

出國報告（出國類別：開會）

## 參加美國電機電子工程師學會年會

服務機關：台電系統規劃處

姓名職稱：黃子成 電機工程監

派赴國家：美國

出國期間：105.07.15~105.07.24

報告日期：105.9.13



# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加美國電機電子工程師學會年會

頁數\_\_\_\_\_ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

黃子成/台灣電力公司/系統規劃處/電機工程監/2366-6908

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：105年7月15日~105年7月24日 出國地區：美國

報告日期：105年9月13日

分類號/目

關鍵詞：電機電子工程師學會(IEEE)、再生能源(Renewable Energy)、分散型  
電源(Distributed Generation)、智慧型電網(Smart Grid)

內容摘要：(二百至三百字)

今年電機電子工程師學會年會主題為「營造電網現代化之路」(「Paving The Way For Grid Modernization」)，其目的為研討未來再生能源蓬勃發展後，如何讓電網更強健。現代化電網必須具備可靠性、復原能力、友善環境及接受各類分散式發電產品的能力。為改善間歇性再生能源發電不穩定特性對電網之影響，先進國家紛紛提出電網規劃藍圖，進行傳統電網之升級計畫俾提高再生

能源可併網容量。偏遠地區建置微型電網後可就近供應負載，尤其當天然災害造成輸變電設備損毀時，微型電網可獨立運作(孤島運轉模式)大幅度加強可靠度與安全性及提高系統運轉效率。為因應極端氣候減少電網設備受到嚴重傷害，將電網設備更換成較強健的材質、設施遷移及增加輸電線路餘裕都是主要措施。

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

# 報告內容

一、出國緣由與目的 .....	1
二、出返國行程 .....	2
三、心得與建議 .....	3
四、參加美國電機電子工程師學會年會摘要 .....	6
(一)主管會議(SUPER SESSION) .....	6
(二)委員會議(COMMITTEE SESSION) .....	6
(三)技術類會議 (TECHNICAL PROGRAM) .....	7
1. 再生能源(Renewable Energy) .....	8
2. 現代化電網(Modern Grid) .....	8
3. 分散型能源(Distributed Energy) .....	10
4. 儲能設備(Energy Storage) .....	12
5. 研討極端氣候下電網復原能力 .....	13
6. 階層式(Hierarchical)調度架構 .....	14
7. 限制再生能源發電出力 .....	15
8. 智慧變流器(Smart Inverter) .....	16
9. 離岸風場併網 .....	16
10. 發電預測系統與備轉容量機制 .....	17

11. 高占比間歇性(Intermittent)再生能源發電併網因應

策略 ..... 19

參考文獻 ..... 20

## 一、出國緣由與目的

受日本福島核災影響及再生能源發電技術日益成熟，全球電源之規劃政策及開發時程正重新審視及再評估。再生能源開發已成為台灣能源的主要選項之一。未來高占比之風力發電與太陽光電對系統衝擊影響，本公司持續與國外其他業界就間歇性再生能源之併網規劃交換經驗是非常重要的。在電源出力不確定因素下，電網規劃將面臨更大的挑戰以因應如此電網情境與架構的改變。電網規劃者應吸取國外專家之電網規劃策略及採納新輸電技術俾利克服電力系統未來將面臨之困境。對獨立系統而言，系統頻率與電壓議題備受關注。隨著間歇性發電佔比增加，再生能源發電設備併聯規範重新研討、提昇電網運轉能力及強化電網強健度將是本公司未來輸變電規劃者所亟需考量的。

參加美國電機電子工程師學會年會，瞭解風力發電與太陽光電對系統之影響、獲取其它電網議題知識及實務規劃策略最新發展參考資訊，對未來系統規劃將有所助益。

## 二、出返國行程

- 105/7/15 台北 TAIPEI →洛杉磯 LOS ANGELE →105/7/16 波士頓 Boston
- 105.7.17 ~ 105.7.21 參加美國電機電子工程師學會年會
- 105/7/22 波士頓 Boston→洛杉磯 LOS ANGELE→105/7/24 台北 TAIPEI



