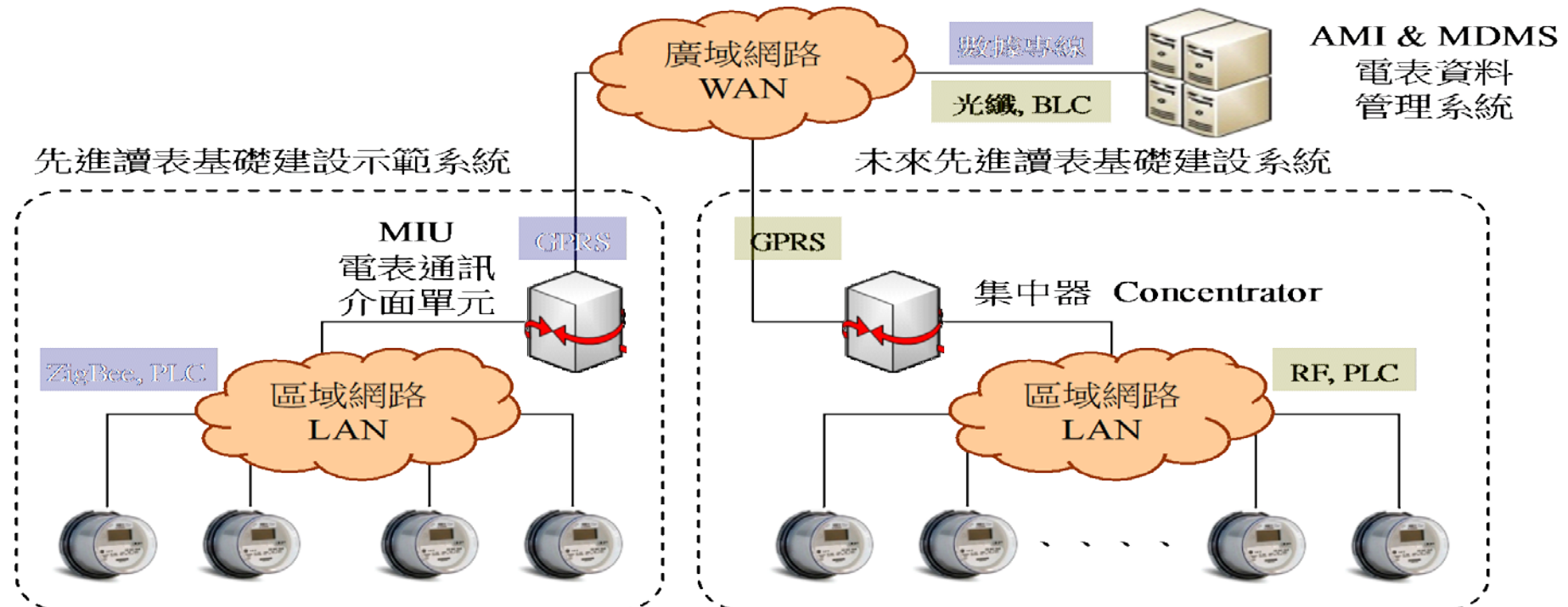


L 需量反應及分散式
電源與儲能之整合應用
(配合台電 VPP Demo Site)

二、台灣智慧電網產業發展現況

台灣先進讀表基礎建設系統架構

先進讀表基礎建設系統主要可分為電表、資料傳輸與控制中心三部份。電表部份由智慧型電表、資料集中器 (Concentrator) 或讀表介面單元 (Meter Interface Unit) 組成，資料傳輸主要為通訊網路可分為公眾與私有廣域網路與電信網路例如 GPRS/GSM、光纖等，在控制中心分為 AMI 通訊管理系統與電表資料管理系統 (Meter Data Management System, MDMS)，並與電力公司 ERP 相關應用軟體整合(如：開票系統、客服系統、停電管理系統等)



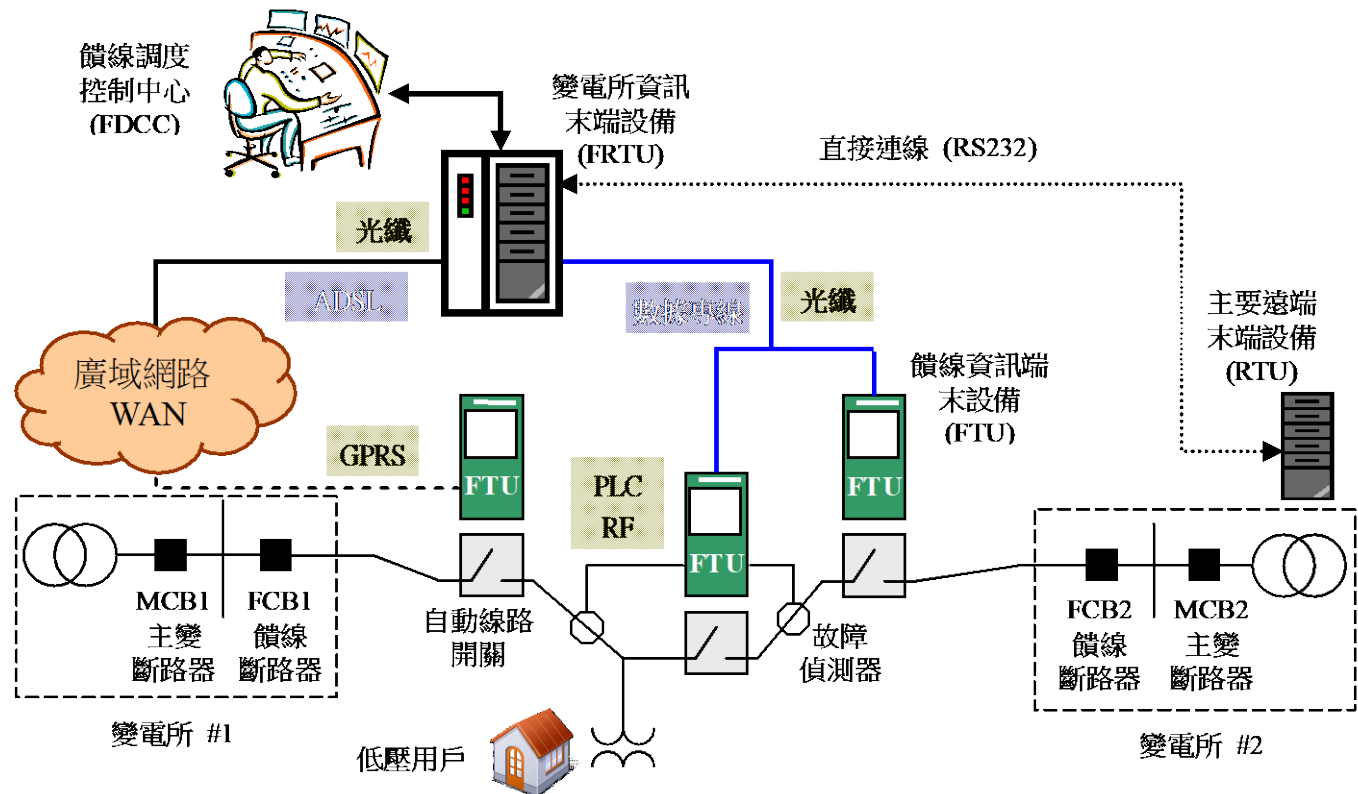
先進讀表基礎建設設備商

- 在國內產業發展方面，高壓電用戶智慧型電表基礎建設總預算金額約為新台幣16.9億元，得標廠商大同公司由資策會技術移轉經濟部科技專案成果，研發高壓先進讀表基礎建設(AMI)系統，包含系統規劃、建置、驗證，讀表介面單元(MIU)與高壓電表則分別由大同與中興電工提供。低壓電用戶智慧型電表基礎建設方面，佈建600萬戶需經費約新台幣360億元。
- 目前台電在2011至2012年預計先選定低壓1萬戶換裝智慧電表。行政院在民國2010年推動「智慧型電表基礎建設推動方案」，迄今已完成全國高壓2萬4123戶智慧電表系統建置，及低壓1萬戶智慧電表，掌握全台60%的用電量；依計畫台電將在106年建置完成10萬戶低壓智慧電表(AMI)布建。評估效果後再檢討2013到2015年規劃建置100萬具之可行性。

設備	可能參與的廠商
低壓單相智慧電表	大同、中興、士電(玖鼎)、康舒、華新儀錶、富宏、台灣施耐德電機
通訊模組	康舒、達創、盛達、大同、玖鼎、昱家、華新儀錶、指旺
集中器與讀表介面單元	四零四科技、康舒、達創、合勤、華新儀錶、工研院、研華、大同、啟碁
AMI系統	資策會、大同、台達電、中華電信、Itron、Altos、台灣施耐德電機、工研院
電表資料管理系統(MDMS)	大同、資策會、中華電信、eMeter、Oracle、Itron、Altos

先進配電自動化系統架構

- 配電饋線自動化系統通訊線路主要為饋線調度控制中心 (FDCC) 與變電所資訊末端設備 (FRTU) 與饋線資訊末端設備間的資料傳輸(FTU)。變電所內 FRTU 在自動化系統扮演集中器 (Sub-station Concentrator) 採用光纖維持高可靠度的傳輸。
- 地下配電區若採用光纖可維持通訊可靠及防止電磁干擾；在架空配電區域或架空及地下混合之配電區域則採用光纖、無線通訊或租用電信線路方式。
- 配電饋線自動化系統主要具備監視、控制及資料蒐集 (SCADA) 及線路故障偵測、隔離及復電(FDIR) 功能。



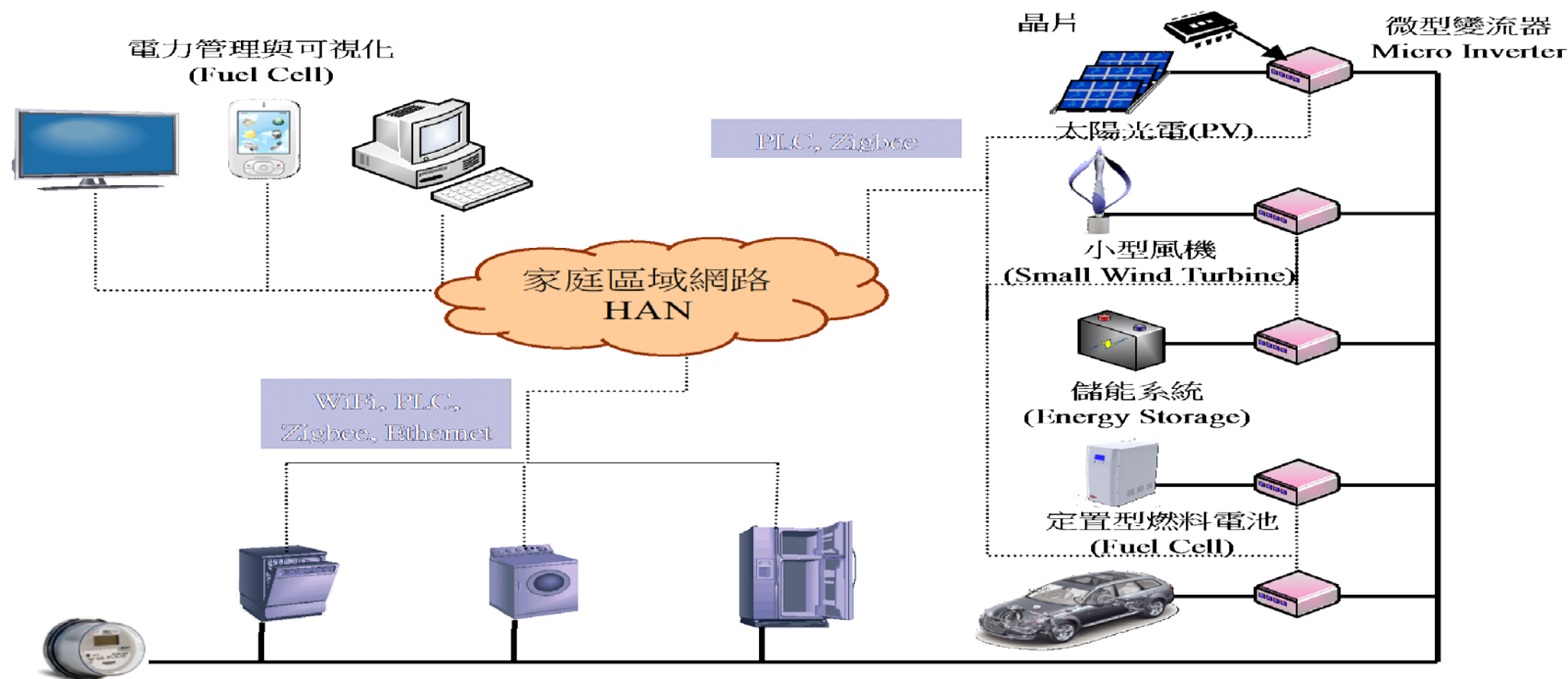


先進配電自動化相關設備項目與廠商

分類	設備名稱	提供廠商
配電設備方面	變壓器油中氣體分析儀	中興、華城、士電、大同、儀測(G.E)
	亭置式& 桿上型變壓器 (配電用)	大同、士林電機、華城、亞力
	復閉器 (Recloser)	華城、士電
	架空自動線路開關	中興、華城、亞力、士電、東元、大同、傑克、台灣施耐德電機
	地下自動線路開關	中興、華城、亞力、士電、東元、大同、台灣施耐德電機
配電饋線自動化系統	變電所遠端監控終端 (RTU)	中興、健格、祥正電機、大同
	配電系統遠端監控終端 (FRTU)	中興、健格、祥正電機、大同
	饋線資訊末端設備 (FTU)	中興、健格、祥正電機、大同
	SCADA 監控系統 (軟體)	中興、健格、亞力、祥正電機、中華電信、Siemens、ACS、SNC、大同、研華、台灣施耐德電機
	SCADA 監控主機	HP、研華
	GPRS/光纖(Fiber) 數據機MODEM	惠通、四零四科技、訊舟科技、研華
	網路交換器、路由器	健格、華城通訊、大同、四零四科技、Cisco、Altran、研華

