

# 36. 漁船用風力發電系統之研製

王醴 教授、陳翔雄、鄭光哲、熊家田  
國立成功大學 電機系輸電系統研究室

## 計畫案特色

本計畫之主要目的在於研究架設一套風力發電系統於小型漁船上，以達成小型漁船節能之功效。本計畫並開發一套以可程式控制器為基礎之自動監控系統，除可對蓄電池充電電路做蓄電池儲能之自動切換功能外，亦完成風力發電機周圍保護人員安全裝置與過速保護裝置。

在本計畫中，將運用已成熟的風力發電技術於小型漁船上，進而評估其節能特性，未來推廣到各級漁船上使用，其優點在於節省漁船引擎油耗量、降低漁船引擎排放之空氣污染以及節省漁船靠港時蓄電池的充電時間等。茲將風力發電系統用於漁船之基本特性討論如下：

第一步 選用適當的風力渦輪系統：優良的漁船用風力機應以安全為原則，有效擷取風能為考量，其中垂直軸式風力機具有固定的旋轉範圍，可做較安全之使用及人員保護，是適合漁船使用的考量之一。

第二步 選定適當的發電機組：在風力機擷取風能後，系統需要將風力渦輪機的機械能轉為電能，而基於小型漁船的考量下，不同的旋轉電機中又以永磁同步發電機具有體積較小、效率較高、控制較簡單等優點，所以本計畫選用永磁同步發電機安裝於小型漁船上。

第三步 設計適合於蓄電池之充電系統：為適用於漁船充電系統，該系統必須在正常情況下可對電池充電及供應負載，而在緊急時則能當成備用電源供應緊急用電，其優點在增加漁船在海面上的作業時間，且其噪音遠低於引擎噪音，適用於不同容量之漁船，可有效節省漁船靠岸時的蓄電池充電時間，以及降低引擎充電之油耗與空氣污染。

### (一)系統架構

本計畫所架設的船用風力發電系統主要由垂直軸式風渦輪機、三相交流永磁發電機、充電器、蓄電池、船用負載及PLC配電盤箱等部份所組成，其整體系統架構之方塊圖如圖1所示。

本計畫擬安裝的風力發電機將架設於漁船駕駛座船艙頂部的前方，其他相關的PLC、配電箱與蓄電池組將安置在船艙的內部，可進一步完成風力發電機於漁船行駛或停止時之發電特性量測與監控。為避免有人員接近旋轉中的風力發電機而發生意外，本計畫擬於船艙頂部、風力發電機之四個角落架設紅外線感應器作人員保護裝置。如圖2所示為本研究計畫風力發電系統各項設備安裝及規畫之示意圖，本研究將依照此規劃完成各設備之配置。

