

台灣大型儲能系統在東南亞地區的應用與發展潛力

范振理 (財團法人台灣經濟研究院)

盧思穎 (財團法人台灣經濟研究院)

洪幼倫 (財團法人台灣經濟研究院)

楊恩弼 (財團法人台灣經濟研究院)

文章資訊

接受日期：2021.12

關鍵詞：

- 自動頻率控制
- 儲能系統
- 再生能源

內文摘要 (Abstract)

近年來，東南亞地區國家經濟快速成長，對能源需求大幅增加。在因應氣候變遷的趨勢下，許多東南亞國家積極擴大再生能源的使用，並訂立再生能源使用目標，加入減排行列，使得再生能源在東南亞地區需求大幅上升。然而太陽能與風能等再生能源均為間歇性不穩定的能源，在大量導入電網後會對電力系統的供電穩定造成影響，需借助儲能系統(Energy Storage System, ESS)作自動頻率控制(Automatic Frequency Control, AFC)提供電網調頻服務。隨著全球能源轉型已成定局，儲能技術有助於能源轉型，成為促進再生能源大規模發電與併入常規電網的必要條件。台灣近期已展開利用儲能系統提供自動頻率控制調頻服務以穩定供電的方案，本文將分享國內相關推動情形，期能將相關經驗和模式推廣到東南亞各國，利於國內產業開發海外市場。

THE POTENTIAL OF TAIWAN'S LARGE-SCALE ENERGY STORAGE SYSTEM APPLICATION AND DEVELOPMENT IN SOUTHEAST ASIA.

Chen-Li FAN (Taiwan Institute of Economic Research)
Su-Ying LU (Taiwan Institute of Economic Research)
Yu-Lun HUNG (Taiwan Institute of Economic Research)
In-Pi YAN (Taiwan Institute of Economic Research)

Information	Abstract
Accepted date : 2021.12 Keywords : <ul style="list-style-type: none">• Automatic Frequency Control (AFC)• Energy Storage System (ESS)• Renewable Energy	<p>With the rapid development in Southeast Asian countries, the demand for energy has risen sharply in recent year. Many of these countries have increased the use of renewable energy and set up their own usage target to reduce CO₂ emission in response to global climate change. This results in the demand for renewable energy rise greatly in Southeast Asia region. However, intermittent renewable energy, such as solar power and wind power, is not stable. It will reduce the stability of power system when being introduced extensively. It is necessary to use the Energy Storage System (ESS) for Automatic Frequency Control (AFC) to provide frequency regulation services to the grid. As the global energy transition is a foregone conclusion, energy storage technology will become a necessary condition for accelerating large-scale power generation and integration of renewable energy into conventional power grids. In Taiwan, the program of using ESS to provide AFC service to stabilize the power supply has launched recently. This article will share the case in Taiwan and look forward to promote relevant experience and pattern to Southeast Asian countries, and to further assist domestic industry to develop overseas markets.</p>

壹、前言

東南亞各國電力公司在政府推廣綠電政策下，逐步發展太陽光電等間歇性的能源，在饋入電網後會對電力系統的電壓與穩定度造成衝擊，自動頻率控制(Automatic Frequency Control, AFC)調頻服務，主要是運用儲能系統(Energy Storage System, ESS)快速充放電之優勢，使儲能系統追隨電力系統之負載波動，主動調整充放電動作，以維持系統電壓與頻率穩定，極適宜作為再生能源高占比下之系統穩定因應方案，國際間亦已有諸多採行案例。

東南亞各國目前電源開發的速度趕不上經濟成長，電力的供應量嚴重不足，經常無預警停電造成製造業極大的困擾，也對家庭用電造成不便，因此裝設儲能系統提供備援電力已漸漸成為常態；另東南亞各國為快速提高增加供電和用電普及率，在偏遠的山區、離島增建許多微電網，但因赤道地區沒有季風，故多採用太陽光電微電網，並設置儲能系統將白天太陽能板所發的電力儲存到夜晚方才有電力持續供應照明、電視、冰箱等家電所需；隨著東南亞地區大力推動再生能源，為解決間歇性發電的問題，各國亦紛紛提出將以儲能系統作為電力系統調度的資源，由上述可知儲能系統可協助微電網到大電網的穩定運行。由於鉛酸電池投資金額低，故過去大多裝設鉛酸電池，隨著鋰電池價格下滑與使用壽命的增長，已有逐漸取代鉛酸電池的趨勢。本研究團隊也在拜訪東南亞電力公司時常被詢問鋰電池儲能系統相關的技術與台灣應用案例，故本文希望分享國內大型儲能系統技術開發與應用案例作為參考。

貳、台灣大型儲能系統發展現況

政府為扶持國內儲能產業，在前瞻基礎建設計畫推動下，於永安、龍井、彰濱等大型光電案場均裝設大型儲能系統。台電公司也啟動了金門夏興電廠儲能一、二期及鳳山綠能園區裝設大型儲能示範計畫，預期將引領國內儲能技術及產業的發展。然目前這些示範案場工程的進展仍存在部分問題，分析如下：