智慧家庭(建築)系統圖

智慧家庭電能系統所關聯的設備包含智慧家電、電動車慢速充電器、電能管理晶片、家庭電能管理系统(能源管理介面)、家庭閘道器(home gateway)、人機監控介面、負載類型控制介面、無線感測器、有線感測器、通訊模組。



智慧家電發展歷程與趨勢

傳統家電



1949

2000

第一代智慧家電

可顯示當前使用的耗電成本並具自動駕馭功能，如節能變頻家電。



自動調節水量
零耗費待機電力減少 76%
之電力消耗



敏銳多點感應
自動調節冰箱溫度
減少 64% 之電力消耗



顯示溫度及耗電力
消費電力降至 45W (同電風扇)
減少 26% 之電力消耗



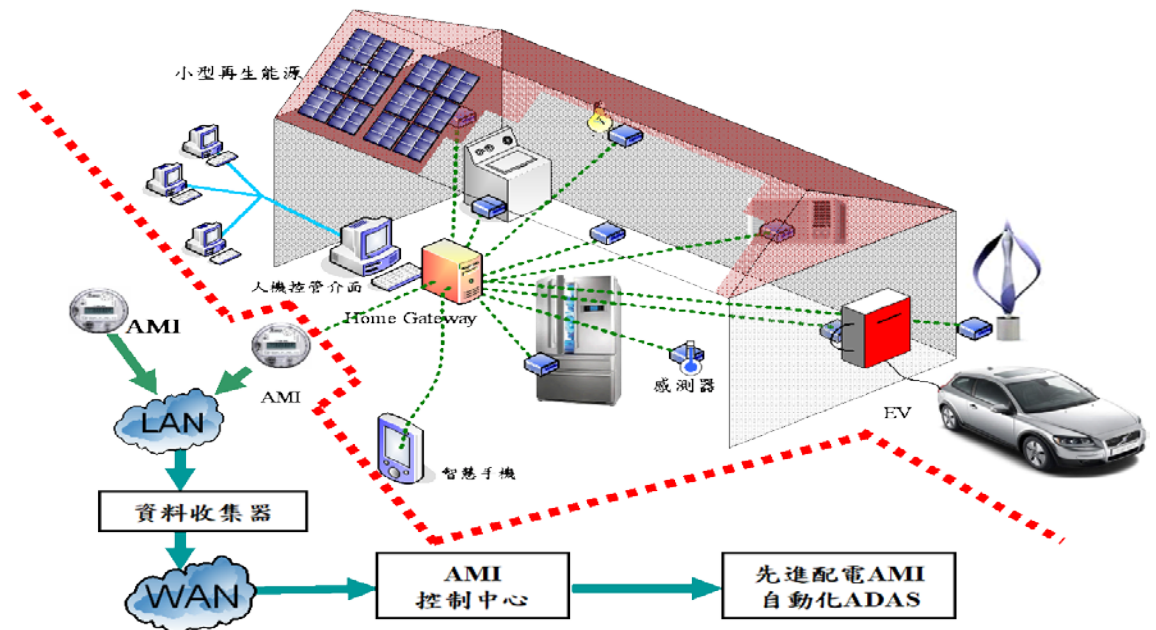
自動判斷垃圾量
自動調節電源及吸力

2014-2016

年份

第二代智慧家電 (未來)

利用資通訊技術與智慧電網整合，擴大用戶參與，更真實反應用電成本之家電整合系統。



智慧電網整合家電進入一般家庭時機
(1) 智慧家電資訊連結系統的標準化
(2) 建立分時電價的制度

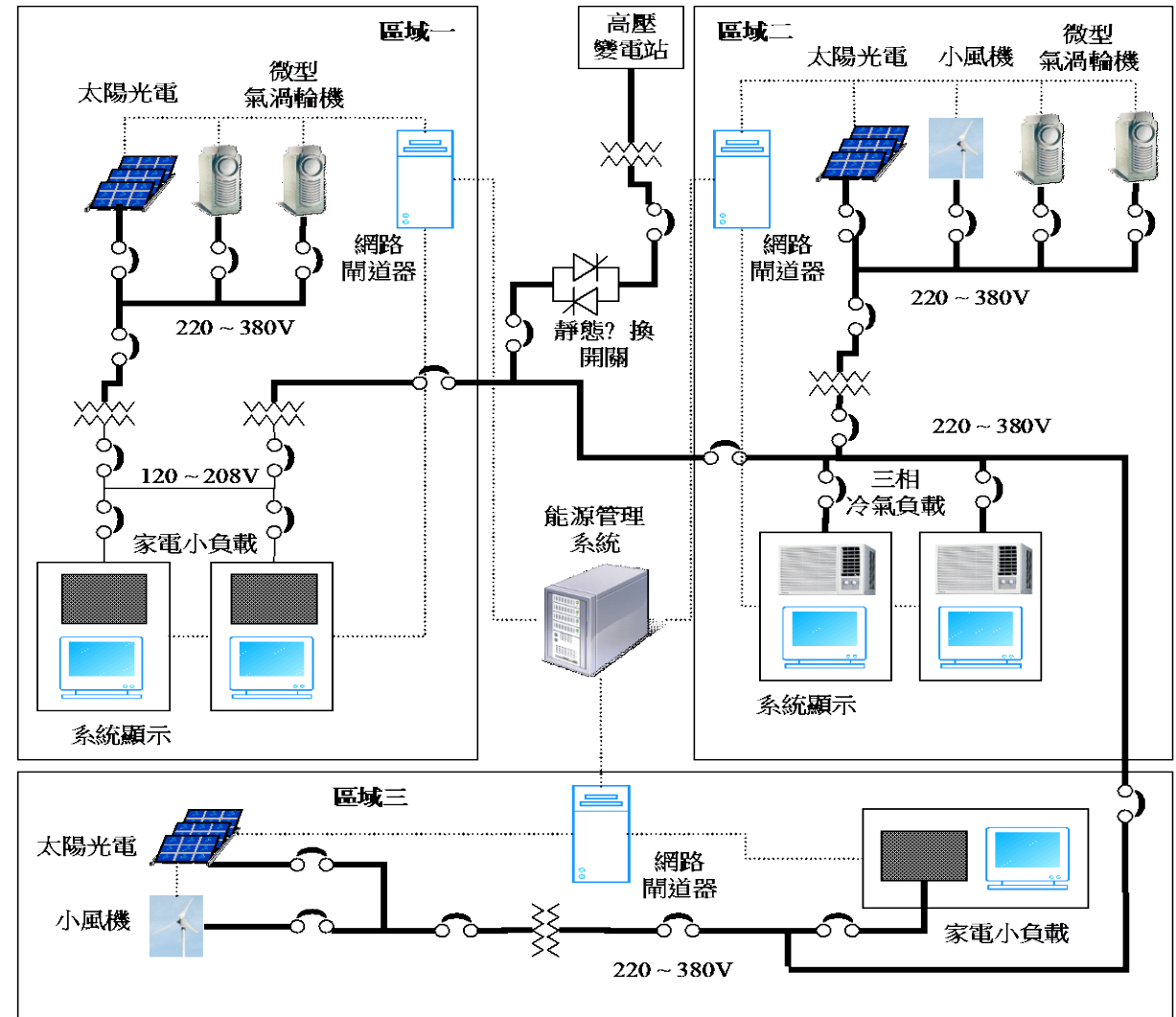


智慧家庭與建築相關設備項目與廠商

設備名稱	提供廠商
智慧家電	EHome：程翔科技（Cheng Xiang） Control4 EMS：展嘉國際、大同、工研院
電動車慢速充電器	台達電、亞力、光寶、華城、台灣施耐德電機、工研院、鎰福電子
電能管理晶片	威盛
家庭、建築電能管理系統 (能源管理介面)	台灣松下、中華電信、英太智慧、東洲能源、大同、台灣施耐德電機、工研院
家庭閘道器(home gateway)	台灣松下、新華、中華電信、大同、台灣施耐德電機、工研院
人機監控介面	台灣松下、中華電信、工研院、台灣施耐德電機、研華
負載類型控制介面	鉅康科技(Netvox)、齊碩科技(JosephTech)
無線感測器	ZigBee通訊模組：泓格科技(ICP DAS)、鉅康科技(Netvox)、研華
有線感測器	鴻泰儀器、偉菱科技
通訊模組	PLC 通訊模組：康舒科技(AcBel)，盛達電業、工研院 ZigBee 通訊模組：泓格科技(ICP DAS)、鉅康科技(Netvox)、工研院、研華 Ethernet 通訊模組：四零四科技、研華 Wi-Fi 通訊模組：四零四科技、研華

微電網運作方式示意圖

- 微電網 (Micro Grid) 的概念是將一系列的負載與微電源整合成為單一可控制的系統，向用戶提供電力與熱能。
- 微電網的概念可再進一步拓展成多微電網的概念，就是由數個不同區域的微電網組成一個新的電網，電網的規模可任意的擴張。如果任一區的電網發生故障，可將此區域電網解聯，其它部份之電網可持續運轉，這樣的技術發展將支持所謂蜂巢式智慧電網 (The Cellular Smart Grid) 的發展。





微電網相關設備項目與廠商

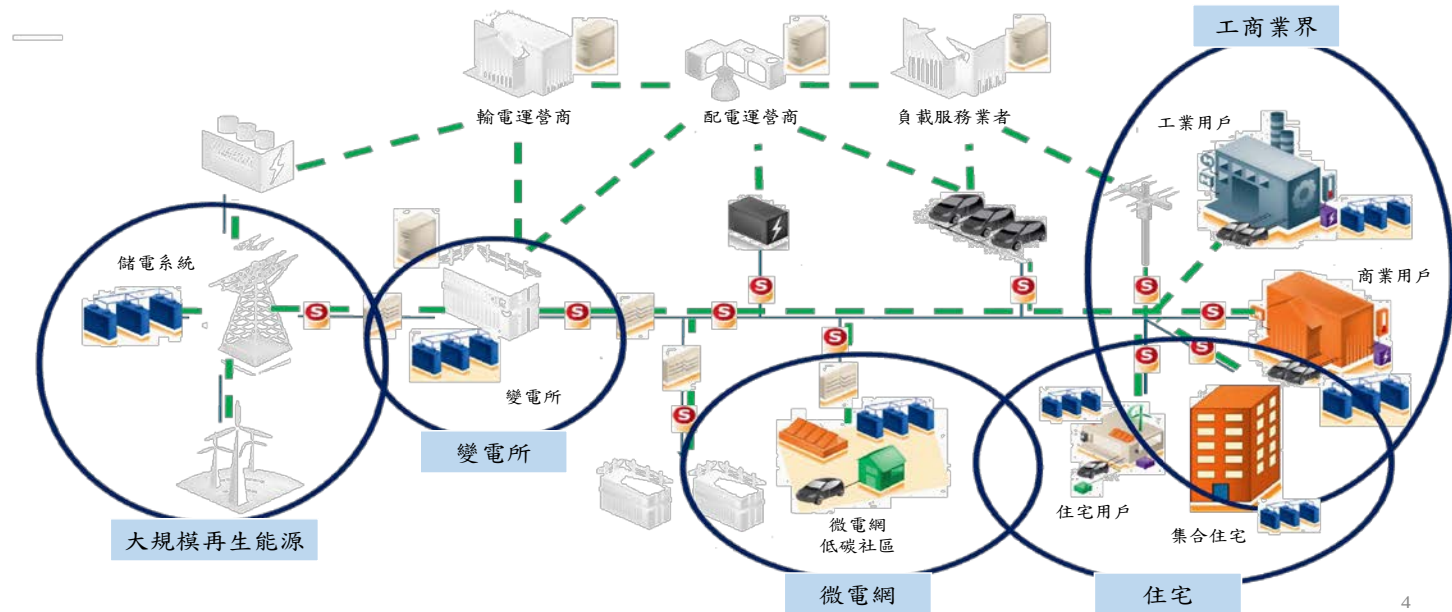
設備名稱	提供廠商
分散式電源－定置型燃料電池	中興
分散式電源－太陽能	冠宇宙、東君、亞力、奈米龍科技、齊碩科技、茂迪、新世紀、台達電、大同
分散式電源－小風機	新高、耀能、恆耀、宏銳、樹德、大同
分散式電源－微渦輪機	漢翔
分散式電源－儲能系統	大同、長園、康舒奈、亞力、米龍科技
電動車快速充電器	亞力、 台 達電、光寶、華城、台灣施耐德電機、鎰福電子
雙向直交流轉換器	中興、台達電、盈正豫順、茂迪、核研所研發
微型變流器(Inverter)	亞力、台達電、華城、中興、仿真、東城、昇暉能源、台灣施耐德電機、盈正豫順
最大功率追蹤器	台達電、核研所研發
區域監視、控制及資料蒐集系統(SCADA)	亞力、歐華、榮成、中興、 大同 、中華電信
自動電壓調整器(AVR) LVRT	茂迪
配電等級靜態虛功補償器(SVC)	台達電、台技電機
配電等級靜態同步補償器(STATCOM)	台達電、大同
自動電壓調整器(AVR)	台達電、中興
功率調節器	核研所研發中
Loop Balance Controller (LBC)	無
市電併聯靜態切換開關	榮成
保護電驛設備	亞力、台技電機、台灣施耐德電機
資通訊設備	四零四科技

