馬達：一個跨領域整合的智慧機械元件！

總編輯 張禎元

本期機械工業雜誌的技術專輯，特別邀請學界專家，撰寫旋轉機電系統方面的技術論文，在法人創新應用技術方面，則由工研院機械與機電系統研究所彭文陽組長以及團隊同仁們，從跨領域技術整合、市場趨勢以及研發策略方面，和讀者探討先進馬達與驅動技術相關技術，以及法人研究發展最新的成果。

人們常說機械為工業之母，那麼機械的原動力是什麼呢？我認為是馬達，沒有馬達將電能轉換成動能，機械設備以至於製造器械基本上只是設計精良的結構物件，也可以說是個別緻的工程設計藝術品。由於馬達能將輸入的電能轉換成輸出的動能，而這動能的形式往往是以旋轉的方式呈現，馬達的設計以及驅動方式，則會直接影響到連接該馬達輸出端機械元件以至於整個機械設備的性能。

馬達看似簡單、稀鬆平常，但是能設計出一個高性能、高可靠度以及符合應用規格的馬達，並不是單一領域的專家可以獨立完成。記得過去在加州矽谷 IBM 硬碟研發時，為了能讓硬碟機能夠達高轉速以加速資料儲存速度，而同時能讓硬碟在嚴苛的工作環境下，一樣維持該有的性能如啟動速動、資料傳輸率、儲存精度、振動、噪音、額定溫度範圍、以至於可靠度以及壽命等等；主軸馬達 (spindle motor) 研發團隊必須要有機械、電機、電子、控制、以及材料專家進行跨領域的共同研發，有時甚至需要針對客戶端不同的需求 (如軍規硬碟)，將實際應用情境直接納入研發的規劃內。

馬達其實是個具有智慧的機電元件，包含兩個層面，一個在設計端，而另一個在應用端。在設計方面，為了減低定子與轉子進行旋轉運動時因電磁交互感應所衍生的機械振動，馬達內磁路的設計除了磁性材料的選擇之外，則需要考慮到旋轉的電磁力 (electromagnetic force) 是否會激發主軸以及軸承系統的振動模態？各個機械元件如滾珠軸承、液動壓或是液靜壓軸承性能是否能提供足夠的動態剛性？主軸和轉子、定子、以及軸承的組裝上公差以及使用上所造成的偏心，甚至於轉子與定子的真圓度、同心度等設計是否能有效地將旋轉的電磁力轉換成轉動機械能輸出出去則需要跨領域智慧的整合。在應用端，除了需要充分掌握設計端的智慧之外，還需要能即時感知應用環境的變化，並做出適當的修正。舉例來說，硬碟主軸馬達的驅動晶片中的馬達驅動程式，除了掌握上述所說馬達設計端的智慧，提供最有效的驅控之外，該主軸馬達更有內藏式傳感器，不只可以監控主軸轉速，更能監控整個主軸馬達的即時動態響應。該內藏式傳感器將感測到的訊號傳到驅動晶片上，整合至設計端的智慧模型以及簡易的 AI 演算，除了能夠進行線上即時監控以及診斷，更可以隨時調整馬達驅動參數，使馬達輸出維持一定的性能。

這一兩年產、官、學、研界，為了更深一層推動智慧機械，陸陸續續以不同的方式進行智慧傳動元件的研發，從以上的簡述以及本期技術論文的探討，各位不能發現，馬達其實就是個跨領域整合的智慧機械元件。其中的機械、電機、材料、電子以至於通訊技術的整合，可作為智慧機械中智慧傳動元件開發的範例。