

出國報告（出國類別：開會）

# 參加 IEEE-PES 2015 亞太電力與能源工程 會議

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

姓名職稱：楊金石 副所長

派赴國家：澳大利亞

出國期間：104 年 11 月 13 日至 104 年 11 月 19 日

報告日期：105 年 1 月 8 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 IEEE-PES 2015 亞太電力與能源工程會議

頁數 35 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台電人資處/陳德隆/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

楊金石/台電公司/綜合研究所/副所長

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他（開會）

出國期間：104 年 11 月 13 日至 104 年 11 月 19 日 出國地區：澳大利亞

報告日期：105 年 1 月 8 日

分類號/目

關鍵詞：太陽光電、儲能、配電系統、微電網、商業模式

內容摘要：

國際電機電子工程師學會電力與能源協會(IEEE-PES)每年在亞太地區就電力及能源領域舉行年會，作為最新技術與經驗的分享交流平台，提供世界各地學者專家交換意見及提供對能源領域未來建議與想法。本次年會主題為「電力行業面臨的挑戰與創新需求」，論壇題目包括：未來電力系統的新技術、從過去經驗引導未來的學習等，全球的電力工程研究人員及業界領導人士，於會中提出和討論新出現的電業面臨的挑戰議題、經驗與解決方案，此對亞太地區國家未來電力發展相當重要。

今年的大會是第一次在澳洲舉行，會中發表內容包含：面對快速經濟成長的挑戰、間歇性再生能源發電和分散式技術的電網整合、電力變壓器及資產管理、電力系統穩定度、電動車與儲能、微電網與分散型發電、電力系統規劃、電力系運轉與電腦應用、需量反應、電力電子之控制及驅動器等。本次出國藉由參與國際研討會的機會蒐集最新技術發展資料，並與相關領域專家研討以掌握最新研究發展趨勢，成果將有助於本所相關研究計畫的推行，對電力設備及系統運轉維護有所幫助。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://open.nat.gov.tw/reportwork>）

## 目 錄

摘要 .....	ii
壹、任務目的.....	1
貳、行程.....	1
參、心得.....	2
一、主題演講.....	5
二、論壇 I- 電力行業面臨的挑戰和創新需求.....	6
三、論壇 II- 未來電力系統的新方向和技術.....	7
四、精選論文內容.....	9
4.1 提升 PV 結合提高風能 24 個月中期預測研究.....	9
4.2 車輛供電到電網作系統頻率調整.....	12
4.3 分散式 PV 電源對電動車充電.....	15
4.4 電業微電網規劃的一般方法- 以凱恩斯案例研究.....	21
4.5 集中保護和控制的微電網架構.....	24
4.6 智慧電網之電池最佳化與測試.....	26
4.7 住宅蓄電池儲能.....	31
4.8 相量量測系統之最佳放置位置演算法 .....	32
肆、結論與建議 .....	34
參考文獻 .....	35

## 壹、任務目的

配合政府智慧電網與再生能源發展政策，智慧電網建置與大量再生能源併網議題為本公司研究發展重點，出席 IEEE 所轄電力及能源協會(PES)年會，可蒐集相關議題的最新技術發展，並與世界各地學者專家交換意見，作為研究規劃方向。

本次年會涵蓋廣泛的電力行業的主題，包括新能源的未來方向、間歇性再生能源發電和分散式技術的電網整合問題、面對快速經濟成長的挑戰、老化電力基礎設施的管理等，可經由會議與國外機構交流，學習最新創新議題與技術，以便發展未來電力系統短中長研究方向與重點。

另澳洲在發展再生能源及家庭儲能方面有相當成果，本次會議蒐集該國太陽光電發展與家庭儲能併網等，並深入了解其費率內涵，供本公司參考。

## 貳、行程

行程與工作概要如表一所示，本次行程扣除搭機時間外，時間剛夠參加會議，因此未進行其他訪問。

表一 出國行程

時 間	行 程
11 月 13-14 日 (星期五、六)	往程：台北→澳大利亞 布里斯本(Brisbane)
11 月 15 日(星期日)	報到、參加接待晚會
11 月 16 日(星期一)	上午：開幕、主題演講、Panel Session(1)
11 月 17 日(星期二)	參加 Panel Session(2)、論文發表
11 月 18 日(星期三)	上午參加論文發表 下午前往機場搭機：布里斯本→桃園機場
11 月 19 日(星期四)	抵達桃園機場

## 參、心得

2015 年第七屆 IEEE PES 亞太電力與能源工程會議 (APPEEC2015) 於 11 月 15 號至 18 號在澳大利亞布里斯本會展中心舉行。這次會議是第一次在澳大利亞舉行，今年的大會涵蓋廣泛的電力行業的主題，其中包括過去六年快速增長的經濟對電力運轉的挑戰，已開發國家老化的基礎設施的管理，以及間歇性再生能源發電和分散式電網整合技術問題。

本會議共收到了來自個地區的 326 篇論文，經同行審查後，接受 279 篇，其中 258 篇論文在本次大會發表。許多全球領先的電力工程研究人員及業內人士將介紹和討論新出現之至關重要的問題，以及電力行業的最新發展。出席本會議的學生群體也相當多，有來自 16 個國家的作者和與會代表，其中來自澳洲與中國大陸的參加人數最多，各約 100 人，而我國有 3 人出席。

會議議程如表二所示[1]，第一天(11/15)註冊與接待酒會，第二天(11/16)上午開幕主題演講 - 從過去的學習經驗進入未來(Learning from the Past Going into the Future)與全員參加之論壇 - 電力行業面臨的挑戰和創新需求(Plenary Session I)，第三天(11/17)上午為全員參加之論壇 - 未來電力系統的新方向和技術(Plenary Session II)，11:00 開始至第四天(11/18)上午均為論文發表。

第一天論文發表會項目：微電網於電力系統、電力變壓器、電力系統保護、再生能源與電力系統、電力電子、輸電系統。

第二天發表會項目：再生能源整合、電力變壓器及資產管理、電力系統穩定度、電力系統運轉、配電系統、電動車與儲能、微電網與分散型發電狀態估測、電力系統規劃、電力系運轉與電腦應用，電力系統分析、電力電子之控制及驅動器

第三天發表會項目：需量反應、輸電相關、太陽光電，電動車及儲能議題、電力市場、變壓器及資產管理。本次參加會議之心得說明如下。

表二 會議議程 [1]

Sunday, 15 <sup>th</sup> November			
16:00 -18:00	Registration <i>Venue: BCEC Plaza Level Foyer P3-P5</i>		
18:00 -20:00	Cocktail Reception <i>Venue: BCEC Plaza Level Foyer P3-P5</i>		
Monday, 16 <sup>th</sup> November			
08:30 -09:00	Registration		
09:00 -10:00	<p style="text-align: center;"><b>Opening Ceremony Keynote session</b> <i>Venue: BCEC Plaza Level Foyer P3-P5</i> <b>Welcoming:</b> Prof. Tapan Kumar Saha, Co-Chairs</p> <p><b>Opening Ceremony :</b> Prof. Miroslav Begovic, (IEEE PES President &amp; Head, Electrical and Computer Technology, Texas A&amp;M University, USA)</p> <p><b>Keynote Speech: "Learning from the Past Going into the Future",</b> Dr. Damir Novosel, (IEEE PES President-Elect &amp; President, Quanta Technology LLC)</p>		
10:00 -10:30	Morning Tea		
10:30 -12:30	<p style="text-align: center;"><b>Plenary Session I</b> <b>Theme: Power Industry Challenges and the Need to Innovate</b> <i>Venue: Main Conference Room BCEC Plaza Level Foyer</i></p> <p>Moderator: Prof. Miroslav Begovic, (IEEE PES President &amp; Head, Elect. &amp; Comp. Tech., Texas A&amp;M University, USA) Panellists: Mr. Terry Effeney (CEO, Energex, Australia), Mr. Mike Cleary (COO, AEMO, Australia), Mr. Peter McIntyre (Managing Director, TransGrid, Australia), Prof. Paul Simshauser , Director General , Dept of Energy &amp; Water Supply, Queensland Government &amp; Prof. of Economics (Griffith University)</p> <p style="text-align: center;"><b>CIGRE - NGN and API award presentation</b> Mr. Terry Killen (Executive Manager, CIGRE Australia) Mr. Mike Griffin (CEO, Australian Power Institute) Vote of Thanks: Prof. Gerald Ledwich</p>		
13:30 -15:30	Session 1 (room P3) Presentation	Session 2 (room P4) Presentation	Session 3 (room P5) Presentation
15:30 -16:00	Afternoon Tea		
16:00 -17:30	Session 4 (room P3) Presentation	Session 5 (room P4) Presentation	Session 6 (room P5) Presentation

表二 會議議程 (續)

Tuesday, 17 <sup>th</sup> November				
08:30 -09:00	Registration <i>Venue: BCEC Plaza Level Foyer P3-P5</i>			
09:00 -10:30	<p style="text-align: center;"><b>Plenary Session II</b>  <b>Theme: New Directions and Technologies for Future Power Systems</b>  <i>Venue: Main Conference Room BCEC Plaza Level Foyer</i></p> <p style="text-align: center;">Moderator: Mr. Peter Price (EGM, Energex, Australia)                      Panellists: Mr. Stephen Richardson, (Tech. and Innovation Engineer, Ergon Energy, Australia (                      Dr. Stuart Johnston (Executive Director, Assets and Network Transformation, ENA, Australia)                      Dr. Perry Sioshansi (President, Menlo Energy Economics, USA)</p>			
10:30 -11:00	Morning Tea			
11:00 -12:30	Session 1 (room P3) Paper Forum	Session 2 (room P4) Paper Forum	Session 3 (room P5) Paper Forum	Session 10 (room P2) Poster
12:30 -13:30	Lunch			
13:30 -15:30	Session 4 (room P3) Paper Forum	Session 5 (room P4) Paper Forum	Session 6 (room P5) Paper Forum	Session 11 (room P2) Poster
15:30 -16:00	Afternoon Tea			
16:00 -17:30	Session 7 (room P3) Paper Forum	Session 8 (room P4) Paper Forum	Session 9 (room P5) Paper Forum	Session 12 (room P2) Poster
Wednesday, 18 <sup>th</sup> November				
08:30 -10:30	Session 1 (room P3) Presentation	Session 2 (room P4) Presentation	Session 3 (room P5) Presentation	
10:30 -11:00	Morning Tea			
11:00 -12:30	Session 4 (room P3) Presentation	Session 5 (room P4) Presentation	Session 6 (room P5) Presentation	

## 一、主題演講

日期：11 月 16 日上午

題目：“從過去的學習經驗進入未來” (Learning from the Past Going into the Future) ，由 Dr. Damir Novosel 主講，Dr. Novosel 為 IEEE PES President-Elect，暨 President, Quanta Technology LLC。

Dr. Novosel 首先說明電力的演進，論及可靠和高效的電網運行對社會至關重要，電業在過去十年中因新技術發展、環保的驅動和天氣模式獲得，使公眾對電業需求和監管有顯著變化。未來十年的電力和能源產業將不同於今天，方能滿足社會和應對挑戰的需求。目前電業正處在一個十字路口，所制定之業務發展和技術決策，希望我們能夠優化和經濟高效的管理電網。

