

DVD光碟機主軸馬達趨動控制之研究

李岳翰、鄭鴻儀

E-mail: 9419856@mail.dyu.edu.tw

摘要

本文先以軟體模擬驗證的方法，作為研製主軸馬達、驅動電路和控制器的指標。這方法是經由量測馬達參數後，建立無刷直流馬達其電路模型，再以電力電子軟體結合所設計的驅動電路，模擬其動態響應，接著進行量測比對，達成簡化主軸馬達驅動設計流程的目的，然後以向量控制理論為基礎，藉由永磁式同步電動機的動態方程式建構出馬達系統模型，並以數值分析軟體Matlab Simlink作出在三種不同驅動方式下馬達實際動態輸出響應模擬，利用此法使得在設計馬達或驅動控制器前，達到可先完成系統整合模擬的目的，進而減少設計與除錯的時間，且可以使系統成為模組化的設計，最後以FPGA作為控制平台，完成整體伺服控制驅動系統設計。

關鍵詞：無刷直流馬達；驅動電路；向量控制

目錄

| | |
|----------------------------------|-----|
| 目錄 封面內頁 簽名頁 授權書..... | iii |
| 中文摘要..... | iii |
| iv 英文摘要..... | v |
| v 誌謝..... | v |
| vi 目錄..... | vii |
| vii 圖目錄..... | vii |
| ix 表目錄..... | xii |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 1.1 前言..... | 1 |
| 1.2 本文目標..... | 1 |
| 1.3 文獻回顧..... | 2 |
| 第二章 光碟機主軸馬達系統分析..... | 5 |
| 2.1 光碟機主軸馬達的主要功能..... | 5 |
| 2.2 光碟機主軸馬達之結構分析..... | 5 |
| 2.3 主軸馬達之驅動模擬..... | 9 |
| 2.4 主軸馬達之驅動實際量測與比對..... | 15 |
| 2.5 永磁同步馬達數學模型..... | 19 |
| 2.5.1 永磁同步馬達三相靜止座標數學模型..... | 19 |
| 2.5.2 永磁同步馬達於二相旋轉座標數學模型..... | 22 |
| 2.6 永磁同步馬達驅動方式..... | 26 |
| 2.7 動態響應模擬..... | 28 |
| 第三章 驅動級電路架構..... | 35 |
| 3.1 MOSFET基本介紹..... | 35 |
| 3.2 MOSFET電氣特性..... | 37 |
| 3.3 高頻切換特性..... | 41 |
| 3.4 閘極驅動與保護電路..... | 44 |
| 第四章 系統實驗結果..... | 53 |
| 第五章 結論與未來展望..... | 58 |
| 5.1 結論..... | 58 |
| 5.2 未來展望..... | 58 |
| 參考文獻..... | 60 |
| 圖目錄 圖2.1 主軸轉速與讀寫倍數關係圖..... | 6 |
| 圖2.2 主軸馬達為9槽12極無刷直流馬達結構圖..... | 7 |
| 圖2.3 定電流的電樞磁場圖(80G高斯/100mV)..... | 8 |
| 圖2.4 於2300rpm下實測主軸馬達反電動勢波形..... | 10 |
| 圖2.5 模擬於三相無電感性負載線電壓..... | 11 |
| 圖2.6 於三相無電感性負載下線電壓波形..... | 12 |
| 圖2.7 模擬實際負載線電壓波形(未加入PWM)..... | 13 |
| 圖2.8 模擬實際負載線電流波形(未加入PWM)..... | 13 |
| 圖2.9 模擬實際負載線電壓波形(加入PWM)..... | 13 |
| 圖2.10 模擬實際負載線電流波形(加入PWM)..... | 14 |
| 圖2.11 線電壓波形(加入PWM與後級緩衝電路)..... | 14 |
| 圖2.12 線電流波形(加入PWM與後級緩衝電路)..... | 14 |
| 圖2.13 PSIM模擬馬達加速到定轉速其驅動情形..... | 15 |
| 圖2.14 直流無刷主軸馬達驅動控制方塊圖..... | 16 |
| 圖2.15 三相霍爾元件回授量測波形..... | 17 |
| 圖2.16 馬達線對線電壓與速度回授FG訊號..... | 17 |
| 圖2.17 霍爾元件受到雜訊干擾波形..... | 18 |
| 圖2.18 低速運轉U,V,W三相電流與FG訊號..... | 18 |
| 圖2.19 高速運轉U,V,W三相電流與FG訊號..... | 19 |
| 圖2.20 三相靜止座標轉換成二相旋轉座標示意圖..... | 22 |
| 圖2.21 永磁同步電動機dq軸等效電路..... | 25 |
| 圖2.22 永磁同步電動機二相靜止座標模擬模型..... | 26 |
| 圖2.23 120度與180度方波驅動時序圖..... | 27 |
| 圖2.24 弦波驅動靜止座標對應轉子位置與兩軸電流..... | 29 |
| 圖2.25 弦波驅動馬達動態響應圖..... | 30 |
| 圖2.26 旋轉座標下弦波驅動兩軸電流與電磁轉矩..... | 30 |
| 圖2.27 180方波驅動靜止座標下轉子位置與兩軸電流..... | 31 |
| 圖2.28 120方波驅動靜止座標下轉子位置與兩軸電流..... | 31 |
| 圖2.29 旋轉座標下180方波驅動兩軸電流與電磁轉矩..... | 32 |
| 圖2.30 旋轉座標下120方波驅動兩軸電流與電磁轉矩..... | 33 |
| 圖2.31 180度方波驅動速度、位置、轉矩響應圖..... | 33 |
| 圖2.32 120度方波驅動速度、位置、轉矩響應圖..... | 34 |
| 圖3.1 三相無刷直流馬達驅動器示意圖..... | 35 |
| 圖3.2 空乏型與增強型MOSFET轉移特性..... | 36 |
| 圖3.3 輸入容量與端子間容量..... | 38 |
| 圖3.4 內部逆二極體順向電流..... | 38 |

