

The Study on Force Feedback System for Vehicle Steering Wheel

王柏堯、林海平

E-mail: 9509852@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The future trend of the development of the vehicle steering system is towards improving the vehicle dynamic control. In the steer-by-wire system, the force feedback from the steering wheel not only provides the steering signal to the controller, but also transfers the road reaction to the driver. The force feedback motor plays an important role in the steer-by-wire system and offers the main road information. In this paper, the experimental platform for the force feedback motor, the motor controller and the design of the overheat protection and practical vehicle measure are investigated. The force feedback of the steering wheel system is mainly used to connect the motor with the steering wheel. The motor will give a feeling of force feedback to the driver. The driving conditions can be detected from the steering wheel angle sensor. The rotational direction of the steering wheel by the driver can then be determined by the signal received by the controller. The actuator will then give the motor suitable control to offer a feedback force which the driver needs.

Keywords : Steer-by-wire system, Force feedback motor

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v
誌謝.....	v	目錄.....	vi	圖目錄.....	vii
表目錄.....	x	符號說明.....	xiv	第一章 緒論.....	xv
1.1 前言.....	1	1.2 文獻回顧.....	4	1.3 研究目的.....	6
第二章 車輛轉向系統介紹.....	8	2.1 機械式車輛轉向系統.....	9	2.2 液壓輔助式車輛轉向系統.....	10
2.3 電控輔助式車輛轉向系統.....	11	2.4 線控轉向系統.....	13	2.5 車輛線控轉向系統方向盤停止機構.....	15
第三章 車輛動態理論分析.....	17	3.1 輪胎之側向力.....	18	3.2 輪胎自我回復力.....	20
3.3 方向盤轉動力矩.....	22	第四章 力回饋方向盤研究方法.....	26	4.1 實驗設備簡介.....	26
4.2 系統架構.....	29	4.3 馬達驅動.....	33	4.4 脈波寬度調變簡介.....	36
4.5 分散式系統架構.....	38	4.6 線控轉向備用系統.....	42	第五章 實車量測.....	46
5.1 實車量測方法.....	46	5.2 實車量測結果.....	48	5.3 方向盤自我回復.....	55
第六章 研究結果分析與討論.....	59	6.1 扭力計訊號放大.....	59	6.2 馬達驅動電路之輸出情形.....	65
6.3 力回饋馬達模擬實車曲線.....	70	6.4 模擬胎壓不足之情形.....	78	6.5 模擬車輛高低速行駛情形.....	79
第七章 結論與未來研究建議.....	81	7.1 實車與平台量測討論.....	81	7.2 實驗平台之改進.....	82
7.3 未來發展之研究方向.....	82	參考文獻.....	84	附錄.....	87
圖目錄 圖1.1 車輛線控轉向系統[1].....	3	圖1.2 車輛電子轉向系統對煞車穩定性的提升.....	5	圖1.3 車輛電子系統發展趨勢[7].....	7
圖2.1 傳統機械式車輛轉向系統[9].....	10	圖2.2 動力輔助式車輛轉向系統[9].....	11	圖2.3 電子動力液壓輔助轉系統(EPS).....	12
圖2.4 電控輔助式車輛轉向系統(EHPS).....	12	圖2.5 線控轉向系統架構[11].....	13	圖2.6 馬達驅動備用裝置[12].....	14
圖2.7 車輛線控轉向系統方向盤停止機構[13].....	16	圖3.1 SAE輪胎座標軸系統[14].....	17	圖3.2 輪胎側向力示意圖.....	18
圖3.3 輪胎側滑角與側向速度關係圖.....	19	圖3.4 Pacejka ' s magic formula自我回復力.....	21	圖3.5 車輛重心側滑角與前輪轉角關係圖.....	21
圖3.6 方向盤轉角與自我回復力矩關係圖.....	22	圖3.7 車輛轉向系統結構圖.....	25	圖4.1 Kyowa方向盤操舵力角計.....	26
圖4.2 方向盤操舵力角計尺寸圖.....	26	圖4.3 Kyowa應變資料擷取系統.....	27	圖4.4 方向盤轉角感測器.....	27
圖4.5 力回饋馬達尺寸圖.....	28	圖4.6 力回饋馬達減速機尺寸圖.....	29	圖4.7 系統架構.....	31
圖4.8 皮帶減速式力回饋方向盤平台.....	32	圖4.9 馬達減速機式力回饋方向盤平台.....	33	圖4.10 馬達驅動電路.....	34
圖4.11 橋式馬達驅動電路.....	35	圖4.12 橋式馬達驅動IC架構圖.....	36	圖4.13 PWM脈波寬度調變信號圖.....	37
圖4.14 力回饋方向盤分散式系統架構.....	39	圖4.15 力回饋馬達控制器.....	40	圖4.16 CAN-bus介面之網路層.....	42
圖4.17 機械式備用系統.....	43				