該演講從第一個電廠怎麼發展電網，有什麼一些面臨的挑戰和現代電網的機會，電力行業發展趨勢，以及如何創新未來電網。其探討的項目包括：

- 資產管理，包括電網強化和可靠性改進
- 分佈式能源資源、微電網、間歇性再生能源和儲存能的作用
- 整合電動車輛到電網
- 智慧城市的發展趨勢
- 廣域監控、保護和控制
- 教育和勞動力需求
- 總結關鍵的成功因素，以便未來的電網做準備

IEEE 會員由產業界參與者持續增加，目前有 32,000 名的會員，約有 7 成者為產業者，而學會的運作也由會員轉變成志願者(義工)。IEEE 通過志願者提供一個公正、獨立的服務行業之技術指導，使私營和公共部門（含公用事業、供應商、學術機構、國家實驗室、監管機構和其他行業參與者）經由協同合作來受益。

IEEE 的強項為：廣泛的創造與實施新技術的想法，IEEE PES 目前有 19 個技術委員會與 4 個協調委員會。

在美國，因電力供應跳脫造成的損失，每年有 1250 億美元，對於未來電網需要新的商業模式而用電量仍持續成長，輸配電投資將增加，但仍需與社會、經濟的目標配合。需要大力投資的項目包括：電動車、儲能、用戶側管理、分散式電源、微電網、老化基礎設施更新、複雜的電網架構則需要投資建設成智慧電網。資產管理需進行，再生能源



的間歇性議題，微電網的效益，技工人才需求亦是未來要重視的。整合分散式發電與微電網可獲得更可靠乃是成本效益的方式。

另太陽風暴曾於 1921 及 1989 干擾地球電力系統，亦於會中提出，而大數據、智慧家電、次世代的監控系統(含 PMU 廣域量測)等，為未來發展趨勢。

## 二、論壇 I (Plenary Session I)- 電力行業面臨的挑戰和創新需求

論壇講員包括：昆士蘭州政府水電部門主管 Prof. Paul Simshauser，新南威爾士州的輸電公司(TransGrid) 主管 Mr. Peter McIntyre，昆士蘭 Energex 公司執行長 Mr. Terry Effeney，以及澳大利亞電力市場運營商(Australian Energy Market Operator, AEMO)營運長 Mr. Mike Cleary 出席，探討電力行業的創新驅動因素，重要的新技術與面臨的挑戰，以提供將來電力系統的幫助。

Prof. Simshauser 對屋頂太陽光電板和空調擁有者的隱性補貼相當反對，提及電力費率的不穩定為新興動態問題，分成 2 部份之電網費率具高度的不穩定，2014 至 2015 年，電網費率增加 112%，太陽光電持續增加，平均為 3.2KW，而家庭用戶平均負載 2.14KW，費率分成 TOU 及 Dynamic 二種。

Prof. Simshauser 認為昆士蘭州的太陽光電的收購費率是以暴利資助特定資產所有者，屋頂太陽光電板所有人往往是高收入者，其年收入超過 \$ 62,000 者占 55%，但事實是，太陽光電板已經非常受歡迎於澳大利亞的郊區和地區性城鎮的低收入家庭，因為它們有助於減少飆升的電費。

澳洲目前因太陽光電裝置多，導致配電業儲能量收費外，對備用容量的提供，亦有收費。

Energex 執行長 Mr. Effeney 說明電力行業的轉換，面對需量與能量的成長，以及 500MW 的電網中，PV 佔了 1000MW，60% 以上的家庭裝有 PV，產生約 7% 的能量 (146GWH)，因此昆士蘭的東南區之電能消耗逐年下降，用戶已變成 Prosumer；面對衝擊，電力公司在技術、管制與政策上，均需改變，升級自己的 IT 與通訊平台。在競爭的市場要成功，目前要聚焦能勝任技術：蓄電池儲能、先進智慧電表、整合高占比分散型能源與儲能。

輸電系統方面，基於澳洲地廣與人口集中於沿海，TransGrid 的彼得先生在政策制定、資產管理和監管策略提出報告。

澳洲因 PV 增加負載曲線逐漸鴨型化，即白天低，晚上高，其生態系統包括：可靠

度、政策、低排放與低成本，為提昇可靠度而推動輔助服務，政策涵蓋社會、經濟等，低排放包含輸電網與發電廠。對於太陽光電的問題包括：可否孤島運轉，轉換成本如何，頻率控制、電壓控制、安全限制、經濟調度，以及輔助服務為何。

### 三、論壇II - 未來電力系統的新方向和技術

當地和國際專家組成的小組提交未來太陽光電、蓄電池儲能、電動汽車和電力系統智慧設備的轉型變革。新技術產生的影響也被討論，澳大利亞有第一個電網連接的電池儲能系統的經驗。

**Dr. Perry**談論美國和歐洲電力市場的新模式、新的挑戰和新方法，傳統公用事業於分散型再生能源發電技術、微電網和能源效率的快速變化。

**Dr. Stuart Johnston**對問題資產經營和管理轉型變革為行業的關鍵政策和宣傳。**Dr. Stuart Johnston**在電力行業的豐富經驗，自然資源和大學等部門。

他提供一個洞察ENA/CSIRO電力網轉型路線計畫，該計畫繪製的途徑為未來的電力網和澳大利亞的電網企業必須如何定位自己。這將確定澳大利亞的能源系統新的服務和技術、未來的住宅、商業和工業客戶價值，和帶來長期的彈性和效率。

**Mr. Stephen Richardson**說明 **Ergon Energy** 於開發、測試和部署先進的儲能技術的進展，**Ergon Energy** 的電力網充分支持客戶需求，並特別注重在農村和偏遠地區的客戶。其作為 **Ergon Energy** 的計畫總監和首席工程師，負責併網程序支持系統（GUSS）計畫，推出 2MW 儲能的支持單線接地迴路系統（SWER）。他的演講涉及：通過 **Ergon Energy** 研究新技術、整合和控制系統的重要性、新技術整合到電力網絡挑戰。

圖 1 為住宅用戶逐年電費調整情形，2013 年之電價最高，約為 1999 年的 1.8 倍，導致太陽光電的蓬勃發展。澳洲陽光屋頂裝置容量：陽光屋頂 140 萬戶(平均 4kW/戶)，總容量 5.6GW。

- 用戶總投資額：NT 2,400億，IRR=8.9%。
- PV發展因素：
  - a. 電價調升NT6.72-9.12元/kWH，平均7.68元 /kWH
  - b. 裝置成本 NT1.2萬元/kW
  - c. 發電補貼NT2.4元/kWH
  - d. 餘電售價比市電高 28%

**Ergon Energy** 已經裝設電網等級的能源儲存系統，並表示可降低成本達 3 成。

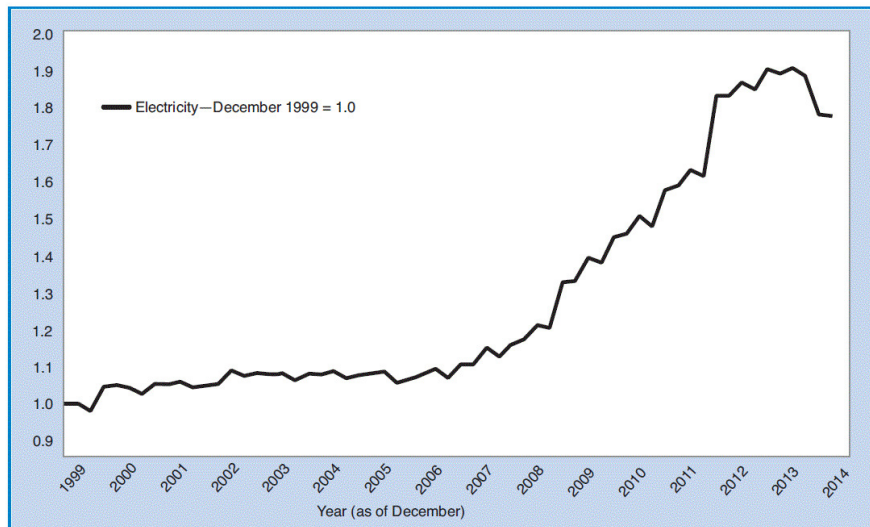


圖 1 住宅用戶逐年電費調整情形 (source: Australian Bureau of Statistics 2015)

## 四、精選論文內容

### 4.1 提升 PV 結合提高風能 24 個月中期預測研究 [2]

預測風力發電廠多月份的輸出會因為天氣的不可預測產生困難，通常情況下，傳統發電方式有相當大的比重須作為備用容量，以防因天候因素造成再生能源發電的不足。一個可能的解決方案是結合不同類型再生能源，例如，在暴風雨天氣，PV 的輸出可能是低的，但是風電場的輸出為高。為了研究此種集合，分析南澳風電場與一個 PV 站，確認兩種不同再生能源發電的組合是否比只有風電場的發電還可靠。

AEMO 預測再生能源發電量可分為短期、中期及長期模組，本文以 Lake Bonny 的 2 座風力發電場(額定容量 159MW)，利用中期預測模組得出 12 個月輸出，其達到 90%發電量之可靠度時間之比例非常低(圖 2)。

Lake Bonny 的 2 座發電廠為 66 具 Vesta V90 的渦輪機所組成，每一渦輪機發電量為 3MW。過去 7 年的研究顯示，在 8 月到 10 月時間，風力發電容量因素(Capacity Factor, CF)較高，但 2010 年 4 月至 6 月異常於其他時期(圖 3)。

晴朗天氣風力發電發電量較少，太陽光電發電量較高，因此在風力發電廠加入太陽光電(PV)設備。Australia bureau of meteorology (BOM) 假設太陽光發電量之公式如下：

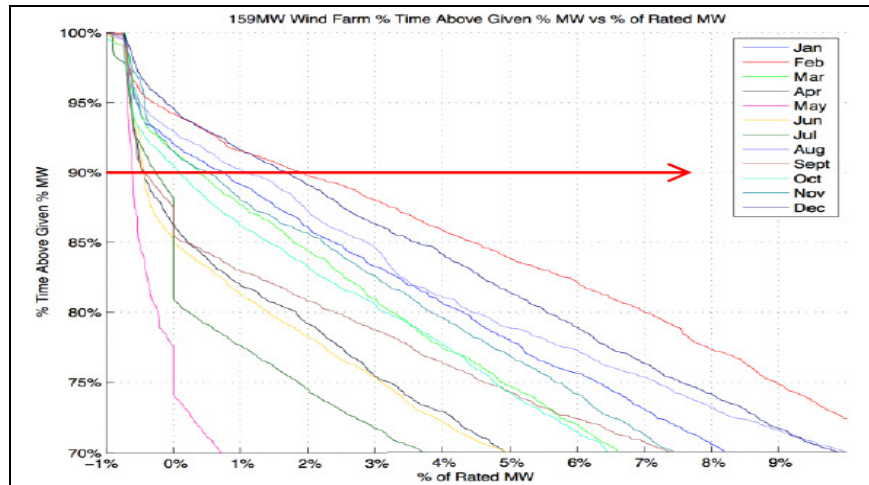


圖 2 調查之風電場輸出 [2]

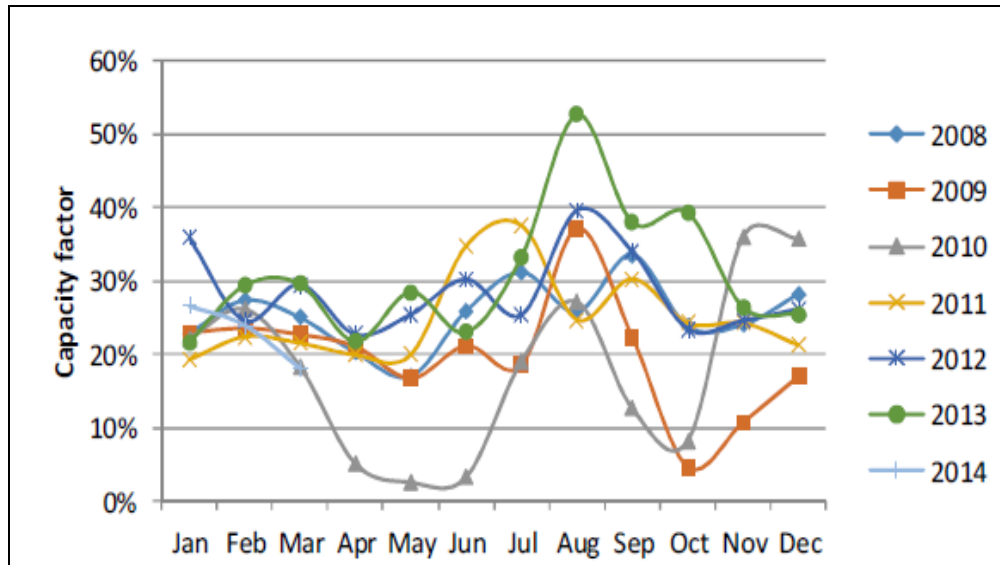


圖 3 Lake Bonny 2 風電場過去 7 年的容量因數 [2]

$$P_M = P_M^* \times \frac{G_i}{G_i^*} [1 + \gamma(T_c - 25)]$$

圖 4 為 2008 – 2012 年測得之每月的太陽光輻射量，以六月之輻射量最低。結合太陽能發電設備在陽光照度充足的月份發電量增加特別明顯，使用 PV 發電的缺點為，無法呈現 24 小時期間 PV 發電之顯著比例(表三)。

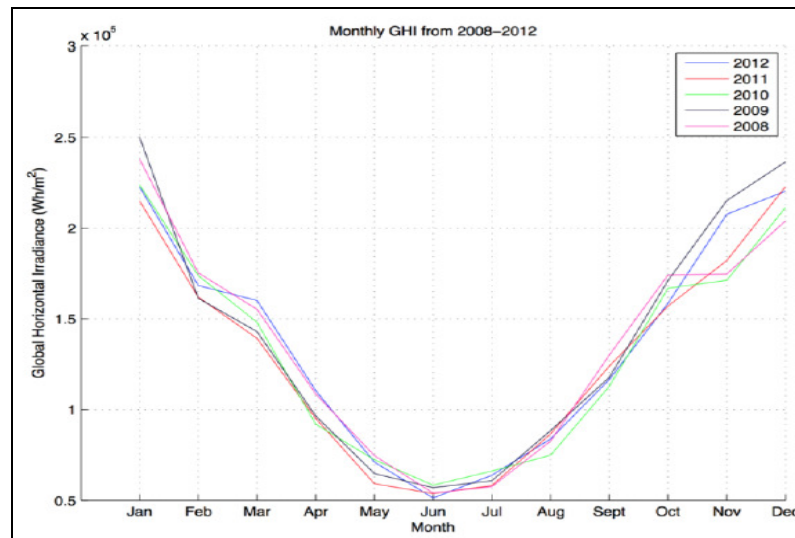


圖 4 每月的太陽光輻射量 [2]

表三 風力+太陽能實際發電量佔兩者額定發電量之比例 [2]

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Wind farm + no PV	0.73	1.89	0.39	0	0	0	0	1.08	0	0.09	0.5	1.69
Wind farm + 10 MW PV	2.22	3.63	1.68	0.46	0	0	0	1.85	0.36	1.38	2.37	3.15
Wind farm + 50 MW PV	2.57	4.66	1.99	0.63	0	0.04	0	2.27	0.56	1.73	2.94	3.77
Wind farm + 100 MW PV	2.18	4.13	1.63	0.51	0	0.03	0	1.85	0.46	1.47	2.61	3.2

上表統計結果顯示：Wind farm+50MW PV > Wind farm+100MW PV；PV 發電明顯輔助風力發電增加發電量，並於中午時段達到高峰；高峰出現的時間僅侷限於白天且峰值落差極大，兩者將影響可靠度計算(圖 5)。

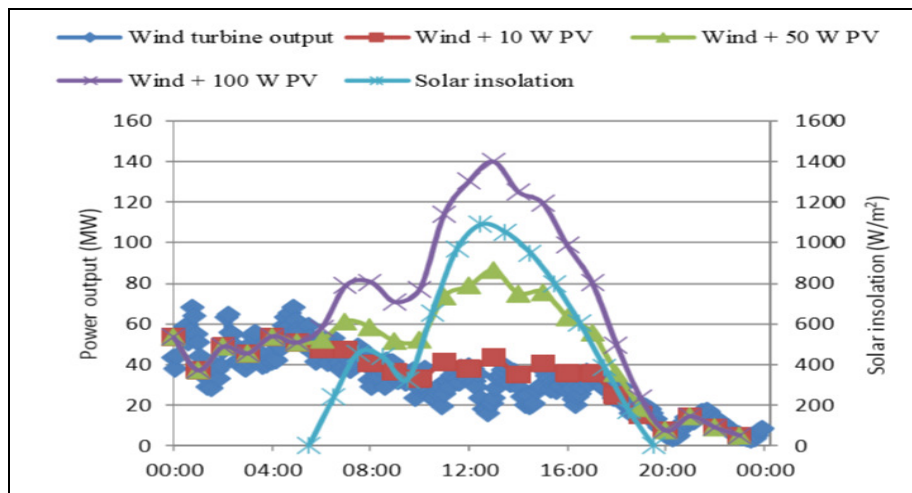


圖 5 各種組合計算所得電力輸出(2/1/2009) [2]

討論:

- 假設於風力發電場外的建築物增加屋頂式太陽能發電設備，根據統計結果對輔助風力發電具有效益。
- 上表為風力+太陽能實際發電量佔風力額定發電量之比例。

結語

在本案例中，風力發電結合太陽能發電設備(PV)確實些微提高了 90%發電量的可靠度，但僅限於太陽光照度充足的月份。風力結合 PV 的方法，需進一步確認 PV 的最佳尺寸及安裝位置，並同時考量供電系統在整體優化的情況下進行全年度測試，才能得知其最佳效益。

## 4.2 車輛供電到電網作系統頻率調整 [3]

車輛供電到電網 (V2G) 系統可以調節電網頻率來穩定電網，美國有幾個試點項目正在進行。電網的穩定對國家安全相當重要，頻率的變動可以通過發電和負載的平衡來穩定。

電力從變電所通過輸電線路送至軍事基地，於輸電線路故障的情況下，軍事基地可以形成孤島微電網自行供電，而一般的電動車可以向微電網提供 V2G 服務。雖然電價隨時間變化，但 V2G 可以選擇在低電價時充電，而在電價高時放電以獲得利潤。本文係對未來的示範和試點方案研提建議，以進一步協助定出所需技術。

- 前言

V2G 系統與電網通信可使汽車電池和電網間的電力潮流為雙向，當充、放電是在受控方式下進行，則系統將對電網產生效益。V2G 的最初的想法是改變傳統的電動汽車的使用方式，即從純粹的負載變化成供給電網的電源，第一個示範計畫是在美國德拉瓦大學(University of Delaware)，而美國國防部 (DOD) 的第一個試點項目在加利福尼亞州洛杉磯空軍基地 (LA AFB)，其為世界上 V2G 最大的示範計畫。下一個階段是擴大試點測試六個軍事基地，第三階段則擴大為約 1500 輛的電動車，先進示範的開發可增加 V2G 的解決方案。

除作戰職責，國防部 (DOD) 負責為倖存者提供救助、康復、醫療和緊急服務。電氣設備大多依賴公共電力網，其可能非常脆弱，但因從電網故障導致長時間斷電風險是不可接受的，而基於柴油發電機之備份系統具有有限的燃料存儲容量。當國家電網的可靠性下降，充足的備用電源已經成為一個問題，而微電網是將負載和發電機系統互連，如果微電網沒有連接到公共電網，其係孤島運轉，其中 V2G 的主要效用可以用來穩定網路。然而，V2G 軍用車輛可能無法相比內燃機和混合動力電動汽車成本效益。電動汽車增加了充電設施的成本，其總成本仍然比內燃機汽車高。

圖 6 為昆士蘭電力負載和價格的一個例子，典型總負載之波峰值在下午，清晨為最低值。地區參考價 (Regional reference price, RRP) 是批發價格，其用來決定發電業和電網運營商之間的價格。



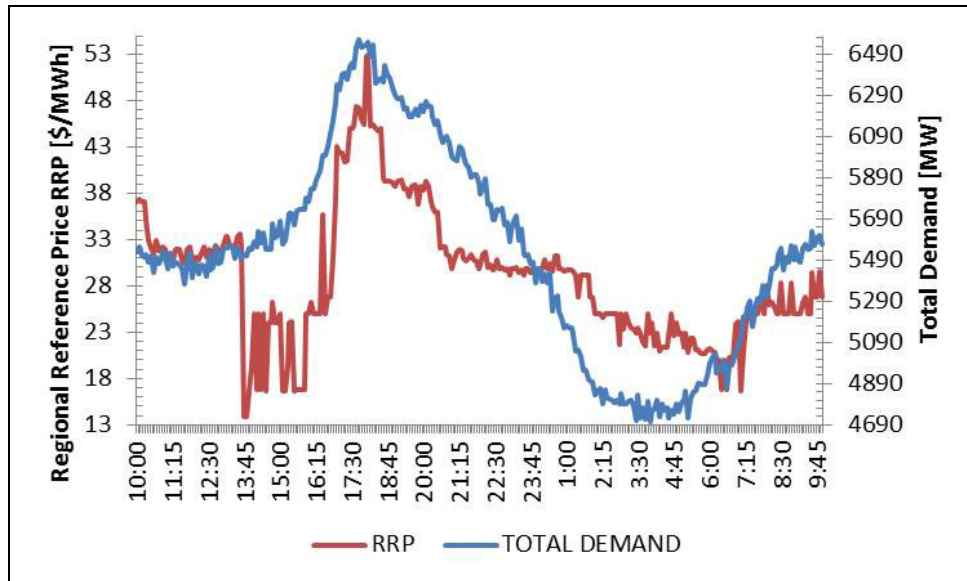


圖 6 昆士蘭電力負載和地區參考價格(for period 16 and 17 May 2015) [3]