| | |
|-------------------------------------|--|
|40 圖3.5 內部二極體逆向恢復時間..... | 41 圖3.6 等效電路圖..... |
|43 圖3.7 MOSFET切換模型..... | 44 圖3.8 MOSFET導通時所需的充放電電流..... |
|46 圖3.9 閘極驅動電流動作..... | 46 圖3.10 雙極性電晶體驅動電路..... |
|47 圖3.11 信號用MOSFET驅動電路..... | 48 圖3.12 CMOS IC驅動電路..... |
|48 圖3.13 快速導通驅動電路..... | 49 圖3.14 使用二極體作為MOS_FET保護元件..... |
|50 圖3.15 馬達端子電壓於各元件動作時序圖..... | 51 圖3.16 換相電壓震盪(5V/div,0.2ms/div)..... |
|51 圖3.17 驅動元件MOS_FET端整體架構..... | 52 圖4.1 主軸馬達驅動系統..... |
|54 圖4.2 以換向訊號作為轉速回授..... | 54 圖4.3 以FG與換向訊號作為轉速回授..... |
|55 圖4.4 開迴路馬達模型..... | 56 圖4.5 開迴路自由加速模擬..... |
|56 圖4.6 閉迴路PI控制模型..... | 56 圖4.7 各種加速模擬..... |
|57 圖4.8 閉迴路速度響應..... | 57 表目錄 表2.1 模擬時所使用的馬達參數..... |
|11 表2.2 三相電壓大小表..... |12 表2.3 驅動方式表..... |
|27 | |

參考文獻

- [1] 吳炳飛, “次世代數位影音多用途光碟系統之光機電整合研究”, 工程科技通訊, Vol. 12, No. 60, pp. 47-53, 二月 2002.
- [2] 潘彥光, 蔡政宏, 張裕修和徐弘光, “直流無刷主軸馬達的模擬”, 機械月刊馬達與控制專輯, Vol. 27, No 7, pp. 364-369, 九月 2001.
- [3] 潘彥光, 蔡政宏, 張裕修和徐弘光, “主軸馬達方波與正弦波驅動技術之簡易研製”, 機械月刊馬達與控制專輯, Vol. 27, No 7, pp. 355-363, 八月 2001.
- [4] Y. Muria, Y. Kawase, K. Ohashi, K. Nagatake, K. Okuyama, “Torque Ripple Improvement for Brushless DC Miniature Motor”, IEEE Transactions on industry application, pp. 441-450, Vol 25, No 3, May/June 1989.
- [5] P. Pillay, R. Krishnan, “Modeling, Simulation, and Analysis of Permanent-Magnet Motor Drives, Part1: The Permanent-Magnet Synchronous Motor Drive”, IEEE Transactions on industry applications, Vol 25, No 2, pp. 265-273, March/April 1989.
- [6] P. Pillay, R. Krishnan, “Modeling, Simulation, and Analysis of Permanent-Magnet Motor Drives, Part2: The Brushless DC Motor Drive”, IEEE Transactions on industry applications, Vol 25, No 2, pp. 274-279, March/April 1989.
- [7] Duane C. Hanselman, Brushless Permanent-Magnet Motor Design. McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [8] CLAYTON R. PAUL, Introduction to Electromagnetic Compatibility. John Wiley & Sons, Inc, 1992.
- [9] Hisashi Takahashi, Takashi Kenjo, Hirokazu, “A real-time estimation method of brushless DC servomotor parameters”, IEEE International Conference on Power Electronics, Nagaoka, 1997.
- [10] T. Jahns, “Motion control with permanent-magnet machines”, Proc. IEEE, vol. 82, no. 8, pp. 1241-1252, Aug. 1994.
- [11] 林錫寬和王世杰, “永磁馬達遞增電感的量測與磁路分析”, Motor Express, Vol. 55, November 2003.
- [12] 詹前茂, “電機驅動控制”, 新文京開發出版社, Inc 2003.
- [13] 劉昌煥, “交流電動機控制”, 東華書局出版社, Inc 2003.
- [14] 呂有勝, 詹順興和陳政村, “光碟機主軸伺服之鎖相迴路控制改善設計”, 自動控制研討會, Inc 2004.