



同步磁阻馬達驅動系統之 積分型步階回歸遞迴式 類神經網路控制

Integral Backstepping Recurrent Neural Network Control
of Synchronous Reluctance Motor Drive System

林志鴻

國立聯合大學
電機工程系
副教授

翁瑋竣

國立聯合大學
電機工程系
研究生

關鍵詞(Keywords)

- 磁場導向機構 field-orientation mechanism
- 同步磁阻馬達 synchronous reluctance motor
- 步階回歸控制 backstepping control

摘要(Abstract)

本文敘述以發展積分型步階回歸遞迴式類神經網路控制同步磁阻馬達驅動系統以提升驅動系統的強健性。首先研製一由電流控制的脈寬調變電壓型反流器、磁場導向機構及保護電路所組成之磁場導向的同步磁阻馬達驅動系統，其次推導出磁場導向控制同步磁阻馬達的動態模型，然後提出積分型步階回歸控制系統。由於在同步磁阻馬達伺服驅動系統中，存在未知模式及不確定

量，因此利用遞迴式類神經網路來估測系統總集不確定量。最後以控制電腦藉由介面卡之方式來實現積分型步階回歸遞迴式類神經網路控制同步磁阻馬達伺服驅動系統之轉子位置，並由實測結果加以驗證。

This paper aims to develop an integral backstepping recurrent neural network control to enhance the robustness of the drive system of a synchronous reluctance motor (SynRM). This servo drive system consists of a ramp comparison current-controlled PWM VSI, a field-orientation mechanism and protection circuits. Dynamic models are derived for the field-oriented SynRM drive system on which the integral backstepping control is developed. The recurrent neural network is responsible for estimating the bound of lump uncertainties of unmodeled dynamics. Finally, the



integral backstepping recurrent neural network system is applied to control the rotor position of the SynRM. Experimental results show that the proposed control scheme is robust to variations in system parameters and is able to reject external disturbances.

1. 前言

同步磁阻馬達的轉子沒有繞組，沒有轉子銅損，故效率高且無滑差問題，轉子亦無需磁性材料，價格低廉，故兼具感應機與同步機之優點[1-6]。早先時候皆將同步磁阻馬達的同步特性以加上鼠籠式繞組直接起動，並應用於較低性能的工作場所，如紡織機，幫浦等。近幾年來，由於電機設計方法及材料的進步以及控制法則日益推陳出新，使得同步磁阻馬達控制系統的特性已改善許多，在未來的馬達驅動系統中，將扮演重要的角色。

近年來有關步階回歸控制 (backstepping control) 的研究已逐漸增加[7-13]。步階回歸控制是一個有系統、有條理的遞迴式非線性回授控制。在某些情況下，回授線性化是根據幾何方法來設計[11-13]，對於外來干擾的調節性只有在一些局部的區域較為有效，而適應步階回歸控制可以緩和此一情形[7-13]。回授線性化在設計時通常會消掉一些有用的非線性項[11-13]，進而影響輸出響應，而適應步階回歸控制可以避免消掉一些有用的非線性項。當系統有參數變化或外來干擾時，適應步階回歸控制亦能夠保持系統之強健性

[7-13]。

近幾年來，探討以類神經網路來處理控制系統上之非線性 (nonlinearity) 和未確定項 (uncertainty) 的應用研究，已陸續不斷的被提出[14-21]。類神經網路以架構來區分主要可分為前饋式類神經網路 (feedforward neural network) 和遞迴式類神經網路 (recurrent neural network, RNN) 兩種。雖然前饋式類神經網路具有近似任何連續函數的能力，但其只是一種靜態的映射 (static mapping) 結構，在沒有延遲連接 (tapped delay) 的輔助下，它並不能表示動態映射 (dynamic mapping) 的行為。雖然有很多研究使用前饋式類神經網路加上延遲連接去處理系統動態方面的問題，但前饋式類神經網路卻需要大量的神經元個數去表示時域的動態響應[14-21]。此外，前饋式類神經網路權重值 (weighting) 的更新並非利用網路內部的資訊，況且其函數的近似對訓練資料的變動亦十分靈敏。另一方面，由於遞迴式類神經網路[14-21] 結合了前饋和迴授 (feedback) 兩種連接方式，並且在動態行為及貯存資料方面，遞迴式類神經網路比前饋式類神經網路有較好的效果。這是因為遞迴式類神經網路具有多個內部的回授迴路，可以處理系統在沒有外在延遲回授下的複雜動態響應。因此，遞迴式類神經網路是一種動態的映射結構，而且對於未知模式的動態系統、系統參數的變化和外來負載的干擾等均能有有效的控制。但無論如何，大部份的遞迴式類神經網路皆架構在複雜的網路結構上[14-21]，況且遞迴式類神經網路比前饋式類神經網路更難訓練，為了能應用於及時 (real-time) 控制的用途上，使用一具有簡易結構的遞迴式類神經網路便是非常重要的選擇。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】364期・102年7月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw