

永磁無刷直流馬達無感測磁場導向控制

洪琮閔、陳盛基

E-mail: 344738@mail.dyu.edu.tw

摘要

本文探討使用Microchip dsPIC[®] DSC 系統對永磁直流無刷馬達 (Permanent Magnet Brushless DC Motor, BLDC) 進行無感測器磁場導向 (Field Oriented Control, FOC) 的演算控制法。控制核心採用dsPIC 33FJ32MC204, 進行了包含開閉迴路, 相位超前, 無感測及無感測磁場導向實驗。運用新一代數位信號控制器 (Digital Signal Controller, DSC), 並使用資料監視和控制畫面 (Data Monitor and Control Interface, DMCI) 作為馬達控制介面。文中先對受控馬達進行有限元素分析及反電動勢量測, 了解馬達之特性, 無感測控制是以反電動勢估算轉子之位置, 利於正確換相, 使馬達運轉。磁場導向控制法瞭解三相馬達向量控制之座標轉換原理, 依控制迴路計算轉換角, 透過 PI 控制器輸出變量轉換至靜止參考座標, 經計算後可得三相電壓值藉此求出新的 PWM (Pulse-width modulation) 佔空比所需之電壓向量。文中規劃了五種實驗, 並依據實驗數據進行討論。

關鍵詞: 永磁無刷馬達、無感測、座標轉換、磁場導向控制

目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要	iii	英文摘要	iii
. iv 誌謝	iv v 目錄	v
. vi 圖目錄	vi ix 表目錄	ix
. xiii 符號說明	xiii xiv 第一	xiv
章 緒論	1	1.1.1 前言	1
1.1.2	1	1.2	1
研究方法	2	2.1.3 文獻回顧	2
2.1.3	2	2.2 第二章 馬	2
達磁路分析	7	2.1 馬達規格與尺寸	7
7.2.1	7	7.2.2 馬達有	7
有限元素分析	11	2.3 馬達反電動勢波形量測	19
11.2.3	11	19 第三章 直流無刷	19
馬達無感測控制策略	26	3.1 六步梯形換相	27
26.3.1	26	3.2 BEMF檢測法	27
.	28	3.3 所選用的BEMF檢測法	30
28.3.3	28	3.4 BEMF過零信號檢測法	30
.	32	3.5 控制迴路	33
32.3.5	32	3.5.1 開迴路模式	33
.	34	3.5.2 閉迴路模式	34
34.3.5.2	34	第四章 無感測器磁場導向控制	34
.	36	4.1 系統概述	36
36.4.1	36	4.2 磁場導向控制	37
36.4.2	36	4.3	37
向量控制綜述	38	4.4 座標變換	39
38.4.4	38	4.4.1 Clarke變換	39
.	40	4.4.2 Park變換	40
40.4.4.2	40	4.4.1 Park逆變換	40
.	41	4.4.2 Clarke逆變換	42
41.4.4.2	41	4.5 PI控制	43
.	44	4.6 空	43
間向量調變(SVM)	44	4.7 BLDC的無感測器FOC	47
44.7	44	4.7.1 馬達模型	47
.	48	4.7.2 反電動勢估算	50
48.7.2	48	4.7.3 反電動勢與轉子位置關係	50
.	50	第五章 驅動器及控制實驗	52
50.5	50	5.1 dsPIC控制實驗板	52
.	52	5.1.1 實驗板連接器與跳線介紹	53
52.5.1.1	52	5.2 DMCI資料監視和控制介面設置	57
.	53	5.3 開迴路	57
控制	62	5.4 閉迴路控制實驗	69
62.5.4	62	5.5 直流無刷馬達相位超	69
前實驗	73	5.6 直流無刷馬達無感測控制實驗	79
73.5.6	73	5.7 直流無刷馬達無感測控制實驗	89
.	89	5.7.1 主要軟體狀態	90
89.5.7.1	89	第六章 結論	90
.	93	參考文獻	94
93.5.7.1	93	附錄	94
.	97		

參考文獻

- [1] 鄭健隆、林朝隆、葉進純、陳席卿、薛永隆, " 低成本全橋式直流無刷馬達驅動器電路製作 ", 電機月刊, 第二十一卷, 第1期, pp. 112-118, 2011年1月。
- [2] 陳遵立、劉立祥、田景文、陳俊宇、郭哲綱, " 以數位訊號處理器為基礎具弦波PWM之無刷馬達無感測驅動器 ", 電機月刊, 第二十卷, 第1期, pp. 134-141, 2010年1月。

