

應用太陽能與風力發電於石斑魚含氧監控系統

張英彬¹、曾俊豪²

¹南開科技大學 電機工程系

²南開科技大學 電機與資訊工程研究所(研究生)

通訊作者：張英彬

聯絡地址：南投縣草屯鎮中正路 568 號

電子郵件：cyp@nkut.edu.tw

投稿日期：2011 年 8 月

接受日期：2011 年 9 月

摘 要

高密度水產養殖對氧需求量依種類、放養密度、體重、水溫及魚的狀態而異，池溫的氧氣來源除包括光合作用產生的氧氣之外，以增氧機產生足夠氧氣更是不可缺少。其中以石斑魚溶氧量需為 5ppm 以上的環境生存，當溶氧量低於 5ppm 即會死亡，水產養殖業者所使用交流供電之增氧機主要目的在於提供養殖物的耗氧量，提供穩定水體單位產物，然而增氧機並無法監測含氧量大小，以致於造成水產養殖對象缺氧或過氧而死亡，有鑑於此本論文應用小型太陽能風力發電與 ZigBee 於石斑魚溶氧感測資訊發報系統，主要目的是利用太陽能與風力發電經變流器轉換為交流電，除可供應石斑魚增氧機用電、控制水溫及節省水產養殖業者能源之外，同時也應用 VB 程式監控水中含氧量，且將數據傳送至電腦使用者介面進行監控，能清楚掌握魚池內部含氧量數據，作為判斷增氧機是否須加速運轉，即時供給氧氣與否的重要參考資訊，有效降低石斑魚死亡率。

關鍵詞：太陽能發電、風力發電、ZigBee、溶氧感測

壹、緒論

台灣地理位置適中海岸線長達 1,600 餘公里，小島 70 餘處四面環海，西部為平坦緩和的陸棚其擁有黑潮、洋流與季風吹拂，東部地區屬寒暖流交會之處，為魚、蝦、貝類等提供了良好的棲息環境，長期在業者共同努力之下，快速成長且成果豐碩，對農業經濟發展貢獻卓著，在台灣經歷發展過程中，扮演著相當重要的角色。

但近年來由於受到全世界景氣低迷的影響與配合國際漁業管理趨勢及漁獲量配額管理制度，遠洋作業漁場減少，作業成本增加。在漁獲量方面，民國八十九年為一百三十五萬公噸，民國九十年漁業生產量為一百三十一萬公噸，減少約

三十八萬公噸減產比率為 2.84%，使得漁產品在市場上逐漸供不應求。另一方面，全球暖化問題日益嚴重，暖化可能造成特定物種在特定地區消失，影響漁業範圍包括水產養殖及捕撈量，又以受到自然環境因素影響為主，暖化影響水中溶氧濃度、酸度毒性物、養分等分佈狀況，改變魚類生態，衝擊小型漁業型態區域的漁業經濟。此外，海洋資源由於人類利用益趨頻繁，例如跨國物資運送、軍事武器試驗、能源探勘等，易造成海洋汙染，成為其經濟成長底下的附加價值，生態平衡逐漸失調，遠洋漁業漁獲量不如以往。

隨著當今人們對生活上的便利及舒適性等不滿現況或需求，所以發展了無線網路的技術，無線網路的優點應用於人類的生活可說是環環相扣。早期的網路感測技術都以有線方



式建構而成，相較於無線感測有其缺點，如線材的大量使用、故障維修的不便利性以及無法建立廣大範圍的網路等。反觀以無線感測技術建構網路不僅可以節省大量佈線成本、便利的網路拓撲更大大增加了與感測端的傳送距離。

因為無線通信技術的不斷發展，ZigBee 的演進對於無線聯網是目前重要的技術之一，它是一種近距離、低複雜度、低功耗、低數據速率、低成本的雙向無線通信技術，主要應用領域包括工業控制、消費性電子設備、汽車自動化、農業自動化和醫用設備控制等。

本文應用無線感測網路於石斑魚池含氧量無線發送及資料的紀錄，對此增加了太陽能及風力的充電機制，並使用 ZigBee 模組將太陽光電板及風力的電壓、電流、功率傳回監控端，以便掌握當前的狀態，不需使用電纜線與監控端作連接，以達到節省線材及節能減碳的目的。

本文目的欲透過 ZigBee 無線感測器使養殖漁業在經營型態轉型提高魚群存活率，目前養殖漁業皆使用實體線路進行監測，系統符合可用性但卻可能因為使用定點示採集水體而失去偵測水質的靈活度；另一方面經營者大多依賴經驗法則判斷現場狀況，大幅降低了掌握環境的準確性。由於養殖業者大量使用增氧機來提供龍膽石斑魚足夠氧氣，全天 24 小時運轉造成所需電費過高，環境汙染問題日益嚴重且沿海地區電源取得不易，且沿海地區經調查發現，水產養殖業所在太陽能與風能潛力相當高且互補關係，有鑑於此，本文利用太陽能與風力發電能經由變流器轉換為增氧機所需部分交流電源，夜間或是陰天仍然有電可用，以有效節省台電電源。本文使用石斑魚池內設置含氧量感測器，以接線方式連接至 ZigBee 裝置之類比-數位轉換 (analog-to-digital converter, ADC)，再藉由類比/數位訊號制使用者電腦輸出端，驅動 ZigBee 內部執行 VB (visual basic) 程式動作，能清楚掌握魚池內部含氧量數據，並藉此判斷增氧機是否須加速運轉，以供足氧氣與否的重要參考資訊。

本文綜覽國內外相關文獻，且蒐集相關養殖漁業經營者資料後，整理分析擬訂研究方向，並在現場勘查後確立研究目標。首先對於養殖環境其背景與養殖物種生活習性進行相關文獻分析與探討，行政院農業委員會 (2011) 訂定水中溶氧控制標準值 5ppm，再設計太陽能變流器將太陽光與風力發電轉換為增氧機所需部分電源，透過含氧感測器連接，藉以瞭解使用水中溶氧的狀況；依照環境所給予的資料傳入硬體並進行相對應之動作。最後，本文建置以 ZigBee 為基準之太陽能風力發電於石斑魚含氧感測資訊發報系統。

