

# 潮汐發電與風力發電之結合

黃文川\*

鄒國彥\*\*

卓胡誼\*

\*崑山科技大學電機工程系

\*\*龍華科技大學電機工程系

## 摘要

本文提出一種可將潮汐發電與風力發電結合的方法。

**關鍵詞：**潮汐發電、風力發電

## 壹、研究背景與動機

台灣自產能源嚴重不足，97%的能源都仰賴進口[10]，在石油、天然氣、煤...等，消耗性能源日益枯竭，造成油價狂飆，物價飛漲的時刻，如何積極開發台灣自產能源，成為最重要的研究課題。尤其，京都議定書的通過，造成全球二氧化碳等溫室氣體排放量管制的壓力[7]，也使低污染的再生能源研發工作愈來愈受重視，為了積極展現我國遵守「京都議定書」的承諾，政府研修「再生能源發展條例」，希望在 2010 年我國再生能源發電比率，能由現在的百分之五點五，提高到百分之十[8]，達到歐美先進國家的水準，使國內再生能源研發的工作更為迫切。

在各種再生能源之中，風力發電發展最迅速。因為風力發電技術愈來愈成熟，再加上大量生產，使得成本迅速降低，近五年全球的平均安裝容量成長率高達 35%[6]，安裝風力發電前 5 名的國家為德國（16,629 百萬瓦特）、西班牙（8,263 百萬瓦特）、美國（6,470 百萬瓦特），丹麥（3,117 百萬瓦特），以及印度（3,000 百萬瓦特）。其餘包括義大利、荷蘭、日本以及英國等國家，也都接近 1,000 百萬瓦特的指標門檻。甚至連對岸的中國大陸，也因為近年電力供不應求而積極開發風力發電。目前中國大陸已有四十多個風力發電廠，總裝機容量達到七十六萬千瓦。還預計在年平均風速達每秒七點九公尺的張北滿井風場，安裝三十台單機容量一千五百千瓦的風力發電機，總裝置容量高達四十五兆瓦。此外，新疆托里三十兆瓦的風電廠也在加緊進行[8]。

台灣風力資源豐富，在台灣海峽、西部沿海與澎湖離島等地區，年平均風速每秒可達 5~6 公尺以上[11,13]，甚具開發潛力。工研院能資所曾在民國七十一至七十九年間陸續完成 4 呎、40 呎、150 呎三型風力發電機的開發[14,15,16]，可惜因當時油電價格偏低且風力發電成本仍高而中止研發，國內風能應用因此未能有進一步的發展。反觀丹麥，由於政府的重視及鼓勵，目前丹麥所生產的風力機約占全球市場的 50%[6]。有鑒於此，政府決定積極開發風力發電，於民國 87 年 5 月「全國能源會議」達成推動再生能源利用之共識，經濟部能源委員會隨即組成專家小組進行評估，估計台灣陸上可開發風力發電潛力為 1,000 MW，離岸式風電估計可達 2,000 MW，總計我國可開發

之風力潛能應可達 3,000 MW 以上 [10]。為了積極開發風力發電，政府於八十九年初發布施行「風力發電示範系統設置補助辦法」，在工研院能資所的協助輔導下，目前完成共 8,540 瓩之裝置容量，包括雲林麥寮 2,640 瓩、澎湖中屯 2,400 瓩以及竹北春風 3,500 瓩等三座風力發電示範系統。此外，台電公司已擬定「風力發電十年發展計畫」，規劃在民國一百年前設置至少 200 部風力機組，總裝置容量達 30 萬瓩以上[6]。台電第一期計畫將裝設 60 部共 10 萬瓩的風力發電機組，預計在九十四年底可全部完工商轉；而多家民間廠商亦積極規劃在桃竹苗、中彰、雲嘉南及屏東濱海地區大規模開發。目前，耗資二億一千萬元，興建於屏東縣恆春鎮台電核三廠西邊的三座風車，已經開始試轉發電，即將加入供電行列，預定運轉廿年。這三座風車，利用恆春地區長達半年以上的落山風進行發電，每座每小時發電一千五百千瓦，每座距離二百公尺，基座加上葉片則高達一百公尺，民眾只要經過屏鵝公路恆春南灣路段時，就可以看到，非常顯眼，已成為恆春半島的新地標[8]。

