

## 風光混合型路燈 The hybrid wind/solar power lighting system

梁宏維、卓武舜、陳敬洲、洪浩哲、張順興、張勝智、黃威銘

Hong-Wei Liang, Wu-Shun Jwo, Jing-Jhou Chen, Hao-Jhe Hong, Shun-Sing Jhang,  
Sheng-Jhih Jhang, Wei-Ming Huang

建國科技大學電機工程系  
Department of Electrical Engineering  
Chienkuo University of Technology  
E-mail : s44998@yahoo.com.tw  
E-mail : jwo@ctu.edu.tw  
E-mail : z1474562001@yahoo.com.tw  
E-mail : gf230230@yahoo.com.tw  
E-mail : s29824445@yahoo.com.tw  
E-mail : Lgtxyz@yahoo.com.tw  
E-mail : tim7418522000@yahoo.com.tw  
NSC : 100-2221-E-270 -001

### 摘要

本論文提出一部風光混合型路燈，此研究是利用太陽能板及風機機組來發電，以提供LED路燈使用，在白天時太陽能板吸收太陽光轉換為電能，透過昇壓電路板儲存到蓄電池，風力較大時風機葉片轉動產生單相交流電，經由全波倍壓整流後，透過昇壓電路板儲存到蓄電池，晚上時再由蓄電池提供電給LED路燈。

**關鍵字詞：**太陽能、風機、昇壓轉換器、

### Abstract

In this paper, the hybrid wind/solar power lighting system is proposed. The solar cell and wind turbine unit generate electricity to drive LED lights. The solar panels absorb sunlight converted electricity and stored in the battery through the booster converter during the day. The fan blade rotates generating single-phase AC power when the wind is strong, via a full-wave voltage doubler rectifier, stored through the booster converter to the battery. Finally, power provided by the battery at night to the LED lights.

**Keyword:** solar cell, wind power generator, booster converter

### 1. 前言

自從十九世紀工業革命開始以來，人類的科技迅速發展，地球上所蘊藏的資源大量的被開採，其中，最嚴重的就是石油能源。目前所使用的石油能源有限並非取之不盡用之不竭，而且也

造成嚴重的環境問題。在環保意識倍受重視的今日，為了防止石化燃料燃燒時所產生的二氧化碳繼續破壞我們的生存環境，由全球各主要工業國制定的「京都議定書」於2005年2月16日正式生效，積極的推動全球環保政策，因此各國在限

制二氧化碳排放的壓力下，開始尋找乾淨無污染的替代能源。為了解決這樣的困難，世界各國積極的投入研究發展再生能源來面對這樣的環境，這種新的再生能源必須是取之不盡用之不竭，且必須要對於環境造成的各種負面影響是最低的。目前的再生能源大致上有風力、太陽能、地熱、燃料電池等，在台灣的環境氣候與用電結構因素下，開發風力發電與太陽能發電是最適合的綠色能源，因此，風能與太陽能的開發與應用有其必要性。風力與太陽能源的應用，不僅可以減少對環境的破壞，也可以把原本就存在卻無法有效利用的能源，藉由媒介轉換成我們需要的能源，使用這些綠色能源，對日益嚴重的「溫室效應」狀況也可以大大地改善。

台灣的地理環境位處東亞地區，而且屬於四面環海的海島地形，氣候型態屬於典型亞熱帶，夏季日照相當充足，冬季東北季風強勁，因此，太陽能與風能在台灣的綠能應用上，是非常值得開發與應用。市面上大部分路燈，都是由市電直接接電線到路燈上，而且路燈在全世界，有非常多的數量，如果能夠省去這些路燈所用的電，就能夠減少使用石化燃料所提供的電力，也因為省去了電線會使環境變美觀；太陽能型路燈白天吸收太陽能發電，充電至蓄電池，晚間用來提供路燈所需電源，但是在秋冬季節時，日照時數比較短，能提供路燈的電力不足以維持整晚；另外，風能型路燈則是在春夏季節時，風力比較弱，也會有電力不足的問題，所以，太陽能發電與風力發電在台灣的電能應用具有互補作用，本研究將同時採用這兩種綠能當作主要供應路燈的電能，來達到不需要使用石化燃料所提供的電力之目的。