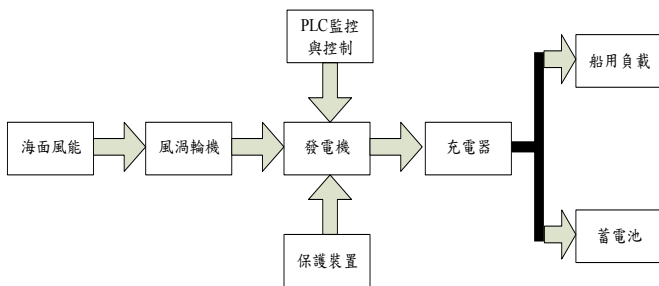


圖1 本研究計畫整體系統架構圖之方塊圖

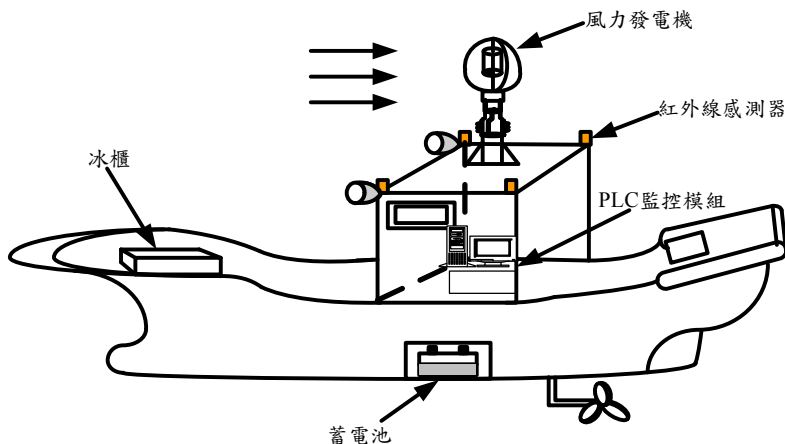


圖2 本計畫整體漁船艙底與風力機相關位置示意圖

(二)系統特性

A、垂直軸式風力機之特性

風力發電機的種類繁多，其基本型式可分為垂直軸式與水平軸式的風力發電機，兩者各有其特色，本計畫為選擇垂直軸式風力發電機為研究目標。

B、永磁發電機之特性

永磁同步發電機是將同步發電機中轉子所需的激磁源改由永久磁鐵來取代，其特點在於無需外部直流能源做為激磁場，故適用於快速起動之中、小型發電系統。

C、充電電路特性

本計畫之充電電路，是利用一般電力電子中常見的降壓-昇壓整流器來設計，藉由整流器之昇壓及降壓特性，用以克服當風速變動時風力發電機所產生之忽高、忽低之交流電壓，該變動電壓經過整流器後，可獲得一個穩定的直流電以對蓄電池充電。

D、保護設備裝置

當風力發電機在高風速運轉下，為避免超過機械轉速之上限，必須防止其發生過速的情況，因此必須考慮加入過速保護裝置，故本計畫將安裝一台風速計於漁船駕駛艙上方、靠近風力發電機之處量測風速。

而在風力發電機的四周亦將安置紅外線感測器，當有人員靠近風力發電機、遮斷紅外線感測器的光線時，將使風力發電機停止運轉，避免人員接近旋轉中的風力發電機造成危險。

E、可程式控制器(PLC)架構

對於充電電路、風力發電機過速保護、紅外線之人員保護等設備，都必須透過PLC控制系統對上述系統做控制與監控。如圖3所示為本計畫PLC控制系統程式之階梯圖，其中主要功能為：(1)紅外線安全保護裝置控制、(2)風機過速自動保護及自行重新啟動、(3)手動開關強制保護。如圖4所示為本計畫保護電驛切換配電箱實體照片，圖5為短路保護煞車電阻箱示意圖，圖6為短路保護煞車電阻箱實體照片，圖7為PLC配電箱示意圖，圖8為PLC配電箱實體照片。