圖4.18 液壓式備用系統.....	43	圖4.19 雙馬達切換之史密斯觸發電路.....	44	圖5.1~6 改變胎壓-車速參數實車量測結果.....	48~49	圖5.7~13 改變方向盤轉動速度-車速參數實車量測結果.....	50~51	圖5.14~20 改變車輛縱向負載-車速參數實車量測結果.....	51~52	圖5.21~26 改變方向盤轉動速度-車輛縱向負載參數實車量測結果.....	53~54	圖5.27~31 改變方向盤轉動速度-胎壓參數實車量測結果.....	54~55	圖5.32~37 改變車速-胎壓參數方向盤自我回復實車量測結果.....	56~57	圖5.38~44 改變車速-車輛縱向負載參數方向盤自我回復實車量測結果.....	57~58	圖6.1 方向盤轉角、扭力放大電路圖.....	61	圖6.2 方向盤轉角、扭力放大器.....	61	圖6.3 轉角濾波前後之低頻比較圖.....	62	圖6.4 扭力濾波前後之低頻比較圖.....	62	圖6.5 放大後之轉角訊號線性曲線圖.....	62	圖6.6 方向盤轉角電壓補償比較圖.....	62	圖6.7 方向盤扭力上升比較圖.....	62	圖6.8 方向盤轉角經數位濾波後之訊號.....	62	圖6.9 方向盤轉角0°之高頻?]值雜訊.....	63	圖6.10 方向盤轉角0°之低頻?]值雜訊.....	64	圖6.11 方向盤轉角360°之高頻?]值雜訊.....	64	圖6.12 方向盤轉角360°之低頻?]值雜訊.....	64	圖6.13 Buck馬達驅動電路.....	66	圖6.14 利用降壓型驅動電路與實車扭力比較圖.....	66	圖6.15 利用功率電晶體驅動之扭力輸出情形.....	67	圖6.16 TA8429H馬達驅動電路圖.....	68	圖6.17 TA8429H馬達驅動電路實體圖.....	69	圖6.18 TA8429H驅動電路馬達輸出情形.....	70	圖6.19 脈波寬度20%與馬達電流情形.....	71	圖6.20 脈波寬度80%與馬達電流情形.....	71	圖6.21 一般駕駛模式平台與實車量測轉角時間比較圖.....	72	圖6.22 一般駕駛模式平台與實車量測轉角扭力比較圖.....	73	圖6.23 運動駕駛模式平台與實車量測轉角時間比較圖.....	74	圖6.24 運動駕駛模式平台與實車量測轉角扭力比較圖.....	74	圖6.25 危急駕駛模式平台與實車量測轉角時間比較圖.....	75	圖6.26 危急駕駛模式平台與實車量測轉角扭力比較圖.....	76	圖6.27 方向盤自我回復平台與實車量測轉角時間比較圖.....	77	圖6.28 方向盤自我回復平台與實車量測轉角扭力比較圖.....	77	圖6.29 車輛低胎壓時平台與實車量測轉角扭力比較圖.....	79	圖6.30 模擬車輛高低速行駛之轉角扭力變化情形.....	80	表目錄 表1.1 車輛線控轉向系統之特色與優勢.....	3	表2.1 兩種方向機轉向齒輪型式之優缺點比較.....	8	表2.2 電控輔助式車輛轉向系統之特色與優勢.....	12	表4.1 方向盤轉角感知器之規格表.....	28	表4.2 力回饋馬達規格.....	28	表4.3 力回饋馬達減速機規格.....	29	表4.4 橋式馬達驅動IC功能表[22].....	36	表5.1 影響車輛轉向扭力實驗參數表.....	47	表6.1 Kyowa方向盤操舵力角計訊號.....	59
--------------------	----	--------------------------	----	-----------------------------	-------	-----------------------------------	-------	-----------------------------------	-------	--	-------	------------------------------------	-------	--------------------------------------	-------	--	-------	-------------------------	----	-----------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	-------------------------	----	------------------------	----	----------------------	----	--------------------------	----	---------------------------	----	----------------------------	----	------------------------------	----	------------------------------	----	-----------------------	----	------------------------------	----	-----------------------------	----	---------------------------	----	-----------------------------	----	------------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------------	----	---------------------------------	----	---------------------------------	----	---------------------------------	----	---------------------------------	----	---------------------------------	----	----------------------------------	----	----------------------------------	----	---------------------------------	----	-------------------------------	----	------------------------------	---	-----------------------------	---	-----------------------------	----	------------------------	----	-------------------	----	----------------------	----	---------------------------	----	-------------------------	----	---------------------------	----