### 三、心得與建議

電機電子工程師協會 (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers) 是一個國際性的電子技術與資訊科學工程師組織，依技術主題現在區分為 39 個技術學會 (Technical Societies)，會員人數約 420,000 人以上，其中 PES 學會 (Power & Energy Society) 每年約在 7 月期間，於美國各大城市擇一舉行年會。今年 7 月 17 日至 21 日於麻薩諸塞州波士頓市舉辦 2016 年 PES 年會主題為「營造電網現代化之路」(「Paving The Way For Grid Modernization」)。會議參加人員以遍及全球的會員、電力公司、工業界、學術界與設備廠家為主，本次出國相關心得如下：

- (一) 會議中所討論的議題具前瞻性、技術性。遍及全球的會員與專家提出專業領域的新知及運轉實務經驗，使各與會人員除定期聚會連絡情誼外，亦能獲取新知交換經驗。本次會議遇到已認識的清華大學朱家齊教授及中正大學張文恭教授，兩位均為台灣學術及電力界知名教授，與本公司亦常有技術交流。國內學界常經由這類國際性會議與國外專家建立人脈並洽談未來交流互訪可行性，本公司因屬國營企業，互訪所需預算較受限，僅能先交換名片未來如果有需要再以 E-mail 方式相互聯繫。
- (二) 本次 IEEE PES 年會主要仍著以未來再生能源及電網發展趨勢之研討為主，以達到 CO<sub>2</sub> 減量及發展潔淨能源之目標。在能源方面，仍著重在再生能源開發與技術提昇及如何預先擬訂因應策略維持供電品質。未來電力供應來源將逐漸由傳統能源

轉為再生能源。提高能源利用效率及降低能源使用對環境之衝擊將引導電力工業邁向另一新紀元。世界各國政府與電業需要新的技術與法規及調整商業模式方可有效整合電網，滿足未來穩定供電的需求。

- (三) 目前已有國家成立風力調度中心來統一調度管理所屬風機。由於風機分群採群聚式的併接方法，利用階層式(Hierarchical)控制架構，系統調度者可經由遠端監控風機。不論風機或地面型太陽光電併聯於輸電端或配電端，未來發展新的國際通訊標準可協助建立風機間或地面型太陽光電間的通訊聯繫準則及便於輸電系統操作者與配電系統操作者之間的聯繫與操控。
- (四) 台灣地區土地資源有限，輸變電設備興建不易。為使發輸變電設備之投資最佳化及運轉效率之提昇，如果系統有需要，輸變電設備運轉點能將儘量接近設備額定值，以提昇設備之投資效益。依目前國內再生能源發展現況，台灣彰化、雲林等西部沿海地區風能資源蘊涵豐富，中、南部地區則日照充足。熱點區域集中建置，將導致部分地區有電力壅塞及電壓偏高現象，需預先研擬相對之改善工程以解決併網技術問題。
- (五) 為因應極端氣候減少電網設備受到嚴重傷害，藉由風險和成本效益分析，將電網設備更換成較強健的材質、設施遷移及增加輸電線路餘裕都是主要措施。而提升的系統狀態監測和故障檢測技術也會有助於應付這些挑戰。有些國家更積極建立氣象局及國防部等相關單位間橫向聯繫機制，期能事前防範及災後復原。

(六) 現代化電網必須具備可靠性、復原能力、友善環境、有效率及接受各類分散式發電產品能力。電力設備需提高能源利用效率、使用再生能源及提高既有設備利用率等已是全球人士的共識。