1. 因國產鋰電池尚未適應大型儲能應用的需求，過去生產的電芯容量普遍較低，故需整合數萬個小電池方可成為1套MWh等級的大型儲能系統，當電池數量多、電氣接觸點多、電池特性的均一性如有差異則會造成電池模組故障，可靠度亦變差。如每個電池的儲電狀態(State of Charge, SoC) 不一致，充/放電的容量就容易衰減。
2. 由於國內的電池產業大多只注重電芯的製造，對於電力系統不夠瞭解，專業的系統整合技術仍有待強化；另電池業者也不瞭解將數量龐大的電池整合成電池貨櫃也是一門很專業的技術，這與單純的電池生產製造是不同的。

3. 由於電芯生產後需經篩選，將特性相近的電池組裝成模組，但國內電池業者對於模組(Pack)、機櫃(Rack)組裝能力仍不足，再加上電池管理系統(Battery Management System, BMS)大多未有主動平衡功能，因此電池的壽命無法延長。
4. 電力轉換器(Power Conversion System, PCS)尚未國產化，仍仰賴進口，有的廠家由ABB、Siemens提供，因價格太貴競爭力不足。部分廠商則與大陸廠商合作，而大陸廠商的電力轉換器又常需與能源管理系統(Energy Management System, EMS)配套，儲能系統、電力轉換器、電池管理系統三者間的調度指揮、資訊流通等系統整合能否順暢及資訊安全議題，仍待克服。

國內廠商要進入國際市場，由電芯廠單打獨鬥的方式是不夠的，需先協助電芯產業、電池模組產業與系統整合廠商組成分工合作團隊，並在國內完成MW等級之大型儲能系統，且經驗證功能符合電網的需求後方有機會推展到國際場域。一個儲能系統合作團隊，可能的分工方式如下。

由電芯廠負責電芯的製作，主要的工作內容為設計一個高儲電容量(Ah)、充放電率(C-rate)、價格具競爭力、可符合客戶要求的高品質電芯，電池的正極材料、負極材料、隔離膜、銅箔、鋁箔、電解液等盡可能採用國產原、材料組合成一個方形或圓形的安全電芯。完成組裝後注入電解液，將電池活化後，測試每個電池的內阻、充放電壽命、並將特性一致的電池配對提供給模組廠商。

模組廠商則負責設計，透過篩選特性一致、數量眾多的電芯(單電池)串/並聯得到所需的額定電壓(V)、額定功率(kW)與額定電量(kWh / MWh)的一個電池模組。電池模組可視為一個大型的電池，模組廠商仍需測試模組的充放電特性、模組的壽命、設計空調散熱、模組保護線路等。由於個別電芯的差異，經多次統一的充放電，可能造成部分電芯過充電或過放電而使電池模組的容量衰減與效率衰退。故電池模組廠商需加裝電池管理系統作電池電壓、電流、溫度的監測，並由監測數據推估電池的儲電狀態、電池的健康狀況(State of Health, SoH)，平衡個別電芯充電容量的差異及充放電路的控制與保護等。

系統整合廠商的工作內容為設計儲能系統所需串並聯的電池模組數量、交直流側的電力保護方式，電力轉換器的型式、容量的選用，另如拼接點之電壓與電力轉換器輸出端電壓不同時還需經電力變壓器升/降壓，高/低壓開關箱和相關保護系統等組成完整電力系統架構。系統整合商並需設計或選用適當的儲能管理系統及資通訊系統。儲能管理系統主要用以設定充/放電排程，依排程的設定下達指令指揮PCS依設定的電流大小、相角進行充電或放電。依設定執行削峰填谷、再生能源平滑化、負載追蹤、頻率調整等功能。儲能管理系統也需將各個電池充放電狀態顯示於人機介面供運轉人員參考，因此需有資通訊系統與電力轉換器和電池管理系統連線。儲能之電力與通訊系統架構如圖1所示。