張功達 (2003) 分析由於太陽能光電板製造由於技術上的精進，使其成本逐漸降低，或因火力發電環境的污染、地球溫度上升的因素，使太陽能光電板的應用層面已漸趨廣

泛。太陽能光電板的應用場所目前有小功率商品之電源與無線通訊基地台、道路照明與監視、交通號誌等系統，未來將擴及住宅和工商業大樓。太陽能光電板在先進國家已發展成熟，主要因素是政府大力推廣太陽能建築一體。太陽能光電板發電之優點為其與市電併聯可以提高電力品質、發電不足時可向電力公司購電、發電過剩時可賣給電力公司，綜合以上優點可以預見未來太陽能發電將是水產養殖業者的輔助必備能源。

朱佳仁 (2006) 認為台灣位於溫帶海洋氣候區域，豐富的風力能源未來將成為我國重要的能源之一。以熱值估算，風力每發一度電約可減少 0.25 公升燃油或 0.37 公升燃煤的消耗，因此一座新型的 3,000kw 風力發電機，年平均節省 1,875 噸燃油的消耗，同時可減少約 4,500 噸的二氧化碳排放。環境保護方面：風力是取之不盡、用之不竭的，發電過程中不需要任何燃料，也不排放汗水、廢氣，並將潔淨的風力轉換成電力，有效降低燃油或燃煤發電對環境所造成之汙染。

根據漁塢養殖業沿海地區調查發現，水產養殖業所在地區風能與太陽能潛力相當高，因此，未來養殖器材設備的發展，應配合綠色再生能源方向而努力，有效節能減碳，創造更高的商品價值，也是整個水產界重要課題，同時當前地球面臨「溫室效應」急遽惡化之際，也是水產養殖業面臨轉型關鍵時期。

目前國內有許多學術研究攸關於水產養殖結合再生能源，其中盧建宏 (2003) 提出在盛行漁塢養殖的台南沿海地區風能與太陽能潛力相當豐沛，於是選擇合適養殖場所規劃建置小型風力與太陽能發電系統，同時進行系統運轉測試，選擇常用之漁塢用電設備，進行實驗方式解決供電問題，也提出此發電系統之供電情況以及供電不足時解決方案。此外，林子清 (2006) 發展出深層海水溫差發電不但可提供自產再生能源，減少能源進口，並可利用溫差發電後具潔淨、富營養之深層海水創造極高附加價值之產品，間接可降低溫差發電成本。以廠商設立小型深層海水溫差電廠結合水產養殖、飲料水製造、觀光休閒等產業作為研究主題，建構投資之成本效益評估模式，藉以評估深層海水多目標利用之各項成本及效益，作為導入該產業之參考。

另外，王曉怡 (2008) 係以中台灣高美溼地之底泥沉積中，培養出降解海藻產甲烷之中溫厭氧混合菌群。此厭氧菌群以龍鬚菜之海藻多糖為主要碳源，以批次方式培養在不同溫度、鹽度、pH 值、生長輔因子、碳源、不同海藻多糖來源之條件下生長，根據結果顯示此厭氧生物降解海藻產甲烷之最佳溫度、鹽度與 pH 值。通常「氫氣」在燃燒後除了提供能量外，只產生水蒸氣，還不會產生二氧化碳造成「溫室效應」，是非常理想的「燃料」。而「氫氣」的來源，除了一般大家



熟知的「電解」水及其他「化學」的方法，可以取得「氫氣」外，目前極為受重視的，就是由某些特定之「藻」種，在有光的環境下產生「氫氣」，又由於這些特定之「藻」種，除了可產生「氫氣」外，又可另外透過「光合作用」使「藻體」獲得養分而成長及增殖，這些增殖的「藻體」又可成為「優良蛋白質」及「健康食品」之來源，使得「藻」成爲一種亟待開發之「生質能」之再生能源，此文獻研究成本過高，可行性如何有待商榷。

最近王紹宇（2009）與張春明（2009）曾利用 Tmote Sky 無線感測器，經由既有擴充介面增建自製水質溶氧感測器，架設無線感測器網路，並透過基地台接收感測數據傳送至使用者圖形化介面，達到水質溶氧量即時監控與警示，降低魚群死亡所造成的損失，然而，若能有效結合沿海地區再生能源，此文獻將更具有環保概念與節省碳功能。

國外較早應用再生能源於水產養殖相關研究，其中 Irish and Boduch (2006) 使用小型風力與太陽光能發電作為餵魚浮筒控制 (feed buoy control) 系統與抽水幫浦運轉電源，經由無線感測器監控風力與太陽能發電、電池電壓、水壓及水溫參數，若有異常現象會啟動緊急關閉 (shut down) 關閉，保護既有設備與無線感測器監測擴充介面，然而此文獻未能加入增氧機與溶氧感測器，無法有效防止養殖區中魚群將會低於溶氧濃度而死亡。

另外值得一提，Fullerton, Swift, Boduch, Eroshkin, and Rice (2004) 等學者提出風力和太陽能發電之魚飼料浮標系統，該系統設計為四分之一噸飼料的能力，包括表面飼料浮標、繫繩橡膠連接泊到水下固定樁、飼料轉讓軟管、飼料配藥機械與遙測控制元件。浮標是以繃緊停泊籠以上的標準，以便能耐潮汐大的風浪。應用風力發電機和太陽能提供電力

給抽水幫浦、艙底幫浦和遙測控制系統。該控制系統電源不只對幫浦在時間設定上，也能監控運作之電力系統。而無線網路功能是用來發送監控訊號到岸上，通過互聯網路至業者。因此文獻重點在使用風力和太陽能發電之魚飼料浮標的開發，也未加入溶氧感測器及預測養殖區中魚群溶氧濃度變化。