## 四、參加美國電機電子工程師學會年會摘要

此次 IEEE 2016 年 PES 年會主題為「營造電網現代化之路」(「Paving The Way For Grid Modernization」)，本章節將摘述年會架構及與本處業務較相關之會議主題。本次年會會議進行方式可歸列為三大部分：(1)主管會議(Super Session) (2) 委員會會議(Committee Meeting) (3)技術類會議(Technical Program)。一般與會者大都參加技術類會議，如 Panel Sessions, Transactions Paper Sessions, Poster Session 與 Paper Forums。技術類會議中所討論的議題皆具前瞻性及技術性，遍及全球的會員、電力公司、工業界、學術界與設備廠家提出專業領域的新知及運轉實務經驗，使各與會人員獲取新知及交換經驗。

### (一)主管會議(Super Session)

本次年會主管會議仍延續在未來電源發展趨勢、智慧型電網、電業發展及綠色能源等項目。

### (二)委員會會議(Committee Session)

今年開會期間共有 11 個委員會會議召開：

- ◆行政委員會(administrative committee)
- ◆電機機械委員會(electric machinery committee)
- ◆能源發展與發電委員會(energy development and power generation committee)
- ◆電力工程教育委員會(power engineering education

committee)

- ◆電力系統分析、計算與經濟委員會(power system analysis, computing, and economics committee)
- ◆電力系統動態性能委員會(power system dynamic performance committee)
- ◆電力系統運轉委員會(power system operations committee)
- ◆系統規劃與實現委員會(power system planning and implementation committee)
- ◆變電所委員會(substations committee)
- ◆輸電及配電委員會(transmission and distribution committee)
- ◆風力及太陽光電協調委員會(wind and solar power coordinating committee)

### **(三)技術類會議 (Technical Program)**

技術會議以技術或學術性論文發表型式報告相關技術最新進展，會議期間從7月17日(星期一)至7月21日(星期五)共五天，會議議程涵括技術議題廣泛，可供與會者相互學習及討論。而會議分別以 Panel Sessions(PN)、Paper Sessions(PP)、Paper Forums(PF)、Poster Session(PO)等方式進行。在五天期間，每天均安排特定技術論文報告與討論，依不同主題安排由作者簡報，並與參加會議人員面對面溝通討論，交換彼此心得與經驗。本技術會議與再生能源及電網規劃議題討論內容綜合介紹及摘述如下：

## 1. 再生能源(Renewable Energy)

今年電機電子工程師學會年會主題為「營造電網現代化之路」就是要研討未來再生能源蓬勃發展後，如何讓電網更強健。如同字面上所表示的義意，可以‘再生’利用的能源就稱之為再生能源。根據聯合國環境規劃署（United Nations Environment Programme, UNEP）的定義，能源可概分為再生能源和非再生能源，再生能源係指能取之不盡的天然資源，而再利用過程中所造成之污染遠低於非再生能源所產生之污染。例如地熱能、水力能、潮汐能、太陽能、風能、生質能等，都是將自然界的能量轉成為人類可使用之能源。除了水力外，目前世界上較具發展潛力的再生能源有風能、太陽能、地熱、海洋能及生質能等，其中以地熱發電、太陽能發電與風力發電於技術上已臻成熟並有電廠實際運轉經驗。將再生能源有效且經濟的轉換為一般民生供電，已成為先進科技國家兼顧環保與用電需求的重要產業發展政策之一。[1]

## 2. 現代化電網(Modern Grid)

為促進電力市場之發展，現代化電網對新的電力產品、新的服務方式及新的市場機制接納能力更高，可促進各項產品之蓬勃發展。現代化電網必須具備可靠性、復原能力、友善環境、有效率及

接受各類分散式發電產品能力。經由完整且健全的監測系統，現代化電網可以即時掌握電力系統之狀態，當系統有過載、電壓及電力品質等問題時，現代化電網即以自愈(self-heals)的方式預先防範問題惡化。若系統發生擾動，亦可經由已預先擬訂之運轉策略降低擾動對系統之影響。另為對外在網路入侵及攻擊，現代化電網亦需具備妥適的防護能力，使發輸變電設備不易成為恐怖份子刻意攻擊的目標。為使發輸變電設備之投資最佳化及運轉效率之提昇，如果系統有需要，電網內各項設備運轉點能將儘量接近設備額定值，以提昇設備之投資效益。