在昆士蘭，負載高峰是在下午，而最低負載是凌晨。雖然 V2G 系統可在所有的時間讓電力於電池和電網間流動，惟充電時可使電網更加穩定。

使用智慧充電方式可將電力輸送到高負載時段。如圖 7 所示，電池可在廉價電力的時間內進行充電，並在電力昂貴的時段釋放到電網上。

- 建議

本案建議將來的示範和試點方案，這將有助於進一步明確技術的要求。這個建議支持，以開發測試程序作業，並開展經由湯斯維爾所提出測試計劃的 V2G 技術測試。這項工作將收集來自輕型全電動車的性數據。

建議 V2G 能有多輛電動汽車在日常的上下班測試。含時間標記之充放電距離可從儀表板界面收集。一些政府機構會參與車輛的測試。

在測試過程中，湯斯維爾需要建設充電基礎設施。總之，這些項目構成了澳大利亞最大的 V2G 基礎設施的測試部署。這些測試幫助決策者規劃 V2G 技術的未來部署，它還提供了進行研究和開發附加服務的數據，產生用於連接電動車輛信息的線上工具。

- 結語

V2G 系統能夠提供電網頻率調節，幫助調度者確保電網的穩定。在美國一些 V2G 的示範持續進行中，穩定的電網是國家安全的重要組成部分。

如果負載和發電是相等，頻率的變動可以穩定下來，而為了補償頻率變動，V2G 可以在正確的時間提供電網電源或負載。發電廠經由變電所提供電力給軍事基地，在電網



故障情況，軍事基地可以形成孤島微電網提供的小型本地電網。在微電網的情況下，V2G 可以平衡發電和負載變化。當電力批發價格變動時，V2G 可在電價低廉時對電池充電，而在價格上漲時則提供電力給給電網以獲得利潤。最後，本文提出湯斯維爾之 V2G 示範場來測試 V2G 的技術要求。在美國所進行的試點項目可作為澳大利亞與我國做類似的測試範例。

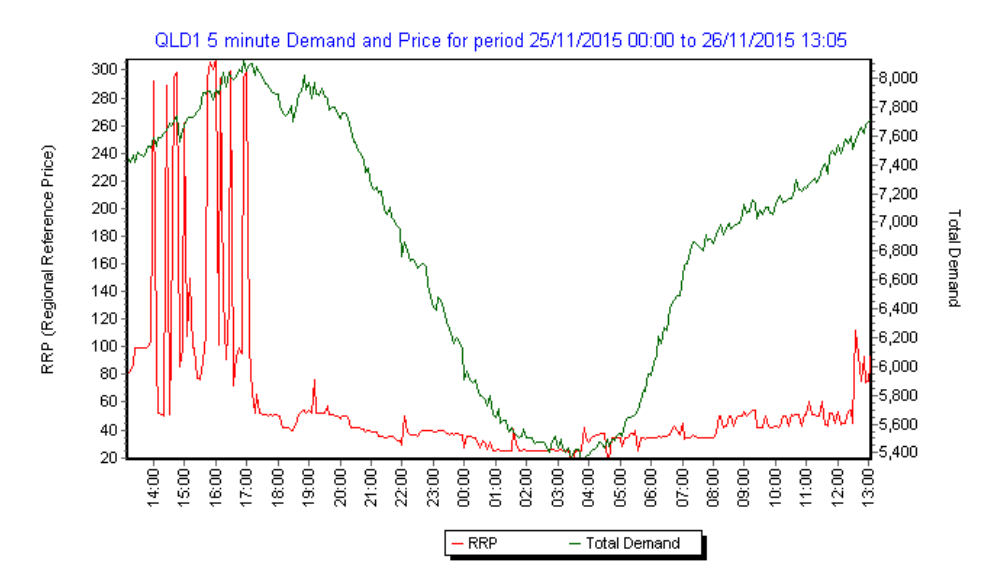


圖 7 昆士蘭電力負載和地區參考價格(11/25-26, 2015) [3]

### 4.3 分散式 PV 電源對電動車充電 [4]

PSC (Power Systems Consultants) 太陽能電動汽車充電項目正在探索的價值主張是“通勤電動車從 PSC 之自己的分佈式太陽能電池組充電時會更經濟，也會比上下班的汽油車更少的排放量”。太陽能電動汽車充電器將持續監控電力和能源生產我們自己的屋頂太陽能陣列分散在世界各地。充電器會切換電源使用小巧的充電模塊插入到國內任何 230 伏電源插座，並有無線網絡連接電動汽車。太陽能充電主站將協調太陽能電池陣列之電力和能源生產，提供給電動汽車動力和能量。

PSC(Power Systems Consultants) 提出 Solar EV charger 專案，這專案突顯出的價值為：透過 PSC 自己架設的太陽能板與電動車的溝通，將對我們更具經濟效益，而且比汽油車更少排放量。這個專案目前還在原型階段。

消費者對減少排放物的選擇：

- 空氣汙染及氣候變遷造成愈多消費者開電動車。
- 減少石油耗盡及增加效率：這裡說的效率是對於自然能源的使用效率，如綠建築有效使用日光及自然風冷卻。
- 購買有再生能源的供應商：作者提到，這不代表你使用的就是再生能源，如夜間、乾旱或無風時，將由燃油電廠提供電力。或者因為傳輸距離或容量等限制，無法使用遠端的再生能源電廠。
- 安裝動態的屋頂太陽能板：消費者可直接使用無排放物的電力。

作者也舉例，在紐西蘭，自裝的大型太陽能板併入電網是不經濟的，因為售出價格遠小於購電價格。除非政府大力推動。

家用、微電網及分散式系統的再生能源追隨控制：根據非必要使用之負載(如熱水器、洗碗機等)作最佳供給控制，以確定某些設備只在 run 階段或電動車只在充電。如加州大學及華盛頓州 Mason 市都有相關控制的使用。

- 這些再生能源追隨系統都是為了減少從電網的能源消耗，以減少消費者的成本而且可能可以減少污染。
- 過剩太陽能使用之儲能電池。
- 開電動車：有些研究表示，從市電對電動車充電造成需更多的燃氣電廠，可能比開汽油車來得更多污染。

太陽能對電動車充電概念

- 延伸了再生能源追隨控制的概念，主要協調工作包括以下：
- 國家級的太陽能即時協調。
- 全球型的太陽能協調：以 PSC 能在各網路注入太陽能發電取代燃氣發電為前提。
- 電動車可由自己架設的太陽能板充電。
- 可持續監控供電及用電情形。
- 可自動協調充電能量及電動車所用的電量。
- 此充電器可利用小的模組切換至任意動態的 230V 外加電源，並具有無線網路功能。
- 更經濟並且比汽油車更少空氣汙染及 CO2 排放量。

電力系統顧問（PSC）的調查完全是靠太陽能發電運行的通勤電動車的優點。我們正在探索的價值主張，“上下班往返在從 PSC 的自己的分佈式太陽能電池組充電的電動車會更經濟對我們來說，將導致更少的排放量比上下班的汽油車”。實現這一理想目標會導致經濟利益 PSC 和減少我們自己的化石燃料的消耗，空氣汙染和二氧化碳排放量。我們預計，充電電動汽車的分佈式太陽能發電的概念，將吸引個人和誰同時擁有太陽能電池板和電動車企業，誰願意在選擇，其中能源車輛來自行使的道德選擇。

該 PSC 太陽能電動汽車充電項目是目前在原型階段。在本文中，我們描述的其他選擇的情況下充電概念減排，勾勒出雛形架構，並討論所遇到迄今為止實施的問題。

#### 用戶減排選項

由於擔心汙染和氣候變化已經造成了再生能源發電和電動汽車的興趣與日俱增。許多電力用戶都預示著通過獲取來自再生能源發電的電力供應中，除了駕駛偏好電動車以降低汽油車排放的願望。

希望提供國內和小型商業用電的消費者減少排放，其中包括許多選項：

#### A. 少化石燃料發電消耗和提高效率

在主要由化石燃料發電提供的電力系統，降低電力消耗將降低成本，以及從發電機減排。在消費量的減少通常是通過提高國內的能源效率提升家居隔熱和建造房屋，有效利用自然陽光和冷卻來實現。

#### B. 購電力來自再生能源供應商

從與主要再生能源發電有關零售商購電資金支持可再生能源發電。然而，這並不必然意味著消耗的能源來自可再生資源。

一個消費者接收不可再生能源來源的一個例子是乾旱、在晚上進行、無風。在這種情況下，很少有水力發電，沒有太陽能發電，也沒有風力發電，其能量主要由化石燃料發電供給。

另一個例子是，當輸電線路擁塞，由於傳輸容量的限制該網路無法從遠程再生發電機供給消費者，而使用本地化石燃料發電機輸送功率，以彌補這種不足。

該 PSC 太陽能電動汽車充電項目是 [pscrenew.com](http://pscrenew.com) 描述的電力系統顧問再生能源計劃的一部分。

### C. 裝家用屋頂太陽光電板

安裝屋頂太陽光電板使消費者直接訪問零排放發電，在紐西蘭現在這是經濟上可行的，一些家庭裝設了小型太陽能電池陣列，太陽能發電有助於抵消國內功耗。但安裝大型屋頂太陽光電板，再將發電輸出併入電網通常是不經濟的，因為在紐西蘭典型的能源消耗，其售出價格較購入價格要少得多。

在近代歷史上，電力售出價格較購入價格高時係由政府提供補貼，以鼓勵太陽能發電的部署。然而，由於越來越多的安裝，國內太陽能發電的補貼正在逐步消除。

圖 8 顯示了全球不同地點之售出價格與購入價格並不相同，在馬薩諸塞州和華盛頓州，由電力零售商提供的售出價格與購入價格無差異，在英國，太陽能發電則有顯著補貼。在澳大利亞的達爾文，售出價格與購入價格幾乎相等。在不同的國家電價費率結構有很大的不同，並正在不斷改變。

### D. 再生能源的關注

對家庭、微電網和配電系統，太陽能跟踪控制方案現在可讓國內消費者帶屋頂的太陽能電池陣列，積極控制使用量，以確保設備只能運行，或電動汽車將只收取，如果有足夠的太陽能輸出。這些方案的最佳應用到不需要立即按需使用負載，如熱水加熱，洗碗機，製冷，空調和充電器的電動汽車。

在一個規模較大，社區，如加州大學聖地亞哥分校是通過使用可再生下面的控制方案，以對局部變量的太陽能和風力發電平衡非關鍵負載微電網服務。

再生以下概念也被延伸到配電系統。例如，在梅森縣，華盛頓，一個試點項目，切換水加熱取決於功率輸出的本地風電場。

所有這些可再生以下控制方案降低從電網從而降低消費者的費用，並且還可以減少廢氣排放，如果電網能量從化石燃料產生源所消耗的能量。

### E. 電池儲存過剩太陽能而不是注入過剩太陽能進入電網

若售出價格較低時，剩餘能量可以被暫時儲存在電池中，然後當太陽能功率低輸出時再釋放，這在本地產生的太陽光電有大量剩餘、售出價格低、買入價格較高、電池成本低時，可能是最經濟的選擇。