貳、方法

本系統部分用電來自於太陽能與風力發電，因此本章節將介紹太陽能與風力發電系統的架構、控制及發電原理，並介紹本文所提太陽能光電板及風力發電機的規格。

一、太陽能與風力系統架構

如圖 1 所示爲本文太陽能與風力系統架構圖。結合風力與太陽能發電經由 DC/DC 升降壓轉換器電路，風力與太陽能發電之轉換器輸出相互並聯，除提供增氧機供電並同時對蓄電池充電。風力部分爲利用整流子將三相永磁同步發電機 (PMSG) 之輸出加以整流，再利用升降壓 DC/DC 轉換器對鉛酸蓄電池充電，升降壓轉換器亦同時控制發電機之轉速，使風車操作在最大功率點。太陽能部分亦利用一降壓 DC/DC 轉換器對鉛酸蓄電池充電，同時控制太陽能光電板之電壓使太陽能光電板操作在最大功率點。本文之風力部分升降壓 DC/DC 轉換器：輸入電壓 15~36V，額定功率 250W。太陽能部分降壓 DC/DC 轉換器：輸入電壓範圍爲 20~45.5V，經充電控制器後輸出電壓固定爲 24V，額定功率 70.6W，變流器輸出 110V 交流，額定功率 300W。

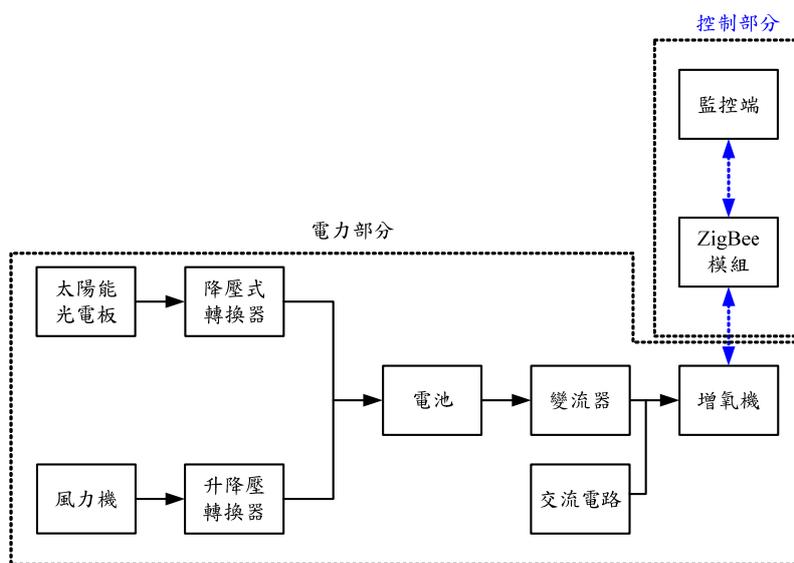


圖 1 太陽能與風力系統架構圖



最大功率點追蹤技術 (maximum power point tracking, MPPT)，可以提升光電板輸出功率，國外許多學者紛紛提出不同方法與見解，其中 ESRAM and Chapman (2007)、Femia, Petrone, Spagnuolo and Vitelli (2005)、Fortunato, Giustiniani, Petrone, Spagnuolo, and Vitelli, (2008)、ESRAM and Chapman (2007)及 Femia, Petrone, Spagnuolo, and Vitelli (2005) 提出擾動觀察法具有控制法則簡單易於實現的優點，但是此類控制法則之缺點是無法界定日照強度改變是由環境因素造成，還是由本身擾動所引起，另外 Jain and Agarwal (2004) 提出斜率攀爬法推導出與轉換器的責任週期有著線性的關係。Rodriguez and Amaratunga (2007) 也提出 MPPT 解決方法，此外 ESRAM, Kimball, Krein, Chapman and Midya (2006) 認為 PWM 信號本身即為一擾動系統的信號，Park, Ahn, Cho, and Yu (2006) 則使用雙模式追蹤最大功率點追蹤技術在太陽能

發電系統，Patel and Agarwal (2008) 指出當一所典型的都市的住宅裝有太陽能發電系統時，太陽能光電板通常被安裝在屋頂上。因此，除了被雲造成的陰影影響日光的照射外，也會因為相鄰的建築物、樹、電線杆等因素，造成太陽能電池被遮蔽或部份被遮蔽而影響發電，此種狀態稱為不平衡發電或遮蔽效應。

本文所提風力發電系統架構如圖 2 所示，利用 MPPT 擾動觀察法產生可以使發電機輸出最大功率之整流電壓命令，再由電壓控制器調整使整流器之電壓為所設定之電壓命令，電壓控制器產生一轉換器之電流命令，此電流命令與充電控制迴路之電流命令相加，由一減法器及限流電路決定最後之轉換器電流命令，最終經由電流控制器與 PWM 得到轉換器開關之切換訊號。

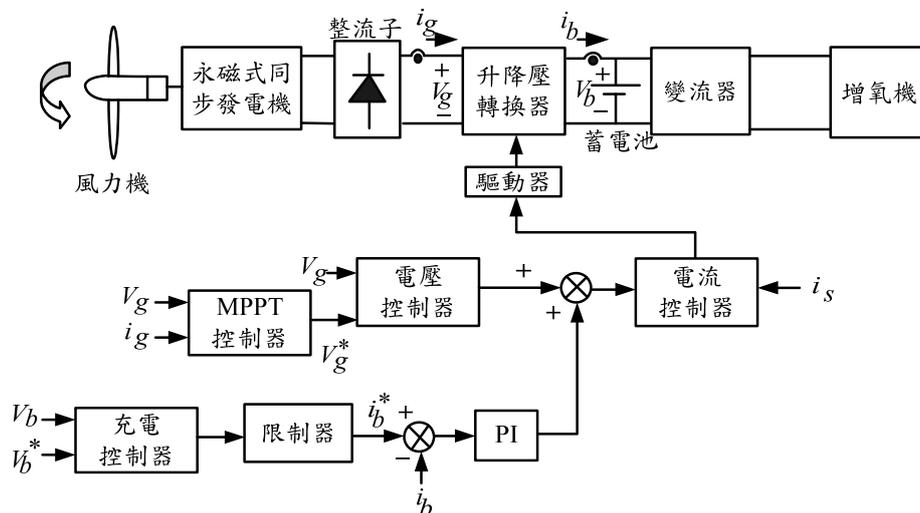


圖 2 風力發電系統架構方塊圖

如圖 3 所示為使用 DC/DC 降壓換器電路之太陽能光電板發電系統架構方塊圖，在控制上採用雙迴路控制，內迴路為電流模式控制，外迴路包含二個控制迴路，一為 PV 電壓控制迴路，其電壓命令由 MPPT 控制器所產生；另一為電池充電控制迴路。DC/DC 升降壓轉換器電路經由一加法器及限流電路來決定最終之電流命令。當太陽能所發之電力不足以提

