

電動車用60kW輪穀馬達驅動器之設計製造與驗證

柯紘鈞、蔡耀文

E-mail: 319758@mail.dyu.edu.tw

摘要

因應氣候重大變遷及各國的環保對策，在車輛工業方面，莫不以提高效率及減少排碳量為研製宗旨；台灣車輛產業對電動車的發展也不遺餘力，輕型電動載具的驅動器設計能力與製造已有初步規模。但是在大型車輛與高功率驅動技術方面，相較於低功率馬達驅動器，由於高功率驅動器的研發有一定的困難程度，以及製程與測試設備的高規格要求，在加上應用於電動車的壽命與安全要求，使得台灣車用高功率馬達之驅動器一直無法有完整的自主開發能力，只能進口國外昂貴的驅動模組，一旦依賴於國外的驅動模組，台灣於電動車輛的發展勢必形成一定程度的障礙，所以唯有100%自主開發驅動器，建立其關鍵技術，深入高功率車用馬達驅動器的設計製做、實驗與測試流程，方能使台灣在電動車輛的發展上佔有一席之地。有鑑於此，本文將建立大功率驅動器的硬體設計法則；完成功率峰值可達60kW額定功率22kW之輪穀馬達驅動器，利用加強高功率驅動元件IGBT的閘極驅動速度，大量減少切換損失，配合緩衝器(Snubber)達成脈衝能量轉移，以增加切換元件安全操作範圍，本文使用德州儀數位訊號處理器(DSP)為驅動控制核心，建構馬達驅動器所需程式。在驅動器驗證方面，實驗平台使用了直流分激發電機來模擬負載；經由實驗結果得知，本文所設計的驅動器在輪穀馬達於額定功率運轉時，馬達本體加驅動器效率可達93%以上，而驅動器預估效率最佳可達99%；而驅動器之主散熱基板經由強制空氣冷卻，其平均溫度只有攝氏35度，結果顯示驅動器因有極高之效率故產生之熱損失極少，經由平台實驗結果得知本文設計之高功率60kW級車用馬達驅動器之研製成效良好。

關鍵詞：輪穀馬達、閘極驅動、永磁式直流無刷、馬達控制

目錄

封面內頁.....	i	簽名頁.....	ii	授權																																																																																																			
書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	vi	誌謝.....	viii	目錄.....	xi	圖目錄.....	xii	表目錄.....	xvii	符號列表.....	xix	第一章 緒論.....	1	1.1 研究動機與背景.....	1	1.2 研究方法.....	3	1.3 內容大綱.....	4	第二章 馬達驅動器實務.....	6	2.1 驅動器簡介.....	6	2.2 驅動類型.....	9	2.2.1 H橋直流馬達驅動器.....	9	2.2.2 三相全橋驅動器.....	11	2.2.3 步進馬達驅動器.....	12	2.2.4 整流調變型驅動器.....	14	2.2.5 交流轉直流調變器.....	15	2.3 切換元件.....	17	2.3.1 SCR 矽控整流器.....	17	2.3.2 GTO 可關斷閘流管.....	18	2.3.3 GTR 巨型化電晶體.....	20	2.3.4 POWER MOSFET 功率型金屬薄膜場效應電晶體.....	21	2.3.5 IGBT 絕緣閘極電晶體.....	21	2.4 切換方式.....	23	2.4.1 解耦電容型.....	26	2.4.2 經由電阻放電的解耦電容型.....	28	2.4.3 RCD 充放電電路.....	31	2.4.4 RCD 箝位型.....	34	2.5 閘極驅動器.....	36	2.5.1 切換元件驅動電源.....	36	2.5.2 閘極驅動器.....	41	2.6 其他硬體細節.....	50	第三章 驅動器研製.....	56	3.1 切換元件選用.....	56	3.2 Gate driver 模組.....	62	3.3 Snubber 模組.....	70	3.4 硬體規劃.....	72	3.5 控制核心.....	75	第四章 實驗步驟與結果驗證.....	89	4.1 動力驗證設備.....	89	4.2 實驗方法.....	92	4.3 測試結果紀錄.....	93	第五章 結論與展望.....	102	5.1 實驗結論.....	102	5.2 實驗檢討.....	102	5.3 未來展望.....	103	參考文獻.....	104	附錄A.....	107	附錄B.....	108