### F. 驅動電動汽車

優先駕駛電動車可消除汽油車尾氣的排放。然而一些研究人員推測，從一個化石燃料的電網來充電電動汽車可能導致的總排放大於駕駛汽油車。

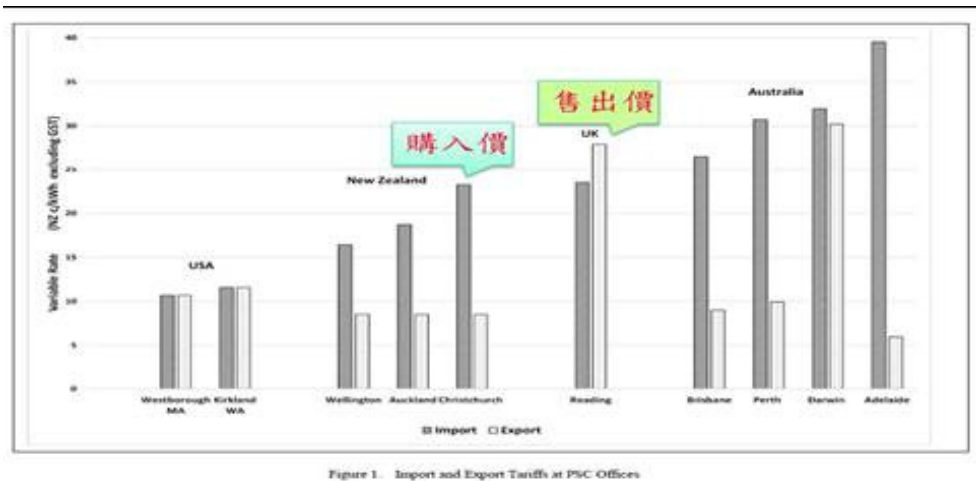


圖 8 全球不同地點之電力售出與購入價格 [4]

圖 9 為太陽能電動車充電器原型架構，PSC 辦公室的屋頂太陽能電池板通過併網變流器和電表接入辦公室配電箱。用電表測量的功率和能量是由物聯網（IoT）接口的 Internet 將數據發送到一個太陽能充電主站上的 IoT 雲端資料庫，並實施監測。

太陽能充電主站協調電力和能源生產太陽能電池陣列提供給電動汽車的動力和能量，主站確保由電動汽車所消耗的即時功率不超過由太陽能電池陣列所產生的總即時功率。

目前遇到的問題：電動車電池容量和範圍

答：通勤在惠靈頓的一座山上是一個具有挑戰性的電動汽車。全電動範圍為 40 公里，駕駛限速 90 公里/小時，在最好的狀況，從所述 PSC 辦公室 33 公里的往返通勤使用總電量的 85%。未來，我們應該購買最高電池容量和範圍的電動汽車，以便能在紐西蘭使用。

### B. 電動車和汽油車比較

鑑定電動車和汽油車是一個非常主觀的決定，分析相對經濟利益時要確定電動車和汽油車的購買價相當。

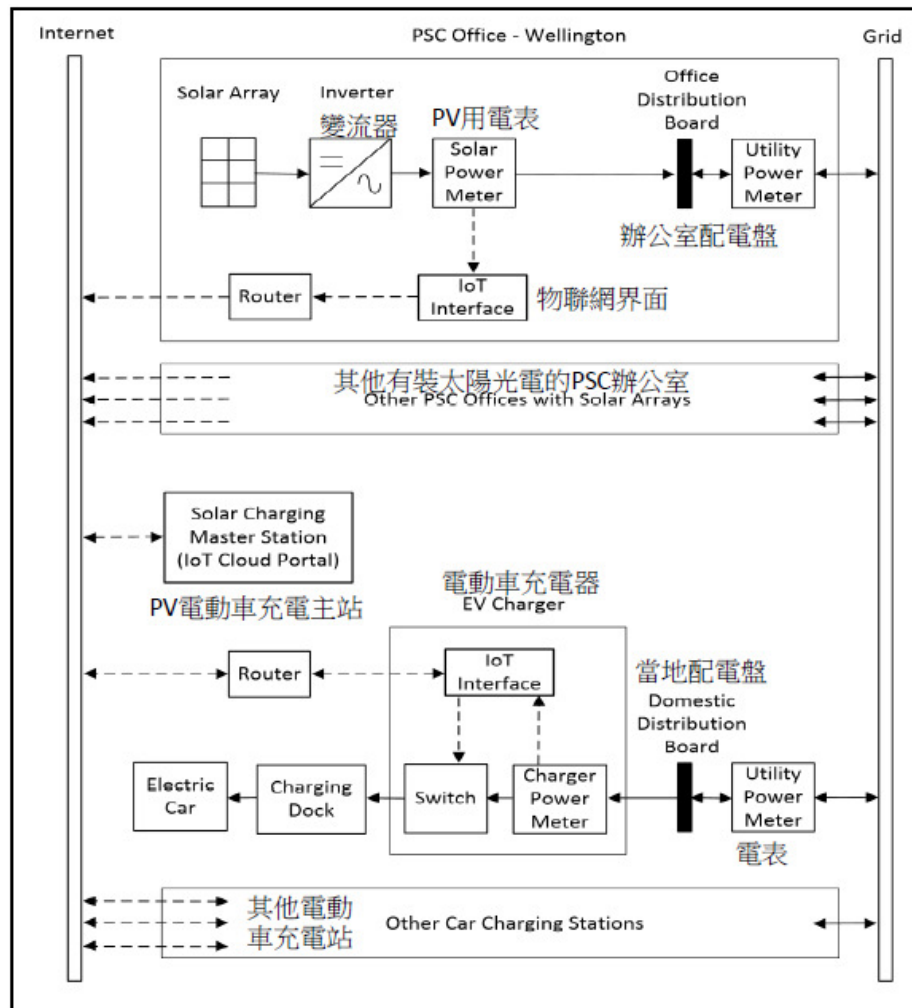


圖 9 太陽光電對電動車充電之架構 [4]

### C. 輸電阻塞

當太陽能發電上傳輸電網路時，即時國家電力模型顯示有局部性擁塞，因此作為車輛充電用時可限制輸電網路傳輸量。在這種情況下，可以認為，太陽能發電可以不通過網路直供電動車輛使用。

可使用電力市場公開可用的即時價格信號，幫助太陽能充電主站決定當輸電擁塞時，將太陽能電池陣列分離給 EV 充電用。

### D. 不確定性電費，汽油價格和利率

所有 PSC 設有辦事處國家的政府對電價和再生能源發電的補貼政策正在審查，特別是有大量的應用到消費者注入能量回電網的出口關稅的不確定性。基於圖 1 的價格，安裝在英國和達爾文的太陽能電池板，可從投資太陽能獲得最大回報，不過這在未來仍有不確定性。

不確定性的另一個因素存在於汽油的相對價格，經濟分析顯示較低的汽油價格將有利於汽油車，而油價上漲將有利於電動汽車。

其他經濟分析，如利率的影響、貼現現金流量，目前還處於很大的不確定性，這需要在經濟分析中探討。

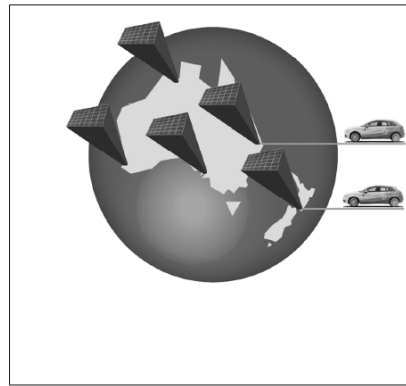
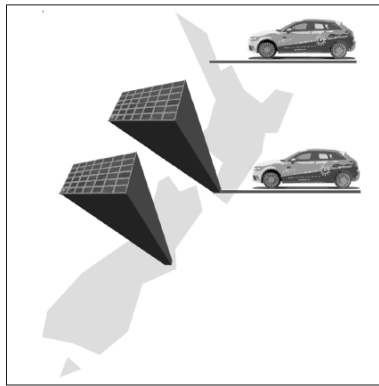
#### E. 排放計算

在系統的極端情況，由再生發電或由化石燃料產生完全供給的排放值可容易地計算。太陽能發電成為完全的再生系統，則沒有排放權收入，因為沒有化石燃料產生置換。然而，由再生和化石燃料發電的混合供給的典型的情況下，排放權的計算並不明顯。我們正在考慮使用公開可用的電力市場調度資訊，幫助太陽能充電主站來估計排放配額。

以保守的方法預計，電力系統主要由化石燃料發電和安裝太陽能電池板有極高的性價比（如澳大利亞）時，並在系統上主要由再生能源發電，再以較低的價格對電力的電動汽車充電（如紐西蘭）。

我們在太陽能電動車充電項目下一步是在不同的國家安裝多些太陽能電池板，並獲得和操作幾個電動汽車。此外，我們需要建立一個嚴格的框架，通勤電動汽車和通勤汽油車的經濟性比較。

未來的展望：PSC 將在不同區域建置更多的太陽能電廠，並建立電動車和汽油車更嚴謹的經濟比較。以下顯示考慮區域或整個澳洲對電動車充電。



#### 4.4 電業微電網規劃的一般方法 - 以凱恩斯案例研究 [5]

分散式發電前所未有的在澳洲興起，其為公用事業公司提供一個獨特的機會以更有效地管理電網的一部分，如微電網。擁有和經營微電網的實現可以帶來很多好處，如資本投資遞延、可靠性提高、減少溫室氣體排放和減少線損。然而，電網規劃者經常引用有關法律和監管問題和微電網的保護要求，以及缺乏方法論來改造現有的電網問題。本文首先提出了一種用於考慮一種設計技術的微電網規劃方法。然後，這種方法應用於位處昆士蘭遠北處的凱恩斯(Cairns)做案例研究。另外對成本效益分析加以檢查以電業投資微電網的可行性。

前言：

21世紀的到來已經看到了電力行業不斷變化的環境，公用事業現在觀察客戶的角色正在轉變，從能源消費者積極的能源生產商。這是通過使技術成本的下降，並在世界範圍內專注於對抗氣候變化的共同驅動。

靠近負載的小型發電機組 - 稱為分佈式發電 (DG)，經聯邦政府的激勵，其裝設量在過去十年中呈現指數型上升，例如再生能源目標和昆士蘭州政府的政策。在昆士蘭，這種上漲歸因於太陽能獎勵計劃。公用事業如埃爾貢能源 (區域昆士蘭經營)，其擁有太陽光電客戶，出現大幅增加。大約有17%的埃爾貢能源網的家庭現在連接到PV系統。有了DG的上升，公用事業現在看到的潛力為，改造現有部分的配電網為微電網。

DG在配電網中的高滲透力，引起了許多不利影響，這些包括電壓上升、相位不平衡和穩定性問題。然而，普遍的DG具有提高配電饋線承載能力，改善電壓輪廓，並在適當的控制下降低系統可能遭受的損失。這些優點可以通過微電網中的應用來實現。

雖然微電網的定義是有爭議的，本文之微電網是由智慧電網協會來定義：為一個電力系統，包括有多個負載和可並行操作分散式能源，可與電網並聯或獨立為電力島。

微電網是一個比較成熟的理念與實例，在大多數發達國家，例如美國微電網，一項調查發現美國的公用事業45%服務區域已有微電網，這些都是最常見的孤立社區或由關鍵負載，如軍事防禦設施或大學的一個區域，通常是由第三方所有權者操作 (即私人微電網公司)。

