

Hardware-in the loop simulation and road runing test of vehicle ABS control technique

張翔棋、陳志鏗

E-mail: 321883@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

This research established an ABS (Anti-lock Braking System) controller by Hardware-in-the-Loop implemented simulations. With CarSim software for verification of the vehicle brake system. Control parameters were adjusted online by using genetic algorithm (GA). The vehicle pressure and solenoid valves control signals were received and transferred by CAN-bus. MotoTron was used for vehicle model and brake controller to simulate the dynamic tire-ground forces acting on vehicle during braking. Two controllers were designed with the feedback of slip ratio and vehicle pressure, respectively. They were tested on high, medium, low and split friction road surfaces to evaluate the brake control performance. Runing tests were performed with a real vehicle in ARTC. Standard proving grand the results of Hardware-in-the-Loop and designed vehicle controller were compared to adjust the parameter of the fuzzy controller to shorten the braking distance and time on various road surfaces.

Keywords : Hardware in the loop, Anti-lock Braking System, CAN-bus, Vehicle Dynamics, Fuzzy control, Vehicle Road Running Test

Table of Contents

博碩士論文暨電子檔案上網授權書.....	iii	中文摘要	iv	ABSTRACT	iv
.....v	致謝vi	目錄vii	圖目錄
.....x	表目錄xv	符號說明xvi
第一章 緒論	1	1.1 前言.....	1	1.2 文獻回顧.....	5
.....2	1.3 研究動機與目的.....	5	1.4 本文架構.....	6	第二章 ABS 控制器設計.....
.....6	第二章 ABS 控制器設計.....	8	2.1 模糊控制理論.....	8	2.2 基因演算法(GA).....
.....8	2.2 基因演算法(GA).....	14	2.3 ABS 控制器開發與設計.....	16	2.4 模擬結果.....
.....16	2.4 模擬結果.....	27	2.4.1 車輛在高摩擦係數路面下模擬.....	28	2.4.2 車輛在中摩擦係數路面下模擬.....
.....28	2.4.2 車輛在中摩擦係數路面下模擬.....	32	2.4.3 車輛在低摩擦係數路面下模擬.....	34	2.4.4 車輛在左右差異摩擦係數路面下模擬.....
.....34	2.4.4 車輛在左右差異摩擦係數路面下模擬.....	37	第三章 ABS 煞車平台與實車煞車系統改裝介紹.....	43	3.1 ABS 實車煞車平台介紹.....
.....43	3.1 ABS 實車煞車平台介紹.....	44	3.2 ABS 系統元件介紹.....	51	3.3 ABS 系統油路功能.....
.....51	3.3 ABS 系統油路功能.....	52	3.4 ABS 作動器油路功能測試.....	54	第四章 ABS 硬體迴路模擬實驗結果.....
.....54	第四章 ABS 硬體迴路模擬實驗結果.....	58	4.1 實驗架構及控制流程.....	58	4.2 實驗儀器設備和軟體介紹.....
.....58	4.2 實驗儀器設備和軟體介紹.....	60	4.3 基因演算法線上調整.....	66	4.4 ABS 硬體迴路模擬實驗結果.....
.....66	4.4 ABS 硬體迴路模擬實驗結果.....	69	4.4.1 車輛在高摩擦係數路面下硬體迴路模擬.....	69	4.4.2 車輛在中摩擦係數路面下硬體迴路模擬.....