在人口密集的台灣道路上，路燈照明的需求量很大，所耗用的電力能源與裝置費用相當可觀，以一般最常見的水銀四百瓦路燈而言，連續使用十二小時耗電量約五度電，路燈電價以電費五折計收，每月須繳約新台幣一百六十五元，耗

電量相當驚人，而台灣目前約有230萬盞路燈，更遑論其他交通號誌。專家指出，每年路燈所收電費約二十幾億，各路燈主管機關每年都須編列龐大預算支付路燈電費，如果將全台灣的路燈都改為LED燈，據估計可以節省百分之四十以上的電費，一年約八億元新台幣，另外，也同時可減少排放CO<sub>2</sub>約10,534萬噸，同時達到節能與減碳的目標；在使用壽命方面，一般白熾燈泡的壽命約為1,200小時，省電燈泡可達到5,000至6,000小時，LED燈更長達到10,000小時以上，壽命為省電燈泡的兩倍，因此，設計一套實用的LED路燈系統將是政府當務之急，有鑑於此，本研究將開發設計一具風光混合的LED路燈。

## 2. 風光混合型路燈之設計原理

本論文所提出的風光混合 LED 路燈的模型構想圖，如圖 1 所示，其中最上方配置太陽能板以取得充分的日照，太陽能板下方裝設直立式風力發電機便於取得各方向的風能，路燈採用高亮度白光 LED，其餘電氣線路均配置在燈柱內。

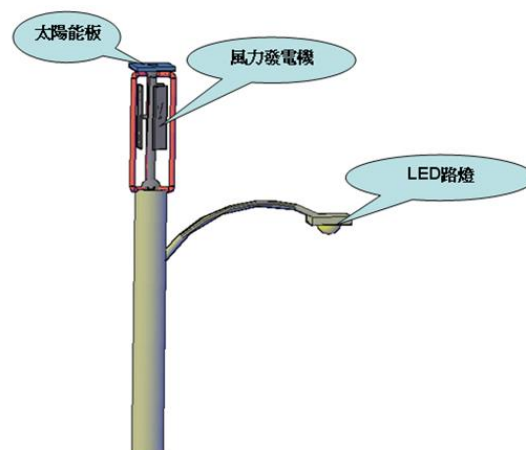


圖 1. 風光混合 LED 路燈模型構想圖

本論文主要是利用兩種主要的綠色能源”風能”與”太陽能”為路燈的電源，其中，風能經由風力發電機轉換成電能，再經由交流轉直流轉換器轉成直流電對蓄電池充電儲能，而太陽能電池板吸收光能進而轉換成電能，再經由最大功率追蹤

器(MPPT)與直流轉直流轉換器對蓄電池充電儲能,最後再由蓄電池提供電力給高亮度白光 LED 路燈。由於台灣的氣候是夏季日照充足冬季風力充沛,因此,同時採用風能與光能是最具互補與環保的發電方式,所以,本論文結合這兩種取之不竭用之不盡的綠能,開發一套風光混合的 LED 路燈,其系統架構圖如圖 2 所示,主要包括七個單元:(1)風力發電機、(2)太陽能板、(3)AC/DC 轉換器、(4)最大功率追蹤器、(5) DC/DC 轉換器、(6)蓄電池及(7) LED 燈。詳細如下所述:

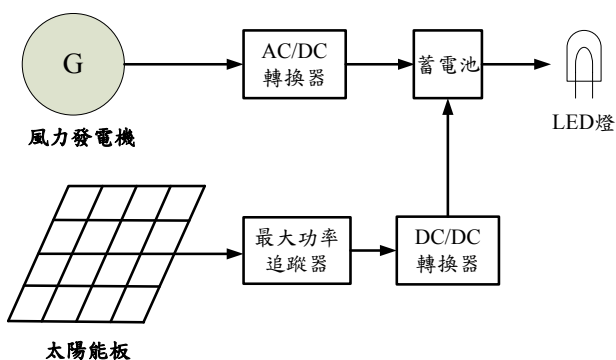


圖 2. 風光混合 LED 路燈系統架構圖

#### (1) 風力發電機:

風力發電又稱風能發電,所謂風能是因空氣流動做功而提供給人類的一種可利用的能量,空氣流動具有的動能稱風能,空氣流速越高,動能越大。人們可以用風車把風的動能轉化為旋轉的運動去推動發電機,以產生電力,方法是透過傳動軸,將轉子(由以空氣動力推動的扇葉組成)的旋轉動力傳送至發電機,現代利用渦輪葉片將氣流的機械能轉為電能而成為發電機。

到 2008 年為止,全世界以風力產生的電力約有 94.1 百萬千瓦,供應的電力已超過全世界用量的 1%。風能雖然對大多數國家而言還不是主要的能源,但在 1999 年到 2005 年之間已經成長了四倍以上。2003 年美國的風力發電成長就超過了所有發電機的平均成長

率。自 2004 年起,風力發電更成為所有新式能源中成本最便宜的發電方式。在 2001 年風力能源的成本已降到 20 世紀的 60、70 年代時的五分之一,而且隨著大瓦數發電機的使用,成本下降趨勢還會持續下去。

本論文的風力發電機將採用 H 垂直型風力發電機,所需空間最小且能接受到各個方向的風能,而風機的葉片則是使用鋁製葉片,因為鋁的質量輕且硬度夠,最適合本論文的路燈使用,如圖 1 所示。

#### (2) 太陽能板:

太陽能板是將高純度的半導體材料加入一些不純物使其呈現不同的性質,如加入硼可形成 P 型半導體,加入磷可形成 N 型半導體,當 P 型及 N 型半導體互相接觸時,N 型半導體內的電子會湧入 P 型半導體中,以填補其內的電洞。在 P-N 接面附近,因電子-電洞的結合形成一個載子空乏區,而 P 型及 N 型半導體中也因而分別帶有負、正電荷,因此形成一個內建電場。當太陽光照射到這 P-N 結構時,P 型和 N 型半導體因吸收太陽光而產生電子-電洞對。由於空乏區所提供的內建電場,可以讓半導體內所產生的電子在電池內流動,因此若經由電極把電流引出,就可以形成一個完整的太陽能電池。圖 3 為太陽能的發電原理圖[1]。太陽能電池因其種類繁多,依材料的種類來區分,可分為單晶矽、多晶矽與非晶矽,本論文選擇轉換效率較佳的單晶矽太陽能板。

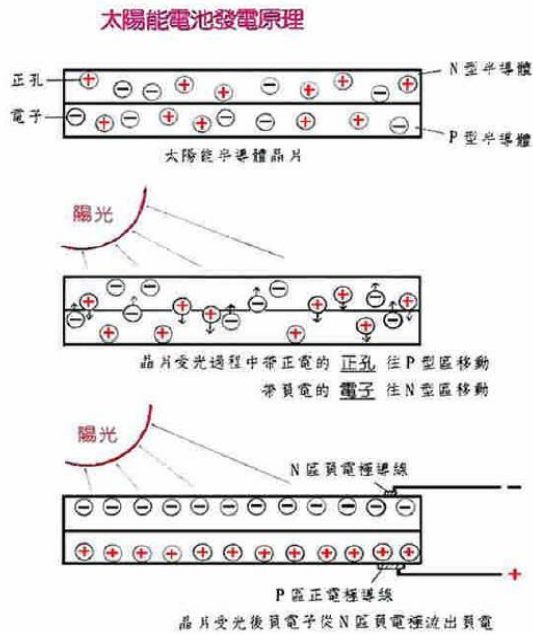


圖 3. 太陽能發電原理圖

(3) AC/DC 轉換器:

由於風力發電機所產生的電力是交流電源，因此，需要設計一個交流轉直流的電源轉換器，才能將風能產生的電力儲存於蓄電池中，因此本論文將採用電力電子的技術，設計一個合適本論文使用的 AC/DC 轉換器。

(4) 最大功率追蹤器:

因為太陽能板物理特性上，其輸出電壓與電流是非線性的關係，在不同的工作環境下會有不同的工作曲線，而每一條工作曲線均只有一個最大功率點，如圖 4 為太陽能板之輸出電流-電壓-功率特性曲線，若將太陽能板直接與負載連接並無法得到最大功率，使目前太陽能板有限的光能轉電能效率更進一步被損失了，因此為了提高太陽能板工作效率必須做最大功率點的追蹤控制，以有效的提升太陽能板的輸出能量，所以太陽能最大功率追蹤即是提升太陽能板輸出能量最重要的技術之一，近十餘年來已有很多關於此方面的演算法陸續地被各學者專家提出來 [2-4]。目前已提出的演算法大概可歸類為以下九種：(a) 擾動觀察法、(b) 電壓迴授法、(c) 功率迴授法、(d) 三點權位比較法、(e) 增量電導法、(f) 直線近似法、(g) 實際量測法、(h) 短路電流法及 (i) 阻抗匹配法。綜觀各專家學者所提出的眾多方法，都各有其優缺點；本

論文將採用控制簡單且容易實現的擾動觀察法進行太陽能電池最大功率追蹤，詳細電路如圖 5 所示，此電路採用可程式系統晶片 (PSoC) 來完成擾動觀察法則設計。

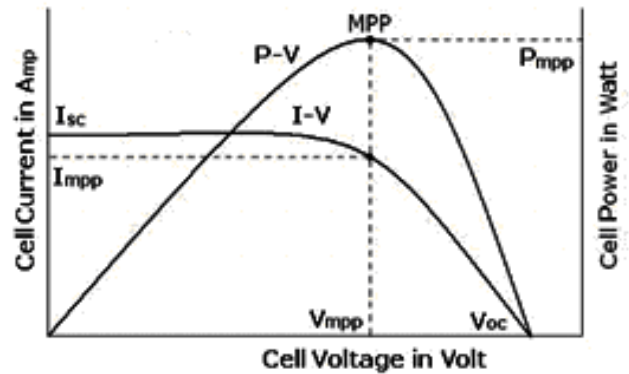


圖 4. 太陽能板之輸出電流-電壓-功率特性曲線

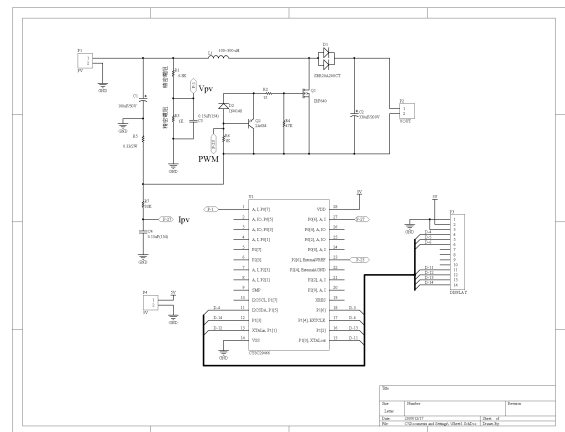


圖 5. 太陽能電池最大功率追蹤器電路圖

(5) DC/DC 轉換器:

由於太陽能板的輸出電壓與日照的強度及溫度有關，因此太陽能板的輸出電壓不是很穩定，所以需要有一個 DC/DC 轉換器使其具有穩定的電壓輸出，為配合本論文所採用之太陽能板與蓄電池的規格，此 DC/DC 轉換器將採用昇壓型轉換器，本論文選用市售的 LM2577 為昇壓電路的控制 IC [5]，此 IC 內部包含 52Hz 震盪器、1.23V 基準穩壓電路、熱關斷電路、電流限制電路、放大器、比較器及內部穩壓電路等，為了產生不同的輸出電壓，通常將比較器的負端接基準電壓 (1.23V)，正端接分壓電阻網路，這樣可根據期望的輸出電壓值選定適當的  $R_1$  與  $R_2$  電阻值(關係



式如圖 6 所示[5])，將輸出電壓分壓電阻網絡的輸出與內部基準電壓 1.23V 進行比較。電壓有偏差，則可自動調整放大器控制內部震盪器的工作週期(duty cycle)，從而使輸出電壓保持穩定，然後再將穩定的直流電源儲存至蓄電池內。另外在昇壓轉換器的輸出端多加一個二極體，其功用在防止蓄電池的電能回充至轉換器。

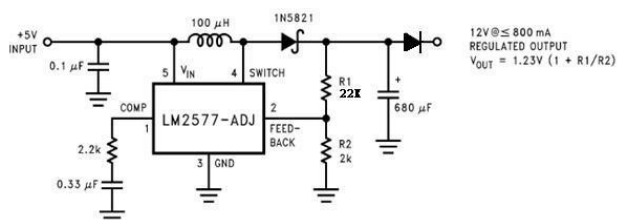


圖 6. 直流昇壓轉換器電路

#### (6) 蓄電池:

電池能夠滿足反覆充電放電作用的被稱為是蓄電池。蓄電池的種類之中，鉛酸蓄電池應用較廣泛且價格便宜，因此本論文採用 12V 的鉛酸蓄電池。鉛酸蓄電池的基本構造是在硫酸中浸泡鉛板和氧化鉛板，而這兩塊板子就是兩個電極，負極為鉛板，正極為氧化鉛板(許多鉛酸蓄電池的電極使用銻含量 4.2% 的鉛銻合金，或含鈣 0.8% 的鉛鈣合金)。當電池放電時，負極的鉛會和硫酸中的硫酸根離子化合成硫酸鉛，且附著在陽極上，同時也產生電子。電子通過電線至正極形成電流，和正極的氧化鉛與硫酸中的氫離子、硫酸根離子一同化合成硫酸鉛和水。

#### (7) LED 燈:

高功率 LED 被稱為第四代電光源，有著“綠色照明光源”的稱號，與一般燈泡相比較差別在於體積小、安全低電壓、壽命長、電光轉換效率高、響應速度快、節能、環保等優良特性，以後將會取代傳統的白熾燈、鹵鎢燈和螢光燈而成為 21 世紀的新一代光源。高功率 LED 與一般傳統燈泡比較具有維護成本低、故障率低、壽命長、環保無汞、低耗電、可用在低溫環境的優點；其缺點為成本高、因散熱不易而降低 LED 的壽命、

封膠造成熱的蓄積及膠的黃化造成光衰、光源屬於方向性，需考慮光學設計、不耐冷熱的衝擊。高功率 LED 一般泛稱驅動電流在 350mA 以上電功率都在 1W 以上，單顆 LED 可發出在 60 lm 左右，本論文採用 3W 高亮度白光 LED 組成路燈。

### 3. 成品實作與測試

此研究利用 LM2577 做為昇壓電路的控制 IC，從圖 6 電路可設計出想要的輸出電壓，在本論文中我們設計  $R1=22K\Omega$  及  $R2=2K\Omega$ ，使其輸出電壓(約 14.76V)符合對蓄電池充電的電壓規格。

昇壓轉換器的實體如圖 7 所示，主要分為兩部分上方為風機電源轉換電路，先把單相交流整流成直流電源，再經由 LM2577 的 DC/DC 昇壓轉換電路，下方為太陽能最大功率追蹤器輸出電源經由 DC/DC 昇壓電路對蓄電池充電，兩電路都加了二極體，來防止電池的回充。