- [3] 黃祿庭、陳正虎、黃寶強， “ 高可靠度無位置感測器無刷直流馬達驅動器起動方法之研究 ” ， 電機月刊， 第二十一卷， 第1期， pp. 120-131， 2011年1月。
- [4] 龔應時、陳良榮、陳建文、盧俊豪、呂明典， “ 以DSP為基礎無位置感測器電動跑步機速度控制系統之研製 ” ， 電機月刊， 第二十卷， 第1期， pp. 124-133， 2010年1月。
- [5] C. Elliott and S. Bowling, “ Using the dsPIC30F for Sensorless BLDC Control. ” , Microchip Technology, 2004.
- [6] J. shao, “ An Improved Microcontroller-Based Sensorless Brushless DC (BLDC) Motor Drive for Automotive Applications. ” , IEEE Trans on Industry Applications , Vol. 42, No. 5, pp. 1216-1221, Oct. 2006.
- [7] C. H. Chen and M. Y. Cheng, “ A New Sensorless Commutation Drive for Brushless DC Motors and Alternators. ” , IEEE Inter. Sym. on Industrial Electronics, Vol. 3, pp. 2116-2121, Jul. 2006.
- [8] J. Espina, A. Arias, J. Balcells and C. Ortega, “ Speed Anti-Windup PI strategies review for Field Oriented Control of Permanent Magnet Synchronous Machines. ” , Compatibility and Power Electronics, pp. 279-285, May. 2009.
- [9] M. B. B. Sharifian, T. Herizchi and K. G. Firouzjah, “ Field oriented control of permanent magnet synchronous motor using predictive space vector modulation. ” , IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications, Vol. 2, pp.574-579, Oct. 2009.
- [10] X. Wang, R. Na and N. Liu, “ Simulation of PMSM field-oriented control based on SVPWM. ” , IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, pp. 1465-1469, Sep. 2009.
- [11] 林志鴻， “ 以數位信號處理器實現同步磁阻馬達驅動系統之適應步階迴歸控制 ” ， 電機月刊， 第十六卷， 第8期， pp. 178-188， 2006年8月。
- [12] 鄧禮濤、張智凱、林法正， “ 應用FPGA於線型感應馬達之適應性步階迴歸控制器 ” ， 電機月刊， 第十六卷， 第8期， pp. 204-215， 2006年8月。
- [13] 邱天基，陳國堂，電機機械，全華科技圖書，民國83年9月。
- [14] Z.Q. Zhu, “ Influence of Design Parameters on Cogging Torque in Permanent Magnet Machines. ” , IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.15, No.4, pp.407-412, 2000.
- [15] N. Bianchi and S. Bolognani, “ Design Techniques for Reducing the Cogging Torque in Surface-Mounted PM Motors. ” , IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 38, No. 5, pp. 1259-1265, 2002.
- [16] 康基宏，選用適切矽鋼片，電機月刊，第八卷，第9期， pp. 200-204， 1998。
- [17] D. C. Hanselman, Brushless Permanent Magnet Motor Design. New York: McGraw - Hill, 1994.
- [18] 陳盛基，莊杰霖，永磁無刷馬達設計與分析流程驗證，機械月刊，381期， pp. 6-18， 2007。
- [19] D. C. Hanselman, Brushless Permanent Magnet Motor Design. Second edition, The Writers ' Collective, 2003.
- [20] Z.Q. Zhu, Influence of Design Parameters on Cogging Torque in Permanent Magnet Machines, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.15, No.4, pp.407-412, 2000.
- [21]D. Torres, “ Sensorless BLDC Control with back-EMF Filtering Using a Majority Function ” , AN1160 Appl. Note, in Microchip Technology Inc., 2008 [22]J. Zambade and D. Ded, “ Sensorless Field Oriented Control of PMSM ” , AN1078 Appl. Note, in Microchip Technology Inc., 2010 [23] “ MCT 3101 BLDC Control Techniques with 16 bits dsPIC Processors ” , class code, in Microchip Technology Inc., 2008