供負載電力時，電流命令由 PV 電壓控制迴路產生，PV 模組所產生電力由 MPPT 控制器決定，在此情況下系統將減低充電速度或是將電池電力釋出給負載使用。反之 PV 電力足夠提供負載時，電流命令則由充電迴路決定，在此情況下 PV 模組將被迫放棄 MPPT 以使其發電與負載及充電電力需求平衡。



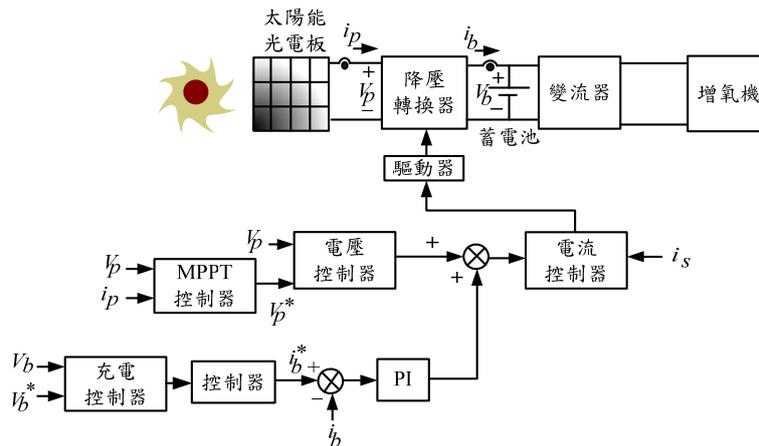


圖 3 太陽能發電系統架構方塊圖

如圖 4 所示為所提含氧感測資訊發報系統之閉迴路架構，採用外部溶氧感測器與內電流控制迴路。其內電流控制迴路可對轉換器及抽水馬達之電流提供限制功能而將抽水馬達轉矩限制於安全範圍值之內，其中有些架構是採用電流直接控制方式，而其他架構則採用電流間接控制方式，內迴路電流控制也助於減少因為任何非線性現象所引起對變流器-增氧機之驅動器性能的不良影響，圖中當石斑魚含氧量參考值減去經由溶養感測器感應目前池中含氧量後產生正的誤差，含氧量誤差經由含氧控制器處理之後，將加到含氧量誤差些微值超過最大限定值呈現飽和之含氧控制器，因此電流限制器將會對內電流控制迴路設定相對於最大容許電流參考值，而使驅動器能以最大容許電流（在某些情況為最大轉矩）來加速，而當接近所設定速率時，則會促使限制器離開飽和區。當到達所設定速率時會進入穩態（可能存在穩態誤差），此時之電流會讓抽水馬達轉矩等於增氧機轉矩。

當減少石斑魚含氧量參考值 產生負含氧量誤差時，經由含氧控制器而導致電流限制器進入飽和對內電流控制迴路設定相對於最大容許電流的電流參考值，因此驅動器會在制動模式中以最大容許電流來執行減速，在接近所設定含氧量時，限制器會離開飽和區，此時操作將會由制動區轉移至馬達區，進而讓增氧機穩定運轉於所設定含氧量，且此時電流也會讓抽水馬達轉矩等於增氧機轉矩。圖中之含氧控制器與電流限制器，依據其穩態確度與暫態響應需求條件，採用比例與積分（PI）控制器來組成。假設含氧控制器轉移函數： $K_{p1}+K_{i1}/S$ ，電流控制器模型： $K_{p2}+K_{i2}/S$ ，電流限制器增益： $K(I)$ ，變流器增益： $K(f)$ ，為頻率 f 函數；增氧機模型： $1/[B(1+ST_m)]$ ，其中 B 為增氧機黏滯摩擦係數、 T_m 為機械功所需轉矩 (N-m)， ω_m 為增氧機輸出角速度 (rad/sec)，溶氧感測器增益： $K(O)$ ，為溶氧量 O 函數，求出 ω_m 對石斑魚含氧量參考值 O^* 轉移函數為

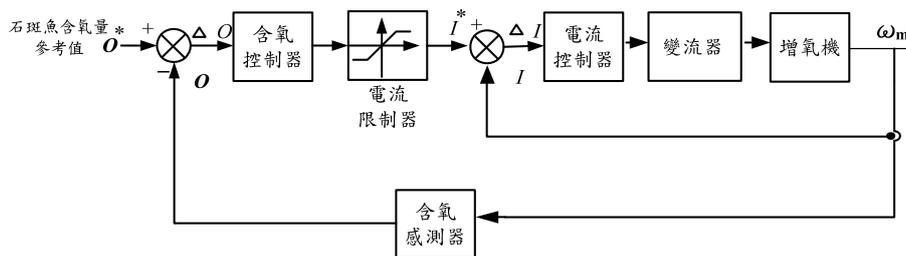


圖 4 含氧感測閉迴路控制架構

$$\frac{\omega_m}{O^*} = \frac{K(f)K(I)(K_{p1} + K_{i1}/S)(SK_{p2} + K_{i2})}{S^2 + S/T_m + K(f)(SK_{p1} + K_{i1})/B + K(O)(SK_{p2} + K_{i2})} \quad (1)$$

二、所提系統架構

每一個國家的氣象單位和風力規範所採用的平均風速有不同的定義。台灣中央氣象局依據世界氣象本文因須要量測

相關設備來提供正確數據，以供系統有效運作，因此本節將介紹本文所用的相關儀器，包含增氧機、溶氧感測器、抽水幫浦、RS-232/RS-485 轉換器、ZigBee 模組、變流器、太陽能光電板、風力機、電池、DC/DC 升降壓與降壓轉換器。如



