

第一章

緒論

1.1 研究動機

在工業革命後，隨著工廠自動化的發展，在工廠自動化中，常常應用馬達來帶動機械負載，如風扇、壓縮機、電梯、泵浦、軟硬式磁碟機、電動機車、電動汽車、和起重機等等皆廣泛使用到馬達，根據輸入電源的形式，馬達大概可分為直流和交流兩大類。在 1980 年以前它激式直流馬達一直是變速應用之主流，因其轉矩和其電樞電流的大小成正比，方便調控其轉速，所以廣泛應用在變速及定位上。但是，和交流馬達相比較，直流馬達的體積較大、構造較複雜、價格也較高、碳刷和整流子在馬達旋轉時會產生火花，造成元件的損壞，須要定期的保養，且不能在易燃、易爆的環境下使用，使得直流馬達漸漸的被交流馬達所取代。交流馬達的定子和轉子僅經由轉子軸承接觸，故具有堅固、免維護等機械優點，然而因為交流馬達之數學模型較為複雜，屬於非線性時變系統，所以高性能控制器之設計甚為複雜且不容易實現是其缺點。但在 1972 年 F.Blaschke 提出磁場導向控制法，將交流馬達非線性時變的特性經由特別的控制方式，可以使得馬達所產生之電磁轉矩和其中一軸的電流成正比，如此即可達到類似它激式直流馬達的特性，所以理論上交流馬達控制器的設計將不再是個瓶頸。同時隨著功率半導體元件技術的進步與快速運算功能之數位信號處理器之發明，使得馬達驅動器之實現亦變得容易可行了[1-9]。在眾多的場導向控制理論中又以轉子磁場導向控制最普遍為人所使用，所以本論文便以它作為基礎加以進一步研究。傳統的轉

子磁場導向控制之回授控制部份最少須用到兩個電流感測器或電壓感測器及編碼器，因此如果能節省一些感測器，將可節省一些成本，同時亦可增加驅動器的可靠度，基於此動機作者提出壹新型轉子磁場導向控制策略，除可以保有傳統轉子磁場導向控制之特性，且兼具有節省成本(少了兩個電流感測器)、設計簡單及易於實現之優點。感應馬達在目前產業上的應用仍是最為廣泛，所以本論文使用的是感應馬達，而一般在工業應用上控制感應馬達的轉速必須在馬達的轉子軸上加裝速度感測器(Sensor)，用來偵測轉速，並且回傳訊號到控制器上，以達到閉回路速度控制，但是增加了感測器也就是增加了成本，並且也增加了體積，在一些空間狹小的場所組裝會變得較困難，同時影響原有的機械強健性，故發展無轉速量測器之感應馬達向量控制驅是有其必要的，本論文也針對此需求提出另一新的方法去估測出轉速值，以達到無速度量測器向量控制之目的。基本上此方法是利用感應馬達的電氣特性，經由數學運算去達成。就實體化製作而言，本論文是採用全數位化之設計及配合快速運算能力之數位信號處理器(Digital Signal Processing)以達成之，不僅可以方便系統整合，減少硬體元件降低成本，並可增加其可靠度。

1.2 文獻回顧

隨著半導體功率元件和微處理器的快速進步，要實現場導向控制理論已不是問題，這其間有許多研究文獻[9-13]發展出各種有效的向量控制方法與架構，主要是為了控制馬達達到瞬時電磁轉矩響應之高性能。而以磁場導向控制理論(Field Oriented Control ,FOC)[10-13]為基礎之研究，主要可分為三大類:定子磁場導向(Stator Flux Oriented Control ,SFOC)[17-18]、氣隙磁場導向(Air-gap Flux Oriented Control ,AFOC)[10]、