智慧電網儲能系統產業發展現況

一、智慧電網儲能系統範疇

- 智慧電網之儲能系統泛指併接於電網，可儲存電網上電力或釋放電能對電網供電，並受該電力管理系統控制協同電力系統運作之系統裝置。
- 現階段可運用於電力系統之儲能裝置包括：蓄電池、超級電容(Super Capacitor, SC)、飛輪(Flywheel, FW)、超導磁場儲能(Superconducting Magnetic Energy Storage, SMES)、氫儲能(Hydrogen Energy Storage)、壓縮空氣儲能、

抽蓄水力儲能、液流電池(Flow Battery)等。儲能系統之主要特性在於系統之儲能裝置功率、儲能容量(功率乘以能量釋放時間)、系統功率反應時間(儲能裝置存取能量之轉換速度)與儲能成本(電力儲放成本)。



儲能技術在電力系統中的應用

- 儲能技術在電力系統中的應用很廣泛，可分為大宗能源調度、輔助服務、輸電基礎建設服務、配電基礎建設服務、與用戶能源管理服務共五大類別，其中可以再細分為15個應用項目。
- 於**發電系統**，儲能可用於**削峰填谷**、**負載調配**、**能量管理**，**簡化發電計畫**，**均衡負載**、**減少備轉容量需求**。
- 併接於**輸配電系統**中，可用於**管理電力品質**、**提高再生能源滲透率**、**供電穩定性與可靠度**，**緩解輸配電壅塞**，**遞延設備投資**。
- 在**用戶端**則可作為**不間斷電源**以**穩定供電**、**管理容量費用**，亦可**搭配再生能源發電設備**或**分時電價**，**降低用戶用電支出**。
- 儲能系統特別適合用來**緩衝風力與太陽光能的多變性**，提供**負載追蹤與升降載服務(Ramping Support)**。

大宗能源調度	輸電基礎建設服務
電能時間調配(套利)	延緩輸電線路升級
電力供應容量	舒緩輸電線路壅塞
輔助服務	配電基礎建設服務
電網調節服務	延緩配電線路升級
熱機備轉容量、冷機備轉容量、補充備轉容量	維持配電電壓穩定
維持電壓穩定	用戶能源管理服務
全黑啟動	維持電力品質
輔助服務其他相關服務	維持電力可靠度
	電力零售電能時間調配
	需求附加費用管理

智慧電網儲能系統產業發展現況

二、智慧電網儲能系統應用與設備開發

- 日本、德國與中國大陸已有利用MW級鈉硫電池、鋰電池、液流電池穩定光伏與風力發電等應用。配電等級之儲能裝置，礙於儲能成本較高，電力品質方面的應用，多優先於電力調度方面的應用。
- 家庭用戶端之儲能裝置，kW級家庭儲能多應用於非併網用戶。此外，利用電動車之電池作為家庭電力來源亦為智慧家庭之重要應用。
- 國內智慧電網儲能系統發展現況，目前於核能研究所導入60kWh(瓩時)鋰電池以改善微電網電力品質；成功大學之虛擬電廠示範系統以鋰電池儲能櫃，作為系統需量調控來源；中科院分別發展鋰電池併接於用戶側微電網，提高離島之再生能源利用率。

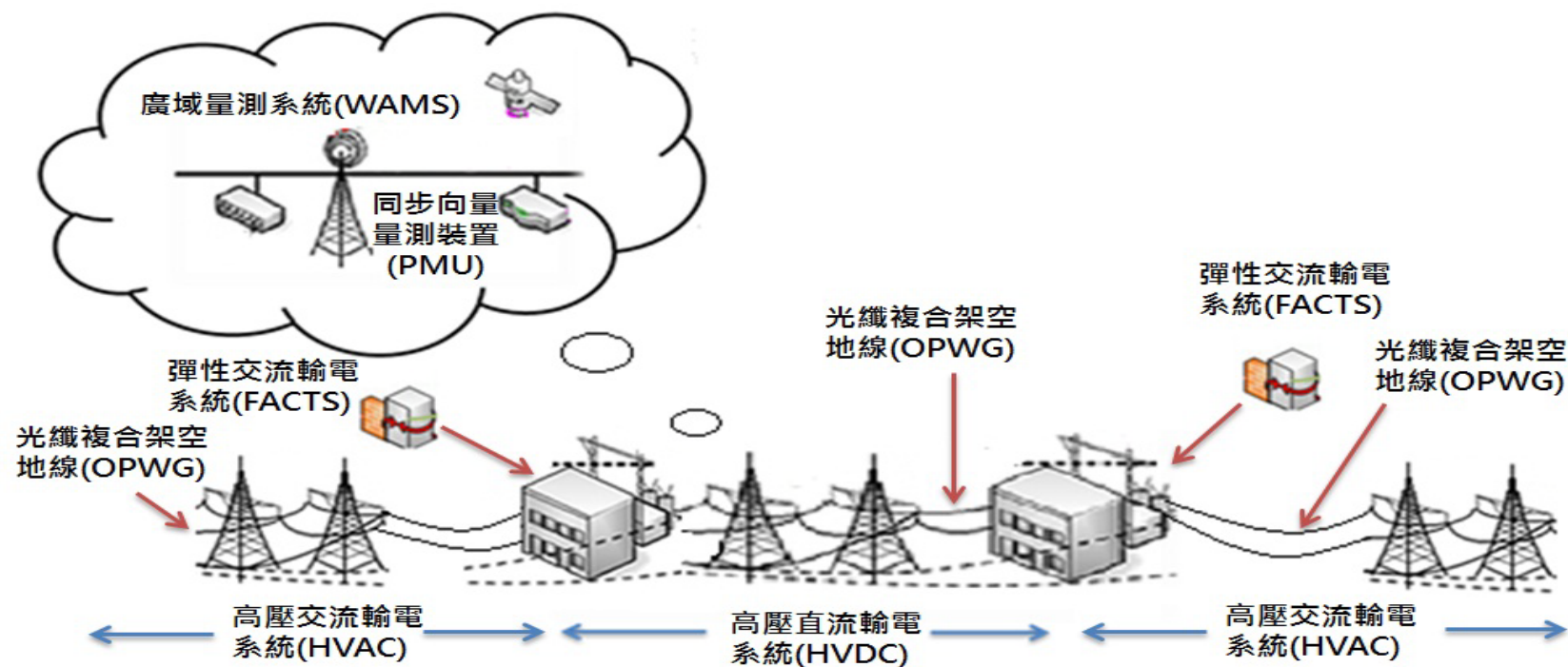
智慧電網儲能系統相關設備項目與廠商（資料來源：台灣經濟研究院）

設備		可能參與的廠商
配電級儲能系統	鋰電池	系統：中國電器、台達電、昇陽、健格、成功大學、施耐德、ABB 電池：昇陽、中國電器、台達電
	液流電池	系統：核能研究所、工研院
	混合型儲能系統	鉛酸-鋰電池系統：健格
家庭用戶端儲能系統	鋰電池	系統：亞力、中興電工、崇越

智慧輸電系統產業現況

一、智慧輸電系統範疇

- 廣域量測系統 (Wide area monitoring system, WAMS)
- 彈性交流輸電系統 (Flexible AC transmission system, FACTS)
- 高壓直流輸電系統 (High-voltage direct current, HVDC)



智慧輸電系統產業現況

■廣域量測系統(WAMS)

以同步相量測量裝置(Phase Measurement Unit, PMU)為基礎而建立的電網全面即時監視系統。主要功能包括電力系統即時狀態監視、動態行為監錄、事故記錄及穩態相量記錄等。

■彈性交流輸電系統(FACTS)

應用大功率、高性能的電力電子元件，製成可控制並提供有效或無效功率的電源或電路等設備，用於增強對輸電系統的電壓、阻抗、相角、潮流等的靈活控制能力，提高電力系統的靈活性和穩定度，並提升現有輸電線路的輸送能力。

■高壓直流輸電系統(HVDC)

將電廠發出的交流電轉換為高壓直流電進行傳輸，多用於海底與遠距輸電以及不同頻率(50、60 Hz)系統間之互連。

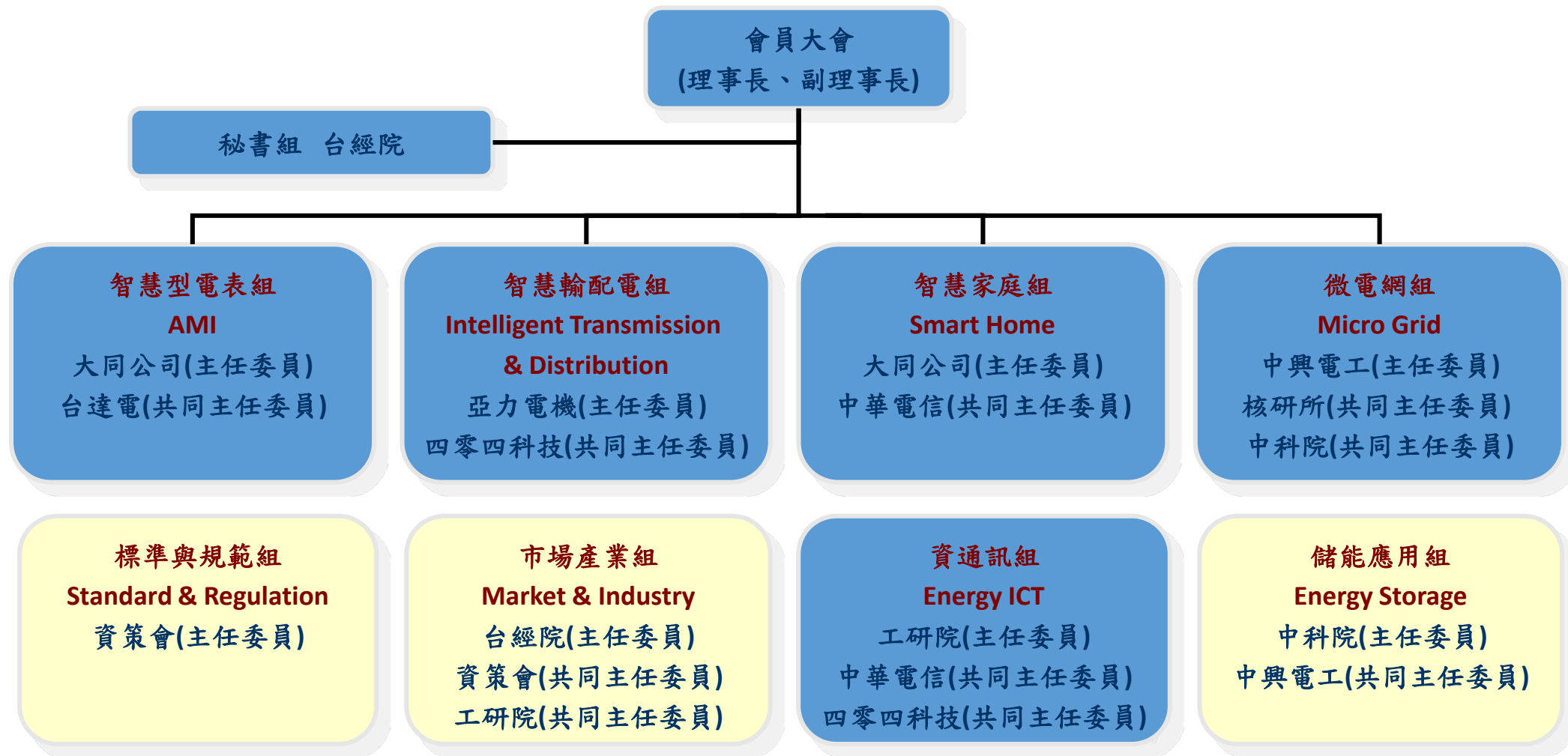
智慧輸電系統產業現況

二、智慧輸電系統設備開發

目前台電公司 WAMS 佈建於7座超高壓變電所對匯流排電壓相量、幹線電流相量及融通電力潮流進行即時量測。智慧輸電系統相關設備包括：廣域量測系統(WAMS)、彈性交流輸電系統(FACTS)、高壓直流輸電系統(HVDC)、無線感測網路(WSN)、光纖複合架空地線(OPWG)、智慧型高壓輸電變電變壓器等。

分類	設備	可能參與的廠商
輸電系統	彈性交流輸電系統(FACTS)	台達電、ABB
	高壓直流輸電系統(HVDC)	ABB
重電設備	智慧型高壓輸電變壓器	華城、大同
電線電纜	光纖複合架空地線(OPWG)	大亞、太平洋電線電纜、華新麗華、華榮電線電纜、大同
運轉環境監測	廣域量測系統(WAMS)	歐華、SEL(亞力代理)、ABB
	同步向量測量裝置(PMU)	歐華
	輸電線動態額定熱容量線上監測	開發中(台灣大學、台達電)
	無線感測網路(WSN)	四零四
	電力品質監測系統	歐華