雖然風力發電蓬勃發展，可是風力發電因受氣候影響，使其發電出力不穩定，無法成為基載電源，而且台灣強勁的東北季風集中在冬季，在缺電的夏季反而因為風弱使發電量銳減，甚至完全停止發電，造成發電機利用率偏低等缺點，為其往後的發展埋下不利的變數。如何克服風力發電先天上的缺點，使台灣自產能源的風力發電能更符合需求，將是本研究努力的目標。

## 貳、風力發電

因為地球自轉，不同地域對太陽輻射吸收不均所造成的溫度差等因素，所引起的空氣流動就是風。十九世紀末丹麥的氣象學家保羅·拉·庫爾 (Poul La Cour) 製造了第一部風力發電機，風力發電機主要是藉由空氣的流動來轉動葉片，把風能轉換成電能，近年來由於技術的進步，使風力機的輸出效率提高到 20~45%，大多為水平軸、三葉翼型的結構[6]。

風吹在葉片上所產生的力為[10]

$$F = \rho A V_a (V - V_o) \quad (1)$$

其中 F 為力(公斤-公尺/秒<sup>2</sup>)， $\rho$  為空氣密度(公斤/立方公尺)，A 為葉片掃過區域的截面積(平方公尺)， $V_a$  為葉片位置的平均風速(公尺/秒)，V 為進入葉片的風速(公尺/秒)， $V_o$  為離開葉片的風速(公尺/秒)。則在葉片轉軸產生的功率為

$$P = F V_a = \rho A V_a^2 (V - V_o) \quad (2)$$

該功率等於風經過葉片的動能變化，亦即為

$$P = \frac{1}{2} M (V^2 - V_o^2) \quad (3)$$

其中 M 為經過葉片的風(空氣)的重量

$$M = \rho A V_a \quad (4)$$

將公式(4)代入公式(3)，並運用公式(2)與公式(3)相等的關係可求得

$$V_a = \frac{1}{2}(V + V_o) \quad (5)$$

將公式(5)代入公式(2) 可求得

$$P = \frac{1}{4}\rho A (V^2 - V_o^2) (V + V_o) \quad (6)$$

將公式(6)對離開葉片的風速  $V_o$  微分可求得

$$\frac{dP}{dV_o} = \frac{1}{4}\rho A (V + V_o) (V - 3V_o) \quad (7)$$

令公式(7)等於零，可求得  $P$  的最大值發生在當進入葉片的風速  $V$  恰為離開葉片風速  $V_o$  的 3 倍時，亦即

$$V_o = \frac{V}{3} \quad (8)$$

將公式(8)代入公式(6) 可求出  $P$  的最大值為

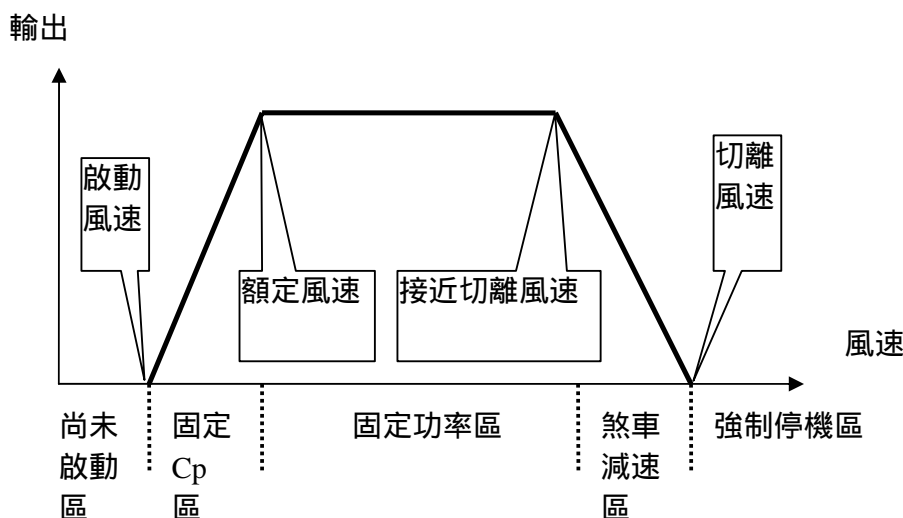
$$P_{\max} = \frac{8}{27}\rho A V^3 = \frac{1}{2}C_{p\max} \rho A V^3 \quad (9)$$