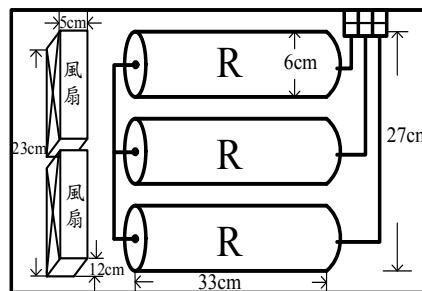


圖5 短路保護煞車電阻箱示意圖

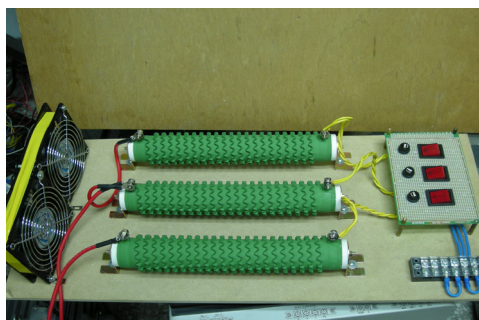


圖6 短路保護煞車電阻箱實體照片

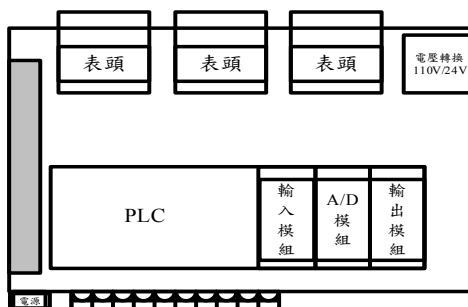


圖7 PLC配電箱示意圖



圖8 PLC配電箱實體照片

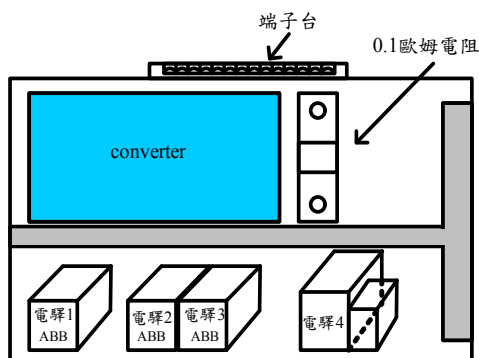


圖3 保護電驛切換配電箱示意圖

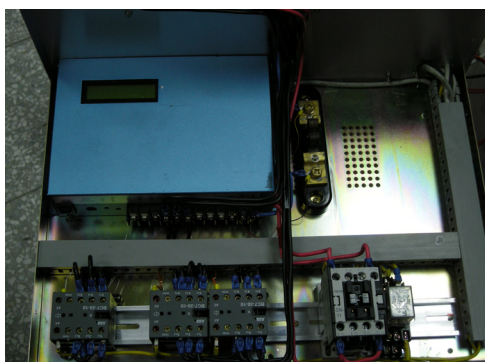


圖4 保護電驛切換配電箱實體照片

F、電驛規格與風速計

在保護電驛配電箱中，本計畫使用了4組電驛作保護，其三相短路保護與短路保護煞車用的電驛規格為德國ABB公司BC7-30-10電驛，耐壓為240 V、耐流為20 A。另外做蓄電池切換用之電驛，其規格為台灣東元公司(TECO)CN-11電驛，耐壓為600 V、耐流為24 A，所選用的電驛皆符合保護規範。

(三)量測結果

A、港內量測結果

本計畫在高雄市旗津漁港內進行實際量測，先以漁船於岸邊靜止時作討論，即時監控系統之轉檔輸出的檔案分別為：風速、蓄電池電壓、風力機對蓄電池充電電流、風力機對蓄電池充電功率、引擎電流、引擎充電功率等信號，這些信號皆經監控系統紀錄轉檔輸出，其中以1秒為單位將資料轉檔並讀取，而在漁船於岸邊靜止時因漁船並無發動，所以無引擎電流和引擎充電功率此兩項數據。

圖9所示為夜晚岸邊量測結果，共進行十小時的量測，此時引擎發電機關閉，只有風力發電機對蓄電池充電。由於本計劃研究用之漁船為小型漁船，基於安全及空間考量，只能安裝400W之小容量機組。而漁船在港內由於有防風堤，所以風力發電機所擷取的能量並不大。未來考量較大型之漁船，可安裝較大容量之風力機組，並可架設於艙頂以擷取更大的風力電能提供船上負載使用，如抽風機、抽水馬達、探照燈、信號燈等負載使用，為使系統可因應不同情況使用，並可用PLC監控系統規畫柴油發電機與風力發電蓄電池系統之混合供電自動化流程。

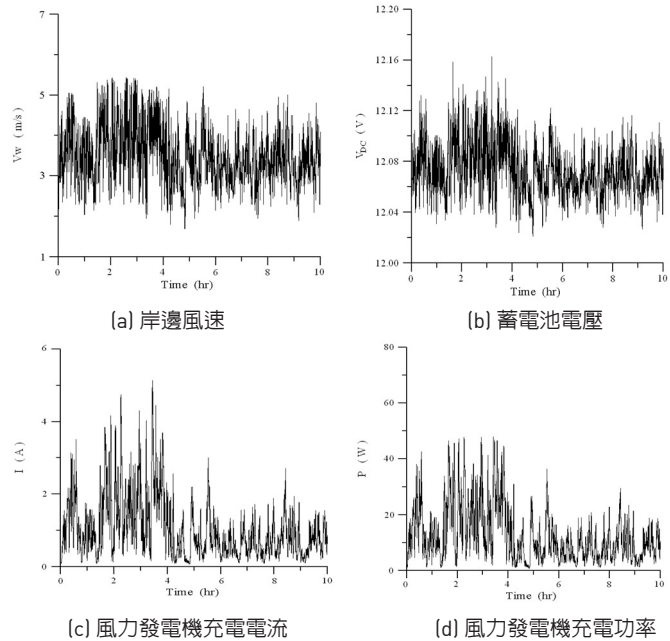


圖9 夜晚岸邊量測資料

B、外海量測結果

漁船在港外行駛4小時所量測之結果如圖10所示，行駛範圍皆以安平近海為主。將圖10 (e)、圖10 (f)與圖10 (e)、圖10 (f)比較後可發現：當風力發電機在高風速運轉時，引擎發電機對蓄電池之充電電流與充電功率相對地更小，其充電電流約為0.08 A，而充電功率約為1.2 W。