台灣智慧型電網產業協會組織架構

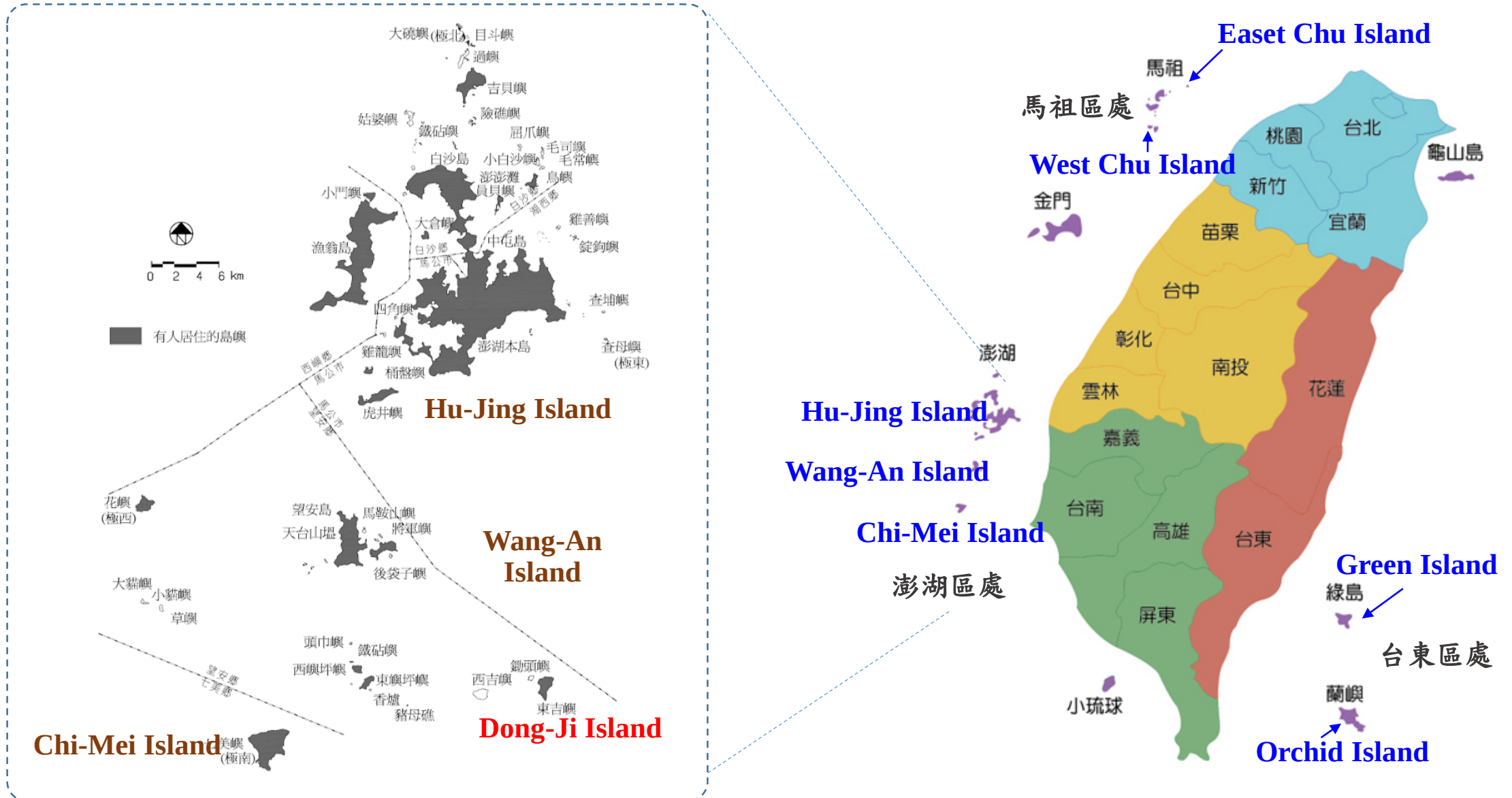


台灣智慧型電網產業協會於2010年9月正式成立，協會會員由台灣智慧型電網產業界之系統廠商、零組件供應廠商、原材料供應商，以及相關學術與研究機構所組成。協會成立之目的係以扶植台灣智慧型電網產業發展，透過協會運作形成產業對外溝通、交流與合作平台，並爭取政府輔導產業發展之獎勵與政策措施以及與中國大陸和國外相關產業之產、學界的對話、合作，奠定基礎、互通有無，建立國內智慧型電網產業之緊密鏈結。

資料來源：紀國鐘，陳彥豪，能源國家型計畫-微電網技術規範及產業發展研究產學合作計畫，2010.12.25

三、台灣微電網技術發展現況

Taiwan's Remote Islands



Institute of Nuclear Energy Research Microgrid

- The establishment of an autonomously-controlled microgrid demonstration system, and completion of seamless, stable switching of microgrid between grid-connected and islanding operating modes.

- INER are developing Microgrid & EV Integration Technology



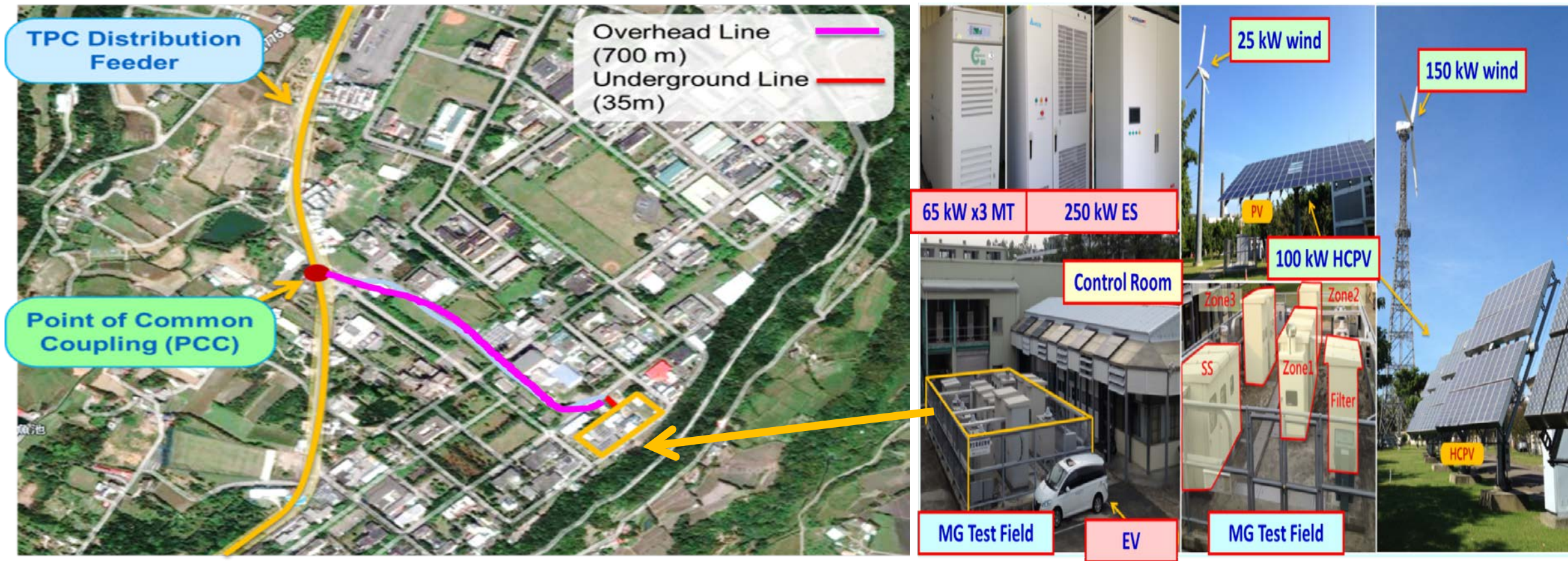
1. Reduce EV charging grid connection impact;
2. Improve the renewable energy usage efficiency
3. Vehicle to Grid (V2G) for Load Shifting



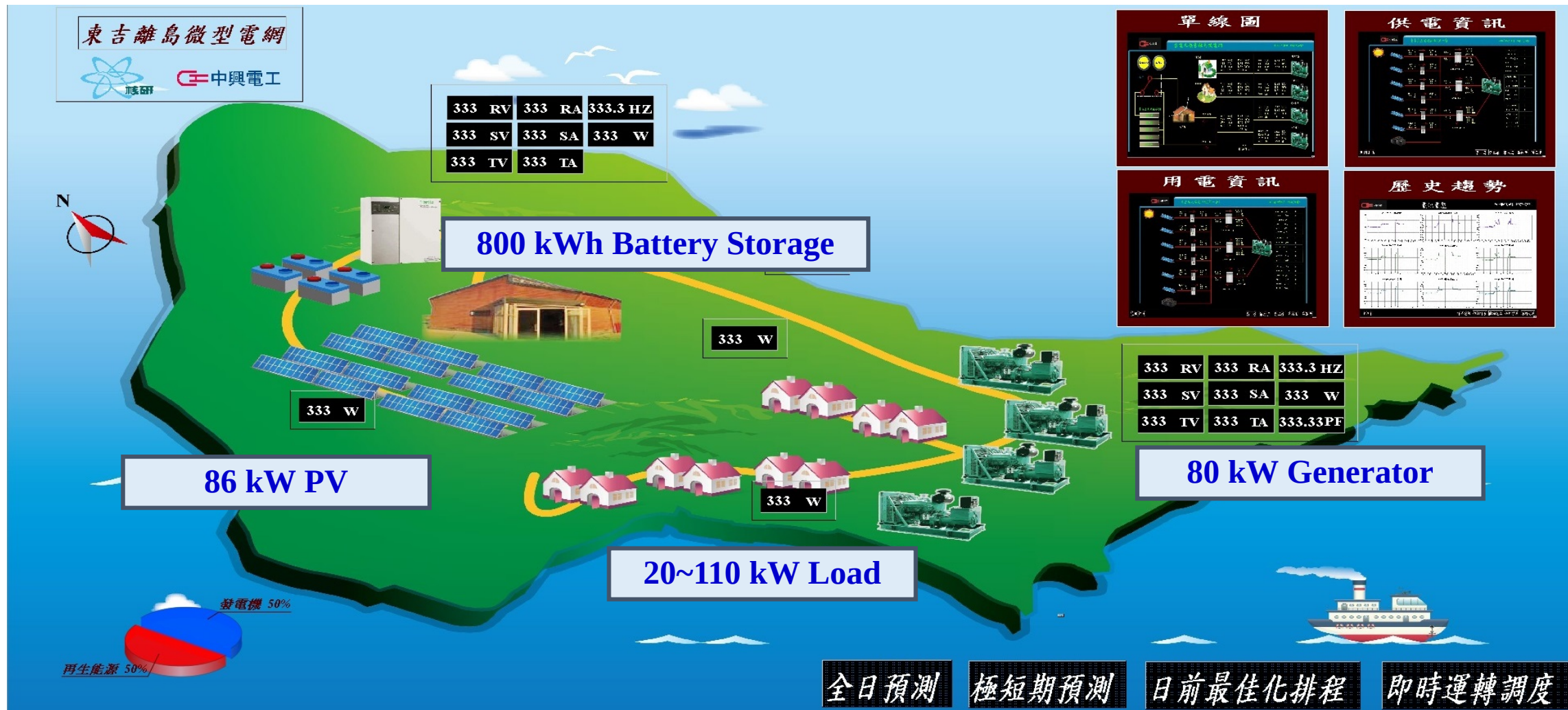
Source: Institute of Nuclear Energy Research for 21st APEC Automotive Dialogue

INER Microgrid

- The first microgrid test field in Taiwan.
- Accepts the commands from Taipower Feeder Dispatch Center to perform demand response control by OpenADR or islanding operation.