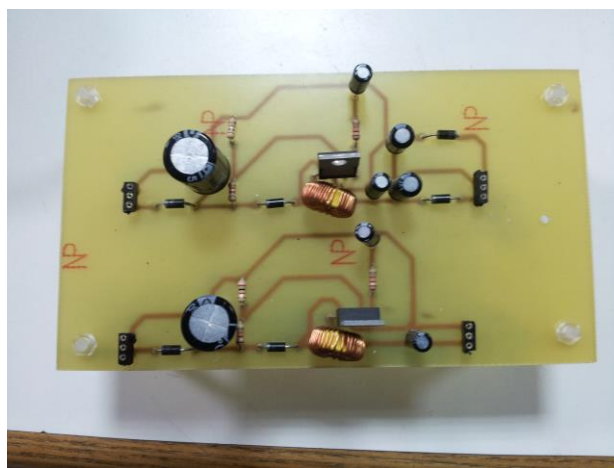


圖 7. 昇壓轉換器的實體圖

圖 8 為太陽能電池最大功率追蹤器的實體圖，經實驗測試可以正確地使太陽能電池工作在最大功率輸出點。



圖 8. 太陽能電池最大功率追蹤器實體圖

此風光混合路燈的整體架構為太陽能板裝置在路燈座的最上面，太陽能板下面則是 H 垂直型風力發電機，風機葉片是使用鋁製，因為質量輕，硬度夠，燈源則是 12 顆 LED 燈，由太陽能板及風力發電機對蓄電池充電，蓄電池再供給電力給 LED 燈，圖 9 為風機葉片旋轉之情形，最後成品 LED 燈點亮情形為圖 10。



圖 9. 風機旋轉情形



圖 10. 風光混合 LED 路燈點亮情形

#### 4. 結論

在此次的研究製作過程當中，風光混合電能是非常適合互補的能源應用，在現在化石燃料所導致的能源危機，以及溫室效應與環境汙染等問題，綠色能源是現今及未來很重要的能源，如果能夠設置獨立式運作的路燈甚至是汽車、飛機，不需要依靠化石燃料就能夠運作，目前的電動車還不能算是真正的綠色能源無汙染車，電動車的電來自於市電充電，而現今電力的來源，大部分是用化石燃料來獲得，用電動車也是間接使用到化石燃料，而不是直接使用到化石燃料，目前風光互補的功率可以使用在路燈上，但是電動車是不行的，所以風光發電這類的綠色能源，以目前而言只能用在一些低功率的電器用品上，這是現在綠色能源的瓶頸，在未來希望能夠繼續研究風光技術的加強及配合，讓效率可以提高到可以使用高功率的電器用品上，來實現獨立式運作的夢想，或是尋找效率更好的綠色能源來使用。

#### 5. 誌謝

本研究為國科會編號 NSC 100-2221-E-270-001 之研究計畫經費補助，特此致上感謝之意。

#### 6. 參考文獻

1. 鍾金明、龍啟忠、李金陵，“先進型太陽能路

燈之控制電路”，中華民國第二十九屆電力工程研討會，第 371~375 頁，台灣 台南，2008 年 12 月 5-6 日。

2. W. S. Jwo, C. C. Tong and C. J. Chao, "Firmware Implementation of an Adaptive Solar Cell Maximum Power Point Tracking Based on PSoC ", *The 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, pp.407-411, Honolulu, Hawaii, USA, June 19 - 26, 2010.
3. T. Eswam, and P. L. Chapman, "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques, " *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 22, No. 2, pp. 439-449, June 2007.
4. N. Femia, D. Granozio, G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Predictive & Adaptive MPPT Perturb and Observe Method, " *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 43, No. 3, pp. 934-950, July 2007.
5. National Semiconductor, "LM2577/LM2577 SIMPLE SWITCHER® Step-Up Voltage Regulator", April 2005。