

易維特科技股份有限公司

電動機車之直流無刷馬達控制器開發

●計畫執行目標

本計畫開發一款電動機車用的直流無刷馬達控制器，與國內現行直流無刷控制器設計架構有四項最大不同：

1. 參考國外同級產品，皆採用低成本功率元件作設計：不同之處是以採低成本之MOSFET作為功率元件，除了取得較容易之外，耐電壓值可選擇範圍較廣，以並聯的方式，最大電流可以達到200~300A，整個驅動極功率元件的成本控制在NT\$ 600以下左右，相較於傳統使用IGBT模組之成本，可降空間約NT\$ 3300。
2. 採用切換式系統做輔助電源，取代DC/DC 電源模組，以提高產品的可靠性：是規劃使用交換式電源內建在控制器PCB上，可依需要增加輸出組數，且架構簡單，效率高，佈局更可依所需增加彈性與便利性，同時整個系統電源部分所需成本約為NT50以下，這樣架構的成本優勢又可減少NT\$ 250左右。
3. 低成本高保護之電流偵測元件設計架構：利用低價位的錳鋼線來偵測，並再搭配隔離式的放大器的使用，提升馬達電流偵測的精準度，並用作電流限制點，如此可將馬達實際應用發揮最佳化，同時整體偵測線路架構遠低於一個CURRENT SENSOR元件的成本，因此這項設計計又能夠節省約在NT\$ 700左右。
4. 採用較高階DSP微控單元，提升人機功能，增加產品附加價值：產品中選用可以高速運算能力之微處理器，除了能作移位換相控制之外，還能透過RFID晶片，直接與感應卡做通訊確認，進行防盜/解鎖。同時預留未來人機可擴充的功能，以提升產品附加價值。這部分成本僅增加約NT\$ 110以下，佔控制器總成本比例甚小，是非常值得投資的策略。

以上初步估計，採用本計畫所規劃的設計架構，比現行國內幾家電動機車之產品，功能與品質有更多優，控制器之成本估計上也低於50%。

●新產品簡介

本計畫所執行的無刷馬達控制器具備以下功能，特逐項介紹：

- A: 切換式系統輔助電源之直流無刷控制器：
- 控制器內部，往往因應不同的元件需求，而有其不同的工作電源需求。如驅動級所需的功率元件，需要 -10V及+15V做為功率元件之開關驅動信號，且因驅動無刷馬達架構所需，則需六組之隔離電源；除此之外，亦有供給微控制器所需之5V電源、量測馬達電流所需之隔離電源、供運算放大器所或其它特定元件所需之電源等等。而這些系統所需之輔助電源是系統所以功能之基石，影響著系統能否穩定操作，保護功能能否正常發揮之重要因素。此設計系統具有轉換效率高、輸入工作電壓範圍廣、可滿足系統各方塊所需之不同電源電壓需求，且為隔離式架構，所以特具有可靠性高、價格便宜、又能有高效率、以及且穩定性佳等優點，以確保各功能動作正常，實為一可靠之電動機車控制器之首重之地。
- B: 剎車回充及電子輔助剎車(EABS)控制：
- 電動機車在能源效率上的要求是除了節流（效率需求特性）的要求以外，若能有開源（動能回充特性）的設計功能，那相信對電動機車的效能之助益是更大。馬達於剎車滑行之間或者下坡路段時，因發電效應產生之多餘能量，若能經電子轉換裝置回充回電池，且隨時累積所回充的電能，而減少整車行駛中的動能；一方面是制動了機車的動能，另一方面也作能源回收，此乃一舉雙利之設計。這樣除了可減少車皮鼓的維修更換，同時將原本還需由車皮鼓磨擦轉為的熱量，經此裝置可以回收到電池再利用。
- 當然回充電路本身效率要求要高外，亦需特別注重穩壓及穩定電流的能力，否則易使本身電控迴路、充電系統或電池組之毀損。由於馬達的發電引出端與電池並無同地，使得轉換器亦需且有能操作在電壓輸入範圍，且必須為隔離型式之轉換器架構才行。
- C: 非接觸式RFID防盜技術：
- 機車失竊問題在全世界都是引起治安問題，良好的機械式大鎖其作用通常只能延長竊賊的作案時間，增加其作案難度。電動機車可直接由無刷馬達控制器作防盜鎖死，因為馬達轉動與否皆由控制器控

制處理的，這才是肯定可靠又有效。控制器內含防盜功能的設計的話，除對機車的操作更便利外（無須外加），也突顯電動機車與傳統汽油機車的不同處。

RFID被列為本世紀十大重要技術項目之一，經濟部技術處為國內科技研發推動之火車頭，92年度起即開始透過工研院系統中心推動 RFID的研發計畫。RFID利用IC及無線電來存放與傳遞辨識資料，具有耐環境、可重複讀寫、非接觸式、資料記錄豐富等等的優點，隨著RFID的技術成熟，性能更為可靠，其市場亦漸成型，且成本漸趨低廉。本控制器內DSP微晶片直接與感應卡做通訊確認，進行防盜/解鎖。並配合RDIF可重複讀寫及資料記錄的特性，可辨識多張RFID Tag，供多人共用一台或數台電動車時，可經由人機功能，設定合於每個人之操作參數及個人所持之Tag。控制器可在藉由防盜解鎖時判別為何人騎乘該台電動車，並適切的調整到該成員的操作習慣。

●計畫創新重點

創新點1：不同設計架構與自行設計關鍵零件：

- (1) 國內電動機車業者，例如光陽、工研院技轉的策盟（三陽等 7 家聯盟）、上峰益通等所設計的直流無刷馬達控制器，都使用工業用IGBT 或IPM等模組，這類模組通常為上下兩臂一個單體，因為屬高電壓(600V或1200V)功率元件，因此最大電流額定值約在150A，若是使用在電動機車低壓系統(48V)，似乎有大才小用，在成本上估計每一IGBT模組單體約在NT1200~1500之間，整體功率元件（3個模組）即需要NT\$ 3900，這也是造成直流無刷馬達控制器成本居高不下的主因。本計畫不同之處是以採低成本之MOSFET作為功率元件，除了取得較容易之外，耐電壓值可選擇範圍較廣，以並聯的方式，最大電流可以達到200~300A，整個驅動極功率元件的成本控制在NT\$ 600以下左右，相較於傳統使用IGBT模組之成本，可降空間約NT\$ 3300。
- (2) 國內電動機車業者都習以現成的DC/DC 電源模組作控制器的電源，除了成本較高以外(約NT200~300)，其輸出組別受到限制，或是以增加線性降壓元件來克服，這增加了 PCB佈局的難度，沒有任何好處的最遭設計架構。本計畫產品是規劃使用交換式電源內建在控制器PCB上，可依需要增加輸出組數，且架構簡單，效率高，佈局更可依所需增加彈性與便利性，同時整個系統電源部分所需成本約為NT50以下，這樣架構的成本優勢又可減少NT\$ 250左右。
- (3) 一般較高階產品都是使用高單價之Hall元件作為電流偵測元件，但也有因成本考量而改以錳鋼線者。同時電流的偵測通常只裝置在BUS端做電流之限流，往往忽略馬達電流的偵測與控制，所以保護常無法達到最佳功效。使用CURRENT SENSOR者，精密度較高，但僅偵測BUS電流作為其電流限制點，因為該元件單價約在NT300~350，若需做馬達電流限流，至少需要增加兩個CURRENT SENSOR，無形中光電流偵測元件之成本就達NT\$ 900之多。在本計畫架構下，利用低價位的錳鋼材料來偵測，並再搭配隔離式的放大器的使用，提升馬達電流偵測的精準度，並用作電流限制點，如此可將馬達實際應用發揮最佳化，同時整體偵測線路架構遠低於一個CURRENT SENSOR元件的成本，因此這項設計計又能夠節省約在NT\$ 700左右。