Tungchi Island Microgrid



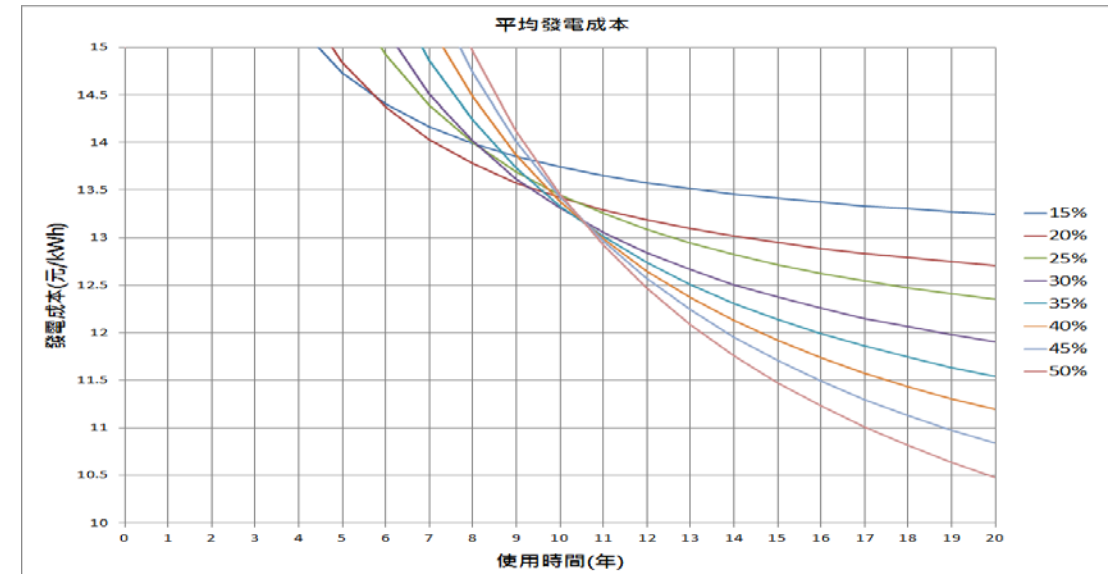
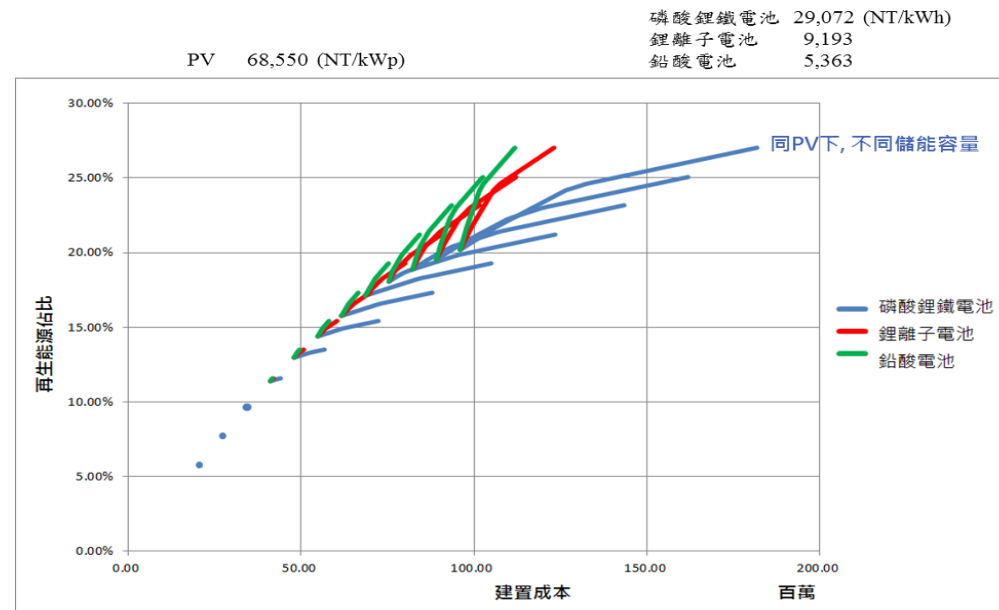
Tungchi Island Energy Management System

Energy Management System

- **Generation Prediction**
- **Load Prediction**
- **Monitoring and Control**
- **Energy Dispatch**
- **Demand Response**
- **Unbalance Compensation**



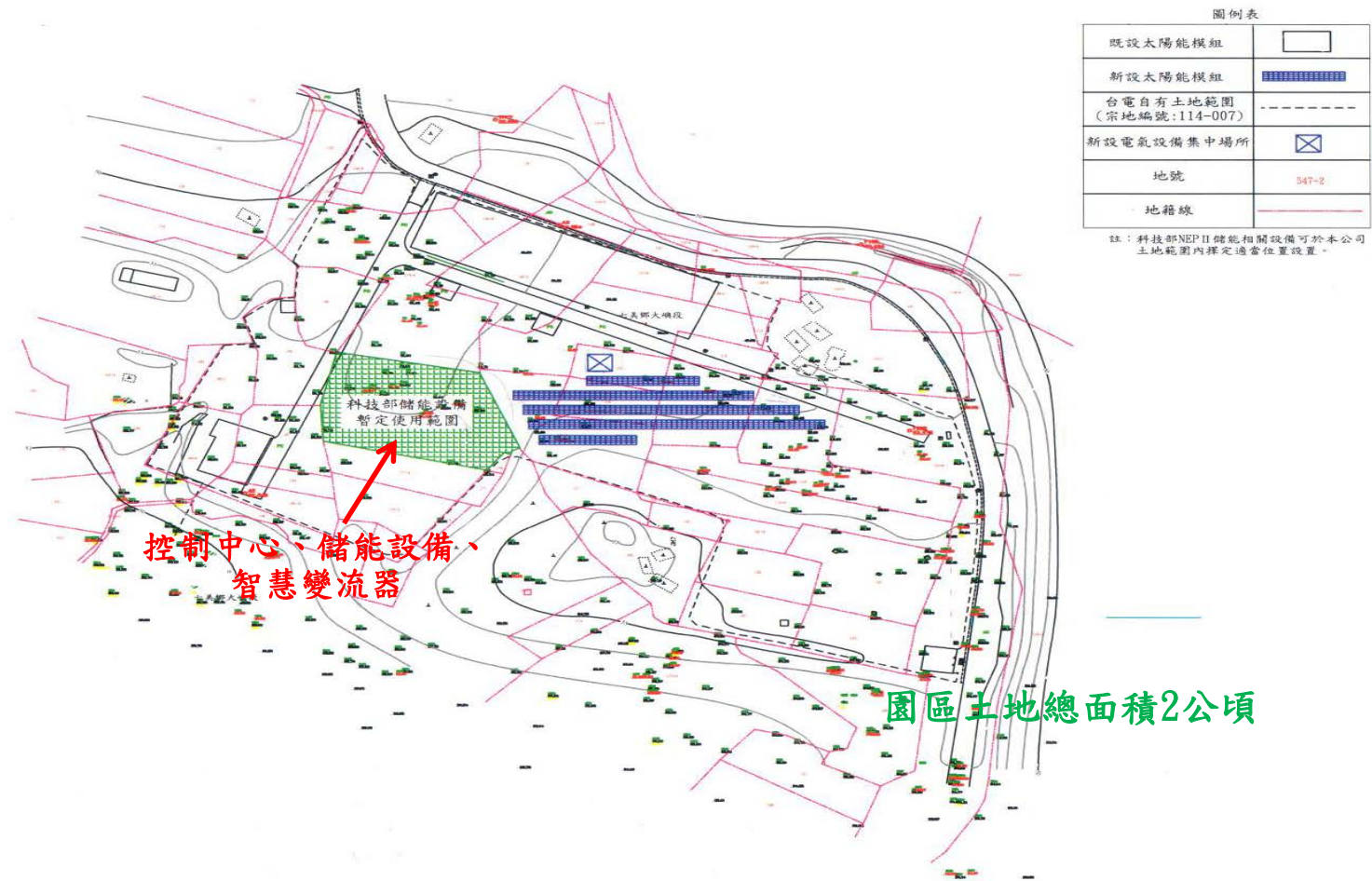
Tungchi Island Microgrid Operation Analysis



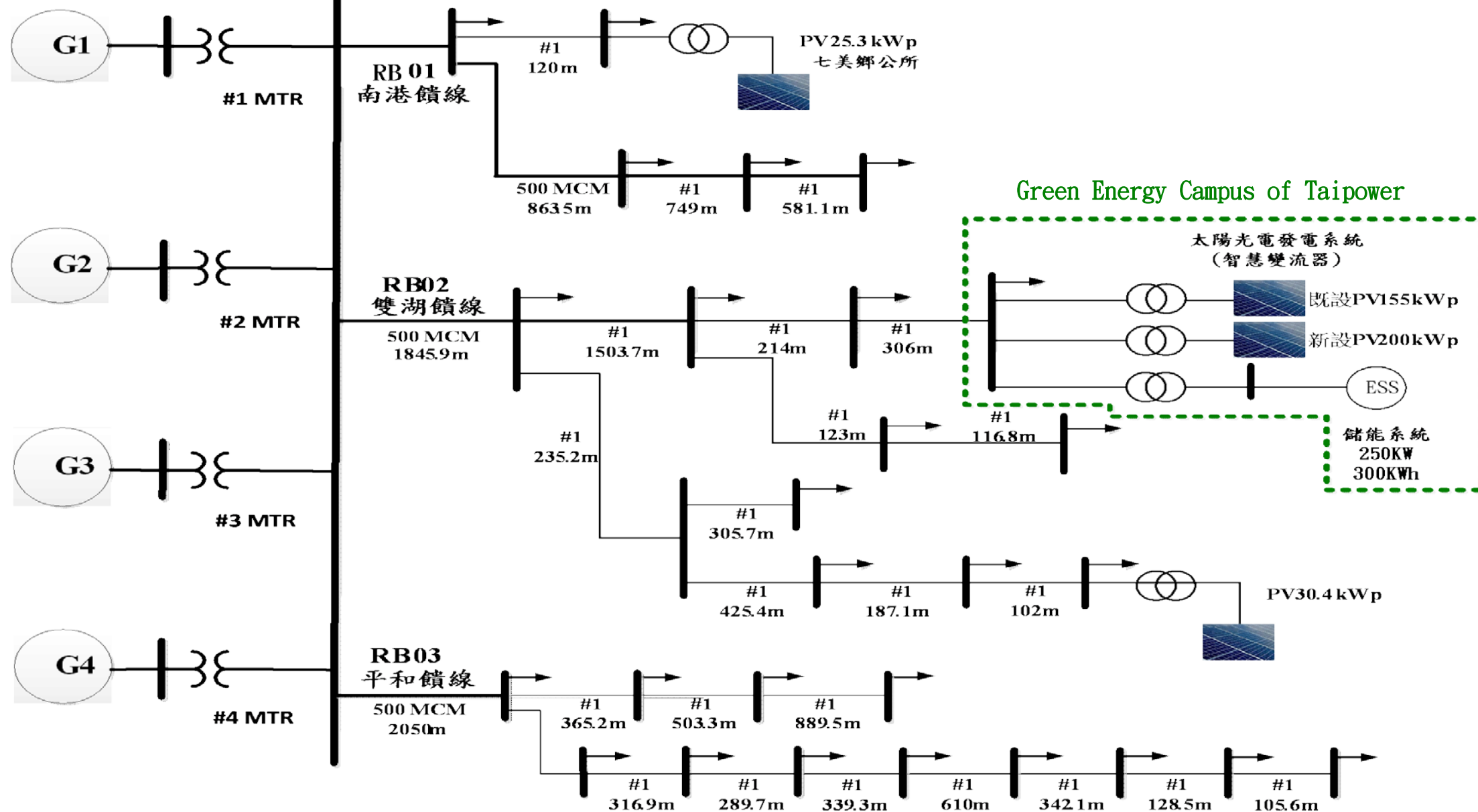
	PV Capacity (kW)	ESS Capacity (kWh)	Diesel Generator (kW)	Load (kW)	Average Generation Cost (USD/kWh)	RE Penetration rate %	Return On Investment per year %
Now	86	800	80	20~110	0.49	38.06	7.4%
Optimized Design	500	1150	80	20~110	0.29	68.18	8.07%

Cimei Low Carbon Island- Green Energy Campus

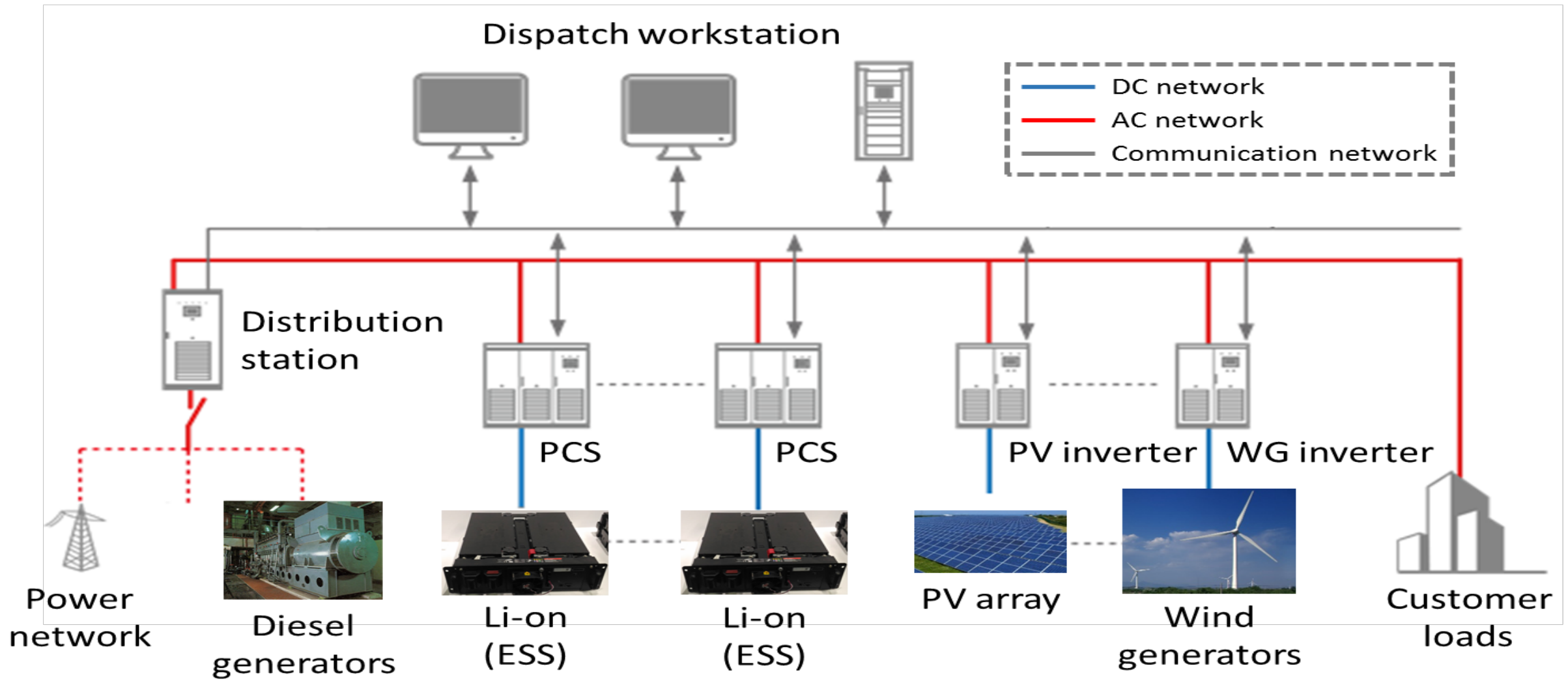
1. 目前NEP-II計畫正與台電密切合作，建置初期七美智慧電網示範系統及驗證平台，將於106年初完成全島400KW太陽光電系統與(250KW、300KWh)儲能系統之建置，於系統離峰時段，再生能源佔比可達系統負載量50%以上。
2. 為提升七美全年再生能源發電佔比，建議107年前將PV系統容量擴增至1.2MW、新增風力發電600KW、儲能系統容量擴增至2MWh。七美再生能源全年發電量可達320萬度，綠能發電佔比達42%以上，大幅降低柴油發電成本。



