

智慧型混合能源 獨立供電/市電併聯系統開發

► 專案6部 張裕倉、楊顯整

一、計畫緣起

近年來環保意識的抬頭及由於溫室效應所帶來的二氧化碳污染問題，使得再生能源的應用再度成為一項引人注意的課題，而永續發展的理念更是潔淨能源推動的主要動力。有關燃料電池、太陽能光電、以及風力發電等能源技術，三者發電系統之輸出電壓與輸出電流呈現非線性關係，目前已經發展獨立發電系統饋入市電之裝置，但未有同時考量三者併用饋入市電之機制，以及運用成本導向發展經濟調度法則，控制三者之發電量，同時兼具穩定、緊急發電之功能。因此混合式發電系統為目前積極發展之研究趨勢，可互補電能供應以解決因燃料用盡、日照量不足或是風能缺乏所引發之問題，但亦衍生出各電源間功率分配之控制問題以及如何有效管理電源並完成最佳化控制，達成高效率的電能轉換並節省能源，成為在潔淨能源電源轉換器中極待面對之挑戰。再者，於電源轉換器中，一般電力電子之控制多採用類比式控制架構，但潔淨能源輸入電壓變動範圍大，傳統控制器並不能完全符合控制上全域穩定，且功率分配及電源管理中需要增

加許多週邊電路方可完成所需之程序控制。為了解決上述問題，財團法人中技社、本會、元智大學及新鼎系統公司自98年起開始合作，進行「智慧型混合能源獨立供電/市電併聯技術」的研發。

透過全數位化控制達成電源管理及功率分配，於併網模式中可將潔淨能源電力轉換供給一般負載使用，於用電尖峰時刻減少對市電電源之需求，於用電離峰時刻可將水電解為氫氣及氧氣作為電源儲存之用，甚至可以逆潮流之方式反饋電能回市電，間接降低了石化燃料之使用量，此智慧型控制並且能自動偵測於市電連接中斷時，提供自系統以獨立供電模式供應負載。在全數位化控制之下，所發展之智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統預期可達成三點目標：

1. 所有輸入輸出電源經智慧型電源管理控制法則，使整體系統操作於最佳效率之狀態；
2. 電源轉換控制系統於併網模式時，輸出與市電電壓同相位之電流，達成單位功因併網；
3. 電源轉換控制系統於獨立供電模式下提供低總諧波失真成分之正弦輸出電壓，可有效降低電磁干擾與提升整體系統之轉換



效率，因而提高了潔淨能源之利用率。

本計畫透過混合能源發電系統供應端及使用端需求調查，進而從事混合能源發電系統建模及數值模擬，以確立混合能源發電系統最佳規模比例及其應用定位。本計畫預定產出一智慧型混合能源獨立供電/市電併聯供電系統，解決再生能源如燃料電池因燃料用盡、太陽能電池因日照量不足或是風力發電因風能缺乏所引發之發電不穩定問題，並利用三者獨立電源混合併入市電之機制互補電能供應，以及運用成本導向發展經濟調度法則，控制三者之發電量，完成電源管理及功率分配最佳化之程序控制。並進一步將此系統模組化成為具有整合數種不同混合能源的系統，不一定侷限在一定要整合光電、風電及燃料電池，以增加其實用性。

二、計畫架構

本計畫預計分成三階段完成，第一階段進行混合能源發電系統規模及定位之研究，整合供應端及使用端之需求調查，進行太陽光電池、風力發電及燃料電池發電系統建模及數值模擬，期許定位不同應用區域之混合能源最佳發電容量比例。第二階段將依照第一階段混合能源發電系統裝置容量最佳化設計之研究成果，配合本會節能服務團隊，進行廠址評估與建議，以利市場推廣，並加入圖控軟體開發混合能源發電系統裝置容量最佳化設計機制軟體工具；再者，依元智大學廠址進行混合能源發電系統裝置容量最佳化設計，等比例縮小設備容量，於元智大學以最佳黃金比例進行混合能源硬體設施之設置，其中包含混合能源發電機構以及燃料氣體儲存設備，並整合燃料電池(2kW)、太陽光電池(5kW)以及風力發電系統(3kW)輸出電源，研發智慧型混合能源獨立供電系統控制技術，搭配LED照明設施使本混合能源供電系統具實體應用實例，落實潔淨能源取

代現有電源供應系統節能減碳之目標，並評估實現第二階段所開發之供電系統控制流程於新鼎公司現有能源管理系統中之可行性。考慮所發展之供電系統產出多餘電能情況，以及潔淨能源使用效率層面，第三階段計畫針對智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統之市電併網技術予以開發，研發智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統控制理論，並以數位訊號處理器實現全數位化控制，可有效分配燃料電池、太陽光電池、風力發電系統以及市電網絡所需之輸入輸出電源，俾使供電系統操作於能源最佳使用效率情況之下，並將第二階段所開發之獨立供電系統控制流程及第三階段所開發之市電併網技術進行智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統模組商品化評估。

三、目前研發成果

本計畫目前已完成第一及第二階段之開發進度。第一階段之需求端調查顯示飯店、學校、醫院及工廠將為此系統推廣優先度較高之客戶，並可成為抑制尖峰用電之發電設備應用，有效的管理控制電力使用，並進一步降低契約容量或降低附加費。再者，其電力可應用至使用端之緊急備用電力設備。以未來發展電力調節系統而言，將考慮分散風險，單一電力轉換裝置將以10kW至20kW為一單位具有較高電力轉換效率，因此未來於不同使用端用戶電力規模需求較大時，宜以單位模組併聯方式為之，故混合電力系統架設規模將不受使用端電力需求規模影響，為相當具潛力之綠色產業及能源設計。