為改善再生能源發電不穩定特性對運轉之影響，先進國家紛紛提出智慧型電網規劃藍圖，進行傳統電網之升級計畫。智慧型電網藉由資訊、通信與自動化科技等關鍵技術統合發電、輸電、配電及用戶四大區塊，提升電力系統運轉效率、供電品質及電網可靠度，並有助於提高間歇性再生能源可併網容量。藉由監視完整的電力系統運轉狀態進行更有效益電力調度，如尖峰時段若系統供電能力因事故或其他因素而有所不足時，即啟動諸如負載調控與機組調度等因應。一般家庭能源消耗量，電熱水器 EWHs (Electric Water Heaters) 消耗熱能占比為最大項目。丹麥家庭 EWHs 平均熱能消耗占比約 19%，而美國則高達 30%。如果能依系統條件找出 EWHs 最佳

加熱時間，將有助於舒緩電力系統設備容量不足的困境。現代化電網在滿足電力需求之時，亦能充分及更有效益利用電力資產。[2~3]

### 3. 分散型能源(Distributed Energy)

電力是現代人日常生活中，不可缺少的能源，也是經濟發展的命脈。發電廠藉由高壓輸線路及變電設備，將電力輸送至家中，是一般民眾對電力事業的既定印象。其實，生活周遭的電力來源並不局限於此。如停電時，重要設施(如醫院)或民生用戶(如攤販)常使用不斷電系統或啟動柴油發電機當作備用發電系統，都可不需透過輸變電線路而維持小區域供電狀態。

過去，輸電系統是針對集中式發電系統所設計的，所以不適合分散型電源(Distributed Generation，以下簡稱 DG)。DG 一般係指發電規模較小而可與系統併聯或獨立運轉之新型態發電技術。分散型電源適合公用電業、群聚用戶及電力市場參與者。與大型或集中式電廠比較，DG 產生之污染較少，可直接裝設於負載中心(或與負載中心鄰近之地點)，如工業區、商業大樓或社區等。例如，熱電聯產系統(Combined Heat and Power ,CHP)是指在單一過程中同時產出熱能與電力的分散型電源發電技術，CHP 兼具有回收廢熱之優點，整體能源利用效率較傳統發電技術高，對節能及環保均有貢獻。另外，分散型電源因鄰近負載端設置，可降低輸配電投資，並有助



紓解上游輸變電系統傳輸瓶頸及降低電力潮流損失。

分散型電力之興起與應用，雖已在許多先進國家受到廣泛的討論與重視。因其併聯地點多為原設計供給低壓配電負載使用為主之配電系統，諸如逆向電力、電壓控制、短路電流之保護、接地之保護、防止孤島運轉、自動限制負載、線路失電壓偵測保護、常態電壓變化對應設備、瞬間電壓變化對應設備等系統之保護議題需依各地區不同而重新再檢視。

微型電網(Microgrids)係由分散式能源系統元件(包含負載與分散式電源)相互連結而成的電網，可獨立運轉或併入大型電網運轉。利用先進控制及通訊技術可將微型電網系統最佳化，亦將再生電源、儲能設備等多樣化能源與負載作最有效率的利用。偏遠地區建置微型電網後可就近供應負載，尤其當天然災害造成輸變電設備損毀時，微型電網可獨立運作(孤島運轉模式)，不因電網停電而斷電，大幅度提高加強可靠度與安全性及系統運轉效率。亦即在大型電網斷電瞬間，可無間斷地將重要負載轉由微型電網供應電力。配合前述智慧型電網的建構，微型電網的功能與效益可大幅發揮。微型電網可強化電網供電的可靠度，其多樣式發電系統與儲能系統降低對集中式電網的依賴度。[4]