Smart Grid Schematic of Cimei Low Carbon Island



Intelligent energy management system

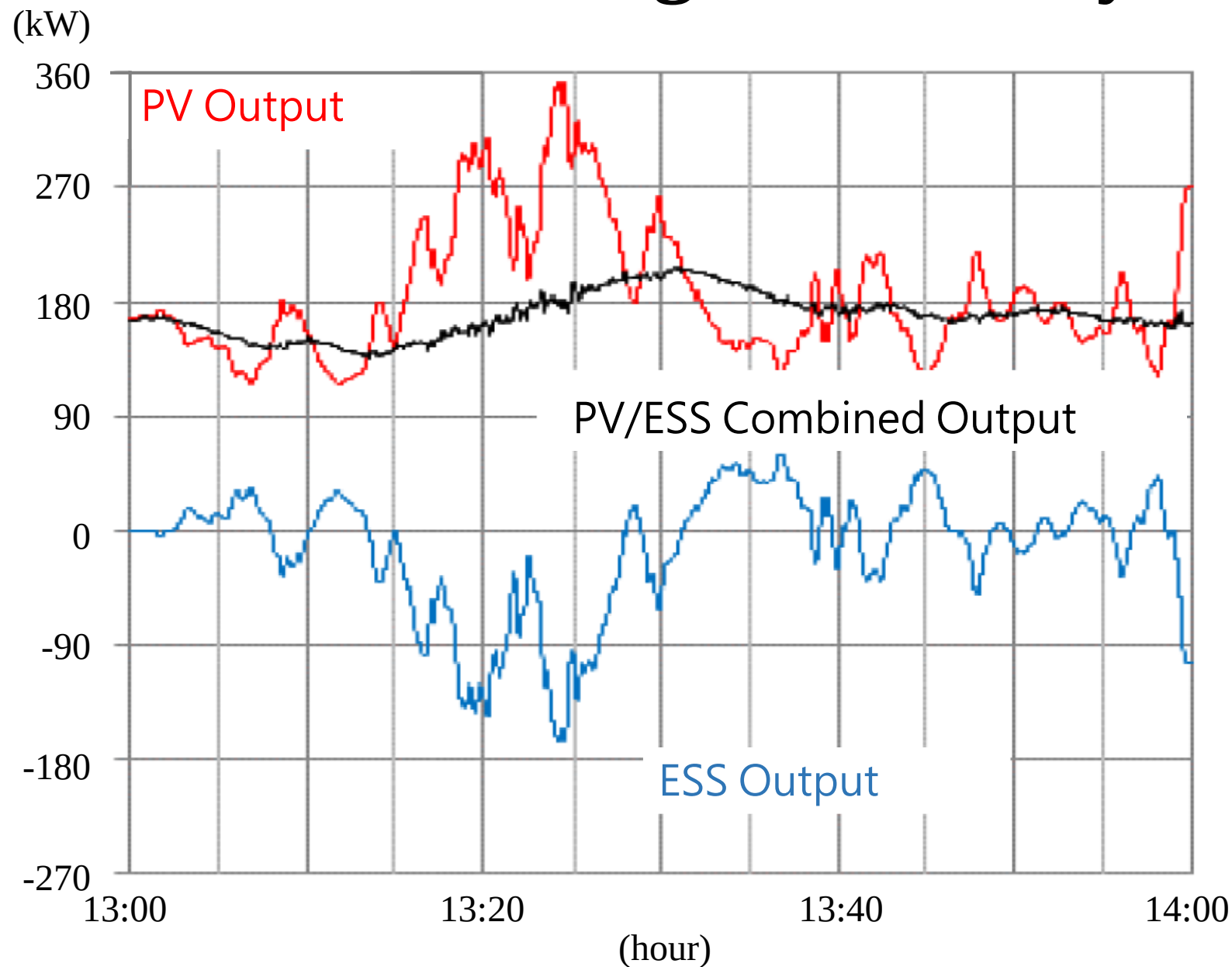


PV System(355 KWp)





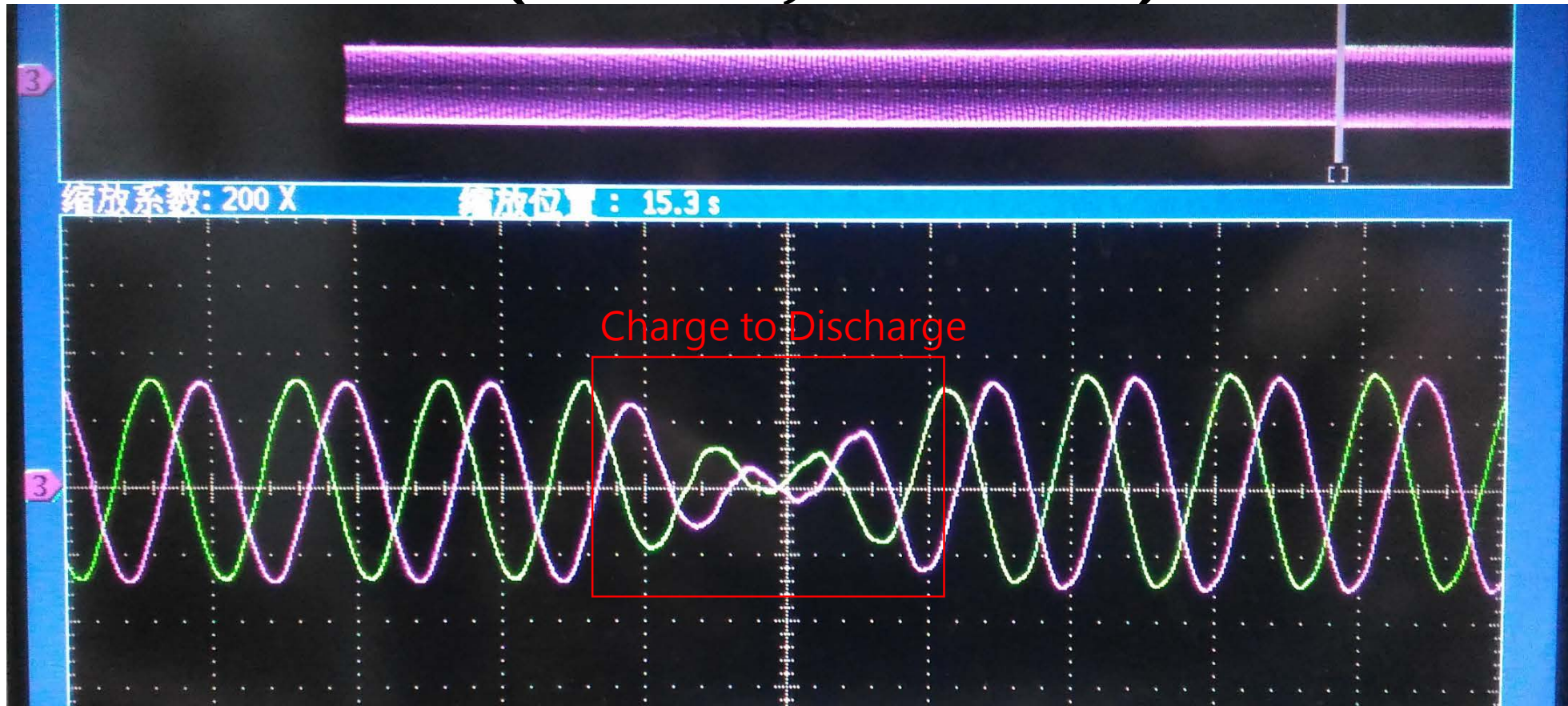
Stabilization of PV generation by ESS



Energy Storage System (Li-On Battery + PCS)



Fast Response of Energy Storage System (250kW, 300kWh)

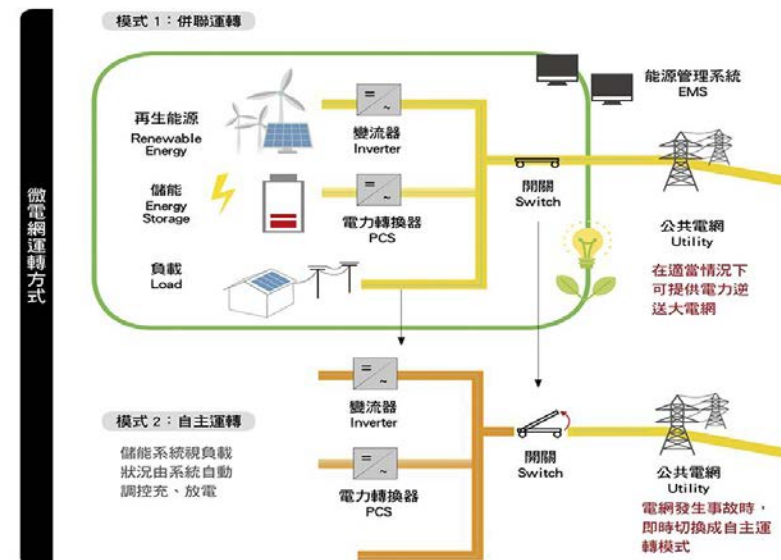


第一個案例: First Remote Community backup Microgrid of TPC

- Usually, typhoon will cause serious disaster in remote community located in mountain area. Due to road interruption caused by extreme rainfall Taipower can not accurate the power supply recovery process.
- Fu Shan Village experienced no power supply for 17 days last year.
- So, the first village backup microgrid was set up by Taiwan power company in January 2017 in Wulai, Fu Shan Elementary School .
- This micerogrid system could be operated in isolated mode at least 2 weeks.