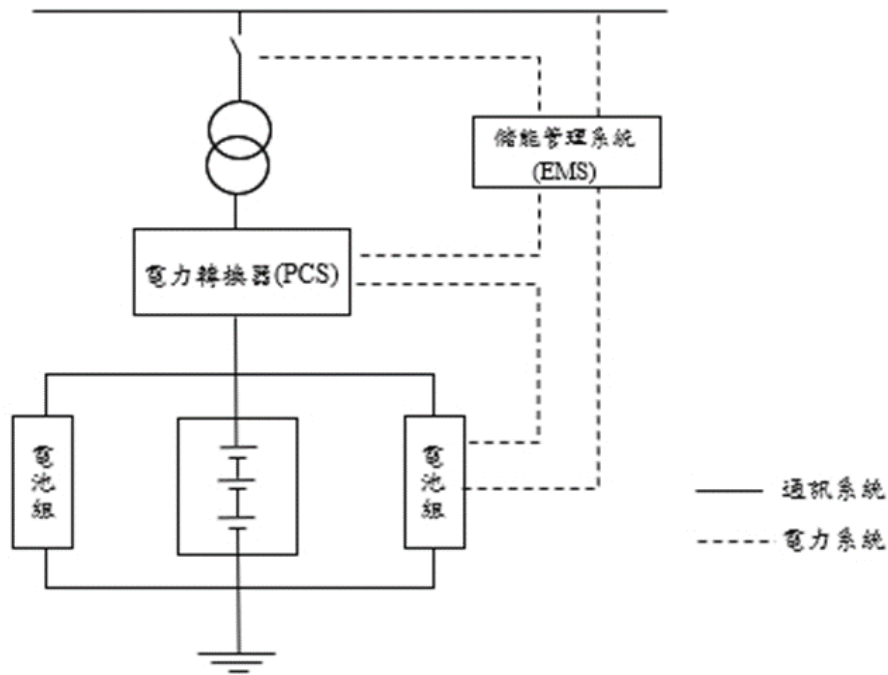


圖1：儲能系統之電力與通訊架構

在投標文件的準備上通常需要整個系統的摘要、儲能系統的型式、應用方案、風險評估、操作使用手冊、定期維護點檢測計畫書與教育訓練等。國內業者普遍對投標文件的整理仍不熟悉，且大多業者均不知道如何製作安全性風險評估報告，建議可依循IEC 62933之規範整理。

適逢台電公司近期也開始著手採購儲能設備作為調頻輔助服務或以契約方式購買調頻輔助服務。另也推廣用電戶參加快速需量反應降低尖峰負載等方案。另依《再生能源發展條例》第12條規定：

政府機關(構)、公立學校或公營事業於新建、增建、改建公共工程或公有建築物時，其工程條件符合再生能源設置條件者，應優先裝置再生能源發電設備。電力用戶所簽訂之用電契約，其契約容量在一定容量以上者，應於用電場所或適當場所，自行或提供場所設置一定裝置容量以上之再生能源發電設備、儲能設備或購買一定額度之再生能源電力及憑證；未依前開規定辦理者，應向主管機關繳納代金，專作再生能源發展之用。前項契約容量、一定裝置容量、一定額度、設置再生能源發電設備之種類、儲能設備之類別、代金之繳納與計算方式、辦理期程及其他相關事項之辦法，由中央主管機關定之。為符合地方發展特性及規劃，地方政府得訂定並辦理較前項所稱之辦法更加嚴格之自治法規。

綜上，由於政策的推動，國內儲能需求也與日俱增，可提供我國儲能產業鏈一個實證的場域，預期儲能團隊的系統整合技術會很快的發展成熟。

參、台灣自動頻率控制調頻服務概述

儲能系統有快速充/放電之優勢，可追隨電網負載的波動，自動調整充/放電量以維持電網頻率固定，是很適宜作為再生能源高占比下調頻輔助服務的工具。電力公司以合約或交易平台等方式取得自動頻率控制調頻服務，在電力系統的頻率過高(表示全電力系統的發電量過剩，造成頻率上升)時儲能系統需自行充電(儲能系統當作負載來消耗電力)使頻率下降。相反的，在電力系統的頻率過低時需可自行放電(放出所儲存的電力，儲能系統當作是發電設備)，來拉升頻率，使電網的主頻率保持穩定。台電公司109年辦理儲能自動頻率控制(AFC)調頻備轉輔助服務採購案，當時吸引多達30家業者投標，最終決選出5家廠商共得標15 MW容量，其中包含國內儲能系統團隊。該計畫要求提供輔助服務之儲能系統須符合以下規範：(1)儲能設備需可長期直接併聯於電網之儲能系統，併網前須取得併網審查許可。(2)儲能系統須為貨櫃型(或機櫃型)儲能系統(包含電池芯、電池模組、電池機櫃、電力轉換器、升壓變壓器等，以及必要之控制、通風、照明、滅火或警報系統等組件，組裝成單一儲能貨櫃或儲能機櫃者)。對於國內大型儲能系統產業發展提供練兵機會。

台電採購之自動頻率控制調頻服務之儲能系統，其儲電容量、充/放電功率、功率因數調整與反應時間等，均需符合表1所訂之基本規格，此基本規格和各國電力公司的自動頻率控制調頻服務規格類似。參考台電公司與法國電力(EDF)、韓電(KEPCO)、日本東京電力(TEPCO)、美國南方電力(SC)、南非電力(ESKOM)、日本關西電力(KANSAI)、義大利電力(ENEL)、魁北克電力(Hydro-Quebec)、日本中部電力(CHUBU)及德國萊茵集團(RWE)等經營內涵同為綜合電業，且較著名之十大電力公司進行重要經營績效指標比較，其中「線路損失率」、「每戶停電時間」、「每員工售電量」等3項指標均排名前半部。顯見在發輸配電效率、供電品質等非財務指標在歷年來的努力下與國際主要電業相當。我國廠商在取得台電公司電力系統的運轉實績後，以台電公司在國際間的指標性地位，想必在日後參與東南亞國家的競標上，將具有更大的優勢。