.....69	4.4.2 車輛在中摩擦係數路面下硬體迴路模擬.....	74	4.4.3 車輛在低摩擦係數路面下硬體迴路模擬.....	77	第五章 實車驗證
.....77	第五章 實車驗證	81	5.1 實驗設備及記錄儀器介紹.....	81	5.2 實車測試控制流程.....
.....81	5.2 實車測試控制流程.....	87	5.3 ARTC 路試.....	88	5.4 ARTC 路試量測及數據分析.....
.....87	5.3 ARTC 路試.....	88	5.4.1 車輛在高摩擦係數路面下測試結果.....	89	5.4.2 車輛在中摩擦係數路面下測試結果.....
.....89	5.4.1 車輛在高摩擦係數路面下測試結果.....	90	5.4.3 車輛在低摩擦係數路面下測試結果.....	95	5.4.4 車輛在左右差異摩擦係數路面下測試結果.....
.....95	5.4.3 車輛在低摩擦係數路面下測試結果.....	98	5.4.5 主動煞車ABS 在高摩擦係數路面下測試.....	100	5.4.6 主動煞車ABS 在中摩擦係數路面下測試.....
.....100	5.4.5 主動煞車ABS 在高摩擦係數路面下測試.....	104	第六章 結論	108	參考文獻
.....108	第六章 結論	113	參考文獻	115	圖目錄
.....113	參考文獻	115	圖 2.1 模糊推論系統流程方塊圖.....	9	圖 2.2 模糊推論方式的種類.....
.....115	圖 2.1 模糊推論系統流程方塊圖.....	9	圖 2.2 模糊推論方式的種類.....	11	圖 2.3 e? e 網狀平面.....
.....115	圖 2.2 模糊推論方式的種類.....	11	圖 2.3 e? e 網狀平面.....	13	圖 2.4 CarSim 模擬環境下最佳滑差.....
.....115	圖 2.3 e? e 網狀平面.....	13	圖 2.4 CarSim 模擬環境下最佳滑差.....	17	圖 2.5 BOSCH 文獻滑差對應縱向與橫向力係數[22].....
.....115	圖 2.4 CarSim 模擬環境下最佳滑差.....	17	圖 2.5 BOSCH 文獻滑差對應縱向與橫向力係數[22].....	17	圖 2.6 控制流程方塊圖.....
.....115	圖 2.5 BOSCH 文獻滑差對應縱向與橫向力係數[22].....	17	圖 2.6 控制流程方塊圖.....	18	圖 2.7 Conditional on-off 轉換表[15].....
.....115	圖 2.6 控制流程方塊圖.....	18	圖 2.7 Conditional on-off 轉換表[15].....	18	圖 2.8 模糊控制器使用基因演算法流程圖.....
.....115	圖 2.7 Conditional on-off 轉換表[15].....	18	圖 2.8 模糊控制器使用基因演算法流程圖.....	20	圖 2.9 模糊控制器架構.....
.....115	圖 2.8 模糊控制器使用基因演算法流程圖.....	20	圖 2.9 模糊控制器架構.....	20	圖 2.10 誤差量歸屬函數.....
.....115	圖 2.9 模糊控制器架構.....	20	圖 2.10 誤差量歸屬函數.....	21	圖 2.11 誤差變化量歸屬函數.....
.....115	圖 2.10 誤差量歸屬函數.....	21	圖 2.11 誤差變化量歸屬函數.....	21	圖 2.12 模糊控制輸出歸屬函數.....
.....115	圖 2.11 誤差變化量歸屬函數.....	21	圖 2.12 模糊控制輸出歸屬函數.....	22	圖 2.13 左前輪油壓響應.....
.....115	圖 2.12 模糊控制輸出歸屬函數.....	22	圖 2.13 左前輪油壓響應.....	25	圖 2.14 右後輪油壓響應.....
.....115	圖 2.13 左前輪油壓響應.....	25	圖 2.14 右後輪油壓響應.....	26	圖 2.15 CarSim 軟體與ABS 控制器控制模組.....
.....115	圖 2.14 右後輪油壓響應.....	26	圖 2.15 CarSim 軟體與ABS 控制器控制模組.....	27	圖 2.16 模擬高摩擦係數路面下有無控制器車速變化.....
.....115	圖 2.15 CarSim 軟體與ABS 控制器控制模組.....	27	圖 2.16 模擬高摩擦係數路面下有無控制器車速變化.....	29	圖 2.17 高摩擦係數路面下四輪滑差變化.....
.....115	圖 2.16 模擬高摩擦係數路面下有無控制器車速變化.....	29	圖 2.17 高摩擦係數路面下四輪滑差變化.....	30	圖 2.18 高摩擦係數路面下四輪油壓變化.....
.....115	圖 2.17 高摩擦係數路面下四輪滑差變化.....	30	圖 2.18 高摩擦係數路面下四輪油壓變化.....	31	圖 2.19 中摩擦係數路面下四輪車速變化.....
.....115	圖 2.18 高摩擦係數路面下四輪油壓變化.....	31	圖 2.19 中摩擦係數路面下四輪車速變化.....	31