圖 1 為本文系統架構方塊圖，電力部分包括：太陽能及風力機分別經由升降壓轉換器對電池充電，再經由變流器提供增氧機所需 AC110V，控制部分則為：監控端則經由 ZigBee 模組來監控太陽能光電板、風力機及溶氧值，量測的數值則在所撰寫 VB 程式上顯示，以下分別介紹本系統所使用各項設備。

1.增氧機：水中含氧量不僅是保持水產養殖正常生理功能和健康成長的必需物質，也是改良水質和底質的必需物質，其中以石斑魚溶氧量需為 5ppm 以上的環境生存，當溶氧量低於 5ppm 即會死亡，增氧機的主要功能為：增加水中含氧量、增加水體的循環與集污作用。

2.RS-232/RS-485 通訊轉換：本文主要是同時監測溶氧量及太陽能、風力的電壓電流值，以 RS-232 介面連結只能做到每次傳送一個位元 (bit) 給接收端，且最大通訊距離只有 15m，此介面並無法同時監測多項數值與長距離通訊，以下就 RS-232 與 RS-485 做簡述與比較。RS-232 介面為串列傳輸，兩裝置之間的資料交換是以傳送、接收與共用地線進行，總共只需傳送資料 (TXD)、接收資料 (RXD) 和接地三條。RS-485 介面也為串列傳輸，而 RS-485 訊號傳送時會分成正負兩條線路，當到達接收端後，再將正負訊號相減還原成原訊號；因此若有干擾源進入電路中，不論正負的線路都受到干擾，但正負相減之後其訊號仍不會改變。RS-485 之傳輸距離最大為 1.2km，傳輸速率最大為 10Mb/s，優點是抗雜訊能力強，通訊過程只需兩條線，為半雙工傳輸方式，即同一時間只能做傳送或接收的動作。

3.ZigBee：ZigBee 是一種無線網路協定，主要由 ZigBee Alliance 制定，底層是採用 IEEE802.15.4 標準規範的媒體存取層與實體層，屬於個人無線網域的傳輸設備。每秒之資料傳輸率最高可達 115200bps，此傳輸速率足以負荷工業控制的現場需求。主要特色應用於較低資料傳輸率的領域，優點為低耗電、低成本、支援大量網路節點、支援多點網路拓撲、低複雜度、可靠、安全並全球通用。針對工業常用的 RS-232/RS-485 之介面轉換成無線傳輸來說，ZigBee 是最佳的選擇。本文使用 ZB-2550P 與 ZB-2551P 佈點標準距離可達 700 公尺，使 ZigBee 更容易架構成較大無線網路覆蓋的應用。ZB-2550P 和 ZB-2551P 為簡單的主從架構，ZB-2550P 是主端 (Host)，ZB-2551P 是從端 (Slave)，一傳一收的方式，就可完成 ZigBee 的通訊傳輸。

4.變流器：由於增氧機是從 AC110V 來供電且須消耗大量電力，本文為有效節省增氧機部分用電，因此使用太陽能及風力發電經由變流器由 DC24V 轉換成 AC110V，此外使用 ZigBee 及其他需使用 AC110V 來供給，DC24V 由兩顆 DC12V 鉛酸蓄電池串聯，可透過本文裝設的太陽能光電板及風力發

電機來對電池充電。

5.電池：為本文電池採用 WP50-12NE 密封式鉛酸蓄電池，電池之參數容量 50Ah、20hr、12V 兩顆串聯鉛酸蓄電池。若從本文額定功率 250W 風力發電機及 1 片 71W 太陽能光電板來估算鉛酸蓄電池容量：總輸出功率共 321W = 250W+71W，假設每天平均有 4 小時日照時數，因此估算鉛酸蓄電池容量約為 54Ah = 321W×4hr/24V。兩顆鉛酸蓄電池估算容量為 54Ah×2 (顆) = 108Ah ≈ 100Ah (鉛酸蓄電池參數容量 50Ah×2 (顆) = 100Ah)。

參、結果

本文目的是建構一套石斑魚含氧量感測之資訊發報系統，針對石斑魚預設含氧值不足時啟動增氧機馬達，並加入低耗能 ZigBee 無線裝置做為遠端溶氧計的數值收集媒介，並透過智慧型手機連結當含氧值不足預設 5ppm 時，手機會收到含氧計小於 5ppm 的訊息。

本系統為配合政府所提倡環保概念加入太陽能及風力發電來對電池充電，監控太陽能及風力電壓、電流、功率的偵測和溶氧計、風速計參數，量測值每五秒一筆存至 Excel 資料庫，以供使用者可以在遠方透過電腦網路隨時監控量測的數值結果。

另外本文所利用的太陽能及風力所組合的風光互補型充電控制器，內部可設定白天充電、夜間所連接的負載放電多久時間，可用來連接 DC24V 的負載，此功能對於使用者來說是一大便利性。

如圖 5 所示為本文所設計之 VB 軟體監控畫面，分別顯示太陽能、風力之電壓、電流及功率數值，溶氧計部分顯示石斑魚含氧量、溫度、馬達啟動運轉控制及手機連結監控。



圖 5 VB 所設計之監控畫面

如圖 6 所示為本文 VB 監控程式流程圖，分別針對太陽能、風力、溶氧計、手機連結顯示監控數值。開始先讀取各通道的資料，將各通道的數值顯示至 VB 運算監控畫面，資料包括太陽能光電板與風力機輸出電壓、電流、功率、溶氧計含氧值、手機連結顯示監控數...等，量測值每五秒一筆存



至 Excel 資料庫，以供業者可以在遠方透過電腦網路隨時監控量測的數值結果。設定完成後即可根據各通道的資料以視窗方式清楚呈現各參數值變化，隨時監控系統運作情形。