其中  $C_{p\max}$  為 0.59，為風力機葉片理想最高效率。不過，因為一定會有損失，故此理想值不可能達到，所以，通常將風力機葉片轉軸產生的功率寫為

$$P = \frac{1}{2}C_p \rho A V^3 \quad (10)$$

其中  $C_p$  為風力機葉片的效率。

每部風力機的  $C_p$  值皆不同，但是，同一部風力機的  $C_p$  值可藉由調整葉片的角度而改變，一般風力機的運轉控制呈現，如圖一所示的五個區域：



圖一 風力機輸出曲線圖

- 第一、尚未啟動區：因風速小於啟動風速，風力機無法啟動，呈現停機狀態。
- 第二、固定  $C_p$  區：風速介於啟動風速與額定風速之間，控制策略為隨風速之變化，調整葉片的的角度，使  $C_p$  保持於最佳值，以便使發電量為最大。
- 第三、固定功率區：風速介於額定風速與”接近”切離風速之間，控制策略為隨風速之變化，調整葉片的的角度，使輸出保持於額定值，防止機組因長時間過載，而減少可使用之年限。
- 第四、煞車減速區：風速介於”接近”切離風速與切離風速之間，控制策略為隨風速之變化，調整葉片的的角度，並啟動煞車裝置，開始減速，以預防風力機在萬一突然超過切離風速時，無法立即停機而遭受損害，不過，因為煞車減速的關係，輸出將逐漸下降。
- 第五、強制停機區：風速超過切離風速，為了避免風力機因風力太強而造成損壞，必須採取強制停機的措施。

由公式(10)可知：風力機的輸出與風速的三次方成正比，因此，裝設風力機的位置必須選擇風速較強的地區。但是，同一地點在不同高度的風速也會不一樣，假設某一地點在  $h_1$ (公尺)高度的風速為  $V_1$ (公尺/秒)，在  $h_2$ (公尺)高度的風速為  $V_2$ (公尺/秒)，則存在以下關係式

$$V_2 = V_1 \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^a \quad (11)$$

其中  $a$  為該地點地表的摩擦係數。  
各種地形的摩擦係數如表一。

表一 各種地形的摩擦係數

地形	摩擦係數
海面	0.1
草原	0.15
高的農作物區域	0.2
一般房舍的村落	0.3
高樓大廈的都市	0.4

假設某一高的農作物區域，在 2(公尺)高度的風速為 6(公尺/秒)，則由公式(11)可知：在 10(公尺)高度的風速為 8.3(公尺/秒)，在 20(公尺)高度的風速為 9.5(公尺/秒)，在 30(公尺)高度的風速為 10.3(公尺/秒)，在 40(公尺)高度的風速為 10.9(公尺/秒)，在 50(公尺)高度的風速為 11.4(公尺/秒)，在 60(公尺)高度的風速為 11.8(公尺/秒)，因為離地面愈高，障礙物就愈少，風速就愈大，因此，為了擷取更多風能，必須要增加塔架的高度。

此外，由公式(10)可知：風力機的輸出與風力機葉片掃過區域的截面積成正比，所以，為了擷取更多風能，必須增大葉輪直徑以增加受風面積，而在增大葉輪直徑的同時，也必須增加塔架的高度，才能防止葉片打到地面，或防止葉片打到由塔架附近經過的人、車等物。

基於上述理由，使風力機不斷朝大型化發展。目前全球最大的風力機裝置容量是 4.5 千瓩，葉輪直徑達 114 公尺，塔架高度高達 120 公尺[6]。

雖然風力發電蓬勃發展，可是由公式(10)可知：風能與風速的三次方成正比。假設風力發電機設計於風速達到 2.5(公尺/秒)開始發電，於風速達到 15(公尺/秒)發電機輸出額定值，於風速達到 25(公尺/秒)停止發電[9]，故風力發電最主要的缺點即為：大多數時段發電機輸出都遠小於額定值。

以台灣為例，台灣較適合開發風力發電地區的平均風速約為 5~6(公尺/秒)，由公式(10)可知：風能與風速的三次方成正比，假設風力發電機設計於風速達到 15(公尺/秒)發電機輸出額定值，則當風速為 5(公尺/秒)，發電機輸出將只能達到額定值的 3.7% 而已，當風速為 6(公尺/秒)，發電機輸出將只能達到額定值的 6.4% 而已。即使在風速較高的澎湖等離島，假設平均風速為 8(公尺/秒)[18]，則發電機輸出也將只能達到額定值的 15% 而已。因此，風力發電雖然可能 24 小時都在發電，但是，大多數時段發電機輸出都遠小於額定值。因為離岸式風力發電的發電機成本約佔總成本的 33%[12]，岸上式風力發電的發電機成本，最高可佔總成本的 65%(澎湖七美)，甚至高達 67%(澎湖望安)[17]。一個花費總成本三分之一到三分之二的重要設施，大多數時段其輸出都遠小於額定值，真是非常可惜。