化.....	32	圖 2.20 中摩擦係數路面下四輪滑差變化.....	33	圖 2.21 中摩擦係數路面下四輪油壓變
化.....	34	圖 2.22 低摩擦係數路面下四輪車速變化.....	35	圖 2.23 低摩擦係數路面下四輪滑差變
化.....	36	圖 2.24 低摩擦係數路面下四輪油壓變化.....	37	圖 2.25 高/中摩擦係數路面下四輪車速變
化.....	38	圖 2.26 高/中摩擦係數路面下四輪滑差變化.....	39	圖 2.27 高/中摩擦係數路面下四輪油壓變
化.....	40	圖 2.28 高/中摩擦係數路面下有無控制器橫擺率變化.....	41	圖 3.1 Continental Teves series[21]
.....	44	圖 3.2 ABS 實車煞車平台.....	45	圖 3.3 實車改裝之引擎室空間配
置.....	47	圖 3.4 位移計安裝.....	48	圖 3.5 安裝四輪分泵之壓力感知
器.....	48	圖 3.6 實車後車廂改裝配置部份.....	50	圖 3.7 實車V-BOX 天線安
裝.....	50	圖 3.8 MK60 作動器外觀.....	51	圖 3.9 ABS 作動器閥體解
說.....	52	圖 3.10 ABS 作動器油路圖.....	53	圖 3.11 油路功能測試流
程.....	55	圖 3.12 壓力調節器之增壓測試.....	56	圖 3.13 壓力調節器之降壓測
試.....	56	圖 3.14 壓力調節器之連續壓力之測試.....	57	圖 4.1 硬體迴路模擬實驗流
程.....	59	圖 4.2 CC03 類比訊號輸入模組.....	61	圖 4.3 CC03 數位訊號輸出模
組.....	61	圖 4.4 NI Softing-CAN-AC2-PC 硬體外觀.....	62	圖 4.5 RT-LAB 介面連
結.....	63	圖 4.6 CarSim RT 操作介面.....	64	圖 4.7 QNX 操作介
面.....	65	圖 4.8 MotoTron 車用控制模組.....	66	圖 4.9 CarSim RT 與實車連
結.....	67	圖 4.10 基因演算法線上調整流程圖.....	68	圖 4.11 硬體迴路模擬高摩擦係數路面下
有控制器車速變化.....	70	圖 4.12 硬體迴路模擬高摩擦係數路面下無控制器車速變化.....	70	圖 4.13 硬體迴路模擬高摩
擦係數路面下四輪滑差變化(有ABS).....	71	圖 4.14 硬體迴路模擬高摩擦係數路面下四輪滑差變化(無ABS).....	72	圖 4.15 硬
體迴路模擬高摩擦係數路面下四輪油壓變化(有ABS).....	73	圖 4.16 硬體迴路模擬高摩擦係數路面下四輪油壓變化(
無ABS).....	73	圖 4.17 硬體迴路模擬中摩擦係數路面下車速變化.....	74	圖 4.18 硬體迴路模擬中摩擦係數路面下四輪
滑差變化.....	75	圖 4.19 硬體迴路模擬中摩擦係數路面下四輪油壓變化.....	76	圖 4.20 硬體迴路模擬低摩擦係數路
面下車速變化.....	77	圖 4.21 硬體迴路模擬低摩擦係數路面下四輪滑差變化.....	78	圖 4.22 硬體迴路模擬低摩
擦係數路面下四輪油壓變化.....	79	圖 5.1 V-BOX 儀器.....	82	圖 5.2 ES8 高頻訊號擷取