Source: Taipower



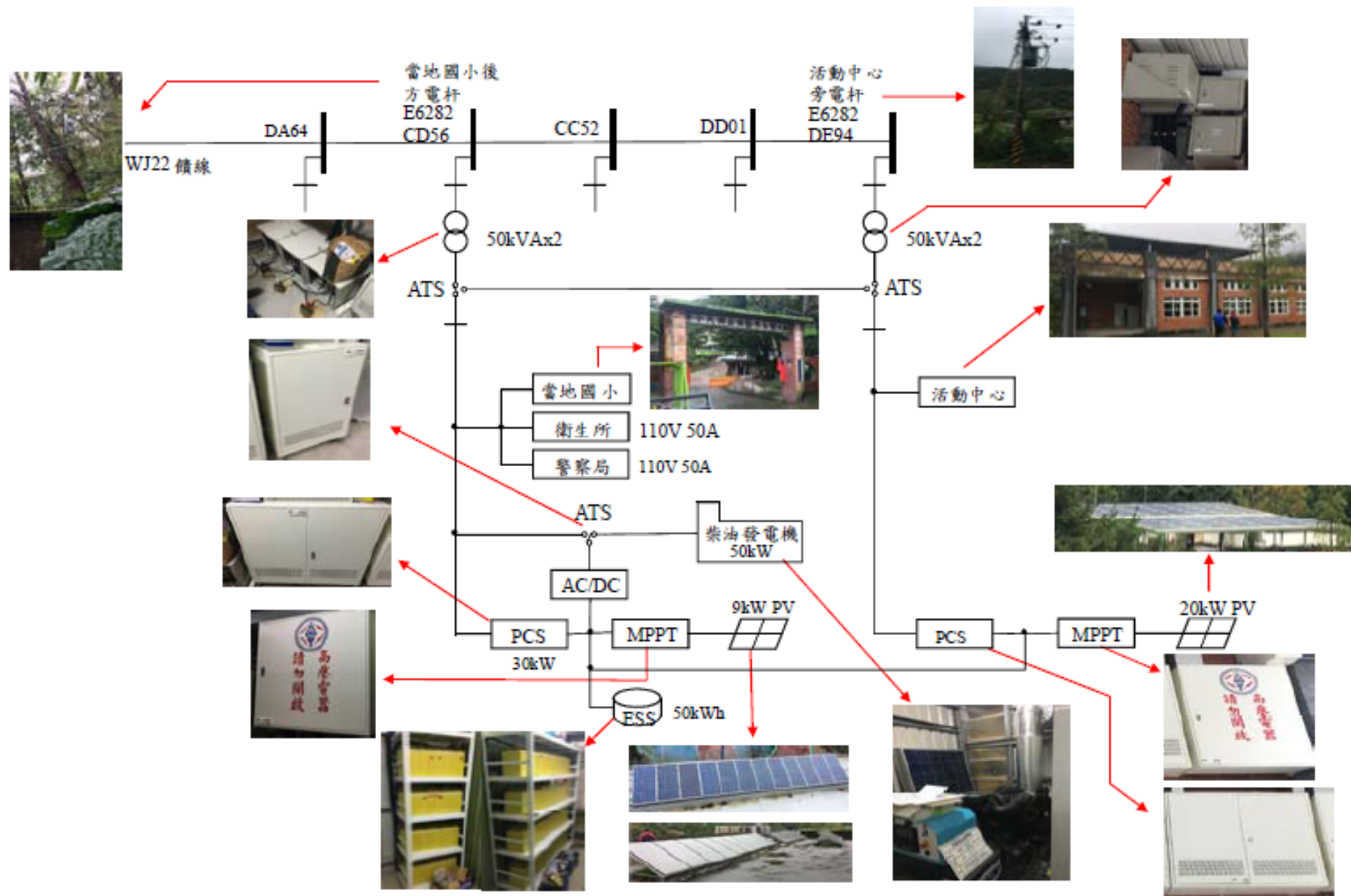
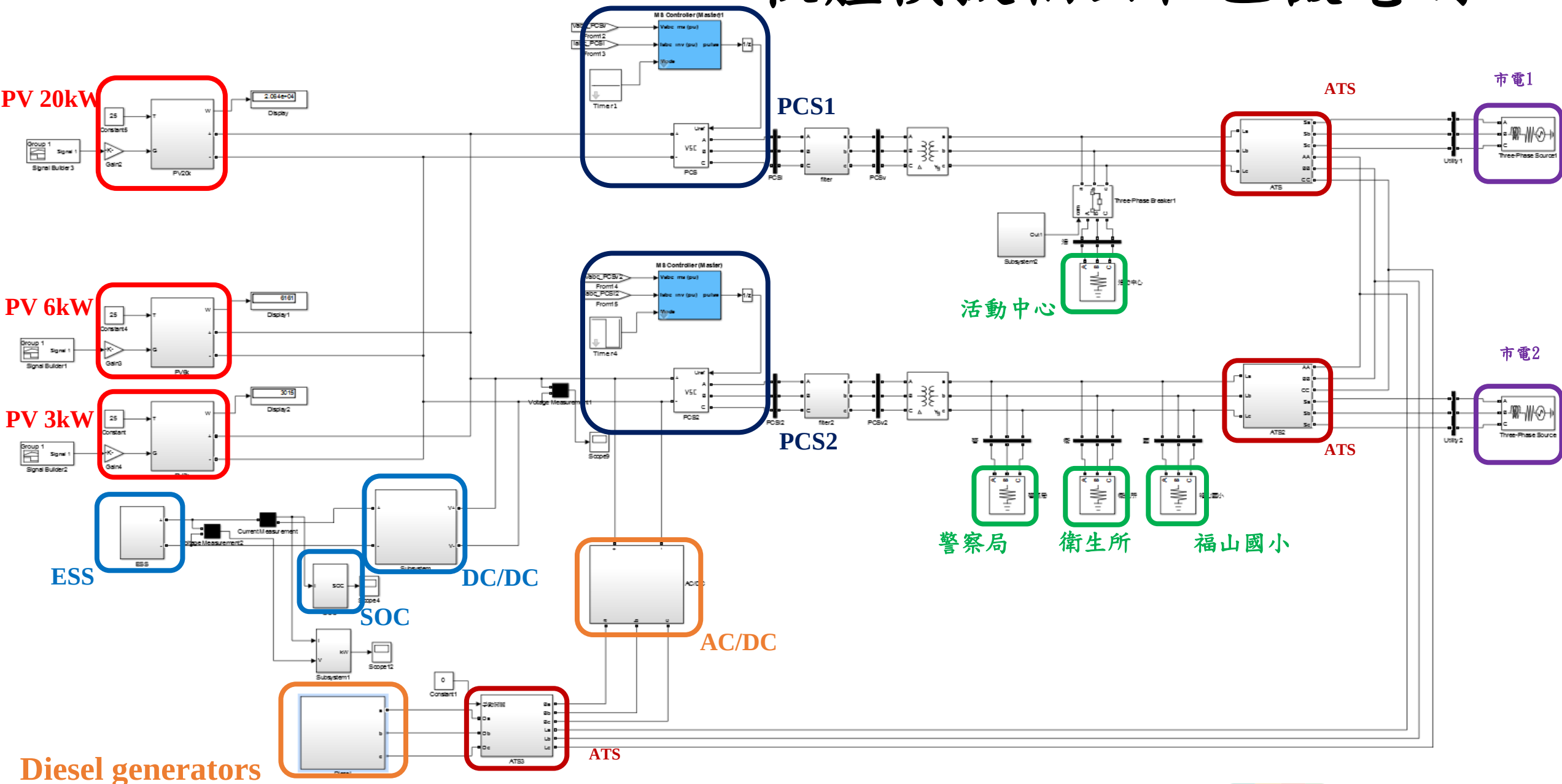
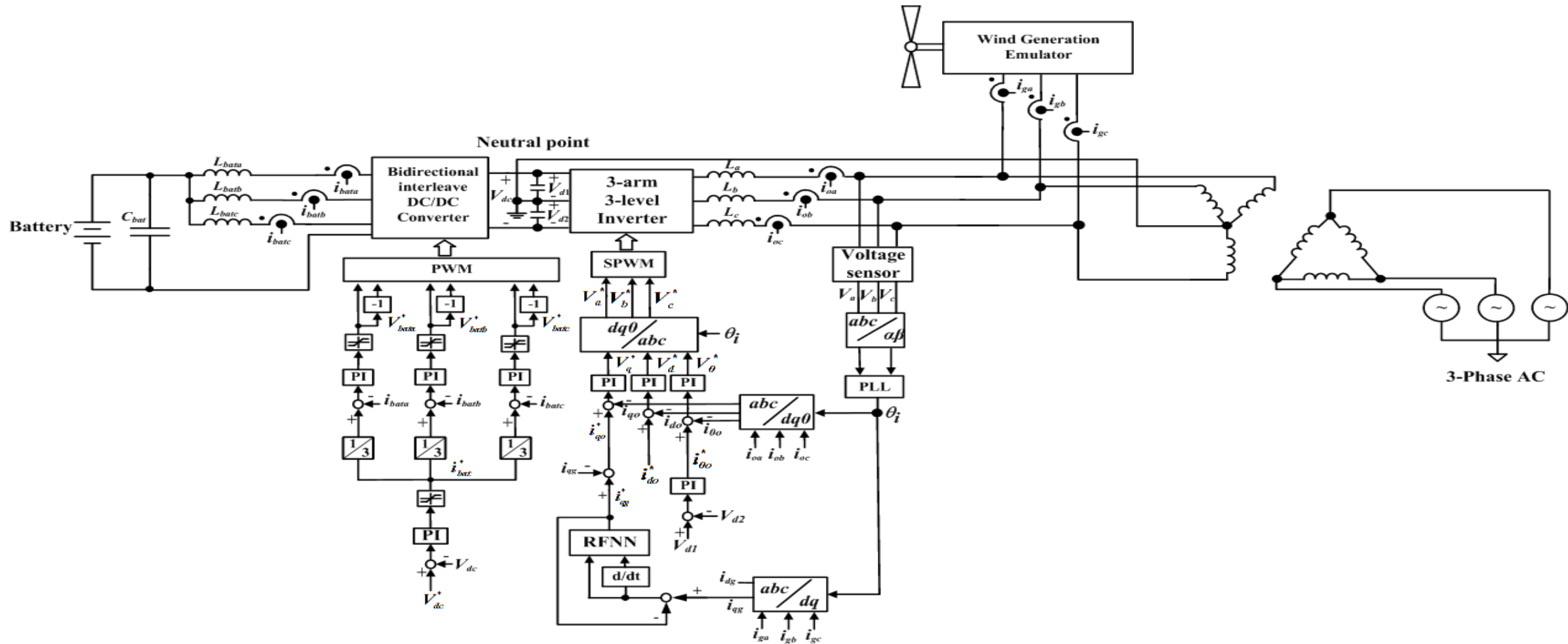


圖 1. 偏遠社區微電網示範區建置系統圖

Matlab/Simulink 軟體模擬福山社區微電網



第二個案例：應用智慧型控制實現風機功率平滑化控制

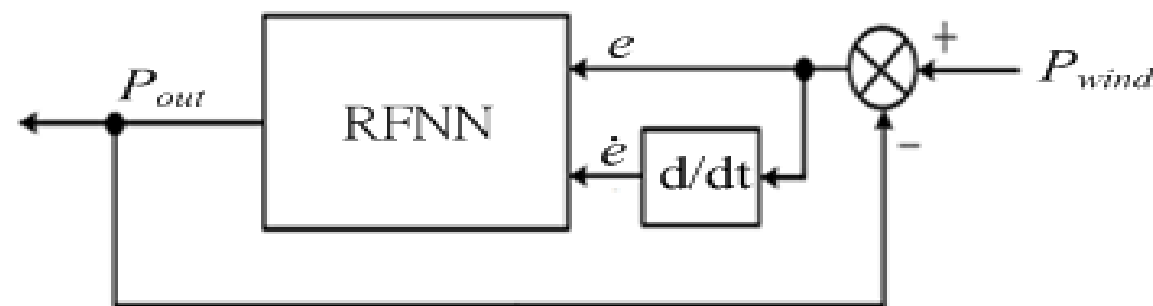


加入遞歸模糊類神經網絡的儲能系統電路方塊圖

應用智慧型控制實現風機功率平滑化控制

下圖為本文所提出應用遞歸模糊類神經網絡的功率平滑化控制架構， P_{wind} 為風機輸出功率訊號、 P_{out} 為遞歸模糊類神經網絡的輸出訊號、 e 為風機的輸出功率訊號和遞歸模糊類神經網絡的輸出訊號之間的誤差訊號， $\dot{e}$ 則為誤差訊號 e 的微分。

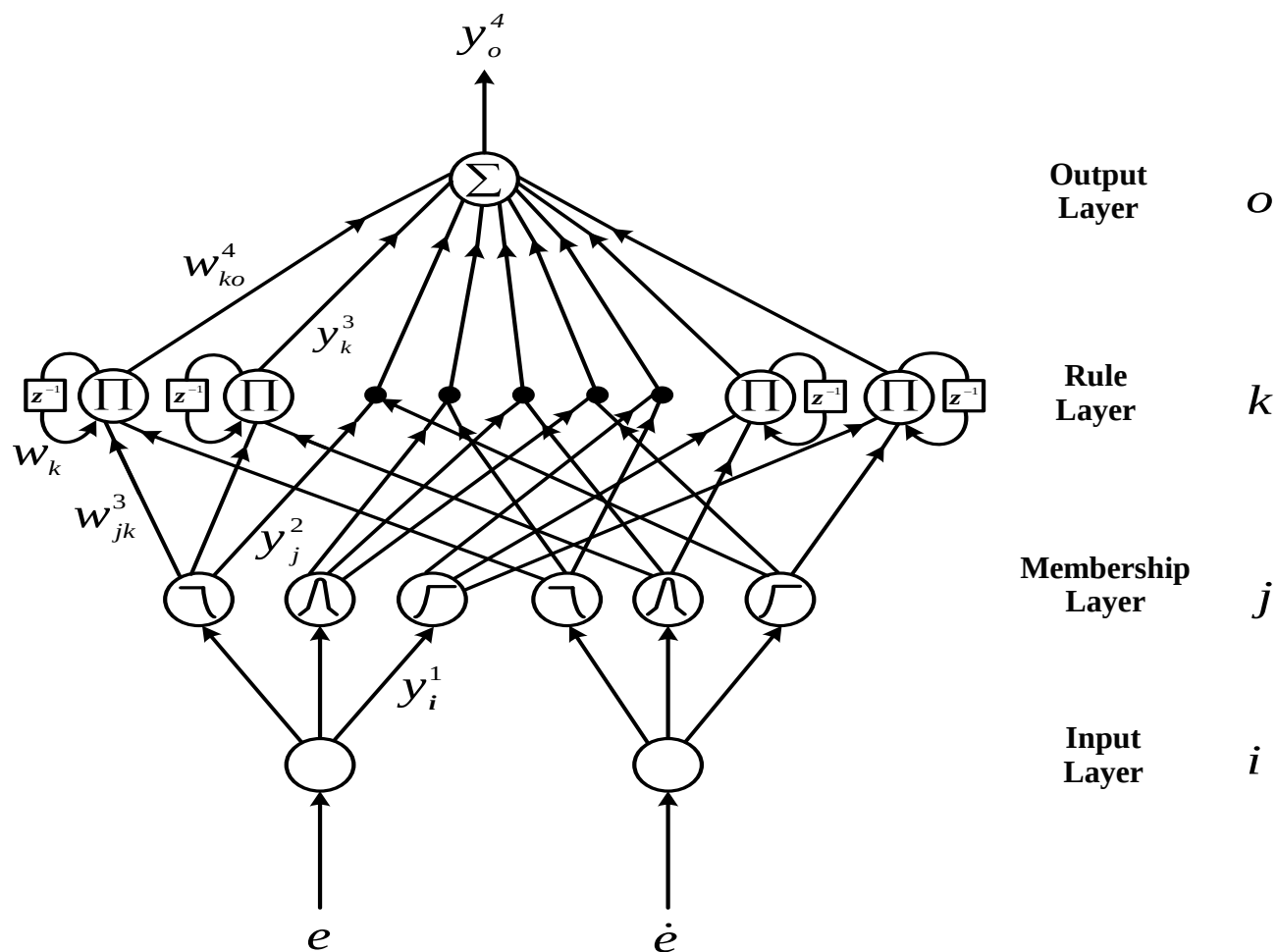
當輸入訊號 e 以及 $\dot{e}$ 進入遞歸模糊類神經網絡時，遞歸模糊類神經網絡開始進行學習，並產生輸出訊號 P_{out} ，之後將 P_{out} 回傳至遞歸模糊類神經網絡的輸入側，和風機輸出功率訊號進行比較產生誤差訊號 e ，並以更新後的誤差訊號 e 作為遞歸模糊類神經網絡新的輸入訊號，進入遞歸模糊類神經網絡繼續進行學習，並不斷重複此一循環。