#### 4. 儲能設備(Energy Storage)

目前再生能源發電型式以風能及太陽能為大宗，但其非連續性發電特性易對電網運轉造成衝擊。可利用儲能設備將其電能予以儲存，再依系統需求適時併入電網運轉降低系統衝擊，以提高再生能源發電供電品質及可靠性。

國際間最常使用的電力儲能系統大多是大型抽蓄水力。目前亦有利用超導體 (Superconductor) 在特定溫度以下，呈現電阻為零的特性供作儲能系統使用。發電機、電動機、變壓器及輸電線等重要電網設備元件均有電阻及電感特性，因此在電能產出及傳輸的過程中將有部份能量損耗轉變為熱能使設備溫度升高。利用超導體零電阻的特性製造的儲能設備稱為超導儲能系統 (Superconductive Magnetic Energy Storage, SMES)。超導體電感線圈內之電流是沒有線路損失的，搭配電力電子換流器快速反應之特性與外部電網做實功率及虛功率之交換，以提高電力系統穩定性及改善供電品質。SMES 之應用之一為替代興建傳統抽蓄電廠於離峰時段抽水儲能，而於尖峰時段放電替代高成本電廠之發電。超導磁能儲存系統最大的兩項優點便是高效率與高響應速度，但最大的缺點是所耗費的成本相當高。除成本考量外，以現今超導體技術而言，載流能力尚不足以應用於大型電網。

超級電容器它是介於傳統電容器與電池之間的一種儲能元件，一般應用於高功率短時間放電的儲能系統，如行動通訊裝置(GSM)以及電動車加速時使用。在電力系統的應用部分，主要使用於電力品質的改善及可儲存較高的電能。目前商業化的超級電容器大部分低於 100KW 以及低於 10 秒的放電時間，因此常使用模組串聯來提高輸出電壓。此外，在實際工業的使用中，超級電容亦常搭配化學電池成為一混合式的儲能系統。超級電容器的優點在於充放電的速度遠快於傳統的化學電池(30 秒至 40 秒的時間內可充電至額定容量的 60%至 80%)，且由於其成份沒有電解液，因此在相同儲存容量下的重量遠輕於一般電池。此外，它幾乎沒有充放電次數(高於一百萬次以上)以及最大放電量的限制，而且操作溫度範圍亦能下探至攝氏 -25 度，它的平均壽命可高達 25 年以上。但是它的最大缺點是儲能密度低於一般的化學電池且放電時間很短。[5~7]

## 5. 研討極端氣候下電網復原能力

本次會議也就極端氣候下電網復原能力議題研討。台灣科技大學陳南鳴教授受邀於 Global best practices on natural disaster mitigation 會議發表題目為 Lessons learned from 921 earthquake in Taiwan 1999. 之報告。簡報主要說明台灣電網若再遭遇如同 921 大地震所引發大停電事故後，為強化系統全黑後復電之能力，全黑

啟動機組已分區規劃設置及模擬演練，另外低頻卸載電驛設定值也隨系統條件調整。

系統回復力(System Resilience)概念於 1973 年由 C.S. Holling 定義為系統持久力及接受變化與擾動後維持群體內或各狀態間同等關係的能力。2012 年美國東北部在桑迪颶風衝擊下，約 1 萬條輸電幹線損壞及引發許多變壓器爆炸或淹水。這次事故導致約七百萬失去電力供應。澳洲昆士蘭洲在 2010 和 2011 夏季均面臨嚴重水患，遍及六個區域的變電所及眾多電線桿、變壓器和架空線路遭到破壞導致約有 15 萬用戶停電。為因應極端氣候減少電網設備受到嚴重傷害，目前世界上有幾種作法可供參考。藉由風險和成本效益分析，將電網設備更換成較強健的材質、設施遷移及增加輸電線路餘裕都是主要措施。而提升的系統狀態監測和故障檢測技術也會有助於應付這些挑戰。有些國家更積極建立氣象局及國防部等相關單位間橫向聯繫機制，期能事前防範及災後復原。[8]

