

# 車輛動態穩定控制系統之硬體迴路模擬平台設計與實驗

林晏正、陳志鏗

E-mail: 321882@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本文主要是研究車輛動態穩定控制系統ESP(Electronic Stability Program)主動控制各輪煞車，以達到穩定車身不至於失控打滑之目的，並藉由實際的煞車系統與自行研究的ESP作連結，利用車輛動態模擬軟體CARSIM\_RT設定出與市售SUV相仿的車輛運動數學模型和路面環境，以驗證自行所研究的ESP之成效。在控制器撰寫的部分，本研究以CARSIM\_RT之車輛數學模型為控制對象，透過MATLAB/Simulink撰寫出ESP控制器來獲得所需的車輛橫擺率，以達到車身穩定，同時並透過基因演算法使模糊控制器的參數最佳化，讓ESP控制器之控制可得到最佳成效。在硬體模擬迴路模擬實驗中，首先透過CARSIM\_RT計算出車輛運動數學模型的各項行車資料至本研究建立之ESP控制器後，並透過CAN BUS網路系統將控制器所對應之煞車作動器閥門的控制訊號傳送至平台的煞車作動器，並且回傳控制後之油壓訊號，以模擬煞車控制後之行車資訊，進而探討控制器的成效。

關鍵詞：煞車控制器，車輛動態穩定控制，硬體模擬迴路

## 目錄

封面內頁 簽名頁 博碩士論文暨電子檔案上網授權書.....	iii
中文摘要.....	iv
ABSTRACT.....	v
誌謝.....	vi
圖目錄.....	ix
表目錄.....	xiii
符號說明.....	xiv
第1章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 文獻回顧.....	2
1.3 研究動機與目的.....	5
1.4 本文架構.....	5
第2章 ESP實驗平台設計與實作.....	7
2.1 實驗架構.....	7
2.2 實驗儀器設備.....	9
2.3 ESP煞車試驗平台.....	14
2.3.1 煞車系統元件.....	15
2.3.2 煞車系統油路.....	17
2.3.3 電控腳踏機構.....	23
第3章 ESP控制器設計.....	24
3.1 模糊控制理論與基因演算法(GA).....	25
3.2 橫擺率控制器設計.....	32
3.2.1 橫擺率參考值.....	38
3.2.2 橫擺率極限器.....	43
3.3 滑移角控制器架構設計.....	46
3.4 油壓參考值分配規則.....	51
3.5 參數搜索.....	53
第4章 ESP硬體迴路模擬實驗.....	56
4.1 橫擺率極限器.....	57
4.1.1 開迴路Sine with Dwell方向盤轉角控制.....	57
4.1.2 閉迴路 兩度變換車道(DLC).....	66
4.2 ESP加入滑移角控制.....	75
4.2.1 開迴路 Sine with Dwell方向盤轉角控制.....	75
4.2.2 閉迴路 兩度變換車道(DLC).....	83
第5章 結論.....	91
參考文獻.....	93
圖目錄	
圖2.1 實驗架構圖.....	8
圖2.2 CC03類比訊號輸入模組.....	10
圖2.3 CC03數位訊號輸出模組.....	10
圖2.4 NI Softing-CAN-AC2-PC硬體外觀.....	11
圖2.5 RT-LAB介面連結.....	12
圖2.6 CARSIM RT操作介面.....	13
圖2.7 煞車試驗平台.....	14
圖2.8 總泵總程.....	15
圖2.9 煞車作動器外觀.....	16
圖2.10 閥體解說圖.....	17
圖2.11 詳細油路圖.....	18
圖2.12 一般增壓模式.....	19
圖2.13 單輪增壓模式.....	20
圖2.14 單輪主動持壓模式.....	21
圖2.15 單輪主動洩壓模式.....	22
圖2.16 電控腳踏機.....	23
圖3.1 ESP控制器架構圖.....	24
圖3.2 模糊推論系統流程方塊圖.....	26
圖3.3 模糊推論方式的種類.....	27
圖3.4 網狀平面.....	30
圖3.5 ESP控制器細部圖.....	33
圖3.6 轉向不足與轉向過度示意圖.....	33
圖3.7 橫擺率控制器架構.....	34
圖3.8 橫擺率誤差量歸屬函數.....	35
圖3.9 橫擺率誤差變化量歸屬函數.....	35
圖3.10 模糊控制輸出用歸屬函數.....	36
圖3.11 二輪車模型.....	40
圖3.12 橫擺率參考值架構圖.....	41
圖3.13 60 km/hr和50度方向盤轉角的橫擺率實際值.....	41
圖3.14 實際橫擺率趨勢圖.....	42
圖3.15 橫擺率參考值與實際值的曲面.....	42
圖3.16 橫擺率參考值與實際值比較圖.....	43
圖3.17 橫擺率上限器架構.....	45
圖3.18 受橫擺率上限器影響的橫擺率參考值( =0.2).....	45
圖3.19 受橫擺率上限器影響的橫擺率參考值( =0.5).....	46
圖3.20 滑移角控制架構.....	47
圖3.21 轉彎時滑移角的產生關係.....	48
圖3.22 滑移角歸屬函數.....	48
圖3.23 滑移角變化量歸屬函數.....	49
圖3.24 模糊控制輸出用歸屬函數.....	49
圖4.1 車體數學模型設定.....	56
圖4.2 轉角變化示意圖.....	58
圖4.3 橫擺率變化 ( =0.35).....	59
圖4.4 滑移角變化圖 ( =0.35).....	59
圖4.5 油壓變化with upbound ( =0.35).....	60
圖4.6 油壓變化without upbound ( =0.35).....	60
圖4.7 橫擺率變化 (	

