



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。馬達與驅動技術對應不同的應用領域，國內外都持續在設計方法與製造工藝上持續精進，例如：原本只有應用在真空幫浦或離心式壓縮機等高轉速動力設備的磁浮軸承，國外紙漿製程設備的大型工業馬達也正在評估提高驅動頻率之後，搭配磁浮軸承所帶來的整體效益，當然，在設計上也採取了馬達兩側端蓋最小幅度的修改。未來，針對可靠度與效率要求較高的高功率密度的工業馬達，包括直驅式的微渦輪發電機組，主動式磁浮軸承可降低軸承定期維護保養的需求。在先進磁性材料發展方面，越來越多的軟磁複合材料突破，包括粒徑降低、顆粒絕緣層包覆厚度降低、合金本體的導磁特性提升，帶來了 3D 定子芯新的可能性，包括利用粉末製程的積層製造，有機會在鐵芯內置入流體通道，或者依據磁通密度分佈，使定子芯的重量優化。在既定印象中，工業馬達訴求的是耐用、效率、可靠度等，外觀可能讓人覺得粗壯，逐漸地，部分業者為了增加散熱效果，較小的感應馬達框號幾乎都改採了鋁合金材質，搭配的是鋁合金壓鑄製程，甚至設計上稍

微縮小了框號，百年來未曾明顯改變外觀的感應馬達也看到了些微的科技美學導入，包括安裝基座的模組化設計。如果我們把一顆馬達定義為綠色產品，所牽涉的範疇不在只是它的效率等級，還包括馬達生產製程，例如：使用的線圈定型絕緣的材質、需要耗費多少能量在線圈定型或乾燥，或者說部分漆包線業者已經搭上環保製程風潮，推出工業馬達專用的自融線圈，有別於過去針對細線製程需求的酒精自融或熱風自融線圈，採取的是組裝線上定子線圈通上適當的電流，使線圈加熱後直接定型，省去了一般的凡立水含浸或滴噴的方式，針對少量多樣的訂單，可明顯縮短產品交期。此外，在矽鋼片方面，除了厚度或磁特性的提升，針對每片矽鋼片之間的結合方式，除了傳統的自鉚或其它額外扣件方式，矽鋼片表面特殊的表面處理，可以兼顧絕緣與自粘的矽鋼片有機會帶來製程的便利，甚至些微的效率改善。在硬磁材料方面，除了更高磁能積的次世代硬磁材料的研發，在工程應用方面，著重的是成型、著磁與組裝工序等綜合面向。部分採取塑膠射出製程的磁石，具有成型與著磁同時完成的優點，免除了後段的黏貼組



裝或充磁的工序。

目前在能效標準及工業物聯網兩大議題推動下，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，未來動力系統的智慧調機、綜合能效控制將使得智能變頻器與設備的控制器界線模糊或者增加了通訊或軟體運算的需求，將是下一波技術整合重點。「全球高效率馬達市場與產業發展趨勢」一文，探討市場面與政策面的變化，以及伴隨工業 4.0 發展浪潮，馬達相關智慧化產品的發展趨勢。此外，諸如無人機動力系統的應用，具有更高可靠度或者容錯空間的多相馬達與驅控技術，及寬域高效率的高功率密度無刷馬達，將帶來無人機更多創新應用。「無人飛行載具服務應用與動力系統發展趨勢」一文，探討商用無人飛行載具各種新型態載具的發展，包括由地面站透過電纜供應無人機電力與訊號傳遞的繫留式設計，這類設計的無人機通常會搭配地面或海面上的移動載具，無人機的施放高度及回收時機可以很彈性。包括太陽能、氫燃料電池或複合動力系統的導入，未來更高續航力或酬載能力的商用無人機將可推動更多樣的服務。

「應用於光學穩定化模組之手震抑制系統開發」一文主要在探討相位領先-落後控制器之虛實整合數位控制平台技術，用於增加各式手機相機之新型光學影像穩定器(optical image stabilizer, OIS)模組中鏡片穩定性，搭配實際示範產線的製程回饋，可以實現數位設計大迴圈的修正，優化小

迴圈的設計資料庫，未來與多軸微致動器整合可以構成光學防手震的完整方案，對於各類可攜式裝置、車載、無人機載等應用，可以快速應對規格的變化，縮短開發與驗證時程。

「多軸馬達控制於下肢外骨骼醫療輔具開發」一文介紹一款應用於下肢外骨骼醫療輔具的機構設計、馬達與驅控設計，搭配步態時序命令控制的控制器，實現高響應頻寬及高穩定度的運動控制效果。下肢外骨骼醫療輔具屬於智慧醫療器械的一環，未來搭配智能感測及軟體的演算推估，有機會依據使用者個案不同，快速自我學習控制參數的優化，使同一套機電驅動模組，可以根據不同的使用需求達成自適應的效果。

「六軸關節型機械手臂伺服驅動控制系統設計與性能量測」一文主要在探討以 FPGA 發展六軸關節型機械手臂伺服驅動控制系統，在位置控制器採用模糊控制器以提高位置控制的穩健性，並且進行位置步級響應測試與點對點位置重現性測試，評估所提控制系統的性能。

「雷射振鏡馬達振動分析及除振技術之研究」一文主要在探討基於慣性感測技術之雷射振鏡馬達振動分析與除振系統並應用於抑制雷射振鏡馬達的扭力共振頻率。整合了振動訊號感測模組、振動分析與除振演算法及梳狀濾波器為一振鏡馬達振動分析及除振系統平台，來加以抑制雷射振鏡馬達的振動問題，進而改善雷射振鏡系統的精準度及穩定度。

「基於 EtherCAT 全數位運動控制技術於物聯網(IoT)之應用研究」一文，利用



工業技術研究院所開發的 EtherCAT 運動控制平台(EMP)，直接相容於乙太網路，除整合雲端系統上具有極大優勢外，對於現今生產製造所要求的高即時性亦能兼顧。並以 EMP 在智慧工廠概念中應用為例，利用其易開發且高相容的特性，整合行動化裝置與雲端監控系統，實現 EMP 的行動化應用。

「應用於馬達驅動器之準諧振隔離輔助電源設計」一文，針對某些小功率及空間有限的應用，使用了準諧振的隔離電源於馬達驅動器上，提高伺服驅控器的效率、降低熱損失。未來，這類馬達與驅控器在空間上緊緻整合的設計隨著全數位伺服的推廣，勢必有更多的需求，不論是馬達與驅控的整合，以及編碼器甚至傳動的整合，整體設計上必須搭配系統模擬，同時考慮電、磁、熱、力等多重物理因子，提升功率密度或扭矩密度的同時，減少發熱或震動成為最主要的設計考量。

「應用於分散式電力系統的感應發電機設計」一文，以 300 kW 發電機為設計範例，先以理論分析說明設計感應機的架構與概念，並敘述電機主要尺寸及細部設計的若干注意事項，再以電磁分析軟體以有限元素法模擬計算電機性能。感應發電機透過轉速(頻率)與電壓控制可以直接併網的好處，使得感應發電機在多種替代能源的發電機系統仍然被廣泛採用，特別是簡化了併網需求的電力電子元件，透過功因提升，更好的磁鋼材料與更低轉子銅損的設計，未來仍具有獨特的應用潛力。

