



預測型控制器應用於 無轉軸偵測元件驅動系統設計

Predictive Controller Design for a Sensorless Drive System

劉添華

國立台灣科技大學
電機工程系
教授兼電資學院院長

陳瑞霖

國立台灣科技大學
電機工程系

曾紹凱

國立台灣科技大學
電機工程系

關鍵詞(Keywords)

- 內藏式永磁同步電動機
interior permanent-magnet synchronous motor
- 無轉軸角度偵測元件驅動
sensorless drive
- 高頻信號注入法
high-frequency injection method
- 預測型定位控制器
predictive position controller
- 數位信號處理器
digital signal processor

摘要(Abstract)

本文旨在探討內藏式永磁同步電動機的無轉

軸角度偵測元件的定位控制。文中，利用高頻信號注入 d-軸，然後經由帶通濾波器擷取 d-、q-軸高頻電流信號，藉以產生同步量化誤差角度，並補償互感及自感的影響，有效地提高轉軸角度估測的精度。文中進一步探討預測型控制器應用在此無轉軸角度偵測元件的定位控制，以提升系統的暫態響應、加載響應及追蹤響應，改善無轉軸角度偵測元件的定位控制系統的性能。

本文設計相關的硬體及介面電路，並配合數位信號處理器 TMS320F2812 作為控制核心，以實現轉軸角度估測及控制法則。

This paper proposes a sensorless position control system for an interior permanent-magnet synchronous motor by injecting a high-frequency voltage to the d-axis. The d-axis and q-axis high-frequency currents are detected by using band-pass filters, and the estimated position error is



obtained. The influence of multi-inductance and self-inductance is effectively compensated to improve the accuracy of the estimated rotor position. A predictive controller is used for the sensorless position control system to improve transient response, load response, and tracking response. Finally, the performance of the sensorless position control system is improved and verified by experiments, in which the digital signal processor TMS320F2812 is used as a control center to realize the rotor position estimator and control algorithm.

1. 前言

內藏式永磁同步電動機因轉子結構堅固、效率高及免保養等優點，目前已被大量用於流體機械驅動及工業自動化等應用中。內藏式永磁同步電動機必須利用轉軸角度資訊進行驅動控制，而轉軸角度偵測器的缺點為結構精密、脆弱且造價昂貴。所以捨棄轉軸角度偵測器，改採偵測電壓或電流進行轉軸角度估測的方法，則顯得相當重要，甚多文獻已進行無轉軸偵測元件驅動技術的探討[1,2]。

目前的轉軸角度估測方法主要利用內藏式永磁同步電動機的反電勢、磁通及凸極效應的電感差異特性。一般而言，反電勢及磁通信號，需要偵測電壓電及電流資訊才能獲得，且僅適合用於中高速。而凸極效應的電感差異特性僅需電流資訊即可得知，因此發展利用凸極效應的轉軸角度估測方法，具有較少的硬體偵測電路，可減少成

本，增加系統的可靠度，適合應用於定位控制。

凸極效應的轉軸角度估測方法中，利用偵測電流斜率可順利估測凸極效應中電感與角度關係，但電流斜率的偵測較難在 PWM 切換中精確測得，故常引起較大電流諧波[2]。而高頻信號注入法，是藉由注入線圈一特定的較小電壓載波信號，藉由凸極效應產生與角度誤差相關的高頻電流信號，進行自我角度修正，以達角度估測的目的[3]。此法實現簡單，容易搭配 PWM 切換方法，且所注入的高頻信號較為微弱，不會引起干擾轉矩。為了達到較準確的轉軸角度估測，使用 d、q 軸高頻電流信號來同步量化誤差角度，並補償互感及自感的影響，有效地提高轉軸角度估測的精確度。

為了達成良好的無轉軸角度偵測元件內藏式永磁同步電動機的定位控制，文中提出了預測型定位控制器的設計方法。預測型控制係基於待控制體的數學模型及參數，以離散方式在有限的預測步階範圍，進行控制量的計算。控制量的設計上，可將相關的控制要項，如控制誤差量及輸入能量等，組合後成爲一個成本函數，藉由成本函數的最小化，求得最佳控制量。已有許多專家學者分別探討有關預測型控制器的設計，藉以提高控制性能[4-6]。但過去文獻中，並未針對無轉軸偵測元件驅動系統加以考量設計。利用平滑化的位置參考軌跡，可減緩加速時電流急劇變化所產生的角度估測誤差，並可同時獲得甚佳的位置追蹤響應。如此，以預測型定位控制器的設計方法，搭配高頻信號注入角度估測方法，達成無轉軸角度偵測元件內藏式永磁同步電動機的定位控制。

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