



先進馬達與驅動技術專輯

主編前言

Editor's Notes for the Special Issue
on Motor and Driver Technology

彭文陽

工研院機械所
控制核心技術組
組長

本期針對「先進馬達與驅動技術」進行階段研發成果的邀稿與分享。台灣在經濟起飛年代，曾經扮演家電零組件的代工重鎮，例如：AC 吊扇馬達或直流有刷馬達，被譽為是馬達王國，當時興起眾多家庭式代工廠，建立了水平式製程分工，與垂直整合的零件供應鏈。90 年代，隨著電力電子技術的出現，電子換相技術帶來諸多永磁馬達新的探討議題，如今，隨著驅控器與感測器等機電技術的成熟，直流無刷馬達或直流變頻成為節能家電的另一個重要訴求因子，在磁石材料與製程方面、驅控技術方面，仍不斷精進，其一，在家電馬達領域，如立扇、空調壓縮機馬達、洗衣機等，逐步取代了原本的單相感應馬達；其二，在電動工具、移動載具相關馬達等，隨著模具成型的磁石製程成熟，例如：塑膠射出稀土輔助鐵氧磁石或異方性稀土磁石(Magfine®)、壓縮成型等方性或異方性磁石，馬達的功率密度、效率也不斷獲得提升。在政府相關科技專案的支持與產學研共同努力下，各類先進馬達或驅動技術逐步展開，包括軟硬磁材料製程、馬達數位設計分析技術、寬能隙元件在驅

控器的創新應用與硬體架構。巴黎峰會的召開與相關節能減碳措施的推動，目前在工業節能領域，高效馬達相關技術的研發、導入及相關政策推動成為最重要的課題之一，更有業者把目標設定在 IE4 以上的超優級工業感應馬達，希望可以利用鋁轉子或銅鋁複合轉子製程，全面滿足 20 HP 以下幾種標準框號的高性價比產品。為了進行全面性節能方案檢討與推動，工研院在綠色院區(Green Campus)計畫進行了 IE3 以上能效的高效馬達替換原本 IE1 能效等級馬達的實際驗證計畫，經過長期用電追蹤比較，例如：換氣設備、冰水幫浦設備，每日運轉超過八小時的定頻運轉馬達單體的節能效益，以投資回收期(ROI)來估算，約 5 年左右，假設搭配變頻器的智能負載調控，投資回收期甚至在 3 年以內，未來隨著節能示範案例的增加，節能工業馬達動力產品導入有機會成為新的商業模式。

目前在能效標準議題，隨著 IEC 的馬達本體的 IE5 規範、變頻器能效規範與系統動力能效規範的逐步推動，搭載物聯網發展浪潮，馬達相關智



慧化產品也快速增加。高效化、智慧化儼然已成為帶領馬達產業革新的兩大重點方向，國際大廠紛紛投入發展先進馬達節能技術如永磁、磁阻馬達，變頻器在節能意識提升下市場成長可期；而通訊、資料整合應用成為馬達系統融入製造業物聯體系發展重點等，未來系統動力節能相關議題以及符合遠端節能調控的相關模組與介面標準，達成雲端能效管理的配套軟硬體，將是下一波技術整合重點。

「FPGA-Based 多軸伺服驅動」一文，探討分散嵌入的全數位伺服架構，包括各軸獨立與多軸共同模組設計。後者將多軸的電流控制器與座標轉換電路及多軸的位置/速度控制器電路，各自以一個共同模組實現，以達到節省硬體資源的目的。該篇內容以六軸關節型機械手臂及晶圓移載用機械手臂作為驗證載體，探討多軸伺服驅動器之工業應用可行性。「雷射振鏡控制技術」一文主要探討開放式多軸多系統控制技術，整合多軸運動控制技術、雷射振鏡控制與多控制信號源同步校正，開發平台內建中央處理器並具即時多工作業系統，實現開放式多軸多系統控制技術，達到高速度與高精度的控制能力，以因應日趨複雜的高值化應用需求。

同步磁阻馬達隨著國際馬達大廠在 IE5 高效馬達議題的宣傳，引起諸多關注，由於定子結構與傳統感應馬達幾乎相同，少數國際領先大廠已經採取感應與同步磁阻、永磁同步馬達混線生產的管理模式，預期未來在中小功率 IE4 以上的工業高電機，同步磁阻電機將扮演重要角色。「高效率同步磁阻馬達」一文，主要探討同步磁阻馬達設計方法，例如：轉子磁障大小與角度改變，對於馬達

轉矩與轉矩漣波之影響，進而找出合適的轉子磁障幾何尺寸。最後，再作轉子磁障形狀的改善，譬如：導圓角。變數對於馬達特性之敏感度，有時無法兩者兼得，必須有所妥協取得平衡點，以達到馬達規格需求與改善。而隨著環保及節能議題受到高度的重視，電動車的研發亦如火如荼的展開，目前適用於純電動車的馬達中，開關式磁阻馬達又稱為切換式磁阻馬達(**switched reluctance motor, SRM**)，具有耐久堅實性、無碳刷、低成本及寬廣的操控速度範圍等優點。「開關式磁阻馬達」一文利用 ANSYS MAXWELL，進行額定功率 50 kW 之電動車用 SRM 雛型的設計分析，未來載具實測時，振動噪音優化之後結果若能接近永磁或異步電機，有機會成為高效牽引電機產品新選擇。

切換磁通電機，國內外學者近十年競相研究，除了電機本體結構的差異較大，具有轉子結構單純優點之外，主要想利用該類電機在中低速的扭矩密度表現，甚至有業者已經積極研發該類小型伺服電機產品，歐洲也出現該類線性電機的研究開發。「高性能永磁磁通切換馬達」一文，主要在提出高性能永磁磁通切換馬達之繞組設計方法。例如：低頓轉轉矩之馬達槽、極數組合。以及每極每相之槽數，目的是確保繞組因數至少大於或等於 0.866。最後，針對可以實施單層繞的槽、極數組合進行繞組配置與特性分析。另外，「應用於機車發電機之外轉子式永磁磁通切換」一文，參考目前市面上流通之機車發電機的規格以及外觀限制，為了繞線的方便，提出六槽的 7 極之轉子設計，並且提出利用雙層轉、定子來消除徑向不平衡力的設計。以上，請讀者參考與不吝給予指正。