創新點2：新技術運用：

- (1) 剎車回充及電子輔助剎車(EABS)控制：
- 當控制器對馬達停止輸出時，馬達就變成一個發電機，其發出之電壓大小，與滑行之速度有關。經電子轉換裝置將馬達滑行之電能回充到電池，有兩個好處。一個是當馬達變成發電機後，就是成了制動器了（減少機車的動能），這可減少使用車皮鼓的磨擦，無形延長了車皮鼓的換修。另一個好處是將原本以發熱轉耗損的剎車能源，經馬達發電的電能回收回到電池裡，直接提高整車效能，這是一舉雙利之設計。本計畫將使用高頻切換式隔離架構之轉換器，控制其回收之功率，以達到將剎車時之多餘能量回收。剎車回充經過適當的切換控制，適切的控制頻率切

換開關，可防止造成的車輛瞬間車鎖死現象，如同汽車ABS的效果，此就是電子輔助剎車(EABS)功能。

(2) 非接觸式RFID防盜技術：

電動機車的無刷馬達控制器為動力驅動之核心，若直接從控制器本身著手設計防盜功能的話，才是絕對可靠又有效的防盜功能。本計畫的控制器內之DSP微控晶片直接與感應卡做通訊確認，即可進行防盜/解鎖。RFID雖能代為處理通訊協定與傳接之部份功能，但其中關鍵技術是Mach檢知電路、濾波電路以及天線設計等，這才是影響傳輸的距離和品質與穩定的關鍵因素，亦是本計畫欲建立的關鍵技術項目之一。

● 公司研究發展能量及研究發展制度之效益說明

本計畫所開發的直流無刷馬達控制器，符合先進國家設計潮流，具有體積小、效率高、高率大、壽命長、維修容易等特點。本計畫所建立的控制器技術之後，與傳統控制器比較，在性能上有優異超越性；成本與傳統設計架構相比較，將近低了50%以上。此技術開發完成後，先經過少量生產與驗證，接著即可逐步邁入量產階段，對本公司有下列正面的影響：

- (1) 提升控制器設計能量：本計畫執行期間，初期利用中山大學電機研究學校支援，以電腦模擬軟體來驗證控制器設計之合理性。後期透過控制器製作與測試，再回頭修正一些模擬的參數，大大提升本公司之控制器設計經驗與能量。
- (2) 整體技術創新：當電動車之電池能源有重大突破時，電動車時代就來臨了。本計畫之控制器系統對整車效率與性能而言，是最佳效率設計概念，這皆是本產品最大優勢。藉本計畫之執行，運用此新技術觀念以提升電動機車多年來傳動技術上的重大改進。
- (3) 提升公司整體形象：本產品技術研製完成後，是繼兩年前開發出以電子變速機構的直驅輪圈馬達之後，又進一步將馬達與控制器系統結合而成，使電動機車之整車效能更提升之外，在爬坡能力又有獨特創新方式改善。這項技術對本公司電動機車發展技術有相當程度的幫助，對產品技術形象在行銷上必能有許多助益。

● 人才培訓及及運用效益

執行本計畫過程中，為使控制器設計更有效率，初期特別借用學術單位以電腦模擬軟體對設計的控制器做評估分析。在期中審查時委員也分享多項研究經驗的建議，所以使得本計畫執行設計時，建立了對模擬軟體之使用技術，這縮短了未來新控制器的設計時間，同時減少不必要的樣品試製費用，大大提升本公司之控制器設計能力。

以往控制器設計人才必須借重個人經驗的估算，所以年輕工程師更無法勝任重要的控制器設計案。經由本計畫的執行，透過電腦模擬軟體的運用，縮短了工程師的養成時間，以及控制器設計經驗的傳承。電腦模擬軟體解決了繁複的電機設計計算工作，年輕工程師只要有正確的電機知識，對於設計能力的培養，可以縮短很多年，這一點對本公司是另一項很重要的效益面。

● 產學研各界之技術移轉及合作效益說明

本計畫執行之初雖未在計畫書上編列與學校的委託案，但在計畫執行期間，委託中山電機研究鎖學生協助，學習模擬軟體的使用技術，及使用上的限制。學校在學術理論上是強項，但對控制器在電動車上的使用條件卻不熟悉。所以本計畫執行中，不但善用學術單位最強項的支援，同時縮短工程師閉門造車的胡亂摸索，也讓工程師的能力向上提升。

