



輪轂式之永磁同步馬達控制器設計

Controller Design of a Permanent Magnet Synchronous Hub Motor

林金亨

工研院機械所
智慧車輛技術組
電動動力技術部

關鍵詞

- 永磁同步馬達
Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)
- 輪轂馬達
Hub Motor, Outer Rotor Motor, Wheel Motor
- 馬達控制單元
Motor Control Unit (MCU)
- 輕型電動車輛
Light-duty Electric Vehicle (LEV)
- 嵌入式系統
Embedded System
- 數位訊號處理器
Digital Signal Processor(DSP)
- 向量控制
Vector Control

摘要

本文之研究目的在於開發輪轂式永磁同步馬達 (Permanent Magnet Synchronous Motor, 簡稱 PMSM) 的控制器, 首先探討永磁同步馬達的數學模型, 其次以 Matlab/SIMULINK 模擬永磁同步馬達閉迴路控制系統輸出結果, 最後完成驅動電路製作。在控制器方面, 本論文採用 Microchip 公司的數位訊號處理器(dsPIC30F6010)作為永磁同步馬達驅動器之控制核心, 藉此產生脈波寬度調變信號驅動永磁式同步馬達, 進而驗證馬達控制器實作及設計分析是否正確。本文主要是針對工研院機械所於民國九十七至九十八年度之科專計畫投入輕型電動車輛 (Light-Duty Electric Vehicle, 簡稱 LEV) 之輪轂馬達控制技術作探討。

The paper aims to develop a controller of permanent magnet synchronous hub motor. This motor



drive is designed and implemented according to a mathematical model of permanent magnet synchronous motor and its closed-loop control performance results by the simulation with Matlab/SIMULINK. The control kernel of the motor drive is a dsPIC30F6010 which provides PWM control signals for driving the motor. The experimental results demonstrate that the dedicated controller has satisfactory performances in terms of power and efficiency, and has been used to drive the permanent magnet synchronous hub motor of a light-duty electric vehicle developed under the FY97~FY98 MEAO in ITRI.

前言

依美國 EPA Air Resources Boards 2007.04 針對零污染車輛(ZEV)發展最新預估，其車輛技術朝全面化發展，燃料電池電動車(FCEV)、氫氣內燃機引擎動力車(H2ICV)、油電混合動力車(HEV)、電池電動車(BEV)仍然是未來主流。「京都議定書」於 2005 年 2 月正式生效，全球多數國家逐漸體認到環境變化所造成的影響與衝擊，有關溫室氣體 CO₂ 減量協議取代以往單純排氣污染管制，已成為主導國際車廠車輛動力發展主軸。

電動車市場普及的關鍵在於完善的基礎建設結合商業服務，讓使用者對於使用電動車的技術與後續維護問題無後顧之憂，才能讓電動車能夠快速大量進入市場。電動車輛使用上不會像一般內燃機引擎的動力車輛產生排氣污染(Exhaust Emission)及噪音，能源轉化的效率上亦較內燃機引擎為佳，馬達具有低速扭力大與加速性好的優點，因此，車輛電動化是未來汽車產業的趨勢。電動車輛已被世界公認為本世紀兼具環保與能源效益的最佳交通工具，電動車輛的運轉動力來源乃是以馬達為核心所組成

的電動動力系統，電動動力系統其運轉特性直接影響電動車輛的操作性能、續航力及駕駛性，電動動力系統包括電動馬達及傳動系統，電動馬達將電池的電能轉化為機械能的扭力及轉速，透過傳動系統以適當減速比轉化為實車運轉所需之扭力及功率。目前在電動車輛中最常用於的馬達有直流有刷馬達、直流無刷馬達、永磁同步馬達及交流感應馬達，本文所介紹的馬達直接裝置於輪圈內，因為沒有傳動系統做動力轉換，效率及動力品質可提升，空間匹配佳。

本計劃之車輛平台為工研院自主所研發之都會輕型潔能電動車，使用輪轂馬達作為其動力源，輪轂馬達意指直接裝置在輪圈中的馬達，也稱為 Outer Rotor Motor 或是 Wheel Motor，此處之輪轂馬達為外轉式永磁同步交流馬達，其最高效率可達到 85% 以上，比起傳統內燃機的能源轉換效率，其效率增加一倍以上，且使用電力作為能源，兼具環保與潔能的目標，能夠在擁擠的都會區內行動自如、輕便簡潔，由於車輛兩側皆為馬達，只需利用電子式差速與自由傾車達到高速過彎之功能，節省掉機械式差速器。

本計畫主要發展都會區輕型電動車上之輪圈式馬達與馬達控制器，其中輪圈式馬達以高磁能積磁石設計於低壓 48V、功率輸出 3kW 之高效率永磁同步馬達，縮小體積、降低重量，提高功率密度，配置 Hall 效應偵測轉子位置及轉速，抑制電磁噪音，並著重於設計開發高性能、高系統效率、可應用之驅控器與輪轂式永磁同步馬達設計開發及測試技術。

以下針對永磁同步馬達之數學模型、控制技術、軟硬體設計技術做介紹，並將工研院在輕型電動車輛科專計畫研究之控制技術與開發經驗，提供讀者做經驗分享，如有敘述偏差或看法相左之處請不吝賜教。



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】320期・98年11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