應用遞歸模糊類神經網絡的功率平滑化控制方法

應用智慧型控制實現風機功率平滑化控制

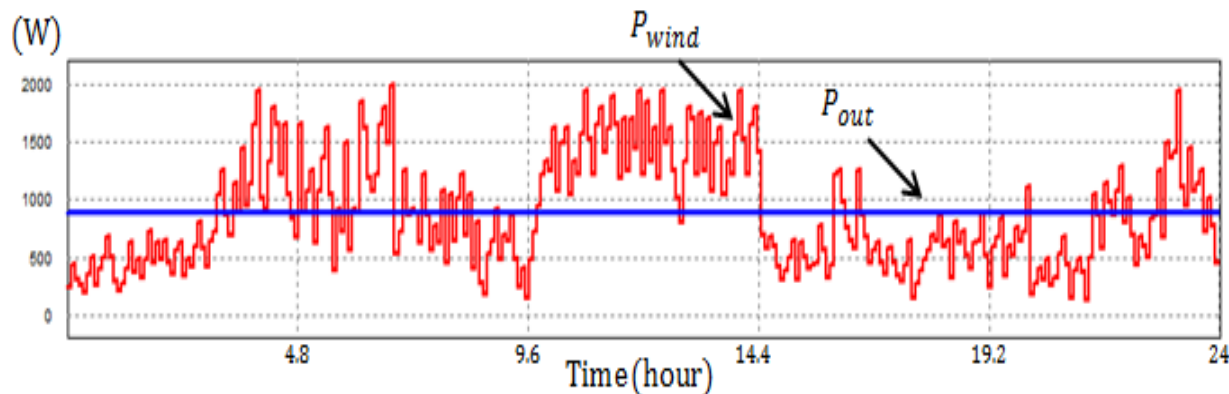
遞歸模糊類神經網路架構(RFNN)



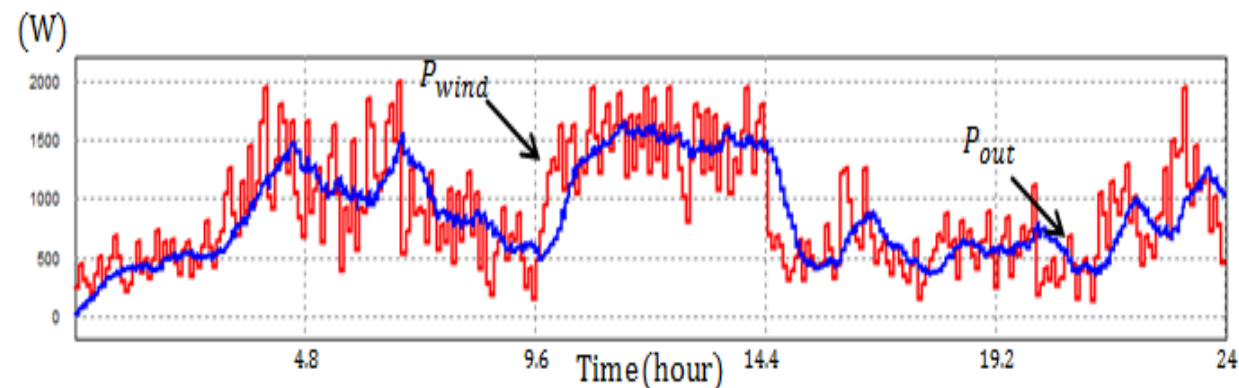
遞歸模糊類神經網路架構圖

儲能系統模擬及相關理論驗證

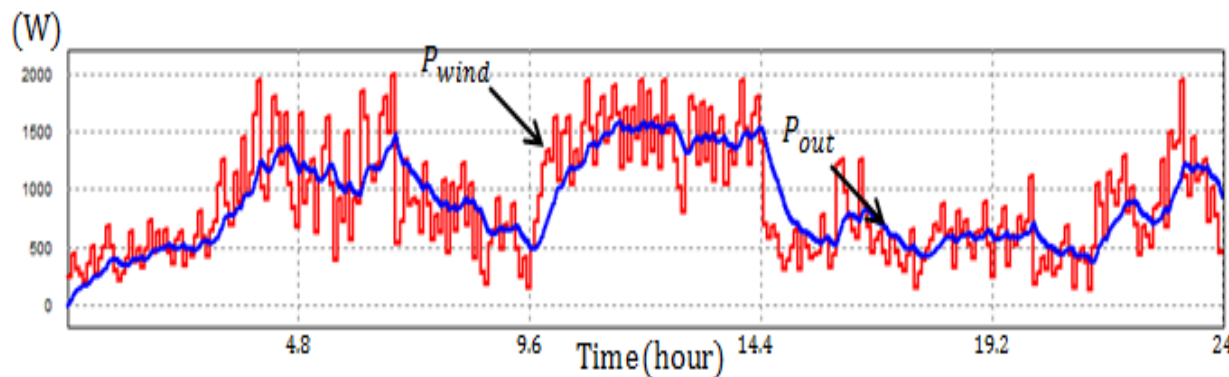
不同平滑化方法之比較結果



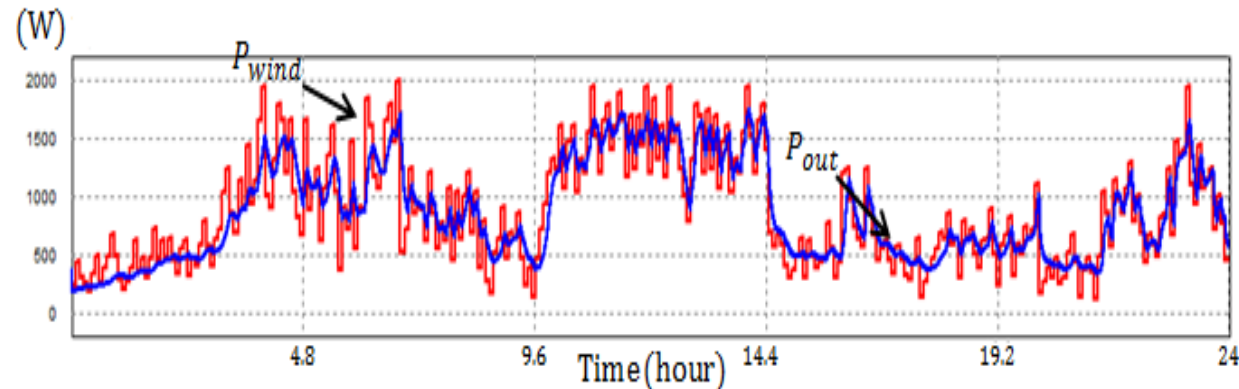
風機輸出功率 P_{wind} 和平滑化輸出功率 P_{out}



風機輸出功率 P_{wind} 和平滑化輸出功率 P_{out}



風機輸出功率 P_{wind} 和平滑化輸出功率 P_{out}



風機輸出功率 P_{wind} 和平滑化輸出
功率 P_{out}

儲能系統模擬及相關理論驗證

蓄電池容量計算步驟:

- 1.將風機功率的輸出和經過平滑化方法處理後的輸出相減，當風機功率輸出比平滑化輸出大時，蓄電池進行充電，反之蓄電池進行放電。
- 2.蓄電池在充放電時必有一段時間是持續進行充電或是放電動作，找出連續充電量或是放電量之中的最大值便可算出電池容量的大小，如(4.6)式所示，以下為蓄電池容量的計算公式，其中a和a+N分別是蓄電池進行連續充電或放電的開始時間和結束時間。

蓄電池容量的計算公式

$$E_{ESS} = \text{Max} \left\{ \sum_{i=a}^{i=a+N} (|P_{wind}(t_i) - P_{out}(t_i)|) \Delta t \right\}, P_{wind} > P_{out} \text{ or } P_{out} > P_{wind} \quad (4.6)$$

$$\Delta t : \frac{\text{取樣每一個點的間隔時間}}{\text{一小時的時間}} \quad (4.7)$$

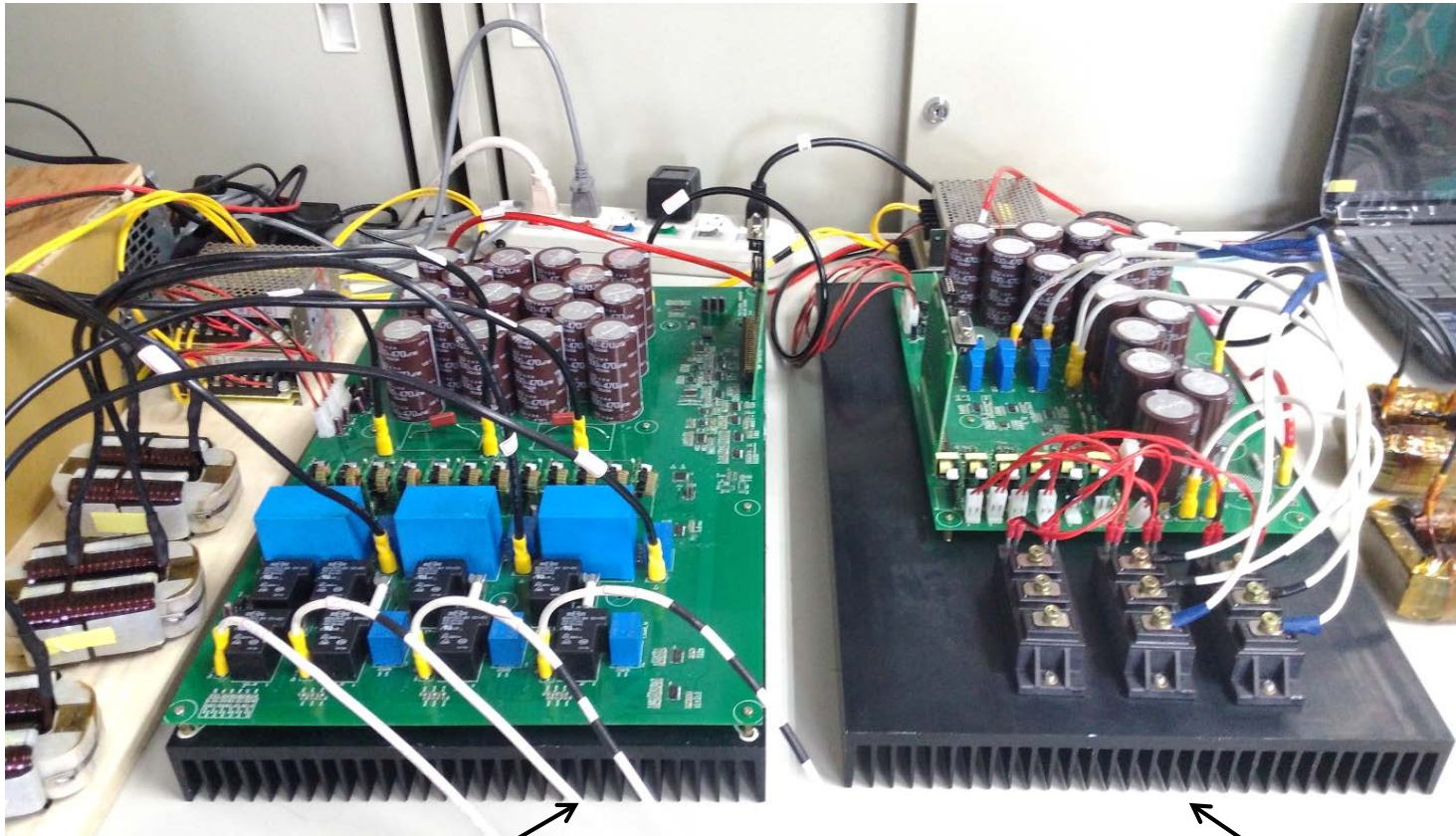
若要將單位從Wh轉換為Ah，則須將(4.6)式除以蓄電池的總電壓，而本論文之蓄電池為30顆12V的電池串接的形式，因此總電壓為0.36kV。

儲能系統模擬及相關理論驗證

表4.1 不同平滑化方法所需蓄電池容量

	平均輸出法	移動平均法	一階低通 濾波器	本文所提出 的方法
蓄電池容量 (kWh)	2.64	0.576	0.539	0.423

應用智慧型控制實現風機功率平滑化控制



三階層三相四線式變流器

雙向式直流至直流轉換器

系統實體圖



風機模擬器



報告完畢，敬請指教