表1：儲能輔助服務之基本規格

項次	規格項目	規格要求	規格說明
A-1	反應時間	≤ 1 秒	自偵測到系統頻率變化超過設定值起至儲能系統輸出/輸入相對於該頻率功率值之最長時間。
A-2	額定功率放電 持續時間	≥ 15 分鐘	在儲能系統電量為 75%時，以額定功率連續放電可持續之時間，此持續時間應至少達 15 分鐘。
A-3	額定功率充電 持續時間	≥ 5 分鐘	在儲能系統電量為 75%時，以額定功率連續充電可持續之時間，此持續時間應至少達 5 分鐘。
A-4	無效功率調整	≥ 額定功率 50%	<p>(1). 當系統頻率偏移不超過 0.4Hz時，儲能系統應具備至少達額定功率 50%之無效功率調整能力，以維持併接點電壓於 1 標么值(Per Unit value, P.U.)狀態。</p> <p>(2). 當系統頻率偏移高於 0.4Hz時，此時儲能系統輸出功率比值達額定功率 79%以上，儲能系統之無效功率得逕行調整。如圖 2 所示為無效功率運作範圍示意圖。</p> <p>(3). 應具備依據台電公司要求(非遠端直接指令)，調整電壓設定值之能力。</p>

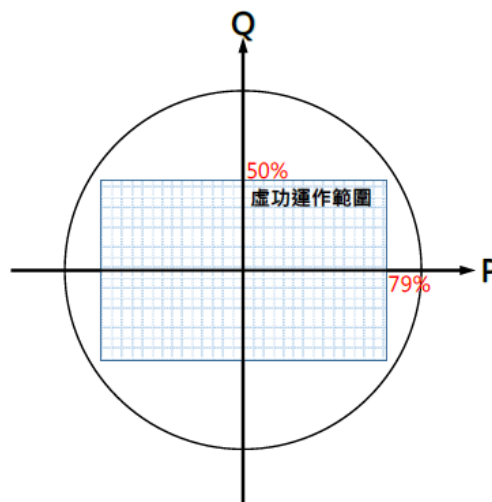


圖2：無效功率運作範圍示意圖

參加輔助服務的儲能系統需自行偵測電力系統的頻率變化，其儀器之解析度，亦即量測系統頻率之最小量測刻度為0.01Hz。由表1之反應時間自偵測到系統頻率變化，至儲能系統輸出/輸入相對於該頻率功率值之最長時間需在1秒內，故頻率量測、電力轉換系統、電力系統

的開關設備之反應速度要夠快，才能符合電力系統自動頻率控制調頻服務之需求。未來如國內自動頻率控制調頻服務的相關法規，如調度規則、計價方式可被東南亞的電力公司採行，如此也可有利於國內廠商參與競標。

肆、東南亞地區經濟環境與電力系統發展概述

東南亞國家協會(The Association of Southeast Asian Nations, ASEAN)簡稱「東協」，於1967年8月8日在曼谷成立，初始成員國為印尼、馬來西亞、新加坡、菲律賓及泰國。其後汶萊於1984年1月8日加入、越南於1995年7月28日加入、寮國及緬甸於1997年7月23日加入，柬埔寨於1999年4月30日加入，形成東協十國，持續至今。東協十國土地總面積逾446萬平方公里、人口超過六億，且經濟發展程度不一，宗教、政治、語文及文化截然不同，2015年底東協成立東協經濟共同體(ASEAN Economic Community, AEC)，整合成為一個總人口大於北美自由貿易區及歐盟的全球第三大市場(僅次於中國大陸及印度)，且GDP達3.2兆美元，為全球第五大經濟體(僅次於美國、中國、日本及德國)。

2019年東協十國國內生產毛額(GDP)總計為3兆2,000億美元。2015-2019年平均經濟成長率約4.7%，其經濟成長動力主要來自於人口成長所帶動之內需消費(如圖3)。東南亞國協的能源消耗也達史無前例的高成長率，從2005年的489 MTOE(百萬噸油當量)，2030年預估將成長至1,414 MTOE，年平均成長率達4.5%(如圖4)。由經濟發展所帶動之能源需求，也使其燃煤與天然氣出口量近20年來急遽下滑，對進口石油依存度也持續上升。目前，東南亞國協仍有10%以上、近億人口居住於沒有電網設施地區。為因應強勁的電力需求，東南亞國協電力系統總裝置容量預期將從2015年的205 GW，於2040年達到629 GW，年複合成長率達4.6%，其中，29.2%將來自再生能源。其中，菲律賓的「2018-2040年菲律賓能源計畫」及「泰國新能源發展方針」皆提到將以儲能系統作為發展再生能源需面對的間歇性發電問題的解決關鍵。故本文鎖定菲律賓與泰國探討其電力系統的發展對於儲能系統的潛在需求。