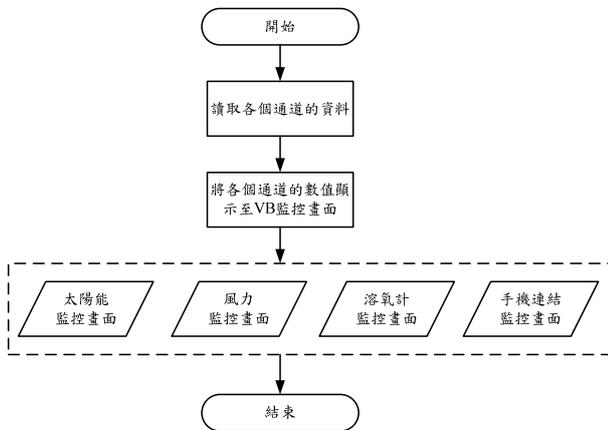


圖 6 VB 監控程式流程圖

一、監控流程圖

全球暖化效應導致台灣天氣變化無常，導致石斑魚大量死亡，為減輕漁民損失，因此提出太陽能風力發電與 ZigBee 於漁業魚含氧感測資訊發報系統，有效運用南部天然資源-再生能源提供系統部分用電，並儲存於電池，藉由 ZigBee 無線通訊傳輸功能，隨時監控魚池含氧量，當低於 5ppm 時，立即由 ZigBee 感測資訊發報系統啟動增氧機馬達，增加水中含氧量，並將訊息傳送至使用者手機，如圖 7 所示為本文應用 ZigBee 無線感測網路在水產溶氧監控流程圖。

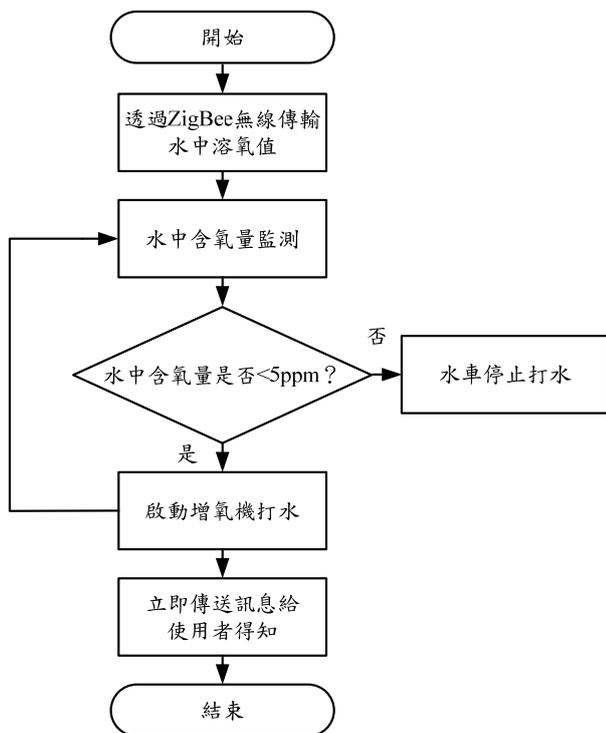


圖 7 應用 ZigBee 無線感測網路在水產溶氧監控流程圖

二、太陽能光電板輸出參數量測

如圖 8 所示為下午 5 點 13 分至下午 5 點 39 分之太陽能電壓、電流及功率所畫成的曲線圖，由圖可見此日天氣算是晴朗，太陽能充電電壓從開始時間至大約下午 5 點 33 分大致都維持在 14~15V 之間，太陽能充電電流也維持在 0~1A 之間，在下午大約 5 點 33 分過後太陽下山，太陽能充電電壓呈遞減狀態直至太陽日落。

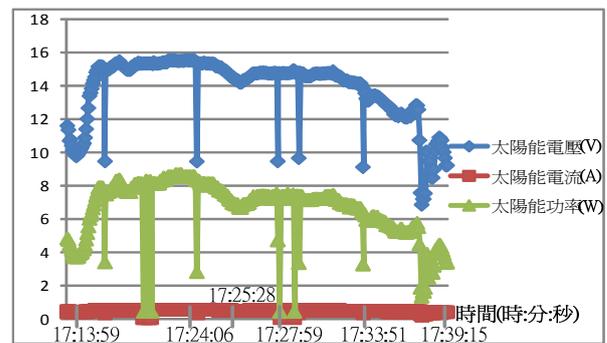


圖 8 太陽能電壓、電流、功率曲線

三、風力輸出參數量測

如圖 9 及圖 10 所示為量測資料從白天 9 點至夜間 7 點之風力電壓及風力電流所畫成的曲線圖，從圖中可得知當日的風速是相當微弱，風力輸出電壓大致都維持在 3~5V 範圍，而風力輸出電流介於 0.1~0.2A 之間。

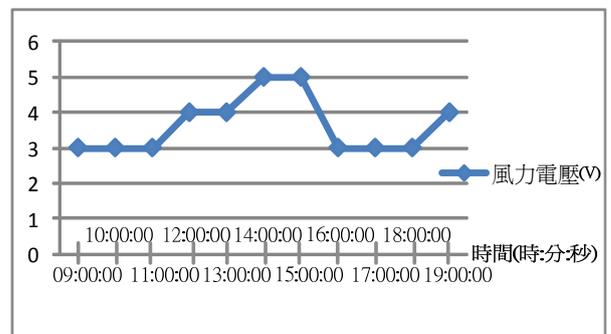


圖 9 風力電壓曲線

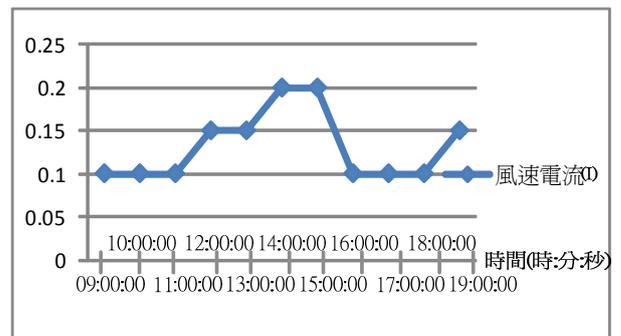


圖 10 風力電流曲線



四、溶氧計量測

本文重點在於魚池水中溶氧值的監控，當氧氣不足於設定之 5ppm 時，若沒有即時啟動增氧機馬達，將造成魚群的死亡以及漁民的重大損失，擷取溶氧計量測 Excel 原始資料所畫出如圖 11 所示溶氧值的曲線圖，由圖中得知從開始至下午 5 點 26 分之前都還維持在 10~15ppm，下午 5 點 26 分過後溶氧計有一段時間低於 5ppm，此時增氧機馬達啟動直至溶氧計值升至超過 5ppm 即關閉增氧機馬達，大約下午 5 點 30 分過後溶氧計值恢復至正常運作，所以此機制能即時有效幫助魚群的供氧。