## 6. 階層式(Hierarchical)調度架構

目前已有國家成立風力調度中心來統一調度管理所屬風機。由於風機分群採群聚式的併接方法，利用階層式(Hierarchical)控制架構，風機製造商或系統調度者可經由遠端監控風機。不論風機或地面型太陽光電併聯於輸電端或配電端，未來發展新的國際通訊標

準可協助建立風機間或地面型太陽光電間的通訊聯繫準則及便於輸電系統操作者(TSO)與配電系統操作者(DSO)之間的聯繫與操控。[9]

## 7. 限制再生能源發電出力

間歇性再生能源瞬間全部無法發電(無風或太陽光被遮蔽)時，對於臨近系統電壓及傳統發電機組轉子角度、實虛功變動會產生相當之影響造成運轉問題。間歇性再生能源發電設備若非傳統轉動發電機械，會降低系統慣量，可能造成系統穩定度降低。當系統發生傳統機組跳脫事故後，極易引起低頻電驛動作而卸載。風能及太陽能發電廠大部份經由變流器將電力輸出，缺少傳統機組所具備之慣量特性，而慣量特性是系統維持頻率穩定的能力之一。風能及太陽能發電廠愈多，所替代發電之傳統機組數量亦增加，因而降低系統在事故時維持頻率穩定的能力。

由於風能變動可能影響系統的可靠度，歐洲各國在風機併聯合約或規範中允許風機可啟斷或自動降低輸出，以因應系統的各種操作限制。在丹麥，許多新型風機能在所需的風速條件下，要求風廠在 10 秒內需有能力將其輸出從半載快速提昇達到滿載。同樣地，亦要求可配合系統降低風機輸出。為讓系統中可調度的傳統機組以維持在最低允許發電下運轉，西班牙系統操作者有權要求啟斷風機輸出。在愛爾蘭在 Grid Code 要求風廠輸出需受調度管理。[10]

## 8. 智慧變流器(Smart Inverter)

傳統配電系統使用可調整分接頭(Tap)的變壓器及可切換式電容器來調整電壓。當配電系統太陽光電占比大量增加時，其換流器的功能及操作模式決定對系統電壓的衝擊程度。由於日照的波動性，太陽光電輸出電壓變動可能較頻繁，而變動量大時將觸發變壓器的有載分接頭以及電容切換開關動作造成設備損耗。

智慧變流器可作為電網改善的重要設備。再生能源發電設備之變流器若具備功率因數調整及出力控制等功能，對改善電力品質、電壓變動率及提升可併網容量將非常有幫助。但智慧變流器併網規範如何制定及系統需求之範疇則因地制宜，下列項目為基本功能：實功率調控規範、虛功率調控規範、出力調節率(Ramp Rate)、動態電壓/虛功率調節規範、事故穿越能力規範。

## 9. 離岸風場併網

由於交流海底電纜本身所具有電容性特性產生大量虛功率，因此間接限制了實功率傳輸的能力。虛功率大小取決於傳輸電纜的長度，在海纜兩端規劃虛功補償設備雖可改善，但所引起其他電力品質或保護協調問題須預先研討。典型虛功控制補償設備包含並聯電容器或電抗器、靜態虛功補償器(SVC)、以及靜態同步補償器

(STATCOM)。離岸風廠海纜連接上岸方式國外已有利用高壓直流系統 HVDC (High Voltage Direct Current) 克服高壓交流系統 HVAC (High Voltage Alternating Current) 運轉限制之經驗。HVDC 具有潮流控制、提昇暫態穩定度的功能，且可隔離兩邊的交流系統，不會增加系統故障電流。隨著 AC/DC 轉換技術之進步及具備經濟效益後，更具備優勢性可做為未來評估方案之選項。在 HVDC 未完全取代 HVAC 前，學術界同步也在研討利用低頻傳輸電力可行性，但這需要額外的變頻設備及變壓器等設備配合。