(四)經濟分析與節能評估

在經濟評估時，以回收裝設的投資成本為分析目標，此處分析之機組容量分別為400 W、1.5 kW、3 kW和10 kW，評估各機組裝置於漁船上一年可節省之柴油，再以中油甲種漁船油之價格(如附錄一)為參考，以評估其回收年限。如圖11所示為不同容量發電機組之回收年限與回收成本之柱狀圖，由該圖可知雖然發電機組容量愈小成本愈低，但回收年限就愈高，而詳細數據如表1所列。

本計畫所裝設之400 W風力機組，其本金合併利息後之總回收成本為新台幣7萬元，透過實際量測分析後，得知平均風速於7.5 m/s工作時之發電功率為100 W，若以年平均風速7.5 m/s工作一年為例，扣除靠岸檢修與補給時間，採用有效工作天數佔全年之80%，將發電量轉換成油耗，可評估得知一年可節省之柴油約為0.219公秉，依附錄一現行油價換算其回收年限約為18年。當發電機組為1.5 kW時，其本金合併利息後之總回收成本約為新台幣22萬元，在平均風速於7.5 m/s工作時之發電功率為700

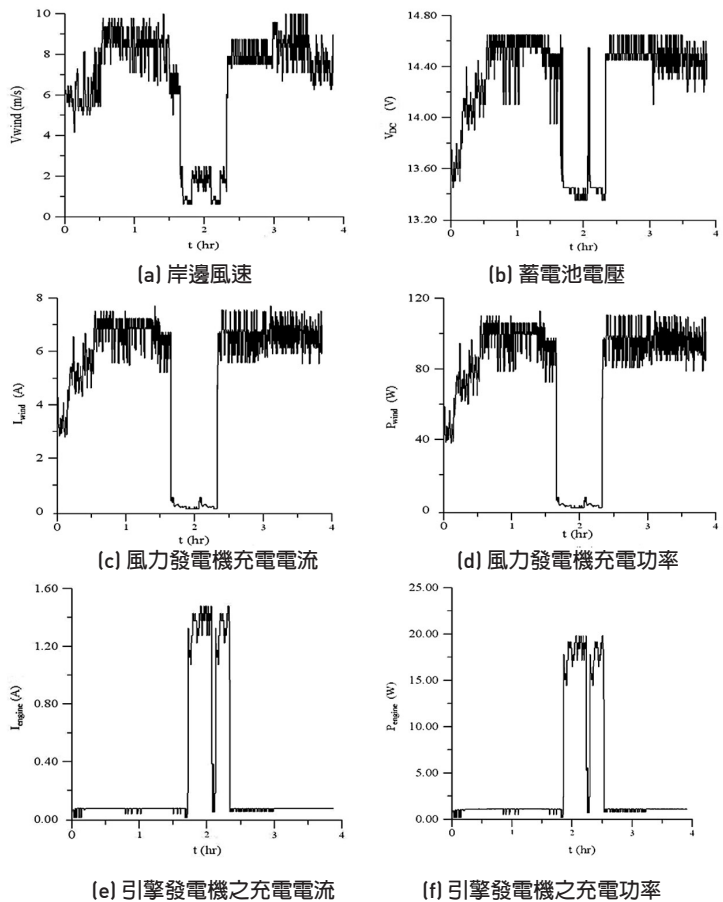


圖10 漁船在港外行駛所量測之資料



W，可評估得知一年可節省之柴油約為1.533公秉，其回收年限約為8.08年。當發電機組為3 kW時，其本金合併利息後之總回收成本約為新台幣35萬元，在平均風速於7.5 m/s工作時之發電功率為1.5 kW，可評估得知一年可節省之柴油約為3.285公秉，其回收年限約為6年。當發電機組為10 kW時，其本金合併利息後之總回收成本約為新台幣48萬元，在平均風速於7.5 m/s工作時之發電功率為5 kW，可評估得知一年可節省之柴油約為10.95公秉，其回收年限約為2.47年。若未來風力發電機可被廣泛的推廣到漁船上使用，量產的風力發電機組其成本可被降低。

