

# 高續行力永磁無刷電動自行車驅動器及盤式發電機之設計與研究

吳仲琪、胡永柟

E-mail: 205255@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

自行車是多功能的交通工具，兼具運輸、休閒和運動等目的。若加上電池、電機、驅動器，使騎乘者更為省力、輕鬆，將更能提升自行車之便捷性與實用性。本文提出改善續行力電動自行車之驅動器設計，電機採用4極6槽之永磁無刷電機(BLDCM)，永磁無刷直流電機適於輪內直驅之場合，由於低旋轉損失，使得永磁無刷直流電機具有高效率、高能量密度，適合寬廣範圍的速度控制。並提出創新建立盤式發電方法提供電池充電，增加其續行力；微控制器則使用DSPIC微晶片為核心，實現整合自行車週邊控制電路及MOSFET驅動電路；速度迴授則使用霍爾感測器進行速度感測，並使用PD閉迴路控制法則改善低轉速之響應。本文提出之設計除了能節能減碳，更能改善目前所有電動自行車之高耗電、低續行力之缺點。

關鍵詞：永磁無刷電機、DSPIC、盤式發電、霍爾感測器、電動自行車

## 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 . . . . .
. . . . . ix	表目錄 . . . . .	xi	第
第一章 緒論 1.1 前言 . . . . .	1	1.2 研究動機與目的 . . . . .	
. . . . . 2	1.3 研究步驟與系統架構 . . . . .	4	1.4 論文大綱 . . . . .
. . . . . 5	第二章 直流無刷電機與盤式發電機簡介 2.1 直流無刷電機基本類型 . . . . .	6	2.2 直流無刷馬達相關方程式 . . . . .
. . . . . 9	2.3 霍爾感測器 . . . . .	19	2.4 盤式發電機製作 . . . . .
. . . . . 22	第三章 無刷電機驅動控制器研製 3.1 DSPIC30F2010控制核心簡介 . . . . .	27	3.2 電機加減速曲線 . . . . .
. . . . . 29	3.3 霍爾型調速手把 . . . . .	31	3.4 PI低轉速補償控制 . . . . .
. . . . . 32	3.5 電機驅動電路 . . . . .	37	第四章 回充系統與週邊電路保護設計 4.1 電源電路 . . . . .
. . . . . 39	4.2 溫度保護電路 . . . . .	40	4.3 過電流源偵測保護電路 . . . . .
. . . . . 42	4.4 回充系統設計 . . . . .	44	第五章 實驗結果 5.1 輪殼電機特性量測 . . . . .
. . . . . 46	5.2 PWM速度訊號量測 . . . . .	47	5.3 霍爾感測器訊號量測 . . . . .
. . . . . 50	5.4 驅動電路訊號量測 . . . . .	51	5.5 自行車安裝成品 . . . . .
. . . . . 54	第六章 結論與未來展望 6.1 結論 . . . . .		
. . . . . 55	6.2 未來展望 . . . . .	55	參考文獻 . . . . .
. . . . . 56	圖目錄 圖1.1 系統方塊圖 . . . . .	4	圖2.1 電動機的分類圖 . . . . .
. . . . . 6	圖2.2 電機各部份組成簡介 . . . . .	7	圖2.3 電動機基本結構 . . . . .
. . . . . 8	圖2.4 無刷馬達定轉子斷面及尺寸標示圖 . . . . .	9	圖2.5 霍爾元件中電子移動原理圖 . . . . .
. . . . . 20	圖2.6 霍爾元件中磁場電位差原理圖 . . . . .	20	圖2.7 霍爾元件使用配置圖 . . . . .
. . . . . 21	圖2.8 霍爾元件回授訊號UVW六種變化 . . . . .	22	圖2.9 漆包線線圈 . . . . .
. . . . . 22	圖2.10 繞線治具 . . . . .	23	圖2.11 金屬黏著劑(缺氧膠) . . . . .
. . . . . 23	圖2.12 盤式發電機軸承座 . . . . .		
. . . . . 24	圖2.13 自製無刷馬達成品組裝 . . . . .	24	圖2.14 DIY盤式發電機成品 . . . . .
. . . . . 25	圖2.15 盤式發電機對電池充電波形 . . . . .	26	圖2.16 盤式發電機組裝輪圈 . . . . .
. . . . . 26	圖3.1 dsPIC30F2010接腳圖 . . . . .	28	圖3.2 PWM控制流程方塊圖 . . . . .
. . . . . 29	圖3.3 理想電機之加減速曲線 . . . . .	30	圖3.4 輪殼電機之加減速S曲線 . . . . .
. . . . . 30	圖3.5 調速轉把與dsPIC30F2010之連接 . . . . .	32	圖3.6 PI控制系統模型 . . . . .
. . . . . 35	圖3.7 未加入積分控制器模型 . . . . .	35	圖3.8 未加入積分控制器之步階響應圖 . . . . .
. . . . . 35	圖3.9 比例積分控制器之模型 . . . . .	36	圖3.10 比例積分控制器之步階響應圖 . . . . .
. . . . . 36	圖3.11 電機驅動級電路 . . . . .		
. . . . . 37	圖3.12 FDP047N10 N-MOSFET規格表 . . . . .	38	圖4.1 電源轉換電路 . . . . .

