

# 巨鎧實業股份有限公司

## 高效率弦波馬達與弦波無感測馬達驅動器開發計畫

### 計畫執行目標

1. 弦波無感測無刷馬達驅控技術開發
  - (1) dsPIC 技術規格瞭解與開發工具與環境建立
  - (1) dsPIC 驅動程式撰寫
  - (1) 電路板設計製作 – 電路圖設計、PCB 板 lay out 與製作、電路板製作與測試
2. 磁路分析與馬達設計技術研發
  - (1) 馬達定、轉子設計與磁路分析
  - (2) 馬達機構設計
3. 馬達與控制器組裝、測試設計與修正
  - (1) 機構製作、樣品試作
  - (2) 測試與設計修正
  - (3) 結合控制電路板測試與修正
4. 馬達在線與檢驗技術開發
  - (1) 驅控電路板測試技術建立
  - (2) 馬達在線測試技術建立

### 新產品簡介

高效率永磁同步馬達與其弦波無感測向量控制驅動器  
弦波永磁同步馬達相較於直流無刷馬達有更好的功率因素、更高的效率、更大的扭力、更低的電磁與機械噪音及較低的轉矩脈動，而由於更容易做四象限控制，因而馬達具有更優良的加減速及動態影響。

### 計畫創新重點

1. 使用弦波無感測無刷馬達驅控技術
  - (1) 國內業者大都使用方波驅動無刷馬達，即使在無感測向量控制技術成熟的日本，也僅止於量產 120 度普通變頻技術的階段，在全球暖化問題及能源短缺日益嚴重的情況下，生產高效率弦波向量控制 (FOC) 產品可提昇馬達運作效率，有效降低能耗。
  - (2) 本專案開發之控制器內置馬達分為馬達部與馬達電子驅動控制部，馬達為弦波反電動勢永磁同步馬達，控制部採滑動模式觀測器的弦波無感測向量控制器。
2. 特殊的馬達定、轉子設計
  - (1) 市面上馬達轉子大都採雙層繞線方式，容易發生磁通利用率及導線佔積率較低的問題；本計

劃採用馬達定子大小齒單層繞線設計，可有效利用轉子磁通、降低頓轉轉矩，並得以自動化生產。

- (2) 轉子磁石採用極異方性磁石，有較高的氣隙磁通密度，不需整修磁石就可產生弦波反電動勢。
3. 直流無刷馬達由於有高效率、壽命長、安靜、無換向火花等優點，所以廣泛用於家電資訊業等較小馬力之微型馬達，而弦波永磁同步馬達較直流無刷馬達有更高的效率、更大的扭力、更低的電磁與機械噪音。本計劃為順應趨勢，開發程式化之驅控技術，將材料特性做最有效的利用，拉近與直流無刷馬達控制器的成本，以期普及化於家電市場。

### 公司研究發展能量及研究發展制度之效益說明

1. 研究記錄簿的導入：由於計畫的要求，讓研發人員養成記錄的習慣，將研發過程中的心得及瓶頸詳實地記錄，不但可為研發人員自身審視研發的過程，為日後的傳承打下基礎，更不需擔心因人才的流動造成公司研發能量的損失。
2. 專案管理觀念的建立：以往工程師僅專注於自己研發的內容，疏忽與團隊的聯繫及合作，造成 rework 的機率大增，經由此次整個專案的執行，讓工程師對於整個研發專案管理有進一步的認識；從計畫之規劃、執行、控制……能更縝密、更全面性地思考，降低無謂的人力與物力浪費。

### 人才培訓及運用效益

1. 對研發人員之培訓
  - (1) 派遣主要研發人員在職進修
  - (2) 定期舉行研發會議：經由定期的研發會議，養成工程師專案進度報告及掌控的習慣，避免專案的延宕，另一方面，透過研發會議記錄的內容，亦可累積研發過程的心得。
  - (3) 廠內進行新產品組裝 & 測試教育訓練：再多的研發與再好的產品，都需要經由市場的洗禮，因此，馬達在線組裝與測試的相關流程與軟體的建立，更是將產品量化不可或缺的一環；落實的教育訓練更可避免量產時大量的重工，徒增人力、物力的浪費。