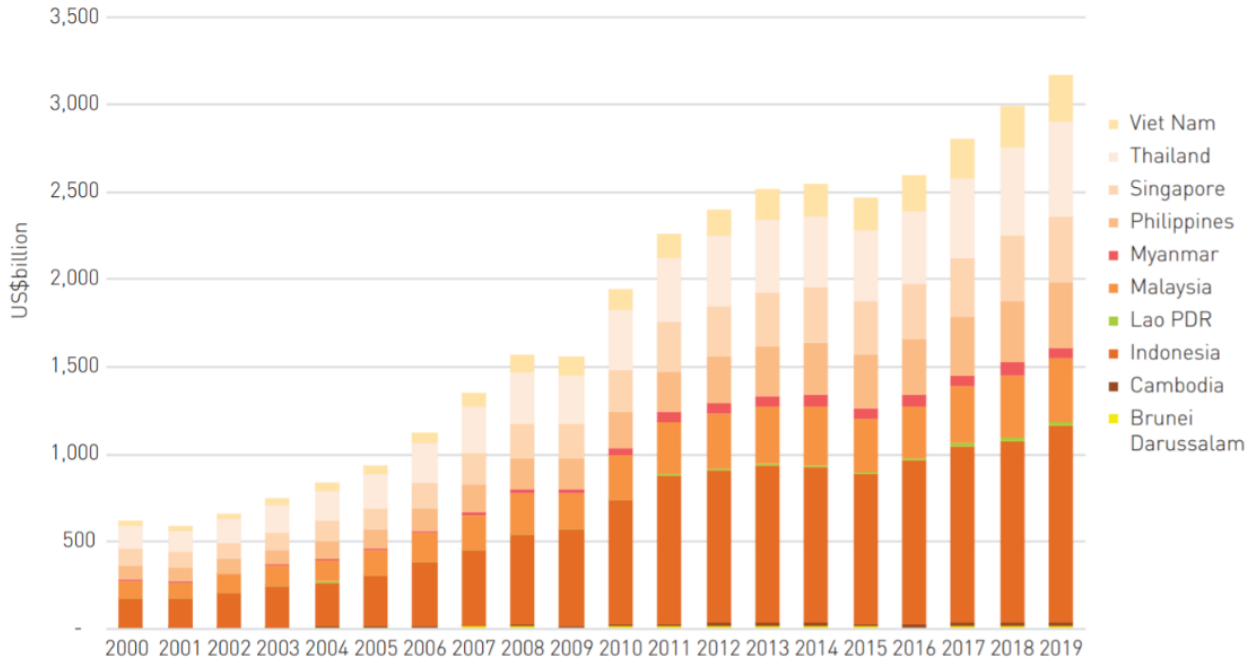
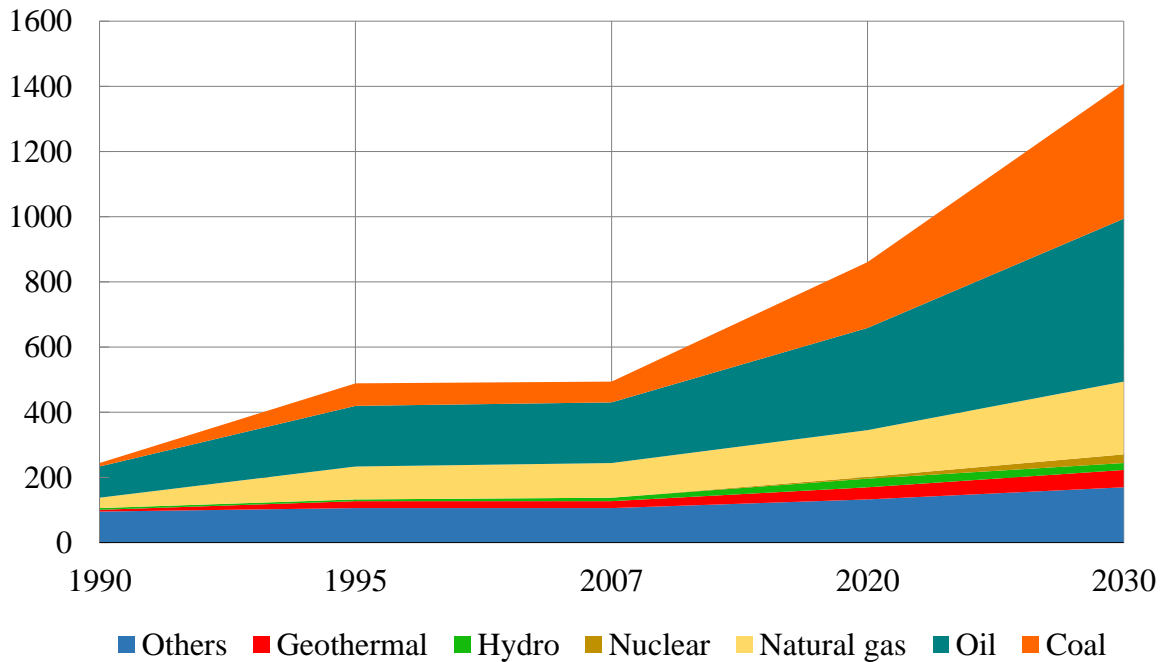


圖3：2000年至2019年東協十國國內生產毛額(GDP)

Unit: MTOE



資料來源：The ASEAN Secretariat. (2020)

圖4：東南亞國協1990至2030能源需求

伍、菲律賓儲能系統潛在需求

一、菲律賓的儲能需求

菲律賓全國共有7107個島嶼，主要由三個大島構成：Luzon, Visayas和Mindanao。偏遠島嶼由於地理性限制，無法與電力公司主電網相連，加上颱風等自然災害的頻繁發生，致使供電服務更加困難。獨特的地理環境使得菲律賓成為微電網與儲能發展的天然溫床。菲律賓2016年發電量來源以火力發電和天然氣為主，占48.6%和21.0%。再生能源發電又以地熱能和水力發電為主，占13.8%和10.2%，太陽能和風能僅僅只占了1.4%和1.3%。菲律賓近七成的電力仍依賴化石能源，但需仰賴從印尼、澳大利亞等國進口。