參考文獻

- [1]Bose, Bimal K., " Power electronics and motor drives : advances and trends " , Elsevier Academic Press, 2006.
- [2]Gowar, John, " Power mosfets: theory and applications " , John Wiley & Sons, Ltd., 1989.
- [3]楊勝明, " 直驅式輪穀馬達之趨勢與應用 " , 淡江大學機械與機電工程系, Jul, 2003.
- [4]Yong Li, " Unified Zero-Current-Transition techniques for high power three phase PWM inverters " , Praca Doktorska, Mar, 2002.
- [5]Yong Li, Fred C. Lee, Jason Lai and Dushan Boroyevich, " A novel three phase zero current transition and quasi zero voltage transition

- (ZCT-QZVT) inverter/rectifier with reduced stresses on devices and components ” , in IEEE Applied Power Electronics Conference, pp. 1030-1036, 2000.
- [6]Yong Li, “ IGBT Device Application aspects for 50-kW Zero Current transition inverters ” , Eighteenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, Feb, 2003.
- [7]Yi Zhang, Saed Sobhani, Rahul Chokhawala, “ Snubber considerations for IGBT applications ” , International Rectifier Corporations, Technical papers.
- [8]R. Sachdeva and E. P. Nowicki, “ A novel gate driver circuit for snubberless, low-noise operation of high power IGBT ” , IEEE Cabdian Conf. Eletrical and Computer Engineering (CCECE), Vo1. 1, pp. 212-217, 2002.
- [9]H. J. Beukes, J. H. R. Enslin, R. Spee, “ Active snubber for high power IGBT modules ” , AFRICON, IEEE AFRICON 4th, , vol.1, pp. 456-461, 1996.
- [10]Rudy Severns, “ Design of smubber for power circuits ” , cornell dubilier electronics, Inc., 2007.
- [11]SEMIKRON INTERNATIONAL GmbH, “ IGBT Peak voltage measurement and snubber capacitor specification ” , Application Note AN-7006, Mar, 2008.
- [12]EPCOS, Inc, “ Cross reference for IGBT snubber capacitors Module / Capacitors ” , IGBT Module / capacitor cross user guide, Jan, 2005.
- [13]CAMELTEK, Inc., “ IGBT snubber modules capacitors ” , General information and data sheet.
- [14]方志行, “ 閘極驅動電路 ” , 馬達科技研究中心第四十六期, Sep, 2003.
- [15]MORNSUN, Inc., “ Application Manual for QP12W05S-37 hybrid gate driver ” , Data Sheet and Application Manual, 2009.
- [16]山崎浩 著, 白中和 譯, “ MOSFET/IGBT應用設計技術 ” ,建興文化事業有限公司, Jan, 2007.
- [17]POWEREX, Inc, “ CM600HA-24H ” , www. datasheetcatalog. com, download of 2007.
- [18]POWEREX, Inc., “ CM600HU-12H ” , www. datasheetcatalog. com, download of 2007.
- [19] Texas Instruments, “ TMS320LF2407A DSP controller ” , Texas Instruments Inc., Jul, 2000.
- [20]董勝源, “ DSP TMS320LF2407與C語言控制實習 ” , 長高科技圖書, Jun, 2004.
- [21]SPECTRUM DIGITAL, “ eZdsp LF2407 ” , spectrum digital Inc., Dec, 2000.
- [22]張偉能,林琨閔,蔡耀文, “ 新型混和車用高功率直流無刷馬達驅動發展平台研製 ” , 台灣科大技術學刊第二十五卷第二期, 2010.