此外，風力發電因葉片轉動打擊空氣，所以會產生噪音，故設置地點必須遠離聚落，依據我國環保法規噪音管制區第二類噪音管制標準(相當於住宅區噪音管制標準)，在夜間應少於 50dB，目前大多數商業風力機在距離 300 公尺處的噪音低於 42dB，故風力機設置地點至少必須距離聚落 300 公尺以上[9]。再加上離岸風速較高，可增加發電量，故風力發電有朝向離岸式發展的趨勢。不過，離岸式風力發電雖然可以增加發電量，卻也必須增加成本，岸上式風力發電基座成本約佔總成本的 9%，離岸式風力發電基座成本則大幅提高到約佔總成本的 24%[12]。

如何使離岸式風力發電降低成本，並解決風力發電大多數時段發電機輸出都遠小於額定值的主要缺點，將是本研究努力的目標。

### 叁、潮汐發電

除了風力發電之外，潮汐發電也是台灣可以開發的自產能源之一，因為台灣四面環海，尤其金門、馬祖等離島，由台電網站可知平均潮差可達 5~6 公尺，再加上離島發電成本較高，因此，開發潮汐發電將是可能的選項之一。潮汐發電可分許多不同的運轉模式[19~25]:

#### 一、只在低潮時發電

只在低潮時使海水經由水輪發電機，由潮池流向外部海域來進行發電。缺點為如果低潮時恰好為用電的離峰時段，則所產生的電力將反而使電力過剩的問題更嚴重，而且離峰電價較低，將會使收益降低，成本提高，所以較少被採用。此外，滿潮時的水位差未加以利用，非常可惜。

#### 二、只在滿潮時發電

只在滿潮時使海水經由水輪發電機，由外部海域流入潮池來進行發電。缺點為如果滿潮時恰好為用電的離峰時段，則所產生的電力將反而使電力過剩的問題更嚴重。此外，低潮時的水位差未加以利用，非常可惜，所以較少被採用。

#### 三、在滿潮時抽水並在低潮時發電

在滿潮時，當潮池與外部海水間的水位相等時，以抽水機再繼續將海水抽入潮池內，假設使潮池內的水位增加  $H_p$  (公尺)，且潮差為  $H_t$  (公尺)，則在低潮時將可以有  $(H_p+H_t)$  (公尺) 的水位差可用來發電。

缺點為如果低潮時恰好為用電的離峰時段，而滿潮時恰好為用電的尖峰時段，則抽水所用電力的價格(尖峰電價)將遠高於發電所產生電力的價格(離峰電價)，結果可能得不償失。而且，因為在滿潮時抽水，所以必須將堤壩的高度增加，將會使成本大幅增加，所以較少被採用。

#### 四、雙向發電

以雙向發電機使在低潮與滿潮時都可以發電，此方案為目前最常被採用的方案。缺點為如果低潮或滿潮時段其中之一恰好為用電的離峰時段，則所產生的電力將反而使電力過剩的問題更嚴重，而且離峰電價較低，將會使收益降低，成本提高。

#### 五、間接潮汐發電之裝置[2]

中華民國新型專利第 7226516 號申請案，提出的間接潮汐發電之裝置，主要是以活塞、連桿、缸體等裝置，利用潮差將海水抽吸到水庫儲存，最後使水庫內的海水經由水輪發電機流向外部海域來進行發電。缺點為大多數地區一天只有兩次低潮與滿潮，換句話說，一天只能抽水四次，所能抽取的水量有限，而且必須另外修築水庫，故成本高昂，目前仍無任何被採用的紀錄。

#### 六、低潮與滿潮發電法[1,26]

作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 131050 號『低潮發電法』，以及相關研究『滿潮發電法』，提出一種可以將用電離峰時段的發電量，轉移到用電的尖峰時段的潮汐發電技術，因為尖峰電價高於離峰電價，故可提高收益。不過，可惜的是：如果發電箱的容積與傳統潮汐發電的潮池容積相同，那麼，雖然低潮發電法在用電尖峰時段的

