

# 比雅久電動機車之輪轂馬達驅動器研製與實車驗證

洪振傑、蔡耀文

E-mail: 322069@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

近年來隨著環保意識抬頭與全球暖化的嚴重問題的浮現，如何愛護地球、減緩對環境的污染已成為各國主要討論的議題。以台灣而言，機車使用密度是全世界名列前茅的國家，造成了嚴重的環境污染，因此具有低汙染、低噪音、省能源的綠色交通工具 - 電動機車，儼然成為現今大家討論的明日之星。基於電動機車逐漸被國人所接受與討論，本文使用比雅久公司所生產的電動機車E - BUBU做為主要測試車輛，利用該車所配置的輪轂式無刷直流馬達，發展出一套符合電動機車騎乘需求的輪轂馬達驅動器。在電控系統方面，使用數位訊號處理器（DSP）做為各元件間訊號溝通與處理的控制核心，搭配六步方波驅動方式，完成電動機車的控制目標。在硬體電路方面，自行研製所有電路，主要單元包括隔離電路、驅動電路、功率模組與保護電路。藉由軟體與硬體的研製與整合，成功開發出一套輪轂馬達驅動器。驅動器研製完成後，進行電動機車平台實測，並且安裝於比雅久電動機車進行實車的道路測試，包含平路測試與爬坡測試。藉由實車測試的過程，修改程式與調整各項參數，達成較佳行車效能。根據實車路試結果之顯示，本文所研製的輪轂馬達驅動器確實可以符合一般電動機車的騎乘需求。

關鍵詞：電動機車、輪轂馬達、數位訊號處理器、實車測試

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v
誌謝.....	vi	目錄.....	vii	圖目錄.....	x
表目錄.....	xiv	第一章緒論 1.1 研究動機與背景.....	1	1.2 文獻回顧與研究方法.....	3
1.3 內容大綱.....	3	第二章 無刷直流馬達數學模型與控制理論 2.1 無刷直流馬達簡介.....	5	2.2 無刷直流馬達數學模型.....	8
2.3 無刷直流馬達控制理論.....	11	2.3.1 矩形波驅動.....	13	2.4 六步方波控制策略之實現.....	18
第三章 輪轂馬達驅動系統硬體電路架構 3.1 隔離電路.....	24	3.2 閘極驅動電路.....	26	3.3 功率模組電路.....	28
3.3.1 功率電晶體的選擇.....	30	3.4 保護電路與週邊處理電路.....	35	3.4.1 閘極保護電路.....	36
3.4.2 偵測電流電路.....	37	3.4.3 緩衝保護電路.....	39	3.4.4 相位偵測電路.....	43
3.4.5 開關電路.....	45	3.4.6 DSP類比 / 數位轉換器保護電路.....	46	第四章 基於TI DSP 320LF2407A系統軟體架構 4.1 TI DSP 320LF2407A 介紹.....	48
4.2 一般功能I / O介紹.....	52	4.3 中斷介紹.....	53	4.4 事件管理器介紹.....	53
4.4.1 一般功能（GP）計時器.....	55	4.4.2 比較單元.....	57	4.4.3 脈波寬度調變.....	57
4.5 類比 / 數位轉換器（ADC）介紹.....	60	4.6 基於DSP 2407A之驅動器控制系統實現.....	61	4.6.1 啟動開關以及馬達運轉異常指示燈.....	63
4.6.2 馬達位置偵測.....	64	4.6.3 脈波寬度調變（PWM）的使用.....	65	4.6.4 類比 / 數位轉換器（ADC）的應用.....	67
4.7 馬達驅動器控制系統程式流程圖.....	68	第五章 實測結果 5.1 電動機車動力平台測試.....	70	5.2 實車道路測試.....	74
第六章 結論與未來展望.....	80	參考文獻.....	82		

## 參考文獻

- [1]A. Ward, " The electric car: development and future of battery, hybrid and fuel-cell cars ", IEE Review, vol. 48, no. 3, pp. 14, 2002.
- [2]V. Marshall, " Build a Miniature Electric Hub Motor ", Charles Guan, 2010.
- [3]王伯恭, " 直驅式輪轂馬達於輕型電動機車之整合設計 ", 碩士論文, 成功大學, 2009.
- [4]T. F. Chan, Lie-Tong Yan, Shao-Yuan Fang, " In-Wheel Permanent-Magnet Brushless dc Motor Drive for an Electric Bicycle ", IEEE Transactions On Energy Conversion, vol. 17, no. 2, 2002.
- [5]Hong-Xing Wu, Shu-Kang Cheng, Shu-Mei Cui, " A Controller of Brushless DC Motor for Electric Vehicle ", IEEE Transactions On Magnetics, vol. 41, no. 1, 2005.

- [6]Huang-Qingxin, Liang-Hui, “ DSP Control System of Brushless DC Motor without Position Sensor ” , ICEMS, vol. 1, pp. 371-375, 2005.
- [7]M. H. Rashid, “ Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications ” , Prentice-Hall, 1993.
- [8]D. C. Hanselman, “ Brushless Permanent-Magnet Motor Design ” , McGraw-Hill, 1994.
- [9]Juan W. Dixon, Iva'n A. Leal, “ Current Control Strategy for Brushless DC Motors Based on a Common DC Signal ” , IEEE Transactions On Power Electronics, vol. 17, no. 2, 2002.
- [10]C. S. John, “ PWM hybrid inverter drive circuit topologies that employ a dual voltage and current dc-link ” , IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 30, no. 3, pp. 707-716, 1994.
- [11]S. K. Biswas, B. Basak, and K. S. Rajashekara, “ Gate drive methods for IGBTs in bridge configurations ” , Industry Applications Conference on Society Annual Meeting of IEEE, vol. 2, pp. 1310-1316, 1996.
- [12]詹晉榮, “ 直流無刷馬達驅動系統實務設計 ” , 碩士論文, 大葉大學, 1993.
- [13]劉育宏, “ 電動車用直流無刷馬達驅動器數位設計與實現 ” , 碩士論文, 長庚大學, 1999.
- [14]蘇德勝, “ 高功率2萬瓦特直流無刷馬達之驅動器研製與新型複合動力車輛之應用 ” , 碩士論文, 大葉大學, 1997.
- [15]TOSHIBA, Inc., “ TLP250 ” , datasheet, www.alldatasheet.net, 2008.
- [16]謝昌甫, “ 新型並聯式複合電動重型機車之一體式馬達/發電機驅動器與控制器研製 ” , 碩士論文, 大葉大學, 1996.
- [17]廖健佑, “ 數位化無刷直流馬達電流迴路控制設計 ” , 碩士論文, 大葉大學, 1995.
- [18]Levi-Lee, “ N-MDSFET-Cross ” , zh.wikipedia.org, 2006.
- [19]Topstek, Inc., “ TES100 ” , datasheet, www.topstek.com, 2008.
- [20]IR, Inc, “ IRFPS3810 ” , datasheet, www.datasheetcatalog.com, 2009.
- [21]新華電腦, “ DSP從此輕鬆跑(TI DSP 320LF2407A) ” , 台科大圖書, 2003.
- [22]董勝源, “ DSP TMS320LF2407A與C語言控制實習 ” , 長高科技圖書, 2004.
- [23]TI, Inc., “ TMS320LF2407A ” , datasheet, www.focus.ti.com, 2005.
- [24]經濟部工業局, “ 經濟部發展電動機車補助及獎勵實施要點 ” , 電動機車法規, 2010.