一個實用微電網的潛在好處包括提高能源效率、靈活性、可靠性、可持續性和能源安全。其中的挑戰是設計最佳的微電網，可實現利潤最大化，並盡量減少所需的更改，還必須在法律和地區的法規內運作。



在凱恩斯區域，由埃爾貢電網供電，一個微電網可被設計來提高可靠性或財務優惠的孤島電網。這可以通過臨時柴油發電和選址來實現，對當地水電設施提供動力。微電網結構如圖10所示。

凱恩斯區域特點：潮濕的熱帶地區、高的夏季氣溫、高降雨量暴露、平均每年4.7熱帶氣旋、高滲透PV發電。

微電網饋線的選擇：供應之負載可否優先卸載處理、平均光伏滲透率、相對於需求的客戶數量、關鍵負載的數量、大用戶負載卸載的可用性、備援發電站（輸出）的可用性。

根據不同情境的負載，進行一整年對於下述四種微電網結構進行模擬(表四)：

1. Scenario 1 : 12條饋線
2. Scenario 2 : 3條饋線而該區缺乏大型的發電站
3. 考慮 2020年負載需求以及
4. PV對電網影響預測的模擬

表四 模擬不同情境的負載 [5]

Scenario	Upstream Contingency Event Initiated	MGCC Initiated
	<i>Cyclone Period</i>	<i>Minimum Loading Period</i>
<i>Scenario 1</i>	March - weeks 1 and 2	August - weeks 1 and 2
<i>Scenario 2</i>	March - weeks 1 and 2	September - weeks 1 and 2

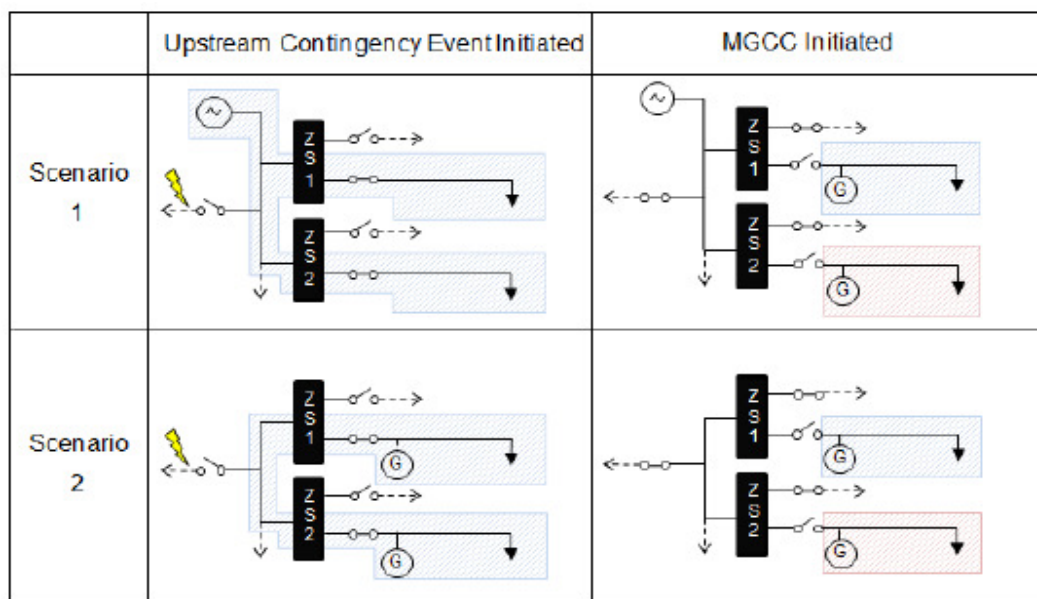


圖10 凱恩斯微電網結構 [5]

用於轉化現有電網到微電網的通用方法，可用於提供所有類似目的的方案，以提高可靠性或財政上的優選。

- 成本效益分析

對於電網上游的緊急事件來啟動微電網，並模擬在 30 年時間的現金流。這個方法假設每十年期間發生兩個星期的意外事件。

現金流量= HOMER 成本+網路擴建費用+排放費用+網路收費+改善可靠度成本

從成本效益分析財務指標表明微電網的啟動或者上游的應急事件的情況是經濟上可行。然而該方案3月1日的情況是相對更經濟可行與一個2週應急事件回收期，列入巴倫峽谷的網路需要增強。

隨著更多的研究，包括未來的預測，以2020年為PV系統上升和用戶負荷進行建模。結果表明，在未來情境執行微電網的成本降低，然而在加入實用大小的能量儲能系統不是最佳的。

## 4.5 集中保護和控制的微電網架構 [6]

本文提出了微電網集中保護和控制架構，以方便地識別故障區域。智慧斷路器可相互通信，透過通信頻道向中央保護和控制系統（CPCS）發送實時信息進行故障分析。經由分岐電流的疊加特性，通過相鄰節點，CPCS能夠快速識別故障區域。此外，識別流程圖提出一個簡單的微電網模型，使用PSCAD構建和模擬結果，表明所提出的集中保護方案的有效性。

### 前言

微電網可以在孤島或電網連接模式，通過協調和控制的裝置進行操作。然而，微電網的複雜的操作方式帶來的微電網保護的嚴峻挑戰。以下問題，應特別考慮：

- 在微電網的運行性能種類變化
- 故障電流的幅度於併網模式和孤島模式之間顯著差異
- 一個新的網路配置之低壓配電網保護的適應性

長期以來，在世界各地所有的專家都一直在研究微電網保護和控制技術，但到現在為止，還沒有一個成功的方案。微電網保護方法中，當在網路電壓下降時，通過限制了故障電流，以降低電壓下降的程度，可避免DG從分配電網斷開，然而，該方法不包含微電網之饋線保護。

微電網的複雜的配置和負載和DG的所有不確定性因素對微電網的保護有負面影響。因此只依靠本地信息保護微電網是非常困難的。在這種情況下，有必要進行保護施加集中方案應付微電網併網和孤島兩者模式。之前將微電網分成幾個區域可方便識別故障區域，而智慧斷路器共享區域內相互通信，並發送故障信息實時中央保護和控制系統（CPCS）。根據故障分析結果，CPCS發出跳脫命令，將故障區域隔離。本文構建了一個簡單的微電網模型，和幾個典型故障進行了模擬作證中央提出保護方案的可行性。

### 模擬分析

基於PSCAD / EMTDC 10kV微電網模型的建立如圖11所示，兩種類型的逆變器的分佈式發電的實際容量是1.0 MVA，柴油發電機的容量是2.8 MVA，該熱電聯產發電量為3.0 MVA。

如10 kV微電網是中性點不接地，僅僅相 - 相故障考慮。該CPCS檢測各相故障中的表五所示。

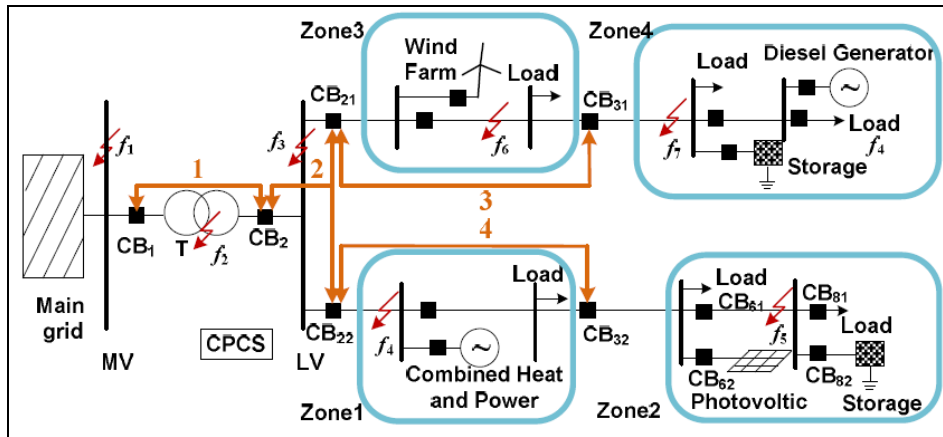


圖11 微電網蓄意地分成4個區域來分析 [6]

### 故障分析

故障 F3 發在低壓母線，由低壓母線保護區保護，在這兩個故障相的電流方向檢測結果都一樣。故障 F4 在右側分支保護區，可由鄰近斷路器 CB22 和 CB32 檢測，電流方向相反。F1 和 F7 的故障無法檢測，它們不滿足跳脫條件，因此 CPCS 發出跳脫信號，觸發有最大故障電流的斷路器。

表五 疊加分量電流通過邊境斷路器的總和 [6]

Fault condition		Sum of superimposed component currents through border breakers(kA)					
		CB <sub>1</sub>	CB <sub>2</sub>	CB <sub>21</sub>	CB <sub>22</sub>	CB <sub>31</sub>	CB <sub>32</sub>
$f_1$	A	-0.408	<b>-4.887</b>	2.888	1.999	0.893	1.690
	B	0.354	<b>7.945</b>	-4.657	-3.288	-1.264	-2.858
$f_3$	A	-11.314	<b>-392.195</b>	<b>-5.802</b>	<b>-8.535</b>	-4.917	-2.743
	B	22.633	<b>392.243</b>	<b>5.777</b>	<b>8.513</b>	4.931	2.710
$f_4$	A	-1.716	<b>-59.557</b>	-0.851	<b>60.407</b>	-0.724	<b>-3.284</b>
	B	3.438	<b>56.625</b>	0.861	<b>-60.486</b>	0.726	<b>3.184</b>
$f_7(1)$	A	-0.731	-18.583	19.002	-0.419	<b>19.620</b>	-0.126
	B	0.877	11.832	-12.084	0.252	<b>-12.647</b>	0.096
$f_7(2)$	A	—	—	-10.257	10.257	<b>-11.129</b>	0.506
	B	—	—	9.463	-9.463	<b>10.196</b>	-0.323

Note:  $f_1$  and  $f_3$  is two-phase grounding fault (ABG) at the MV busbar and LV busbar.  $f_4$  is two-phase short circuit fault(AB) between adjacent breakers on a branch.  $f_7(1)$  and  $f_7(2)$  are three-phase short circuit fault(ABC) at the end of a branch as the microgrid operates in grid-connected mode and islanded mode.