第一階段計畫中同時也進行混合能源發電系統模擬及驗證，成功發展混合能源發電系統裝置容量最佳化機制，可針對不同之設置廠址量身訂定其設置混合能源發電系統裝置容量之黃金比例，除了實際評估設置廠址實際裝置混合能源發電系統之面積大小

外，也提出了容量因子之概念，更貼切了解設置廠址當地各種能源可裝置之容量大小以及實際發電效率，透過考慮混合能源發電系統之裝置費用以及成本回收，有助於找出最符合經濟效益之裝置比例；考量元智大學現有發電設備容量，設定第二階段計畫發展智慧型混合能源獨立供電監控系統總裝置容量為10kW，等比例縮小可得知於元智大學裝置太陽能光電池系統(5kW)、風力發電系統(3.5kW)以及燃料電池(1.5kW)之黃金比例為5:3.5:1.5(取四捨五入)。

除此之外，其混合能源發電系統裝置容量最佳化機制可運用範圍相當廣泛，未來混合能源發電系統架構除了太陽能光電池發電系統、風力發電系統以及燃料電池外，亦可加入其他各樣式能源，可根據不同使用者之需求做設計，主要可分為選擇自我用電或者配合電力公司收購再生能源政策，自我用電又可選擇將系統運用於抑制超約用電，其主要根據過去用電歷史資料找出其最大超約用電量，利用本計劃所提出之混合能源發電系統提供最大超約用電量以避免附加費，或者可根據設置場址預設一年節約電量，根據預計節省電力設計混合能源發電系統之總裝置容量；若選擇配合電力公司收購再生能源政策，則可根據使用者預期獲利設計混合能源發電系統之總裝置容量，隨著推廣再生能源政策不斷推廣，未來也可能發展出既可自我用電也可將多餘發電量賣給電力公司之政策。本階段計畫所提出之混合能源發電系統裝置容量最佳化機制可適用於各種情境，完全依據不同設置場址的需求做最貼切之設計，以達到最佳之經濟效益。

第二階段除進行醫院、工廠、辦公大樓、學校以及飯店，從北中南不同區域選取混合能源系統裝置最佳化評估示範場址共六處，進行第一階段計畫成果之評估驗正。並

完成「混合能源發電系統裝置容量最佳化設計機制」圖控軟體之開發，圖控軟體輸入畫面設計如圖1所示。預期未來將結合本會節能評估相關服務，加強推廣綠色能源技術。軟體考量參數項目如下：

1. 負載端需求功率
2. 裝置容量(燃料電池，太陽光電，風力發電)
3. 容量因子動態計算(匯入預定評估場址之實際氣象資料，包括日照、溫度、風速等，藉以計算用戶端因設置場域環境因素影響之太陽光電及風力發電系統容量因子)
4. 每仟瓦裝置費用(燃料電池，太陽光電，風力發電)
5. 通貨膨脹率
6. 銀行利率
7. 電力公司能源收購價格
8. 其他參數設定
 - (1) 電力公司每公噸CO₂減量回收價
 - (2) 每度電產生CO₂量
 - (3) 夏月數目
 - (4) 非夏月數目
 - (5) 夏月契約容量每仟瓦費用

圖1 混合能源計算輸入畫面



圖2 2kW燃料電池發電系統

(6)非夏月契約容量每仟瓦費用

(7)台電平均每度電費用

9.計算需求(自我用電，配合電力公司收購再生能源政策)

混合能源發電系統裝置成果方面，考量元智大學歷年太陽光電及風力發電之歷史數據，加上緊急用電之電力需求，提出最佳化混合能源裝設配比，包含太陽光電5kW，風力發電3kW，燃料電池2kW。結合元智大學現有之太陽光電5kW，增購風力機3kW系統，以220Vac併入配電裝置，完成裝設2kW燃料電池發電系統(純水機、燃料電池，水電解製氫以及儲氫設備)，如圖2所示。

為整合各種能源來源，並可穩定控制調整獨立供電或市電併聯操作應用，開發高性能直流/交流變流器，完成商品化雛形，如圖3所示，雛型產品具低總諧波失真、單位公因併網及雙向併網之優點，且所設計之電路架構簡單，故生產成本低，具市場開發潛力。再者，結合智慧型電力監控系統，除擷取各種能源來源之電力資訊外，更因應負載端電力需求作最佳化經

濟調度節能調控。於本計畫完成建立獨立展示空間，將計畫成果之智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統電力應用於展示室中各項用電負載，做為實際應用之運行示範及推廣。

四、後續開發方向

考慮所發展之供電系統產出多餘電能情況，以及潔淨能源使用效率層面，後續將針對智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統之市電併網技術進行開發，研發智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統控制理論，並以數位訊號處理器實現全數位化控制，可有效分配燃料電池、太陽光電池、風力發電系統以及市電網絡所需之輸入輸出電源，俾使供電系統操作於能源最佳使用效率情況之下，並將第二階段所開發之獨立供電系統控制流程及第三階段所開發之市電併網技術進行智慧型混合能源獨立供電/市電併聯系統模組商品化評估。預計產出一智慧型混合能源獨立供電/市電併聯供電系統，建置完成獨立供電/市電併聯電源轉換監控系統；其功能應包含：(1)獨立供電系統與市電併聯；(2)混合電源供電系統與市電併聯，相關併聯性能規格可達IEEE Std 1547標準。並進一步將此系統模組化成為具有整合數種不同混合能源的系統，不一定侷限在一定要整合光電、風電及燃料電池，以增加其實用性。GO



圖3 高性能直流/交流變流器商品化雛形
(側視圖)