## 10. 發電預測系統與備轉容量機制

太陽光電的發電功率隨日照強度而變化，一天的發電曲線大致上呈單峰曲線的形狀，功率峰值一般發生於上午 10 時至下午 3 時之間。而風力發電廠對負載之相依度則不似太陽能發電廠顯著。由於風力與太陽光電的發電特性，如何滿足發電與負載之供需平衡，未來將成為運轉調度的極大考驗上。為因應風力與太陽光電等間歇性發電裝置出力及預測不確定因素，如氣渦輪組及水力機組等升降載速度較快之機組都是備轉容量的優先考量，對穩定頻率較有貢獻。高占比風力與太陽光電系統在評估備轉容量之需求性時，一般係以淨負載(Net Load)觀念來檢討。所謂淨負載為系統負載扣除間歇性發電設備預估出力所得到的負載值稱之。淨負載可用來分析系統如

何因應間歇性發電變動。例如，美國加州系統太陽光電抵消負載用電量後，造成淨負載曲線起伏時段有別於以往，由於所呈現淨負載曲線形狀似鴨子，故稱為鴨子曲線。[11]

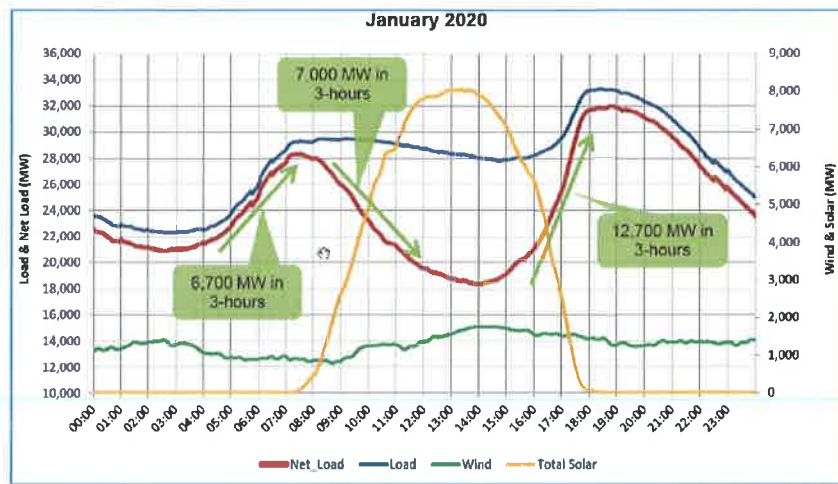


圖 4.1 淨負載曲線

系統淨負載劇烈改變時段有可能在早上太陽能發電上升以及傍晚太陽光電下降時發生，而其變化量隨太陽光電裝置量成正比。早上時段傳統機組如何配合降載，及太陽光電急速下降時段系統如何準備足夠備轉容量來替補以滿足負載需求均考驗著系統調度人員。而精確預估太陽光電上升及下降速度才可正確評估所需備轉容量與調整發電機組發電之排程。提高當地氣象精確預測數據及收集並分析風力與太陽光電電力輸出模式，將可降低電力供應的不確定性。而電力輸出模式依需求不同，可分為短期(數分鐘內)、中期(數小時內)及長期(一日內)的影響。電力調度系統隨時均必須保持適當的各類備轉容量因應短、中期的風力與太陽光電出力變化衝擊。



## 11. 高占比間歇性(Intermittent)再生能源發電併網因應策略

依政府目前再生能源推廣目標，於 2025 年再生能源推廣目標太陽光電為 20GW，風力為 4.2GW。而風能及太陽能發電屬間歇性發電，此類間歇性發電廠其發電出力易受設置地點及天候影響，日/夜發電時間及發電量差異大，因此無法精確預估及調度。台灣是獨立運轉之電網，未來間歇性間性再生能源設備大幅增加時，對系統之衝擊遠大於互聯電網。對於大量間歇性發電併入輸電系統或配電系統之衝擊，國際上研究文獻主要就電壓及頻率變動、故障分析與事故穿越能力及系統穩定度等議題進行廣泛研究探討。