## 4.6 智慧電網之電池最佳化與測試 [7]

本文提出了配置電池在鄉村網路的最佳化和測試過程，其在單線接地迴路(Single wire earth return, SWER)提供的好處包含降低電壓降與增加負載能力。SWER 是利用大地來做 0 電位，可以把電壓相對穩定下來，又可以把危險的電流引入大地。

該文顯示如何設計電池系統的尺寸和位置，以及測試該電池系統的電壓控制。ESS 泛指各種可以儲存能源的裝置，但在電力的討論中，ESS 通常是指可以把電力轉換成其他能源型態的裝置，例如把電力轉換成化學能儲存的 ESS，其實就是一般常見的各式電池。而可以把電力轉換成位能儲存者，就是抽蓄式水力發電廠。

由於在電力系統中，發電廠的發電量必須時時刻刻和用電量保持平衡，因此當用電進入離峰時段時，電力公司通常會調低發電廠的發電量，以避免產生出太多電力，但由於不同形式的發電廠在拉高或降低負載時，多少會有一些反應時間差，因此電力公司勢必要設法把多餘的電消耗掉，或是儲存起來，否則會造成危險。除此之外，可再生能源日益普及，但風力、太陽能等發電方式並不穩定，因此必須要搭配能源儲存系統，才能穩定供電。

ESS 配合電池組，將市電、太陽能、風力...等發電功率，快速充入電池，解決了太陽能、風力之效率不彰的問題，在質與量的轉換觀念下，確實把能源之使用率大幅提升，而電池是同時維持收電與放電的作動，而非 UPS/IPS 之方式，使用者可以用到最乾淨，最佳效率的電，而電池也不會因放電次數過高、過低的問題而損壞。

電網支援系統(Grid Utility Support System, GUSS) 係以電池為基礎之技術，其為先進與具成本效益的技術，可改善 SWER 之電力品質與可靠度。

既有之最佳化方法(Existing Optimizations)包括：粒子群優法(Particle swarm optimization)、基因演算法(Genetic algorithm)。粒子群優法最佳化蓄電池與調壓器之容量與位置，基因演算最佳化線徑與調壓器位置，GUSS 利用 ESS 來降低尖峰負載，可控制電抗器用來改善老舊之 SWER。

準則(Criteria)

1	Voltage bus magnitudes 匯流排電壓	the most important parameter
2	Branch currents 分歧線電流	Is satisfied through this optimization
3	Angular stability limit 角度穩定度	no concerns in SWER system due to higher R to X ratio
4	Thermal limit 熱容量限制	is considered in most SWER system
5	Voltage limit 電壓限制	

最佳化程式執行於 12.7kV 高負載之 SWER 網路，其中包含一 200kVA 隔離變壓器、穩壓器、109 個匯流排及 87 個用戶變壓器，線路全長包含支線約 140 公里，隔離變壓器之尖峰負載為 284kVA。SWER 網路示意圖如圖 12 所示，為了驗證穩壓器及電池配置而執行兩個案例。

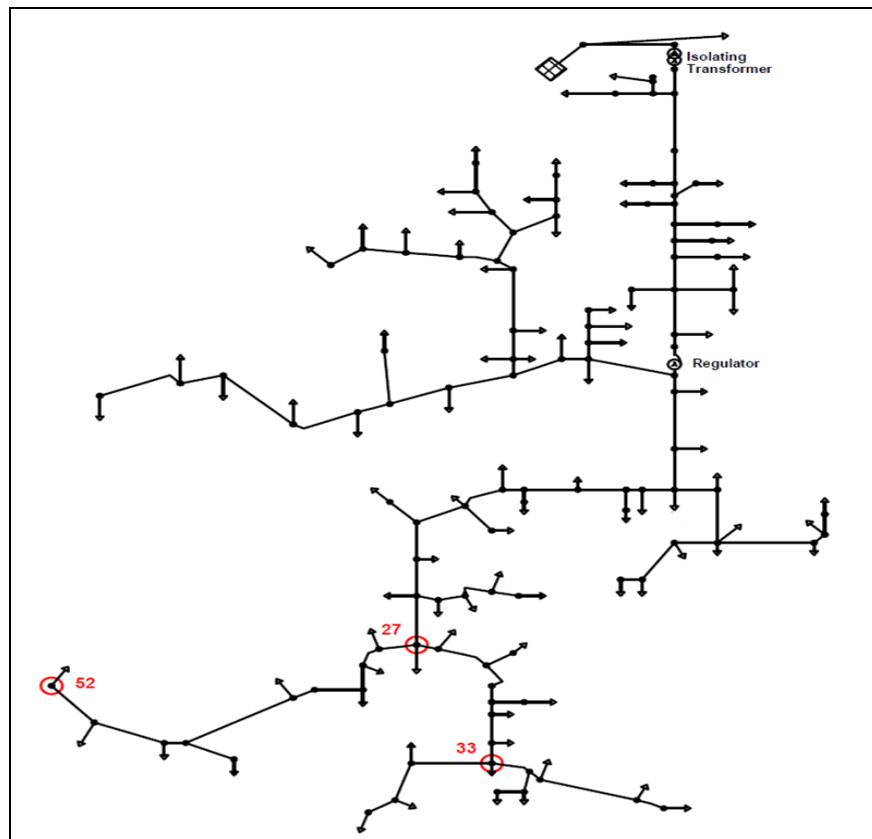


圖 12 SWER 網路示意圖 [7]

單靠安裝一只穩壓器無法使網路內匯流之電壓維持在標準限制，饋線各匯流排電壓如圖 13 所示，圖 13 說明了下游匯流排之電壓與標準限制(0.95pu~1.05pu)相違背，紅線所標註的區域為電壓的標準範圍，流經隔離變壓器及所有分支的電流皆於額定及標準限制內。

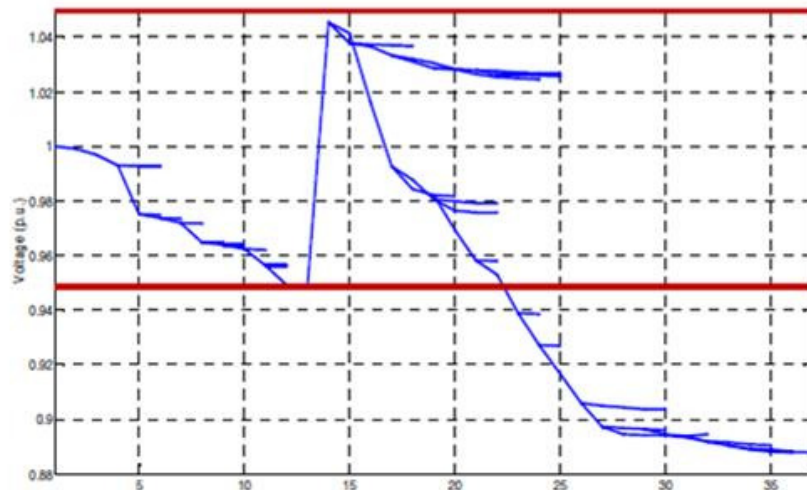


Fig. 2 Voltage profile of existing SWER network at the peak load.

圖 13 匯流排電壓 [7]

模擬結果表示僅可提供 61%用戶尖峰負載，以致於所有電壓落在預先定義的邊界，針對這個負載層級，最佳抽頭處位於 5。

進行分析電池的最佳的尺寸和位置，以及電壓調節器的最佳位置，以支持 SWER 網路的最大負載且滿足限制條件。

假設該電池可以提供 4 小時的連續的峰值負載的能量。此外，放電深度 (DOD) 和變流器的轉換效率分別為 70%和 90%。此外，以 Q 優先的方法電池控制器 P/Q 比例計算出結果為 8，因為 R/X 比平均約為 8。每度電電池的成本為\$1000 而固定安裝費用為 \$10,000。此外，包含 50 安培調節器之安裝成本的成本為\$35,000。候選之匯流排(預計安裝電池)以(2)式決定有 37 個匯流排，37 個匯流排約為 SWER 網路所有匯流排的三分之一，此外，預計安裝穩壓器的分支有 11 個分支。

SWER 網路內結合電池尺寸、位置及穩壓器的位置最佳化之數據如表五所示，兩電池測足以提供尖峰負載且滿足電壓及電流限制，兩電池分別位於 33 號匯流排、52 號匯流排，額定容量分別為 154kWh 及 60kWh(每四小時)

表五 結合電池尺寸、位置及穩壓器的位置最佳化之數據

<b>Total Cost (k\$)</b>	234	
<b>Total Battery size (kWh)</b>	214	
<b>Optimal location and size of batteries</b>	<b>Bus no.</b>	<b>size (kWh)</b>
	33	154
	52	60
<b>Optimal location of regulators, tap position</b>	-----	
<b>Tap position of existing regulator</b>	3	

此外，並非所有的穩壓器是經由最佳化程式挑選出，這是因為 SWER 網路內穩壓器利用另一只穩壓器使得隔離變壓器超出額定運轉。穩壓器抽頭位置置於 3，(穩壓器二次側為 1.0464pu)表示穩壓器提高其一次側電壓約 8.75%。另利用位於最佳化位置的 53.5kVA 電池，SWER 網路負載能力可從 61%尖峰負載提升到尖峰負載。使用電池最佳化安裝之 SWER 網路內所有匯流排電壓大小，所有電壓電流大小落於預先定義邊界，模擬結果表示電池位置可以被改到相鄰匯流排，而結果不顯著改變。

值得注意的是提升隔離變壓器和及導體之成本，相較於提升 SWER 網路中的電池成本是非常昂貴的。因此，在考慮電壓和熱限制之情況下最大化 SWER 網路的負載能力，表五顯示的結果是具有成本效益的方式。

本文發表 GUSS 介面控制方案於在饋線電壓之改善需要被驗證，針對這個目標，硬體迴路模擬 (Hardware-in-the-loop simulation, HIL)系統提供良好的特性，其概念如圖 14 所示。

HIL 是一種用於即時嵌入式系統的開發和測試技術，硬體迴路模擬提供動態系統模型類比真實的系統環境，並通過嵌入式系統的輸入輸出將其與模擬系統平台相連。硬體迴路提供了一種高效的嵌入式系統測試與驗證方法，可以用於工程開發周期早期的測試與技術支援。



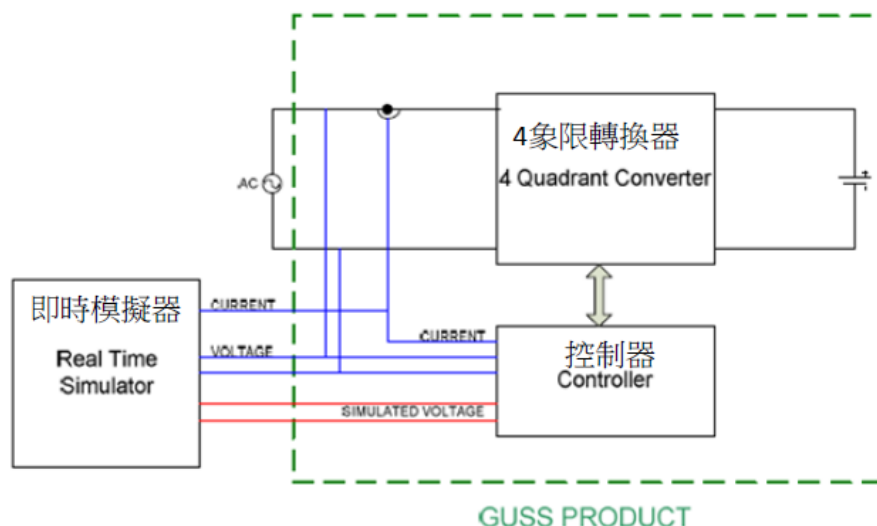


圖 14 硬體迴路概念 [7]

測試結果如圖 15 所示，GUSS 於 T=50 時開啟、於 T=135 時關閉，在這個案例預先定義之電壓限制為 0.9~1.1PU，於 SWER 創造一個週期 10 秒的循環負載，電流變動引起電壓巨大變化及整體的電壓降。電池電力及饋線功率被用來改善電壓降。

