

永磁同步馬達驅動電路設計與向量控制之研究

陳暉儒、陳盛基

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

摘要

本文主要利用電壓空間向量調變之方法，控制具有三個霍爾感測器的永磁同步馬達，實現馬達正弦波電流驅動調速控制，並且使用Microchip公司所生產的16位元數位訊號處理器dsPIC30F2010晶片為控制核心，研製三相永磁同步馬達之驅動系統。首先擷取霍爾感測器訊號得知轉子位置與轉速訊息，藉由數位訊號處理器進行參考電壓向量幅值、週期、相位等參數的計算，利用空間向量脈衝寬度調變(SVPWM)技術，產生6個獨立PWM訊號送至變頻器驅動永磁直流無刷馬達。實驗結果說明所用的控制方法的可行性，並可產生適當的驅動電流驅動馬達運轉，達到調速的目的。

關鍵詞：永磁同步馬達、數位訊號處理器、空間向量脈衝寬度調變、正弦波控制

目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要	iii	英文摘要	iii
.	iv	誌謝	v
.	vi	圖目錄	ix
.	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	8
.	10	2.3 永磁同步馬達等效模型推導	11
.	17	2.4 座標軸轉換	17
第三章 永磁同步馬達驅動原理	22	3.1 變頻器	22
.	22	3.2 方波電流驅動	23
.	24	3.2.1 導通模式	23
.	24	3.2.2 導通模式	26
.	28	3.3 弦波電流驅動	26
.	28	3.3.1 弦波脈波寬度調變原理	29
.	29	3.3.2 空間向量脈波寬度調變原理	36
第四章 永磁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 六邊形磁鏈軌跡控制	40
.	47	4.1.2 圓形磁鏈軌跡控制	43
.	47	4.2 數位訊號處理器	47
.	50	4.3 調速系統控制架構	49
.	50	4.4 主程式架構	56
第五章 正弦驅動程式設計	56	5.1 中斷服務	56
.	56	5.2 速度迴路控制	60
.	61	5.2.1 PID實現	60
.	61	5.2.2 轉速估測	64
.	65	5.3 SVPWM實現	65
.	65	5.4 相位控制	69
.	72	第六章 驅動電路實現與實驗結果	72
.	72	6.1 驅動電路	73
.	76	6.2 霍爾感測訊號	73
.	76	6.3 閉迴路控制結果	77
.	80	6.4 SVPWM輸出波形結果	77
.	80	6.5 實驗結果	81
.	81	6.6 相位超前實驗	84
第七章 結論	88	參考文獻	88
.	89		

參考文獻

- [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。