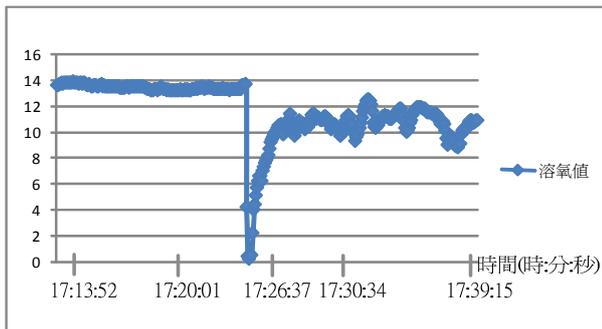


圖 11 溶氧值量測曲線

此外，本文對於當溶氧值不足預設之 5ppm 時，將結合 VB 程式與 Skype 功能立即接收訊息立即通報業者手機。測試開始將顯示於電腦端螢幕；當 VB 監控程式開始執行，讀取各通道參數，分別為太陽能光電板及風力機之電壓、電流、功率、含氧值及風速值，再經由進制轉換程式及數學運算，將正確的數值顯示於 VB 監控畫面，最後依序存入 Excel 資料庫。

為了讓業者清楚得知含氧量監測的情形，手機連結機制將以手機顯示含氧量小於 5ppm 及含氧計大於 5ppm 兩種方式呈現，相關說明如下：首先手機是透過網路的即時通訊 Skype 接收訊息，以 VB 程式執行結果的訊息框顯示測試開始，其中 e801-test 為手機 Skype 使用者的帳號，並將測試開始的訊息同步傳至使用者手機，經由 VB 程式連結傳遞至手機 Skype。另外本文含氧值的監控，在 VB 程式中已撰寫含氧值 5ppm 判斷機制，當量測含氧值在手機連結部分設定含氧值小於預設 5ppm 時，會即時收到含氧計小於 5ppm 的訊息，如圖 12 所示。同時經由網路傳送含氧值小於 5ppm 至使用者手機 Skype e801-test 帳號，如圖 13 所示。



圖 12 電腦端 VB 顯示含氧計小於 5ppm



圖 13 手機顯示含氧計小於 5ppm

溶氧值不足於 5ppm 時啟動增氧機判斷機制，如圖 14 及圖 15 所示，圖 14 顯示當含氧值為 10.5ppm 時增氧機的停止運轉情形，而圖 15 則顯示含氧量足夠時增氧機沒有啟動，代表本系統作出正確研判。



圖 14 含氧計顯示 10.5 ppm 畫面





圖 15 增氧機停止運轉



圖 16 含氧計顯示 4.5ppm 畫面



圖 17 增氧機啟動運轉情形

本文為驗證所提架構可行性，因此於 100 年 6 月 21 日至高雄市永安區的石斑魚養殖場進行實地測試及分析。如圖 16 顯示含氧值為 4.5ppm 時畫面，如圖 17 得知含氧量不足於所預設的 5ppm，此時增氧機將啟動運轉。

五、風光互補型充電器

如圖 18 所示為風光互補型充電控制器，利用白天太陽能與風力發電對鉛酸蓄電池充電，經過充電器本文設定夜間對自製的 LED 路燈放電兩小時，兩顆鉛酸蓄電池串聯可提供 DC24V 的電源，可供養殖業者夜間照明用。另外，此充電器的最大優點為所使用電池電力不足時會自動回歸成充電模式，不會因電池沒電仍繼續放電，造成過度放電現象。如圖 19 所示為所提系統接線圖，其中太陽能光電板直流正負極輸出及風力機三相交流輸出聯接至端子台，分別經由太陽能光電板與風力發電機之風光互補型充電控制器對電池充電，兩個充電控制器皆具有最大功率追蹤點技術（MPPT）功能，同時在充電控制器可設定夜間對負載放電時間。



圖 18 風光互補型充電控制器



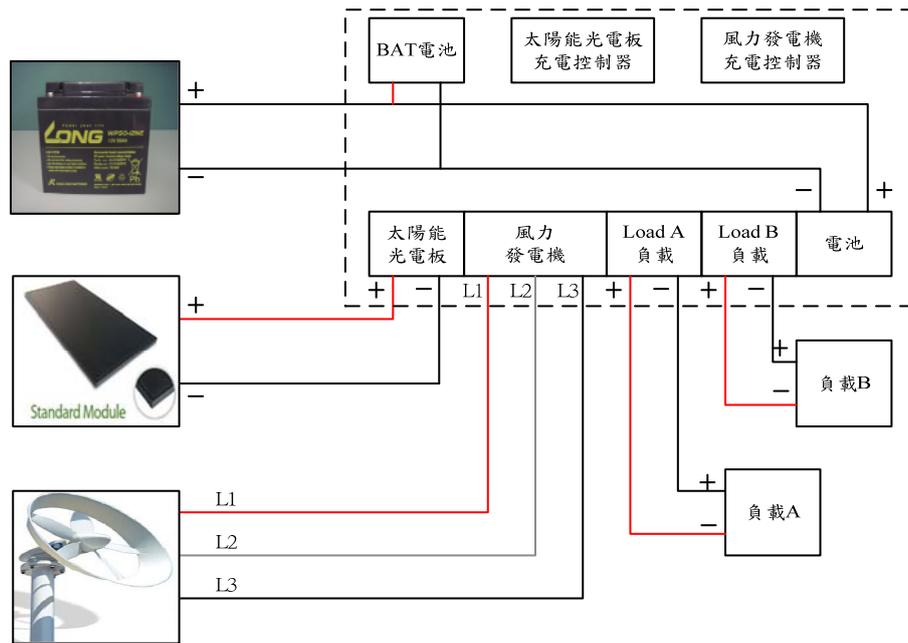


圖 19 所提系統接線圖

肆、結論

本文應用太陽能風力發電與 ZigBee 於石斑魚含氧感測資訊發報系統，主要目的是利用太陽能與風力發電經變流器轉換為交流電供系統部分 24 小時用電，並對鉛酸蓄電池提供充電，夜間可經由風光互補型充電控制器的設定自動提供 DC 24V 電源。另外針對石斑魚之溶氧量建構一套 VB 視窗系統來解決魚群含氧之問題，也結合無線傳輸 ZigBee 監控水中含氧量，並將所量測的數值儲存至 Excel 資料庫，能清楚掌握魚池內部含氧量數據，讓漁塭養殖業者能完整了解魚群的整體狀況；當溶氧值不足於所預設的 5ppm 時即啟動增氧機馬達運轉將溶氧值增加至設定標準值，同時也能將訊息傳送至業者手機，迅速有效做後續處理。