本計畫研究用漁船及風力機組容量皆較小，其船上負載不多且航行里程有所限制，故其經濟效應較不顯著，目前僅可供蓄電池充電使用無法直接供應負載使用，故未來建議安裝於較大型之漁船並以安裝較大容量之風力發電機組為主，其優點不但可對蓄電池充電，亦可直接供應負載，例如：船上照明設備、抽風機、抽水馬達等非急迫性負載，因此其經濟效應更為顯著，並可有效縮短回收年限。

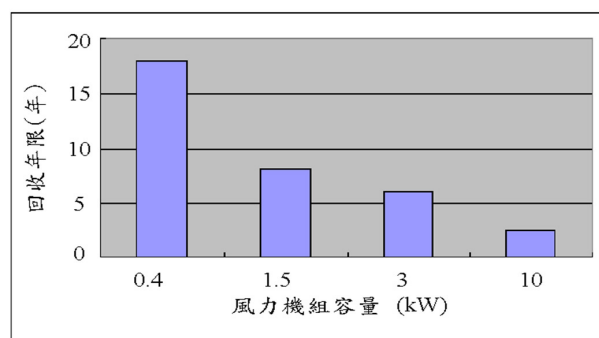
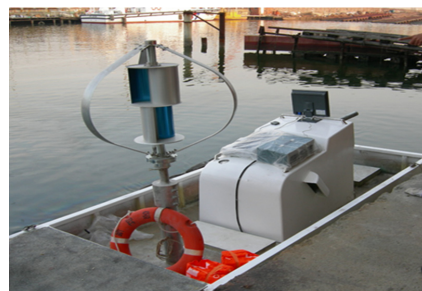


圖11 不同風力發電機容量之回收年限比較結果

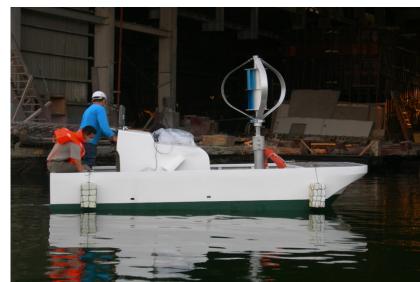
表1 風力發電機在平均風速變動下之回收年限計算結果

風力機組容量(kW)	總回收成本(新台幣萬元)	可節省之柴油(公秉/年)	回收年限(年)
0.4	7	0.219	18
1.5	22	1.533	8.08
3.0	35	3.285	6
10	48	10.95	2.47

如圖12所示，為本研究計畫整體系統完成後進行下海測試之照片。



(a) 靠近岸邊之試驗



(b) 實際下海航行

圖12 本研究計畫整體系統完成後，進行下海測試之照片

## 2. 研究成果對企業界或學術界的效益

本計畫為由學術界結合產業界合作共同研究的成果，亦為國內學術界所完成第一套400W風力發電機安裝於漁船雛型的架構。

本計畫完成建立含有風力發電機之漁船蓄電池充電電壓、充電電流以及引擎發電機輸出電流等訊號之監控系統，以記錄風力發電機應用於漁船之節能情形；在保護方面，本計畫於風力發電機周圍加裝紅外線感測器做檢測，當紅外線被遮蔽時，將由監控系統自動將風力發電機停止運轉，以維護人員安全。本計畫亦完成小型風力發電機安裝於小型漁船之架設與經濟分析，為了使系統更穩定運轉，採用多種不同的量測分析與保護設備的測試。這個經濟分析模式可以延伸到不同型式的漁船，以達成節省漁船引擎油耗、降低引擎排放廢氣污染等的多重目標。

本計畫中目前使用的400 W機組應用在小型漁船上使用，完成自動化的保護監控目標，未來可採用較大容量的機組取代400 W的示範系統於中型和大型漁船上使用，且於中型和大型漁船中負載需求較多，可以由風力發電機提供能量供應負載使用，提高風力發電機的利用率。目前商品化的機組適用在船上使用約10 kW左右，而國內目前尚無特別針對船舶所設計之風力機組，因此若要更大容量之風力發電機組需要重新設計以配合漁船上安裝使用。當風力發電機的裝機容量超過50 kW以上則可取代中大型漁船中兩組備用發電機組的其中一組備用柴油發電機使用。而各級漁船中也可視空間安置二部或多部風力發電機並聯使用，以提高風力發電機的發電量，其中安裝位置建議以船艙頂部或是其他不會影響到海上捕魚作業的位置，並可在其周圍架設圍籬或是紅外線保護設備，以維護人員安全。