40	圖4.2 溫度保護電路	41	圖4.3 軟體監測電流保護電路
43	圖4.4 硬體監測電流栓鎖保護電路	43	圖4.5 三相回充電路設計
45	圖5.1 24v/36v輪穀電機	46	圖5.2 輪穀電機之特性曲線
47	圖5.3 PWM有效寬度各比例輸出	50	圖5.4 UVW三相霍爾實測輸出
50	圖5.5 U相工作導通電壓	51	圖5.6 V相工作導通電壓
52	圖5.7 W相工作導通電壓	52	圖5.8 U-V相工作導通電壓
53	圖5.9 U-W相工作導通電壓	53	圖5.10 整合各零件之電動自行車
54	表目錄 表5.1 輪穀電機之額定特性		
47	表5.2 轉把電壓對應PWM脈波有效寬度比	48	

## 參考文獻

- [1] Karl J. Astrom, Richard E. Klein, and Anders Lennartsson, " Bicycle Dynamics and Control ", IEEE Control Systems Magazine, pp 26-47, 2005.
- [2] Mayer and Lau, " Electronic Materials Science for Integrated Circuits in Si and GaAs ", Macmillan, 1990.
- [3] Miller and Mullin, " Electronic Materials from Silicon to Organics ", Plenum, 1991.
- [4] Min Kim, Jang-Gyoon Choi, Jeong-I1 Lee, Hyung-Sang Yoon, Yang-Su Kim ' and In-Su Cha, " A Study on the DC Motor Speed Control for Electric Bicycle with the Load Induction Unit ", Cholula, Puebla, Mexico, pp 141-144, 2000.
- [5] Shashikanth Suryanarayanan, Masayoshi Tomizuka and Matt Weaver, " System Dynamics and Control of Bicycles at High Speeds ", Proceedings of the American Control Conference, Anchorage, AK, pp 845-850, 2002.
- [6] T.F. Chan and Lie-Tong Yan, " Design of a Permanent-Magnet Brushless D.C. Motor Drivefor an Electric Bicycle, " IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PEDS'99, July 1999, Hong Kong., pp 714 – 718, 1999.
- [7] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, and S. D. Umans, Electric Machinery,5th edition, McGraw-Hill, 1990.
- [8] P. C. Sen, Principles of Electric Machines and Power Electronics, 2nd edition, John Wiley & Sons, 1997.
- [9] N. Mohan, T. M. Undeland, and W. P. Robbins, Power Electronics,John Wiley & Sons, 1995.
- [10] P. Pillay and Z. Xu, "Motor current signature analysis," ROC, of IEEE Industry Applications Conference, vol. 1, pp. 587-594, 1996.
- [11] J. G. Tseng, K. H. Huang and T. C. Fan, "Design of PID controller for DC servomotor systems," Academic Bulletin of Chinese Naval Academy. Vol. 8, pp. 46-59, 1997.
- [12] S. M. Baek and T. Y. Kuc, "An adaptive PID learning control of DC motors," IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 3, pp. 2877-2882, 1997.
- [13] J. H. Cavalcanti, "Intelligent control system using PID and neural controllers," Proceedings on the 38th Midwest Symposium on Circuits and Systems, vol. 1, pp. 425-428, 1996.
- [14] 王鴻祥, " 地球說話了— 環保產品的設計對策 ", 產品設計與包裝, 第五十期, pp. 5-8, 1992.
- [15] 李雅明, " 固態電子學 ", 全華科技圖書出版, 1995.
- [16] 李德威, " 綠色消費時代的來臨 ", 環耕雜誌, 1997.
- [17] 黃裕哲, " 國內外電動輔助自行車結構配置應用分析研究 ", 自行車工業研究發展中心, 1999.
- [18] 張惠冠, " 電動自行車產業現況與趨勢分析 ", 機械工業雜誌, pp. 201-213, 2001.
- [19] 張義和, " 主流電腦輔助電路設計 Protel 99SE ", 全華科技圖書出版, 2005.
- [20] 鄭福田, " 空氣污染 ", 環耕雜誌, 1996.
- [21] 歐文雄、歐家駿, " 工業電子學 ", 全華科技圖書出版, 1997.
- [22] 揚克勤, 設計直流馬達轉速遠端模糊監控系統, 海洋大學電機工程研究所, 碩士論文, 2001.
- [23] 張道弘, PID 控制理論與實務, 全華科技圖書股份有限公司, 1995.
- [24] 柳振意, 應用模糊方法於無刷直流馬達之速度控制, 中正大學電機工程研究所, 碩士論文, 2000.
- [25] 余清華編譯, Matlab 精要, 全華科技圖書, 1999.
- [26] 林偉宏, 電動自行車之智慧型控制器設計, 吳鳳技術學院光機電暨材料研究所, 碩士論文, 2006.
- [27] 余志斌, 綠色能源電動自行車之控制器設計, 吳鳳技術學院光機電暨材料研究所, 碩士論文, 2008.
- [29] 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, 2007.
- [30] 陳盛基、粘鏡耀、吳仲琪, " 無鐵心式永磁線性同步馬達之設計分析與運動控制應用 ", 中國機械工程學會第25屆全國學術研討會, 2008.