發電量比傳統潮汐發電法多，但是，低潮發電法的總發電量卻是少於傳統潮汐發電法的。

#### 七、可較傳統潮汐發電產生較多發電量的潮汐發電法[5]

為了使總發電量能較傳統潮汐發電為多，作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 205679 號，將發明第 131050 號專利再改良，其特徵在於：發電箱包含儲水槽、浮力室與發電機室，利用閘門操作，使在滿潮時，發電箱內之水位高於滿潮水位，以增加發電量，俾使總發電量較傳統潮汐發電為多，由該專利實施範例顯示，可以使總發電量增加 76%。

#### 八、雙向發電加低潮抽水的潮汐發電法[4]

為了使總發電量能較傳統潮汐發電為多，作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 205684 號將發明第 131050 號專利再改良，其特徵係假設滿潮時恰為用電尖峰時段，低潮時恰為用電離峰時段之發電方法，在低潮時發電，待潮池內外水位等高時，改以抽水機將潮池抽乾，待滿潮時，其發電量可增加，致使總發電量較傳統潮汐發電為多，由該專利實施範例顯示，可以使總發電量增加為傳統潮汐發電量的 2.5 倍，亦即使總發電量增加 150%。

#### 九、可在現有潮池內增加發電量的潮汐發電法[3]

為了使總發電量能較傳統潮汐發電為多，作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 204857 號將發明第 131050 號專利再改良，其特徵在於：以浮力箱之操作增加滿潮時潮池內之水位，待低潮時使發電量增加，俾使總發電量較傳統潮汐發電為多，由該專利實施範例顯示，可以使總發電量增加 30%。

潮汐發電雖然技術成熟，有許多商業運轉多年的電場存在，但是，潮汐發電的可發電時段卻只集中於低潮時段與滿潮時段，換句話說，在一天 24 小時之中，潮汐發電的可發電時段大約只有 5~6 個小時而已，至於其他的 18~19 個小時，潮汐發電廠則處於閒置狀態。如何解決潮汐發電大多數時段發電機都處於閒置狀態的主要缺點，將是本研究努力的目標。

### 肆、將潮汐發電與風力發電結合的方法

雖然潮汐發電的發電機在運轉時段幾乎都在額定值，但是，潮汐發電的發電機運轉時間卻很短，造成潮汐發電的發電機在一天 24 小時中，約有 18~19 小時處於閒置狀態，利用率偏低，非常可惜。相反的，風力發電機的運轉時間雖然很長，但是，大多數時段發電機輸出都遠小於額定值，利用率偏低，非常可惜。因此，本研究的目的即為：提出一種可將潮汐發電與風力發電結合的方法，使兩者共用發電機，一方面提高發電機的利用率，另一方面可降低成本，此外，在將潮汐發電與風力發電結合的時候，還可以使風力發電成為離岸式，則將因離岸風速高於陸地上的風速，可以增加風力發電的發電量。

將潮汐發電與風力發電結合的示意圖如圖二所示，首先，由堤壩(11)圍築成潮池(12)，於堤壩(11)裝設有閘門(13)與水輪機(14)，可經由操作閘門(13)，使潮池(12)內的水流向海洋(21)，推動水輪機(14)，或使海洋(21)的水流向潮池(12)內，推動水輪機(14)，再帶動發電機(18)發電。並以堤壩(11)當作風力發電的基座，於堤壩(11)裝

設支架(19)，在支架(19)上裝設風力機(20)與發電機(18)，可利用風能推動風力機(20)，再帶動發電機(18)發電。操作步驟如下：

步驟一：假設最初發電機(18)與風力機(20)結合，而且發電機(18)與傳動機構(16)分離。在潮汐發電的可發電時段，經由操作風力切換及定向裝置(17)，使發電機(18)與風力機(20)分離，並使發電機(18)定向於可與傳動機構(16)連結位置，此時風力機(20)處於鎖定停止發電狀態。

步驟二：經由操作潮汐切換裝置(15)，使水輪機(14)經由傳動機構(16)與發電機(18)結合。

步驟三：開啟閘門(13)，使潮池(12)內的水流向海洋(21)，推動水輪機(14)，帶動發電機(18)發電；或使海洋(21)的水流向潮池(12)內，推動水輪機(14)，帶動發電機(18)發電。