器.....	83	圖 5.3 MotoTron 車用快速開發ECU	84	圖 5.4 車身數據收
集NoteBook+LabView	85	圖 5.5 LabView 圖控介面.....	86	圖 5.6 實驗架構
圖.....	87	圖 5.7 ARTC 煞車性能測試道.....	89	圖 5.8 實車測試高摩擦係數路面下有
控制器車速變化.....	91	圖 5.9 實車測試高摩擦係數路面下無控制器車速變化.....	92	圖 5.10 實車測試高摩擦係數
路面下四輪滑差變化(有ABS).....	92	圖 5.11 實車測試高摩擦係數路面下四輪滑差變化(無ABS).....	93	圖 5.12 實車測試
高摩擦係數路面下四輪油壓變化(有ABS).....	93	圖 5.13 實車測試高摩擦係數路面下四輪油壓變化(無ABS).....	94	圖
5.14 實車測試高摩擦係數路面下有無控制器煞停距離.....	95	圖 5.15 實車測試中摩擦係數路面下車速變		
化.....	96	圖 5.16 實車測試中摩擦係數路面下四輪滑差變化.....	97	圖 5.17 實車測試中摩擦係數路面下四輪
油壓變化.....	97	圖 5.18 實車測試低摩擦係數路面下車速變化.....	99	圖 5.19 實車測試低摩擦係數路面下四
輪滑差變化.....	99	圖 5.20 實車測試低摩擦係數路面下四輪油壓變化.....	100	圖 5.21 實車測試高/中摩擦係數
路面下車速變化.....	101	圖 5.22 實車測試高/中摩擦係數路面下四輪滑差變化.....	102	圖 5.23 實車測試高/中摩
擦係數路面下四輪油壓變化.....	102	圖 5.24 實車測試高/中摩擦係數路面下有無控制器橫擺率變化.....	103	圖 5.25 實
車測試主動煞車高摩擦係數路面有控制器車速變化.....	105	圖 5.26 實車測試主動煞車高摩擦係數路面無控制器車速變		
化.....	105	圖 5.27 實車測試主動煞車高摩擦係數四輪滑差變化(有ABS).....	106	圖 5.28 實車測試主動煞車高摩擦係數四輪
滑差變化(無ABS).....	106	圖 5.29 實車測試主動煞車高摩擦係數四輪油壓變化(有ABS).....	107	圖 5.30 實車測試主動煞車
高摩擦係數四輪油壓變化(無ABS).....	107	圖 5.31 實車測試主動煞車中摩擦係數路面車速變化.....	109	圖 5.32 實車測
試主動煞車中摩擦係數四輪滑差變化.....	109	圖 5.33 實車測試主動煞車中摩擦係數四輪油壓變化.....	110	表目
錄 表 2.1 模糊控制器規則庫.....	23	表 2.2 油壓數學方程式.....	26	表 2.3 高摩擦路面
低速鎖死距離比較.....	32	表 2.4 模擬實驗煞車時間與距離之成效比較.....	42	表 3.1 作動器各閥門作
動之特性.....	55	表 3.2 升壓值與降壓值之結果.....	57	表 4.1 硬體迴路模擬煞車時間與距離
之成效比較.....	80	表 5.1 實車煞車訊息位置表.....	86	表 5.2 實車測試煞車時間與距離之成效比較(
腳踩)	111	表 5.3 實車測試煞車時間與距離之成效比較(主動煞車)	112	