REFERENCES

- [1] <http://www.delphi.com/> [2] Kasselmann J, Keranen T. Adaptive Steering. Bendix Technical Journal, 1969(2):26~35.
- [3] Diem W. The Hands-off Approach. Automotive engineer, 2000, 25(11):38~39.
- [4] http://www.jtekt.co.jp/e/company/old_contents/nr_k/sbw.html [5] H. Ryouhei, N. Katsutoshi, N. Shirou and K. Kazuhiro, "The Vehicle Stability Control Responsibility Improvement Using Steer-by-Wire," Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000.
- [6] http://www.bertone.it/en/filo_prima_en.htm [7] 2004 年車輛電機電子裝置技術研討會, 財團法人車輛研究 測試中心。
- [8] 簡明溫, "模組化底盤之設計關鍵、工程發展與未來整合趨勢展望," 機械工業雜誌, Vol.260, pp. 227~237.
- [9] <http://www.indiadrive.com> [10] <http://www.trw.com> [11] S. Masaya, N. Shiro, N. Osamu and K. Hiromitsu, "Vehicle Stability Control Strategy for Steer by wire System," JSAE Review 22(2001) 383-388.
- [12] D. Elmar, K. Roland and S. Bernd, "Fault Tolerant Mechatronics," Proceedings of the 10th IEEE international On-Line Testing Symposium.
- [13] 林海平, 張舜長, 王柏堯, "車輛線控轉向系統方向盤停止 機構," 中華民國專利, 新型第M277671 號。
- [14] Thomas D. Gillespie, "Fundamentals of Vehicle Dynamics," Society of Automotive Engineers, Inc., 1992.
- [15] Paul Yih, Jihan Ryu, J. Christian Gerdes, "Vehicle State Estimation Using Steering Torque," Department of Mechanical Engineering, Stanford University.
- [16] Hans B. Pacejka, "Tyre and Vehicle Dynamics," Butterworth Heinemann, Inc., 2002.
- [17] Giancarlo Genta, "Motor Vehicle Dynamics," World Scientific Publishing, Inc., 1997.
- [18] Eric Chou, "Steer by Wire-Hardware in the Loop Simulation," Information Technology and Electrical Engineering, University of Queensland, 16th October 2002.
- [19] Paul Yih, Jihan Ryu, J. Christian Gerdes, "Modification of Vehicle Handling Characteristics via Steer-by-Wire," Department of Mechanical Engineering, Stanford University.
- [20] Jeha Ryu, HeeSoo Kim, "Virtual Environment for Developing Electronic Power Steering & Steer-by-wire Systems," Proceedings of the 1999 IEEE/RSJ.
- [21] Huang Jen Chiu, "Switching Power Supplies," Dept. of Electrical Engineering, Chung-Yuan Christian University.
- [22] <http://www.allicmall.com/> [23] <http://www.eettaiwan.com/> [24] 林明志, "泛用型車輛電子控制單元發展平台之研製," 電機工程學系碩士論文, 大葉大學, 2005 年。

[25] Christian Ebner, "Steer-by-Wire," A rough outline of ongoing thoughts, BMW Technic.

[26] 陳文耀, "電動機控制工程," 復文書局, 民國八十五年七月。

[27] 陳天青, 廖信德, 戴任詔, "機電整合," 第二版, 高立圖書有限公司, 2005年。

[28] <http://www.michelin.com/>