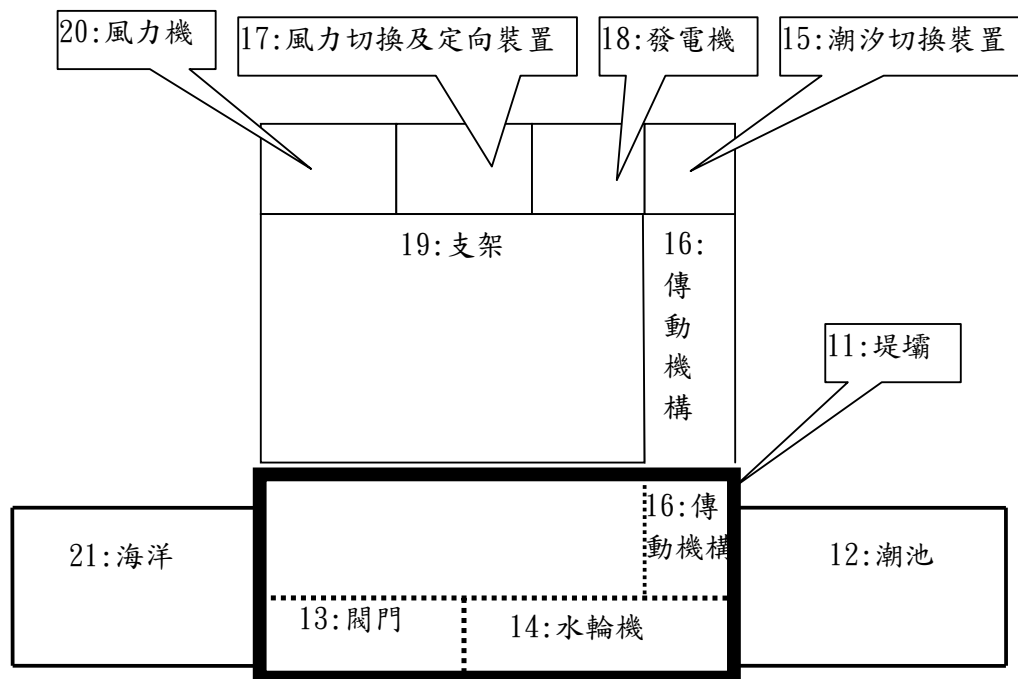
步驟四：在潮汐發電的可發電時段結束時，關閉閘門(13)。

步驟五：操作潮汐切換裝置(15)，使傳動機構(16)與發電機(18)分離。

步驟六：操作風力切換及定向裝置(17)，使風力機(20)與發電機(18)結合，帶動發電機(18)發電。此時風力機(20)與發電機(18)處於可隨風向自動轉向狀態。

步驟七：當到達潮汐發電的可發電時段，回步驟一。

值得一提的是：由於圍築潮池(12)的堤壩(11)，通常離海岸有相當的距離，將風力發電裝設於堤壩(11)，可具有離岸式風力發電的效果，因離岸風速高於陸地上的風速，可以增加風力發電的發電量。假設因離岸使平均風速由 6(公尺/秒)提高為 8(公尺/秒)，由公式(10)可知：因風能與風速的三次方成正比，將可以使風力發電的發電量增加 137%，也就是增加為 2.37 倍。此外，本研究所提方法是以堤壩(11)當作風力發電的基座，因為離岸式風力發電基座成本約佔總成本的 24% [12]，而且，因為潮汐發電與風力發電共用發電機，離岸式風力發電的發電機成本約佔總成本的 33% [12]，故此舉不但可以提高發電機的利用率，並可使離岸式風力發電的成本大幅降低。



圖二 潮汐發電與風力發電結合圖



## 伍、結論

本研究提出一種可將潮汐發電與風力發電結合的方法，使兩者共用發電機，並以堤壩當作風力發電的基座，因為離岸式風力發電基座成本約佔總成本的 24%，而且，離岸式風力發電的發電機成本約佔總成本的 33%，故本研究所提方法不但可以提高發電機的利用率，使風力發電的發電量大幅增加，並可使離岸式風力發電的成本大幅降低約 57%。本文相關內容已經申請中華民國發明專利，歡迎相關產業洽談合作相關事宜。