菲律賓用電增長率從2015年的82,413 GWh增長至2019年的106,041 GWh，漲幅近22%。同時，在2016年總額1800億美元的國家再生能源計畫基礎上，菲律賓能源部(Department of Energy, DOE)進一步制定了2017-2040年菲律賓能源計畫，持續推動整個國家的電力需求。菲律賓2019年初平均電價為0.19美元/kWh，與先進國家新加坡持平。由於菲律賓獨特的地理環境，再生能源的積極發展以及高昂的電價，使得該國儲能在未來將有機會大量應用於電網之輔助服務、分散式電源及微電網和用戶側。

1. 電網輔助服務：2015年6月，菲律賓能源監管委員會(Energy Regulatory Commission, ERC)宣佈，允許儲能系統提供電網輔助服務。隨後美國電力公司AES即於2016年在Zambales的Masinloc完成了10 MW容量的儲能系統建設，成為東南亞首批大型儲能系統之一。菲律賓最大的電力供應商Aboitiz Power公司亦在2018年中旬宣布計畫在菲律賓的第二大島Mindanao原有的化石燃料發電廠上，建立一個48 MW電網電池專案。此外，Luzon和Visayas島亦提出了共計12處的電池儲能計畫，總功率達到了360 MW。
2. 分散式能源及微電網：截至2017年底，菲律賓電氣化比例為93%。儘管電氣化普及率相對較高，但是在農村偏遠地區仍有很多人無電可用，另外一些已實現電氣化的農村島嶼，他們往往過度依賴柴油發電機，用電成本高且供電不穩定。2019年4月，菲律賓Malalison島啟動試驗專案，目的是提供全天候的電力供應。目前該島共設置一個50 kW的太陽光電廠和一套273 kWh的鋰離子儲能系統。
3. 用戶側：2019年8月菲律賓能源部提供了能源改革的法規框架，將儲能系統作為改革核心，讓用戶有機會能參與電力交易，透過在低電價時段儲能充電，高電價時段儲能放電的方式獲得利潤。由於菲律賓的電費相當高昂，使得投資者在工商業用戶透過削峰填谷，獲得超額的收益。

二、菲律賓的儲能相關監管與法規

菲律賓有關大型儲能設備目前政府方面尚未制定相關規範和法規。但政府為滿足電業的調頻輔助需求，2019年8月發布一份監管與規範的部門通函，內容包含對儲能輔助系統的定義、利益關係者等。同時亦明確要求其國內相關政府部門針對儲能系統的法規和標準作出相關規範。

根據菲律賓《電業採用能源儲存系統》部門通函中指出，菲律賓能源部表示認可儲能系統，並基於下列原因，希望能將其應用至電業管理營運中：

1. 菲律賓《2001年電力行業改革法案》(Electric Power Industry Reform Act, EPIRA)明定，電力業者需提供可靠、品質穩定和安全的電力，並符合政府有關環境保育，維持生態平衡的政策。
2. Visayas的區域電網因再生能源(Variable Renewable Energy, VRE)發電廠的運行，使該地區電力負載量持續下降，而儲能系統被認可為一項可靠技術，能確保系統穩定性並解決再生能源輸出不穩定的問題。
3. 菲律賓國內部分地區，已將儲能系統運用於發電、輸電和配電系統，提供發電、調峰和調頻輔助服務。
4. 菲律賓能源部目前正在研擬智慧電網發展計畫，希望以此引導國內電業，透過更新設備和系統，讓電力系統能夠完成現代化的進程，其中，於電廠設置儲能系統將是該計畫中一項重要措施。

菲律賓儲能系統部門通函適用於任何未來計畫、擁有、營運儲能系統的單位，例如下列團體，但不限於該範圍：

1. 發電業(GenCos)

擁有和/或運營儲能系統的發電公司，包括但不限於以下技術：

- (1). 電池儲能系統
- (2). 壓縮空氣儲能
- (3). 飛輪儲能
- (4). 抽蓄水力電站
- (5). 被菲律賓能源部認定、批准、核准為儲能系統的未來其他新興技術

2. 配電業(DUs)

3. 直接連接客戶(DCCs)
4. 最終用戶(EUs)
5. 合格的第三方(QTP)
6. 電網提供者
7. 系統營運者(SO)
8. 市場營運者(MO)

根據部門通函，適用者具有以下責任：

1. 發電公司
 - (1). 可擁有和運營儲能系統。可以獨立發電設施的形式，或將儲能系統整合到其現有發電設施中。
 - (2). 儲能系統得在電力批發市場(Wholesale Electricity Spot Market, WESM)中單獨註冊，可為獨立的發電設施，也可以將儲能系統整合到其現有的發電設施中。
2. 配電業(DUs)
 - (1). 制定或加強適當的內部業務程序，在符合菲律賓電網法、配電法和其他適用的法規和準則下，將儲能系統連接到電網；
 - (2). 確保連接到配電網路的儲能系統的操作符合電網法中規定的標準、配電法及其他適用準則；
 - (3). 在授權於電力批發市場中註冊的儲能系統連接或斷開之操作，皆需與系統營運商進行協調；
 - (4). 向市場營運者報告其授權範圍內在電力批發市場中註冊的任何儲能系統；
 - (5). 確保配電公平透明，並根據適用之能源監管委員會規定收取服務費；
 - (6). 在其每月運營報告中，增加其他如配電公司所擁有和運營之儲能系統的運營報告。