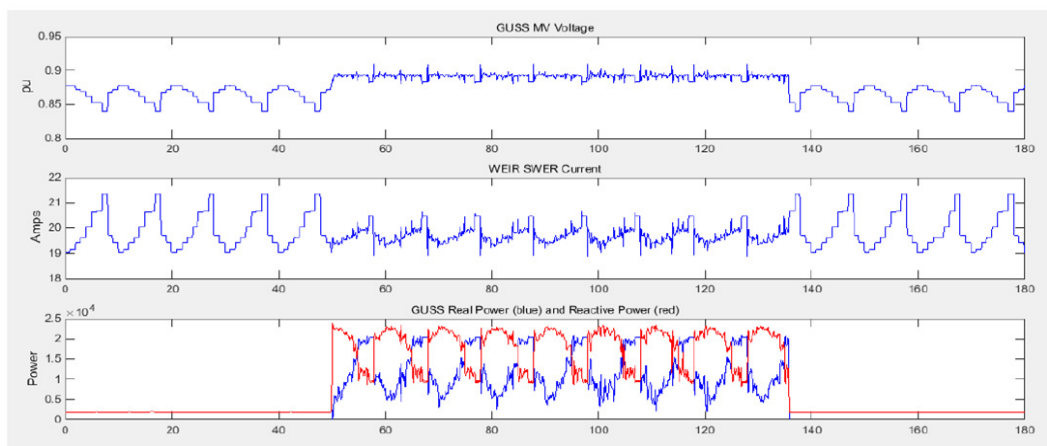


圖 15 GUSS 測試結果 [7]

### 結語

本文最佳化 SWER 電網內電池尺寸、放置的位置以及穩壓器的放置點，以最大化 SWER 電網的負載能力。模擬結果表示當 SWER 電網內的負載能力增加，最佳化的電池尺寸、放置點及穩壓器放置點將會滿足饋線之所有電壓與熱容量限制，且電池及穩壓器能符合成本效益。

## 4.7 澳洲住宅蓄電池儲能

澳洲蓄電池儲能產業具備天時地利，其受惠於太陽光電資源良好，近年來住宅屋頂太陽光電裝設快速，使得儲能潛在需求增加，澳洲成為發展儲能與電池科技的理想場所。

澳洲的太陽光電購電補貼政策將改變，在新南威爾斯州、維多利亞、南澳，有 23 萬戶過去在太陽光電過剩時，以補貼費率售電給電網的用戶，其補貼售電即將取消，用戶之後須把多餘的電力儲存起來，供晚上自己使用，因而成為儲能的潛在客戶。

澳洲是儲能的一大市場，大量住宅太陽光電用戶可望從儲能科技受益，儲能也對電網有利，能調節電力供給、降低尖峰負載、減緩電網更新需求。

澳洲再生能源機構與潔淨能源金融公司在能源儲存方面相當積極。澳洲再生能源機構出資支持的研究顯示，電池能源儲存將是產業大趨勢」之一，認為到 2020 年電池成本將較現今下降 40% 到 60%，將有 100 萬戶澳洲住戶搶著安裝電池能源儲存系統，摩根史坦利則預測 10 年內澳洲將有 240 萬能源儲存用戶。

電池儲能幫助住宅用戶交易其太陽光電之電力輸出，並結合「虛擬發電廠」以配合電網需求。Ergon Energy 已經裝設電網等級的能源儲存系統，並表示因此降低成本達 3 成。

在全球能源儲存相關企業風雲際會、澳洲天然資源配合、環保部加緊推動下，澳洲能源儲存產業發展市場看好，2016 年可能是澳洲能源儲存產業發展的一年。

#### 4.8 相量量測系統之最佳放置位置演算法 [8]

本文為我國清大所發表，探討最佳 PMU 位置選取問題，其為是智慧電網當中相當熱門的題目，而預防斷線事故的發生則是近年來最重要的問題之一，同時也因其具有大量的限制式最難解。對於大型系統而言，本文提出分散式演算法，透過子問題之間訊息的交換，以解決考慮 N-1 斷線可能之 PMU 位置選取問題。

最佳 PMU 位置選取問題：

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i=1}^N x_i \\ \text{s.t.} \quad & f_i \geq 1, \quad \forall i \in I \\ & f_i = \sum_j a_{ij} x_j + \begin{cases} \sum_j a_{ij} y_{iz}, & \text{if } j = z \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \forall i \in I \\ & \sum_i a_{ij} y_{iz} = 1, \quad \forall z \in Z \end{aligned}$$

考慮 N-1 斷線可能之 PMU 位置選取問題：

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_i x_i^0 + \sum_{\forall c \in C} (\tau^c)^T \|x^c - x^0\|_1 \\ \text{s.t.} \quad & f_i^0(x_i^0) \geq 1, \quad \forall i \in I \\ & f_i^c(x_i^c) \geq 1, \quad \forall i \in I \\ & x_i^c \geq x_i^0, \quad \forall c \in C \end{aligned}$$

所提出之此一模型不只目標最小化在原始狀況的 PMU 數量，並且期許  $x^0$  所計算出來的位置可以預防斷線事故所造成的系統不可觀，特別是對於部分會對系統造成嚴重損害的斷線。

關鍵在於原始的 PMU 擺放位置在經過斷線事故之後，其位置無法再做更動，並且對於某些斷線而言可能造成系統不再全域可觀，因此我們加入了最後一項限制式，但也造成耦合的情況發生。

應用 Lagrange multiplier：

$$L(u, \lambda)_{u \in F} = \sum_i x_i^0 + \sum_{\forall c \in C} (\tau^c)^T \|x^c - x^0\|_1 + \sum_{\forall c \in C} (\lambda^c)^T (x^0 - x^c)$$

The  $l_1$ -regularization term：

$$\sum_{\forall c \in C} (\tau^c)^T \|x^c - x^0\|_1 = \sum_{\forall c \in C} \sum_i \tau^c |x_i^c - x_i^0|$$

Base Case：

$$\min_{x^0} \sum_i x_i^0 + \sum_{\forall c \in C} (\tau^c)^T \|x^c - x^0\|_1 + (\sum_{\forall c \in C} \lambda^c)^T x^0$$

$$s.t. f_i^0(x_i^0) \geq 1, \quad \forall i \in I$$

Contingency Conditions :

$$\min_{x^c} \tau^c \|x^c - x^0\|_1 - (\lambda^c)^T x^c$$

$$s.t. f_i^c(x_i^c) \geq 1, \quad \forall i \in I$$

對大系統而言考慮 N-1 斷線還是需要大量 PMU，因此我們使用電壓穩定度(Voltage Stability Assessment, VSA)對所有線斷後之系統負載裕度進行排序，若設定 1.43 作為臨界值 IEEE 57-bus 系統剛好有 10 條線斷在臨界值以下，針對這 10 條線斷進行預防計算，數量可以降低至 26 個。

圖 16 為使用 VSA 對所有線斷後之系統負載裕度的示意。

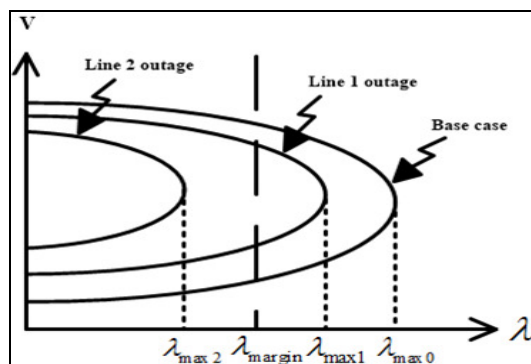


圖 16 使用 VSA 對所有線斷後之系統負載裕度

以 IEEE 57-bus 系統為例，呈現漸進式安裝 PMUs 的過程，結果可以透過權重的調整，規劃從全域可觀到可以預防所有 N-1 斷線事故發生的 PMU 安置，結果顯示，權重越大會造成 PMU 的數量越多，但同時也代表可以預防越多線斷可能的事務發生，另外注意到每一個階段所計算出來的結果都是由所有子問題協調出最佳的共識決並且整個過程維持一致性。

## 肆、結論與建議

### 一、結論

1. 本次電力與能源工程會議，熱門議題主要在再生能源發展相關，包括：併網、整合微電網、儲能系統、電動車充電、收購費率、輔助服務、頻率與電壓控制等，我國自今年起每年新設 500MW 以上之 PV，其對系統之衝擊與因應方式，可參考澳洲等再生能源占比高的國家之處理經驗，使再生能源變成電網的助力。
2. 較傳統的電力系統議題，如輸電系統分析、穩定度、電力調度亦持續探討，開發出新的方法與 IT 應用等，亦足得參考。
3. 對於電力設備量測診斷、新材料(如矽絕緣油)應用、資產管理等，在本次會議亦著墨頗多，此為本公司智慧電網發展的項目，如狀態維護(CBM)，足供公司發展參考。
4. 澳洲人工貴，因此自動化程度高，從進機場通關採電子化，到超市買東西亦採無人化結帳方式，可供我國在人力逐年下降之因應方式。
5. 澳洲對工安相當重視，如機場附近有落雷時即停止行李作業，本所建置之落雷偵測系統能偵測雷雨胞的行進，應可推廣提供相關作業之依據。

### 二、建議

1. IEEE PES 舉辦之電力與能源工程年會，演講題目，論壇議題與發表論文，均為當前電力界所關心者，可鼓勵同仁參加，並與各方面專家交流。
2. 對於變電所與辦公室共構所擔心的變壓器破裂起火的對策，目前部份地下變電所使用 SF6 絕緣變壓器(GIT)，亦可考慮採用新型之矽絕緣油(Silicon Oil)，其具不易燃燒特點，又可像油人式變壓器所具有的優勢。
3. 將來再生能源占比高時，電力費率的探討要慎重，除能量收費外，對於容量的提供者(如抽蓄電廠、快速反應氣輪機發電等輔助服務者)，應給予合理的報酬，方能確保供電可靠，品質優良。

## 參考文獻

- [1] IEEE PES, *2015 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference 議程手冊*, 15-18 November, 2015, Brisbane, Australia.
- [2] J. Patel, D. Martin, J. Chan, O. Krause, “A Case Study into Improving the 24-Month Mid-Term Forecasting of the Wind Energy by Combining with PVs,” IEEE PES APPEEC, Brisbane, November, 2015.
- [3] Timo Lehtola and Ahmad Zahedi, “Vehicle to Grid System in Frequency Regulation for Securing Electricity Network Stability,” IEEE PES APPEEC, Brisbane, November, 2015.
- [4] Ranil de Silva and Keith Fisk , “Charging Electric Vehicles from Distributed Solar Generation,” IEEE PES APPEEC, Brisbane, November, 2015.
- [5] Nicholas Beerea, Donald McPhailb and Rahul Sharma, “A General Methodology for Utility Microgrid Planning,” IEEE PES APPEEC, Brisbane, November, 2015.
- [6] Meng Xu, Tingru Meng, and Guibin Zou, “A Centralized Protection and Control Scheme for Microgrid,” IEEE PES APPEEC, Brisbane, November, 2015.
- [7] Ali Arefi, Gerard Ledwich, etc. “Optimizing and Testing of Batteries for a Smart Grid,” IEEE PES APPEEC, Brisbane, November, 2015.
- [8] Xian-Chang Guo, Chung-Shou Liao and Chia-Chi Chu, “Distributed Algorithm for PMU Placement Under N-1 Line Outage Conditions,” IEEE PES APPEEC, Brisbane, November, 2015.