為達成「京都議定書」的減碳排放目標，世界各國家紛紛制定再生能源發展政策及目標。再生能源所肩負的責任與義務將逐漸轉變如同傳統電廠一樣，具備維持系統穩定與可靠的運轉特性。因此，再生能源控制技術的改良以及併網技術的要求愈來愈受到重視，同時也突顯出修訂電網準則以符合再生能源併網穩定運轉的重要性。再生能源併網規範一般可分為 1. 「一般要求與規格」，涵蓋範圍包含最大允許發電容量、電壓波動、系統頻率操作範圍及功率因數。2. 「電力品質要求」，涵蓋範圍包含電壓閃爍、諧波電流失真、直流注入及電壓不平衡率。3. 「保護與控制」，涵蓋範圍包含異常電壓跳脫、異常頻率跳脫、孤島效應的保護與恢復送電、同步、避免 EMI 電磁干擾、隔離與開關、防雷與接地、短路保護及逆向功率保護等。

風力與太陽光電出力不穩定並將造成機組起降次數增加，增加維護成本。為調節全系統供需平衡，間歇性再生能源所造成實功率

輸出的變動，也因此須由傳統同步發電機或大型儲能設備因應。發電機轉子忽快忽慢運轉對控制系統及設備效能都可能造成影響。風力及太陽光電之電力雖可即發即用，減少化石能源的部分消耗。但發電量的不可控可能造成日後天然氣及燃煤用量非預期大量短用/增用，造成備料過多或不足問題及商業契約之爭議。另有關系統之慣量問題，大型太陽光電場或是風場應可藉由本身換流器提供虛擬慣量控制之功能。再生能源發電系統併聯技術要點條文應將大型風電及太陽光電廠發電預測系統、虛擬慣量控制之功能及將為維持系統安全所需之備轉容量及機組起降次數增加所產生維護成本輔助服務費機制等納入。

提升新建傳統機組的升/降載率及具備更低載之熱待機容量可增加系統追隨負載能力。但再生能源業者亦需負擔電力系統穩定運轉責任，俾維持全島供電安全。再生能源發電系統併聯技術要點條文應此原則納入，以要求業者有責任與義務共同維護系統運轉安全。

## 參考文獻

1. <http://www.unep.org/climatechange/mitigation/RenewableEnergy/tabid/29346/Default.aspx>。
2. Power Consulting Solving tomorrow's challenges today-brochure\_ABB Power Consulting

3. Bishnu P. Bhattarai : Active Control of Thermostatic Loads for Economic and Technical Support to Distribution Grids\_ 978-1-5090-4168-8/16/IEEE
4. C. Buque :Distributed Generation and Microgrids for Improving Electrical Grid Resilience Review of the Mozambican Scenario\_978-1-5090-4168-8/16/IEEE
5. Linquan Bai: Application of Battery-Supercapacitor Energy Storage System for Smoothing Wind Power Output An Optimal Coordinated Control Strategy\_ 978-1-5090-4168-8/16/IEEE
6. M. Swierczynsky: Overview of the Energy Storage Systems for Wind Power Integration Enhancement\_ 978-1-4244-6392-3/10/IEEE
7. H. Ibrahim1:Technical and Financial Benefits of Electrical Energy Storage
8. Mathaios Panteli: The Grid Stronger, Bigger, Smarter\_ 1540-7977/15/IEEE
9. Jianming Lian: Hierarchical Decentralized Control Strategy for Demand-Side Primary Frequency Response\_

978-1-5090-4168-8/16/IEEE

10. Hyangryul Bae: Frequency Regulation Method With  
Congestion Management Using Renewable Energy  
Curtailment\_ 978-1-5090-4168-8/16/IEEE

11. Brendan Kirby: Potential New Ancillary Services  
Developments of Interest to Generators