## 2. 開發過程所學習到的相關技術

- (1) 弦波無感測向量控制驅動技術：此次專案計畫，特請台科大施教授針對 dsPIC 數位訊號處理器控制部分做技術移轉，施教授在微處理器控制的專精，提昇了巨鎧公司控制器設計能量，讓巨鎧公司日後除了在馬達機構上的精進，更可結合研發之控制器，提昇公司產品 & 技術能力的競爭力。
- (2) 磁路設計技術：藉由磁路分析軟體，針對磁鐵不同切割方式及厚度做磁路分析，從分析過程中，找出最佳磁路，以及其對馬達的影響性，進而建立材料電磁特性模型資料庫，發揮最大的功率因數。
- (3) 馬達繞線技術：本計劃採用大小齒單層繞設計，不但可有效利用轉子磁通，並可導入自動化量產，增加生產效率。

### ● 產學研各界之技術移轉及合作效益說明

1. 馬達的有形材料與製造成本易於估算，但高性能馬達的價值常常是由背後無形的設計與控制所決定，而這牽涉到馬達設計與控制電路間的搭配協調。對巨鎧公司來說，馬達分析及設計與控制器硬體的開發有十足的把握；控制器軟體方面，巨鎧公司之前已有方波無刷馬達無感測器的驅控經驗。另外透過 DSP 原廠及與台灣科技大學電機系產學合作的協助之下，將快速大幅提昇公司研發水平，建立弦波永磁同步馬達無感測器的驅控技術。
2. 以往巨鎧公司僅局限於直流有刷馬達之市場，經由此次的專案開發，將可切入家用產品市場，擴大公司產品之版圖。

### ● 新產品創造之技術效益及市場效益說明

採用磁場導向無感測向量控制驅動的馬達不只在節能上，且在產品特性與功能的提升上，都有顯著的優勢。

我國之馬達業若能與微電腦控制相結合，並結合電腦輔助設計技術，朝向高附加價值之向量控制永磁同步馬達發展，並藉以提昇各下游產業的產品，對台灣整體產業的競爭力將有極大的助益。而在節能及環保的思維下，應可稍微舒緩地球與環境的負荷，對人類物種的生存亦將有極大之貢獻。

### ● 計畫完成後對提升我國產業水準及競爭優勢說明

替代進口產品，提昇國內各下游相關產業的國際競爭力：馬達之客戶需求常是需要客製化的產品，本計畫研發成功後，將使巨鎧公司具有及時依客戶需求提供高性能馬達之能力，此對整體下游產業之附加價值與層次的提升實有極重大之影響，其對整體產業的貢獻將是無可限量且影響久遠。

### ● 專案執行重要心得

1. 控制器參數大大影響馬達特性，因此如何讓參數最佳化成為重要的課題。此次計畫過程，從 IR-MCF3xx Series Controller Dynamics and Tuning 參考文件中得知，可利用 VB 設計出一個馬達運轉狀態即時資料顯示的應用程式，馬達運轉中馬達驅動器將可將參數利用 RS232 介面回傳給電腦，藉由此程式，可觀察各物理量隨各控制迴路參數變化的響應狀況，藉以對參數的最佳化，確保馬達性能的最佳化。
2. 由於此計畫之馬達運用速度（100HZ）並不快，使用 16 位元微處理器已經足夠，但在馬達需要高速運轉場合時，PWM 的工作頻率必須提高，此時微處理器的運算速度稍嫌不足，必須再往 32 位元的微處理器或 FPGA 努力，但在此次的運用當中，16 位元的微處理器已可承擔此責任。
3. 人才的短缺依然是中小企業一大問題，除加強公司自身的競爭力外，巨鎧亦積極與學術單位行產學合作，或參與政府相關人才培育計畫。



馬達成品 1-內部



馬達成品 2-正面



馬達成品 3-背面