● 新產品創造之技術效益及市場效益說明

本產品的主要市場目前還是以國外電動機車市場為主要目標，相較於其他以傳統CVT變速系統的電動機車而言，在省能源、騎乘性、續航力和製造成本上是本產品的最大優勢，因此只要透過本計畫開發後，本產品更可確保是

非常有競爭優勢的產品。

本產品研製完成後，配合新款馬達與控制器將運用與結合國內專業製造廠的分工能力予以量產這些關鍵零件，以減輕本公司初期的生產線投資。另外採策略合作、ODM、OEM登方式出口外銷，並積極在國外找尋有通路的大廠作為策略聯盟夥伴，以便能擴大銷售通路和產品知名度。本產品技術研製成功之後，預估三年後估計5,000台/年，本公司在電動機車的產值將有2.5億元，帶動相關投資約有3.5千萬元。

雖然電動機車目前技術瓶頸在於電池材料尚未有重大突破，但科技界人士皆認為電池材料新技術遲早來臨。因此可以預見電動機車業者必須經過這幾年困境的煎熬，但本公司仍對核心技術不斷持續改進，以等待電動機車時代的來到，才有機會苦盡甘來的一天。

● 計畫完成後對提升我國產業水準及競爭優勢說明

- (1) 技術性成果效益：本計畫所開發之一型體積小、效率高、功率大、壽命長、維護容易之新形式直流無刷馬達控制器。此新型無刷控制器有別於傳統電動機車所用的控制器，性能與成本皆具突破性競爭優勢。另外對於中國大陸成長倍速之電動車，其所使用的只是用於較低功率(<1kw)需求的電動車控制器，對高功率輸出(>2kw)之無刷馬達控制器產品技術還不穩，所以藉此技術之建立，可領先對岸電動車馬達技術之一大步。
- (2) 產品競爭力：透過本計畫的研製，使本公司電動機車產品又建立一項電動機車之關鍵核心零件，將有助於產品外銷的競爭力。此技術未來可擴大運用在更高功率的發芳鄰電動車(Neighborhood EV)，這對本公司之競爭力有很大提升。
- (3) 提升無刷馬達控制器研發能力：藉由本計畫可培育控制器研發人力與經驗，增強運用電腦模擬軟體技術縮短新產品之開發時程與成本，此研發能量與研發制度，可作為未來新技術發展的基礎。

● 專案執行重要心得

- (1) 關鍵產品技術面：本計畫開發的新無刷馬達控制器技術，在技術面突破傳統控制器之設計架構，具有體積最小(功率晶體尺寸<IGVT、IPM等功率模組)、效率最高、使用壽命更長等特點。根據計畫之執行成果來看，初期試做樣機還有許多必須克服的小缺點，但可證實此項設計構想之可行性很高，值得推廣於業界。
- (2) 提升整合研發能力：透過這次計畫的執行，經由學校單位支援，藉其設備能力與擅長的專業知識分析，分別解決關鍵技術點，使得本計畫順利完成。例如在計畫執行中，透過電腦模擬軟體的運用，縮短了工程師的養成時間，以及設計經驗的傳承。電腦模擬軟體解決了繁複的電機設計之計算工作，年輕工程師只要有正確的電機知識，對於控制器設計能力的培養，可以縮短很多年，這一點對本公司是另一項很重要的效益面。同時也使得計畫工程師獲得許多寶貴的技術知識，這對我們在研發的能力是有相當幫助。特別是縮短對未來新產品之設計上更能夠駕輕就熟了。
- (3) 結合外部學術研究單位所長補己之所短：中小企業最欠缺的是人才，在這次執行計畫之經驗，公司不可能有足夠人才，同時技術是與時俱增，所以研發技術若能夠結合學術研究單位來協助，可以獲取不錯成果。研究單位的知識與技術可能偏重新穎、理論、分析，但若若能結合自己製作能力與經驗，可以將研究單位擅長的部份以專案包裝，然後委託其執行，但在執行前後都有工程師參與其中，這樣除能解決研發能力之不足外，對工程師的能力培育也是很好方式，這是本次技術以外所獲得的寶貴心得。