與轉子磁場導向控制(Rotor Flux Oriented Control ,RFOC)[1][19]。而在眾多的場導向理論中又以轉子磁場導向為最多人所使用，因其具有架構簡單、硬體實現容易及良好的轉矩-磁場解耦合特性等優點。雖然場導向控制法可讓我們將感應馬達控制到，直流馬達伺服控制的性能，然而其中有許多的研究方向，比如為了減少硬體成本而發展出的無速度量測感應馬達驅動技術[20-39]。無量測速率感測器之感應馬達驅動器在產業上現今已有相當廣泛的運用，且大多數是建構在向量控制的基礎上。目前使用較多者為參考模式適應控制(Model Reference Adaptive System ,MRAS)理論[31-39]，或是擴展型卡門濾波器(extended Kalman filter ,EKF)[24-30]。另外欲有效的運用向量控制理論，須注意磁場導向控制對參數的靈敏度較高，因此所用感應馬達參數越精確，將使得實際控制效果越接近理論目標，也才能真正發揮磁場導向控制的優點。然而實際上感應馬達的參數會因環境而有所改變，例如因溫度上升而造成轉子和定子電阻改變，若是控制器內之參數沒有跟著改變，將產生參數失調(Detuning)的現象而失調的結果將影響速度控制的精確度與響應速度，故各種參數估測之方法即應運而生[40-51]，因此本論文針對傳統轉子磁場導向控制策略作一改良而提出了新型轉子磁場導向控制策略，不僅保有傳統轉子磁場導向控制之優越性能，並且具有節省成本，設計簡單，易於實現之特點。而針對文獻上轉速估測法大都有計算複雜不容易實現之缺點，固提出一新型轉速估測法，具有簡單，且完全利用軟體方式完成，不須另外增加成本。而為配合本文之新控制策略提出一參數估測法，可以線上修正因外在環境變化而造成參數漂移。

1.3 本論文之貢獻

本論文之主要貢獻基本上可分為四點。第一點·提出一感應馬達新型轉子磁場導向控制法則，此控制法則可免除兩個電流感測器或電壓感測器，所以可以節省了成本，而且在其功能上，和傳統的轉子磁場導向有著電磁轉矩與激磁場解耦合而可獲得瞬時轉矩響應之效果，而且因只利用一個 PI 控制器，大大解決了如何決定 K_p 及 K_i 的難題，所以更具有設計簡單，易於實現之優點。第二點·為針對此控制架構於冷凍空調，或節能方面之應用，因其不需要很準確的轉速控制，提出一種新的轉速估測方法，利用軟體方式完成可以免除安裝較昂貴的轉速感測器。第三點·提出一新型感應馬達參數估測方法，以有效消除感應馬達因外在環境變化而造成參數漂移進而對控制效能造成影響。目前文獻上有關參數估測方法幾乎全是針對 R_r 、 R_s 這兩個參數做調整，主要原因為 L_s 、 L_r 、 L_m 比較不隨溫度變化，所以把它當成理想的，但是本論文在合理的假設下可以同時考慮到 L_s 、 L_r 、 L_m 這些參數的漂移，簡言之，本論文基本上同時做到 R_r 、 R_s 、 L_s 、 L_r 、 L_m 這五個參數的線上調整，以增加系統的可靠性。第四點·利用德州儀器生產之 DSPTMS320F2812 高速數位訊號處理器、去完成全數位化控制器之實體製作，可大大減少類比電路使用之元件數目，以提高系統設計之彈性及可靠度，使整體控制電路更為精簡。

1.4 本論文之內容概要

本論文之各章節內容可概述如下，首先於第二章推導鼠籠式感應馬達之動態模型，傳統轉子磁場導向控制之基本原理，接著提出一新型驅動器控制原理，此控制策略之優點為可免除兩個電流感測器或電壓感測

器，所以可以降低成本。此外在其功能上除了能保有傳統轉子磁場導向控制的功能，並且更具設計簡單及容易於實現之優點，最後將所提之新型驅動器控制原理進行暫態及穩態模擬，以觀察此控制策略之特性。其次於第三章介紹目前文獻上所提的無速率感測感應馬達向量控制器，並且提出一新型感應馬達轉子轉速估測原理並和第二章所提出之架構作一系統整合，提出一新型感應馬達參數估測方法，以校正感應馬達因為外在環境變化而造成參數漂移的影響。同時針對所提之控制策略進行暫態及穩態模擬，以初步驗證其可行性。隨後在第四章並基於前面所述之新控制策略，利用德儀公司之 DSP 完成一驅動器雛形經由實測結果，確認本論文所提之方法之可行性。最後在第五章作一總結，並提供一些值得未來繼續深入探討之研究方向。

