

Permanent Magnet Synchronous Motor Drive Circuit Design and Vector Control

陳暉儒、陳盛基

E-mail: 387136@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

This paper focuses on space vector modulation based sinusoidal current driver control of permanent magnet brushless DC motor, and build a three-phase permanent magnet synchronous motor drive system with Microchip's digital signal processor (DSP) dsPIC30F2010 as a control core. First, Hall Effect sensors are captured, rotor position and speed information are provided, and then digital signal processor is used to calculate the required parameters, such as amplitude, period, phase of reference voltage vector. Space Vector Pulse Width Modulation (SVPWM) technique is adopted to generate six independent PWM signals sending to the inverter, and driving permanent magnet brushless DC motor. The experimental results show the feasibility of the control method. The driver is able to generate the appropriate current to drive motor, and adjusting the motor speed.

Keywords : permanent magnet synchronous motor、digital signal processor、space vector pulse width modulation、sinusoidal control

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 中文摘要	iii	英文摘要	
. iv	誌謝	v	目錄
. vi	圖目錄	ix	表目錄
. xii	符號說明	xiii	
第一章 緒論	1	1.1 前言	1
1.2 研究動機與目的	2	1.3 文獻回顧	3
第二章 永磁同步馬達結構與數學模型推導	6	2.1 永磁同步馬達種類介紹	7
2.2 永磁同步馬達轉子位置檢測	8	2.2.1 霍爾感測元件	8
. 10	2.2.2 光編碼器		
. 17	2.3 永磁同步馬達等效模型推導	11	2.4 座標軸轉換
第三章 永磁同步馬達驅動原理	22	3.1 變頻器	
. 22	3.2 方波電流驅動	23	3.2.1 導通模式
. 24	3.2.2 導通模式	26	3.3 弦波電流驅動
. 28	3.3.1 弦波脈波寬度調變原理	29	3.3.2 空間向量脈波寬度調變原理
同步馬達正弦驅動實現	40	4.1 磁鏈軌跡控制	40
磁鏈軌跡控制	42	4.1.1 六邊形	40
. 47	4.1.2 圓形磁鏈軌跡控制	43	4.2 數位訊號處理器
. 49	4.3 調速系統控制架構	49	4.4 主程式架構
. 50	第五章 正弦驅動程式設計	56	5.1 中斷服務
. 56	5.2 速度迴路控制	60	5.2.1 PID實現
. 61	5.2.2 轉速估測	64	5.3 SVPWM實現
. 65	5.4 相位控制	69	第六章 驅動電路實現與實驗結果
. 72	6.1 驅動電路	73	6.2 霍爾感測訊號
. 76	6.3 閉迴路控制結果	77	6.4 SVPWM輸出波形結果
80	6.5 實驗結果	81	6.6 相位超前實驗
84	第七章 結論	88	參考文獻
. 89			

REFERENCES

- [1]黃立培，「電動機控制」，清華大學出版社，2003。
- [2]朱信舜，林明耀，劉文勇，無刷直流電動機的正弦波驅動方法，微電機，第四十四卷，第十一期，pp. 51-55，2011年11月。
- [3]翁穎鈞，吳守箴，電壓空間向量磁鏈追?PWM控制研究與仿真，貴州工業大學學報，第二十八卷，第四期，pp. 86-90，1999年8月。
- [4]曾百由，「數位訊號控制器原理與應用」，宏友出版社，2007。

- [5] 何禮高, 「dsPIC30F 電機與電源系列數字信號控制器原理與應用」, 北京航空航天大學出版社, 2007。
- [6] Y. S. Lai, Y. K. Lin, and C. W. Chen, "New Hybrid Pulsewidth Modulation Technique to Reduce Current Distortion and Extend Current Reconstruction Range for a Three-Phase Inverter Using Only DC-link Sensor," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 28, No. 3, pp. 1331-1337, March 2013.
- [7] Y. S. Lai, Y. T. Chang, "Design and Implementation of Vector-Controlled Induction Motor Drives Using Random Switching Technique with Constant Sampling Frequency," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 16, No. 3, pp. 400-409, May 2001.
- [8] D. Ahmadi, Y. Zou, C. Li, Y. Huang, and J. Wang, "A Universal Selective Harmonic Elimination Method for High-Power Inverters," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 26, No. 10, pp. 2743-2752, October 2011.
- [9] T. G. Habetler, D. M. Divan, "Acoustic Noise Reduction in Sinusoidal PWM Drives Using a Randomly Modulated Carrier," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 3, No. 3, pp. 356-363, July 1991.
- [10] H. W. van der Broeck, H. -C. Skudelny, and G. V. Stanke, "Analysis and Realization of a Pulsewidth Modulator Based on Voltage - Space Vectors", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 24, No. 1, pp. 142-150, January 1988.
- [11] 林平, 胡長生, 劉晨陽, 張仲超, 具有最小開關損耗的磁鏈軌跡跟蹤型變頻器研究, 電力電子技術, 第三十五卷, 第三期, pp. 21-24, 2001年6月。
- [12] J. Richardson, O. T. Kukrer, "Implementation of a PWM Regular Sampling Strategy for AC Drives," IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 6, No. 4, pp. 645-655, October 1991.
- [13] 廖曉鐘, 周樂芳, 直接轉矩控制的磁鏈控制研究, 電機與控制學報, 第九卷, 第二期, pp. 190-195, 2005年3月。
- [14] J. W. Finch, D. Giaouris, "Controlled AC Electrical Drives", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55, No. 2, pp. 481-491, February 2008
- [15] B. K. Bose, "An Adaptive Hysteresis-Band Current Control Technique of a Voltage-Fed PWM Inverter for Machine Drive System", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 37, No. 5, pp. 402-408, October 1990.
- [16] P. N. Enjeti, P. D. Ziogas, J. F. Lindsay, and M. H. Rashid "A New PWM Speed Control System for High-Performance ac Motor Drives", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 37, No. 2, pp. 143-151, April 1990.
- [17] 藍健倫, 「以單一霍爾感測器實現永磁同步馬達向量控制」, 國立台灣科技大學電機工程學系碩士論文, 2011。
- [18] 賀業翔, 「永磁同步馬達驅動系統之無位置感測控制與噪音降低研究」, 國立清華大學電機工程學系碩士論文, 2007。
- [19] 葉金虎, 「現代無刷直流永磁電動機的原理和設計」, 北京科學出版社, 2007。
- [20] 陳立原, 「以DSP為基礎之永磁同步馬達驅動器設計與製作」, 逢甲大學電機工程學系碩士論文, 2008。
- [21] 劉昌煥, 「交流電機控制:向量控制與直接轉矩控制原理」, 臺灣東華書局股份有限公司, 2005。
- [22] 陳柏勳, 「具相位超前之無刷直流馬達無感測器驅動系統」, 國立成功大學電機工程學系碩士論文, 2007。
- [23] 孫清華, 「最新直流無刷馬達」, 全華科技圖書, 2001。
- [24] John M. D. Murphy, M. G. Egan, "A Comparison of PWM Strategies for Inverter-Fed Induction Motors," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-19, No. 3, pp. 363-369, May/June 1983.
- [25] 劉佳穎, 「正弦脈波調變與向量控制技術之交流伺服馬達驅動」, 大葉大學電機工程學系碩士論文, 2010。
- [26] 徐小品, 楊家強, 黃進, 基於SVPWM的電機變頻調速系統的研究與實現, 機電工程, 第二十一卷, 第一期, pp. 34-37, 2004年。
- [27] 王曉明, 「電動機的DSC控制:微芯公司dsPIC應用」, 北京航空航天大學出版社, 2009。
- [28] 羅銘翔, 「永磁同步馬達調速驅動系統於跑步機之研製」, 國立成功大學電機工程學系碩士論文, 2007。
- [29] J. Zambada, Synchronous and Brushless DC Motor Drives, Microchip Technology Inc, 2006.
- [30] 巫昌園, 「內藏式永磁同步馬達弱磁控制於電動載具速度提升之探討與實現」, 國立成功大學電機工程學系碩士論文, 2004。