菲律賓的SMG集團委託台塑重工在菲律賓建造燃煤火力電廠，已完成的電廠26座，目前仍在Mindanao的 Zamboanga建造燃煤發電廠，總容量105 MW，未來還會繼續合作建造數個電廠。依據前述當地法規要求，每座大型電廠需裝設一定的儲能系統作為自動頻率控制調頻服務用，菲國已概略統計頻率調整輔助服務的儲能需求容量約需400 MWh，部分儲能系統已

採用ABB或西門子的系統。國內產業也參與了競標，首次開標的結果，雖由國內的廠家得標，但採用外國的電芯，期望隨著技術的成熟，國產廠商的競爭力也會與日俱增。在菲國儲能市場成熟後，將會有越來越多的儲能需求，也期望台灣儲能產業能參與並獲利。

陸、泰國儲能系統的潛在需求

一、泰國的儲能需求和相關法規

泰國位於中南半島中部，南連馬來半島，東西皆面海，總面積達51萬平方公里。2018年泰國天然氣占總發電量的57%，煤炭發電佔17%，再生能源和水力發電分佔9%和4%。由於泰國天然氣儲備不足，煤炭的品質較差，因此泰國電力需求有較大缺口，大約有13%的電力缺口是靠進口來補足。其電價在東南亞偏高，達每度電0.12美元。

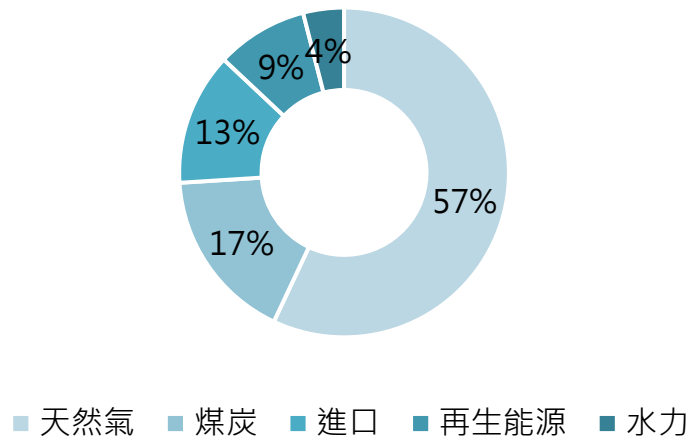


圖5：泰國發電來源組成

泰國政府雖然支持再生能源的發展，但是豐富的風能資源大多都處於當地最南端，然而泰國用電集中於中部曼谷經濟圈，與南部電網連接薄弱。如果大力發展風能，無疑將對現有的電網穩定性造成巨大的壓力。早在2013年，泰國南部14府同時發生停電，停電最長時間達4小時，受到影響最為嚴重的是海鮮食品加工廠、冷凍產品工廠等，其造成的經濟損失達3.5億美元。由此可見儲能將會是緩解泰國南部脆弱電網的一個快速而又經濟的解決方案。

在泰國4.0戰略與「一帶一路」建設高度契合的新形勢下，中國累計在泰國承接了近百座電站的改造以及新建工程。並於2016年和泰國地方電力公司(Provincial Electricity Authority, PEA)達成戰略合作，為泰國部分輸電網進行改造。改造後的電網加上配套的儲能設施，將可避免大規模停電所帶來的經濟損失。

泰國電力局(Electricity Generating Authority of Thailand, EGAT)在泰國新能源發展方針中也提到再生能源間歇性的發電無法滿足目前的國家用電需求，儲能系統將成為解決問題的關鍵。泰國在未來十年規畫了約2.6 GW的抽蓄水力電廠，但由於技術的限制，泰國電力局將著力發展電池儲能，目前已經確認的專案有Mueang 4 MW、Bamnet Narong 16 MW、Chai Badan 21S。同時在2018年，Energy Absolute 宣佈計畫投資30億美元在泰國建造世界上最大的儲能系統之一。該項目分為兩個階段，第一階段投資1.19億美元安裝1 GWh的儲能電池產線，並在5年內追加投資以達到50 GWh的儲能電池生產規模。

二、泰國能源相關政策

2015年，為因應國內經濟結構調整以及東協經濟局勢的變化，泰國能源部整合了過去的政策，提出四個新的能源政策：

(一) 泰國電力發展計畫 2015-2036 (PDP)

泰國電力發展計畫(Thailand Power Development Plan 2015-2036, PDP)。本計畫有三個重點，第一為在考量社經發展需求及多元燃料組合下達到能源安全；第二為以具長期經濟競爭力之適當發電成本維繫經濟發展；第三為降低發電廠的碳密集度達到生態永續。PDP 2015強調透過降低對天然氣發電的依賴、增加搭載淨煤科技的燃煤發電廠、增加從鄰近國家進口的電力及發展再生能源等四種方式改善泰國的能源系統可靠度。

(二) 泰國再生與替代能源發展計畫(AEDP)