伍、誌謝

本文感謝國科會補助研究計劃的支持，編號 NSC99-2622-E-252-004-CC3 及高雄市永安區石斑魚養殖協會相關人員提供場地，終促成本研究順利完成，特此致謝。

參考文獻

- 王紹宇 (2008)。基於無線感測網路的水產養殖溶氧度監控系統。出版之碩士論文，台中市，亞洲大學資訊科學與應用研究所。
- 王紹宇、張春明 (2009)。基於無線感測網路的水產養殖監控系統。論文發表於中華民國資訊科技國際研討會，台中縣，朝陽科技大學。

王曉怡 (2008)。厭氧生物降解龍鬚菜產甲烷程序最佳化之探討。未出版之碩士論文，台中市，東海大學環境科學與工程研究所。

朱佳仁 (2006)。風工程概論。台北市：科技圖書。

行政院農業委員會 (2011)。訂定水中溶氧控制標準值 5ppm。石斑魚主題館。資料引自 5 月 20 日，2011 年，<http://kmweb.coa.gov.tw/subject/mp.asp?mp=265>。

林子清 (2006)。深層海水溫差發電多目標利用之經濟效益評。未出版之碩士論文，屏東縣，屏東科技大學工業管理系研究所。

張功達 (2003)。太陽能光電板製造。目前太陽能發電市場的主要應用。資料引自 7 月 1 日，2003 年，<http://www.nettrade.com.tw/stock/a03/03-05-12.htm>。

盧建宏 (2003)。小型風力與太陽光發電之互補運轉與多角化應用。未出版之碩士論文，台南市，立德管理學院資源環境研究所。

Fullerton, B., Swift, M. R., Boduch, S., Eroshkin, O. & Rice, G. (2004). Design and analysis of an automated feed buoy for submerged cages. *Aquaculture Engineering*, 32, 95-111.

Esrasm T., & Chapman P.L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. *IEEE Transaction on Energy Conversion*, 22(2), 439- 449.

Esrasm T., Kimball, J. W., Krein, P. T., Chapman, P. L., & Midya P. (2006). Dynamic maximum power point tracking of photovoltaic arrays using ripple correlation control. *IEEE Transaction on Power Electronics*. 21(5), 1282-1291.



- Femia, N., Petrone, G., Spagnuolo, G., & Vitelli, M. (2005). Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method. *IEEE Transaction on Power Electronics*, 20(4), 963-973.
- Fortunato, M., Giustiniani, A., Petrone G., Spagnuolo, G., & Vitelli, M. (2008). Maximum power point tracking in a one-cycle-controlled single-stage photovoltaic inverter. *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, 55(7), 2684-2693.
- Femia, N., Petrone G., Spagnuolo, G., & Vitelli, M. (2005). Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method. *IEEE Transaction on Power Electronics*, 20(4), 963-973.
- Irish, J. D., & Boduch, S. J. (2006). *Aquaculture feed buoy control-part 1: System controller*. Paper presented in the Proceeding IEEE on Oceans Conference, Durham, U.S.A.
- Jain, S., & Agarwal, V. (2004). A new algorithm for rapid tracking of approximate maximum power point in photovoltaic systems. *IEEE Power Electron Letter*. 2(1), 16- 19.
- Park, J. H., Ahn, J.Y., Cho, B.H, & Yu, G. J. (2006). Dual module based maximum power point tracking control of photovoltaic systems." *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, 53(4), 1036-1047.
- Patel, H., & Agarwal, V. (2008). Maximum power point tracking scheme for PV systems operating under partially shaded conditions. *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, 55(4), 1689-1698.
- Rodriguez, C., & Amaratunga, G. A. J. (2007). Analytic solution to the photovoltaic maximum power point problem. *IEEE Transaction on Circuits and Systems*, 54(9), 2054-2060.



Application of a Solar Energy and Wind Power in Giant Grouper Oxygen-Sensing Monitoring System

Ying-Pin Chang¹, Jyun-Hao Zeng²

¹Department of Electrical Engineering, Nan Kai University of Technology

²Graduate Institute of Electrical and Engineering Computer Science,
Nan Kai University of Technology (graduate student)

Abstract

The demand on oxygen for high-density aquaculture depends on the species, stocking density, body weight, water temperature, and fish in the state vary. In addition to oxygen produced by photosynthesis the oxygen-increasing machine is necessary for maintaining the pool temperature to produce enough oxygen. In general the volume of dissolved oxygen required for the survival of is 5 ppm or more. When the volume of dissolved oxygen is less than 5 ppm will die. The main purpose of AC-powered aerator used in the aquaculture industry was to provide breeding species for oxygen consumption and maintain a stable production of flat products of water. However, the aerator could not monitor the oxygen content resulting in the death of the breeding species because of lack of oxygen. Therefore this research proposed a transmitter system of oxygen sensing information using wind-solar power generation and ZigBee in oxygen sensing for giant grouper. The wind-solar power could be converted to AC power by the inverter for the supply of 24 hours a day. In addition to the supply of giant grouper aerator power, control temperature and energy saving in aquaculture industry, the system proposed in the study also provided the function of ZigBee oxygen contents monitoring in water and the signal transferring to a computer graphical user interface for the information of the oxygen content to operate the aerator. Thus the mortality in giant grouper could be effectively reduced.

Keywords: Solar power generation, wind power generation, ZigBee, oxygen sensing