REFERENCES

- [1] Cho, J. M., Hwang, D. H., Lee, K. C., Jeon, J. W., Park, D. Y., Kim, Y. J., and Joh, J. S., " Design and Implementation of HILS System for ABS ECU of Commercial Vehicles, " IEEE International Symposium, Vol. 2, pp. 1272-1277, 2001.
- [2] Chamailard, Y., Gissinger, G. L., Perronne, J. M., and Renner, M. " An original braking controller with torque sensor, " Proc. of the Third IEEE Conference on Control Applications, Vol. 1, pp. 619-625, 1994.

- [3] De Koker, P. M., Gouws, J., and Pretorius, L., " Fuzzy Control Algorithm for Automotive Traction Control System, " IEEE Trans.on control system technology., Vol. 1, pp. 226-229, 1996.
- [4] Kuang, M. L., Fodor, M., Hrovat, D., and Tran, M., " Hydraulic Brake System Modeling and Control For Active of Vehicle Dynamics, " Proc. of the American Control Conference., Vol. 6,pp. 4538-4542, 1999.
- [5] Kiencke, U., and Nielsen, L., Automotive Control Systems, Springer, 2000.
- [6] Layne, J. R., Passino, K. M., and Yurkovich, S., " Fuzzy Learning Control For Anti-skid Braking System, " IEEE Trans. on control systems technology., Vol. 1, No. 2, pp.122-129, 1993.
- [7] Lee, J. C., and Suh, M. W., " Hardware-in-the Loop Simulator for ABS/TCS, " Proc. of the 1999 IEEE International Conference on Control Applications, pp. 652-657.
- [8] Mauer, G. F., " A Fuzzy Logic Controller for an ABS Braking System, " IEEE Trans. on Fuzzy systems., Vol. 3, No. 4, pp.381-388, 1995.
- [9] Mazumdar, S. K., and Lin, C. C., " Investigation of the Use of Neural Networks for Anti-Skid Brake System Design, " Proc. of the 1995 IEEE International Symposium., pp. 505-510.
- [10] Shih, M-C., and Wu, M-C., " Hydraulic anti-lock braking control using the hybrid sliding mode pulse width modulation pressure control method, " ImechE Proc. Instn. Mech. Engrs., Vol. 215,part 1, pp. 177-187, 2001.
- [11] Shih, M-C., and Wu, M-C., " Using the sliding-mode PWM in an anti-lock braking system, " Asian Journal of Control., Vol. 3, no.3, pp. 255-261, 2001.
- [12] Shih, M-C., and Wu, M-C., " Simulated and experimental study of hydraulic anti-lock braking system using sliding mode PWM control, " Mechatronics., pp. 331-351, 2003.
- [13] Teng, F. C., " Real-time control using Matlab Simulink, " 2000 IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics., Vol. 4 , pp.2697-2702.
- [14] Yuan, F., Puskorius, G. V., Feldkamp, L. A., and Davis, L. I., " Neural Network control of a Four-Wheel ABS Model, " Proc.of the 1995 IEEE Int. Symp. on Intelligent Control., Vol. 2 pp.1503~1506, 1995.
- [15] 張瑞宗, " 模糊脈寬調變控制液壓防鎖死煞車系統之研究, " 成功大學碩士論文, 1999.
- [16] 李連春, " 液壓防止鎖死剎車系統控制器設計之研究, " 成功大學碩士論文, 1997.
- [17] 洪士超, " 防鎖死煞車系統之模糊控制, " 大葉大學碩士論文,1997.
- [18] 黃俊源, " CAN-bus 應用於車輛安全控制系統之研製, " 大葉大學碩士論文, 2003.
- [19] 吳金華, " 汽車防鎖定煞車系統, " 全華科技圖書股份有限公司, 1997.
- [20] 陳宗文, " 汽車行駛動態模擬與實驗, " 大葉大學碩士論文,2003.
- [21]
- http://www.contionline.com/generator/www/de/en/cas/cas/themes/products/electronic_brake_and_safety_systems/electronic_brake_systems/abs_tcs_esc/ebs_mkxxe_1003_en.htm [22] BOSCH, " Driving-safety systems, " Robert Bosch GmbH 1999.