在再生與替代能源發展計畫(Renewable and alternative Energy Development Plan 2015-2036, AEDP)的施政目標為以電力、熱能及生質燃料等方式增進再生能源使用，意使泰國在2036年再生能源占比達到總消耗能源30%的目標。

(三) 泰國能源效率發展計畫 (EEDP)

泰國能源效率發展計畫2015-2035 (Energy Efficiency Development Plan, EEDP)的施政目標為於2036年相較2010年減少能源密集度30%、於2030年相較2005年降低25%能源密集度的目標，以及達成在COP 20承諾之運輸與能源部門須在2020年相較2005年降低7%碳排放目標。

(四) 能源 4.0 (Energy 4.0)

2016年泰國政府推動「泰國4.0」政策(Thailand 4.0)，致力於從製造產品的國家轉型為創新產品的國家，並且期望透過改善能源系統，使潔淨能源供給可有效率地配合人口增長，進而促成泰國能源部門的轉型。為落實政策，大型儲能系統的運用在其中扮演著很重要的角色。國家能源部鼓勵泰國企業盡快研究儲能電池技術，或找出海外已經發展和銷售儲能電池

的合作夥伴，促進他們來泰國電業市場投資。今年，泰國能源部發出總額達5億泰銖的扶持政策，政府用於支持儲能技術的研究，其目的是為了實現泰國再生與替代能源發展計畫中規定的到2030年新能源的使用率達到30%這一目標。

經上述討論可發現，未來大型儲能系統在泰國大量導入再生能源的政策帶動之下，將具有顯著的發展潛力與機會。

柒、結論

應用在電力系統的大型儲能系統除了容量和能量密度之外，更需考量充放電時的循環效率、可靠安全、壽命長和維護保養工作少等需求。儲能系統不是單純的作出良好的電芯就可以，生產好的電芯是一回事，能把特性有差異的電芯組合成一個壽命長、效率高的電池櫃又是另外一門技術。電芯一出廠，就受到環境因數、運轉因素等種種影響，需要小心地呵護，才能發揮它預期的成本效益，此外電池模組、電池機櫃、電池管理系統、電力轉換器、能源管理系統、開關盤、變壓器、保護系統乃至電池貨櫃等的設計與搭配，每個環節都是關鍵技術，也都影響系統的品質和成本。故儲能櫃主體的設計是電池系統、電力電子、電力系統與資訊系統的結合，此外還需機構、空調與消防專業的協助，缺了任何一個角色都無法做好一個完整的儲能櫃。

國內大型儲能系統產業在電芯、電池模組與系統整合等跨領域廠商組成合作團隊及國內MW等級大型儲能系統及儲能自動頻率控制(AFC)調頻備轉輔助服務等政策引導之下，已有相當成績，現階段國內AFC合格交易廠商已有5家，可參與總容量也已達15 MW，並正逐步開放輔助服務市場，提供大型儲能系統參與競價。在東南亞地區等發展中國家，供電不穩定造成的跳電意外事故，是業者和政府長期面臨的一個課題。此外，離島和偏遠地區皆須仰賴搭配使用儲能設備才能彌補再生能源發電量不穩定的缺點，這些都讓當局地府和有關部門決心導入大型儲能設施，改善供電可靠度。由於國際間的電力基礎建設市場具獨佔性，擁有運轉實績將有助於在國際市場上取得競爭優勢，因此，對於在相關領域擁有更多實務經驗與技術的台灣儲能及綠能產業而言，是一個產業南進的機會。也期望透過國內政策指引及實績取得，對東南亞地區的相關制度及技術輸出帶來龐大的競爭優勢與商機。

致謝及說明

感謝109年度產學合作計畫-智慧能源整合技術國際應用示範計畫(2/2)(計畫編號：MOST109-3116-F-301-001-CC2)支持使本研究可順利完成

參考文獻

一、中文文獻：

1. 張靜貞 (2018)，「談糧食自給率與糧食安全指標」，人文社會科學，漫步科研，科普專欄。取自：<https://newsletter.sinica.edu.tw/談糧食自給率與糧食安全指標/>。
2. 台電公司 (2020年)，快速反應負載資源 (Fast Response Resource, FRR) 輔助服務採購案徵詢。
3. 台電公司 (2020年)，儲能自動頻率控制 (AFC) 調頻輔助服務資源採購案徵詢。
4. 台電公司 (2020年)。儲能自動頻率控制 (AFC) 調頻備轉輔助服務招標公告。
5. 再生能源發展條例第12條，2017年。
6. 菲律賓能源部 (2019年)，2019-08部門通函。

二、英文文獻：

1. Department of Energy, Republic of the Philippines. (2017). Philippine Energy Plan 2018-2040.
2. IEC. (2017). Electrical Energy Storage (EES) Systems - Part 5-1: Safety Considerations for Grid-Integrated EES Systems - General Specification. Retrieved From: <https://webstore.iec.ch/publication/33665>
3. Ministry of Energy. (2015). Thai Power Development Plan 2015-2036 PDP. Retrieved From: https://www.egat.co.th/en/images/about-egat/PDP2015_Eng.pdf
4. The ASEAN Secretariat. (2020). ASEAN KEY FIGURES 2020.