

第一章

緒論

1.1 研究動機

由於內嵌式永磁同步電動機擁有高效率、高功率密度、高轉矩慣量比、寬廣的轉速運作範圍及不易故障等優點，因此已廣泛運用在工業驅動上，例如工具機、電動車、機械手臂及機器人等。隨著科技發展，精密控制已成為高科技產業界之中不可缺少的技術之一，產業界對各種伺服控制之要求也日益嚴苛，使伺服控制朝著定位更精密，響應更快速，速度更準確的目標前進，這對電動機驅動控制設計者無疑是一大挑戰。隨著半導體製程的進步，功率半導體及數位訊號處理器的快速發展，使功率半導體元件之耐壓、耐流與開關速度等特性大為提升，精密伺服控制所需之複雜控制理論與大量的數學運算得以由數位訊號處理器實現，在加上電動機結構設計與磁性材料的技術提升，使得電動機輸出轉矩更為平順。精密伺服控制之設計人員在硬體上必須整合電動機、機械、電力電子及各種特殊功能之積體電路，而軟體設計則包含控制理論設計與實現、軟體工程等，將所有軟硬體結合實現於精密伺服控制於機台設備上實為一艱困之工程。

一般精密速度控制使用鎖相迴路來完成，主要是藉由鎖相迴路中的相位頻率偵測器作為伺服控制之誤差檢測元件。相位頻率偵測器檢測速度誤差之方式比一般速度控制器更為精細，使得鎖相迴路有較精準之速度伺服能力，因此本論文之研究動機即針對內嵌式永磁同步電

動機驅動系統設計一精密速度控制器，並以數位訊號處理器建構完成。

1.2 文獻回顧

鎖相迴路最早由 Appleton[1]、Bellescize[2]分別於 1923 年、1932 年提出，因為其精準的訊號追隨能力，而運用在通訊系統的訊號處理上。至 1970 年左右，鎖相迴路的數學理論分析已發展成熟，開始被應用至各個不同領域，電動機定速控制即為其中之一。Vople[3]於 1970 年首先提出以鎖相迴路應用在同步電動機速度控制上，接著 Moore[4]於 1973 年成功的使用鎖相 IC 達到精準的速度控制，並針對速度伺服之相位頻率偵測器建立其數學模型，Smithgall[5]於 1975 年針對鎖相迴路速度控制之理論分析與實驗結果做探討，而 Tal[7]於 1977 年針對鎖相迴路速度控制系統之數學模型做一詳盡分析並提出相位頻率偵測器存在頻率誤差時之數學模型為一非線性輸入輸出關係。接著各種直流、交流電動機使用鎖相迴路做為速度伺服控制的研究持續進行 [8][9][10]。Prasad[12]為加速鎖相迴路速度控制的暫態響應，提出以速度迴圈及相位迴圈之雙模式鎖相迴路速度控制架構。

由於相位頻率偵測器先天的非線性輸入輸出特性，使電動機再鎖相的過程中易發生震盪現象，Laopoulos[14]於 1988 年提出取樣保持相位偵測器，取代傳統相位偵測器與低通濾波器，且改善系統響應時間，Hsieh[15]於 1989 年提出一適應性數位汲式控制器，改善了傳統電荷汲式控制器之非線性輸出現象。Takano[28]於 1996 提出以鎖相迴路速度控制器接合直接轉矩控制之感應電動機，使系統同時擁有快速

之響應時間及精準的速度控制，Chan[32]則使用滑模控制器做為感應電動機電流迴圈控制器，並使用模型參考適應性系統(Model Reference Adaptive System)調整適當的迴路增益，使鎖相迴路速度控制擁有強健的抗干擾能力。Emura[33]於 2000 年提出以運用雙相位型鎖相迴路來偵測相位及頻率誤差，做為位置控制之誤差檢測器。

隨著積體電路技術成熟，鎖相迴路速度控制器亦朝向以積體電路實現為目標，Tzou[36]於 2002 年以特殊應用積體電路(Application-Specific Integrated Circuit, ASIC)成功整合鎖相迴路速度控制器、電流迴圈控制器與通訊介面等功能，達到低成本，高精準之速度伺服控制。

1.3 本論文之貢獻

本論文主要貢獻可分下列三點說明之。首先，提出一新型鎖相迴路速度控制器，改善傳統相位頻率偵測器在輸入頻率誤差不為零時之非線性輸出關係，避免鎖相時易發生之轉速震盪現象，並使控制器參數設計較為容易。接著針對此新型鎖相迴路速度控制器提供一設計準則，此設計準則根據速度響應的規格設計控制器參數，作為新型鎖相迴路速度控制器設計之依據。最後並實際製作一硬體電路雛型來驗證本論文所提新型鎖相迴路速度控制器之可行性。

1.4 本論文之內容概述

本論文以下各章節之內容可概述如下，首先在第二章中將介紹內嵌式永磁同步電動機的基本構造與特性，進而在轉子座標下推導內嵌

式永磁同步電動機的機械與電器數學模式，並說明內嵌式永磁同步電動機之向量控制與最大轉矩控制策略，然後以負載轉矩前饋補償改善加載時之暫態響應。其次在第三章介紹鎖相迴路與鎖相迴路於電動機速度控制之應用，因為相位頻率偵測器在輸入頻率誤差不為零時，會有非線性之輸出關係，使系統易發生震盪現象，造成控制器設計不如預期，針對此問題，提出新型相位頻率偵測器，並由新型相位頻率偵測器建構一新型鎖相迴路速度控制器，且提供此新型鎖相迴路速度控制器之設計準則。經模擬驗證此新型鎖相迴路速度控制器可改善傳統鎖相迴路之暫態響應，使新型鎖相迴路速度控制器擁有傳統鎖相迴路速度控制之精密度且加速暫態響應。在第四章中介紹硬體電路與數位信號處理器之實作，並說明如何使用數位信號處理器整合控制各個周邊電路，由實驗結果驗證本論文所提理論基礎的正確性。最後在第五章做一總結，並建議未來值得繼續研究的方向。