## 陸、參考文獻

1. 卓胡誼(2001)：(低潮發電法)，中華民國發明專利第一三一〇五〇號。
2. 邱文肚(1983)：(間接潮汐發電之裝置)，中華民國新型專利第七二二六五一六號申請案。
3. 卓胡誼(2004)：(可在現有潮池內增加發電量的潮汐發電法)，中華民國發明專利第 204857 號。
4. 卓胡誼(2004)：(雙向發電加低潮抽水的潮汐發電法)，中華民國發明專利第 205684 號。
5. 卓胡誼(2004)：(可較傳統潮汐發電產生較多發電量的潮汐發電法)，中華民國發明專利第 205679 號。
6. 《科學簡訊》(2004 年 11 月)：383 期，頁 6~13。
7. 《再生能源電子報》(2005 年 2 月)。
8. 《再生能源電子報》(2005 年 3 月)。
9. 余勝雄，何建輝，何定福，賴一桂，王經偉，張燕全，李文彬：(風力發電第一期計畫)，九十三年節約能源論文發表會論文專輯，頁 324~335。
10. 葉泰和，陳秋平：(風力機擷取風能比較分析)，九十三年節約能源論文發表會論文專輯，頁 342~361。
11. 陳清嚴，陳以彥，鄭茂林，江榮城：(台灣地區風速與風場發電率現況測量與分析)，中華民國第二十四屆電力工程研討會，頁 312~316。
12. 2002 年台日風力發電技術與自然能源應用研討會講義。
13. 蕭技鴻，楊任徵，郭朝政：(台灣地區風能潛力評估-應用 NOABL 模式之初估結果)，工研院 71 年研究報告。
14. 李明誼，邱錦松：(ITRI-TW-1 4KW 級小型風力發電系統初步設計報告)，工研院 72 年研究報告。
15. 葉玄，邱錦松：(40KW 級小型風力機研製及應用推廣計畫-WT-2 風力機初步設計報告)，工研院 74 年研究報告。
16. 邱錦松，翁榮羨：(風能應用研究-75 年度計畫期末報告)，工研院 75 年研究報告。
17. 邱錦松，翁榮羨：(風能應用研究計畫)，工研院 77 年研究報告。
18. 翁榮羨，邱錦松：(澎湖本島風能應用潛力評估)，工研院 79 年研究報告。
19. Bernshtein, L. B. (1995). Tidal power development – A realistic, justifiable and topical problem of today, IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 10, No. 3, 591-599.
20. Bernshtein, L. B. (1994). Tidal power plants in Russia, IEEE Power Engineering Review, 18-19.
21. Hammons, T. J. (1993). Tidal power, Proceedings of The IEEE, Vol. 81, No. 3, 419-435.

22. Frau, J. P. (1993). Tidal energy: promising projects La Rance, a successful industrial-scale experiment, IEEE Trans on Energy Conversion, Vol. 8, No. 3, 552-558.
23. Parker, D. M. (1993). Environmental implications of tidal power generation, IEE Proceedings-A, Vol. 140, No. 1, 71-75.
24. Baker, A. C. (1987). Tidal power, IEE Proceedings-A, Vol. 134, No. 5, 392-398.
25. Prandle, D.(1984). Simple theory for designing tidal power schemes, Adv. Water Resources, Vol. 7, 21-27.
26. Jwo-Hwu, Yi. (1998). Electric power generation at the ebb tide, Electric Power Systems Research, Vol. 48, 31-35.
27. Jwo-Hwu, Yi. (2000). Electric power generation at the flood tide, Journal of Technology, Vol.15, No.4,589-594.
28. Jwo-Hwu, Yi. (1998). Electric power generation in the peak period part I: single material, Proceeding of the 19<sup>th</sup> symposium on electrical power engineering, 269-273.
29. Jwo-Hwu, Yi. (1998). Electric power generation in the peak period part II: two materials, Proceeding of the 19<sup>th</sup> symposium on electrical power engineering, 942-946.
30. Baker, A. C. Tidal power, IEE Energy Series 5.

# Combination of tidal power plants and wind power plants

Wen-Chwan Hwang\*

Kuo-Yen Chou\*\*

Jwo-Hwu Yi\*

\*Department of Electrical Engineering, Kun Shan University

\*\*Department of Electrical Engineering, Lunghwa University of Science and Technology

## Abstract

In this paper, a method for combination of tidal power plants and wind power plants is proposed.

**Keywords:** Tidal power, Wind power