=0.5).....61	圖4.8 滑移角變化圖 (=0.5).....62	圖4.9 油壓變化with upbound (=0.5).....62	圖4.10 油壓變化without upbound (=0.5).....63
圖4.11 橫擺率變化 (=0.85).....64	圖4.12 滑移角變化圖 (=0.85).....64	圖4.13 油壓變化with upbound (=0.85).....65	圖4.14 油壓變化without upbound (=0.85).....65
圖4.15 兩度變化車道路徑.....66	圖4.16 橫擺率變化in DLC (=0.35).....67	圖4.17 滑移角變化in DLC (=0.35).....68	圖4.18 路徑變化in DLC (=0.35).....68
圖4.19 方向盤轉角變化in DLC (=0.35).....69	圖4.20 橫擺率變化in DLC (=0.5).....70	圖4.21 滑移角變化in DLC (=0.5).....70	圖4.22 路徑變化in DLC (=0.5).....71
圖4.23 方向盤轉角變化in DLC (=0.35).....71	圖4.24 橫擺率變化in DLC (=0.85).....72	圖4.25 滑移角變化in DLC (=0.85).....73	圖4.26 路徑變化in DLC (=0.85).....73
圖4.27 方向盤轉角變化in DLC (=0.85).....74	圖4.28 橫擺率變化 (=0.35).....76	圖4.29 滑移角變化 (=0.35).....76	圖4.30 油壓變化 With Beta (=0.35).....77
圖4.31 油壓變化 Without Beta (=0.35).....77	圖4.32 橫擺率變化 (=0.5).....78	圖4.33 滑移角變化 (=0.5).....79	圖4.34 油壓變化 With Beta (=0.5).....79
圖4.35 油壓變化 Without Beta (=0.5).....80	圖4.36 橫擺率變化 (=0.85).....81	圖4.37 滑移角變化 (=0.85).....81	圖4.38 油壓變化 With Beta (=0.85).....82
圖4.39 油壓變化 Without Beta (=0.85).....82	圖4.40 橫擺率變化in DLC (=0.35).....84	圖4.41 滑移角變化in DLC (=0.35).....84	圖4.42 路徑變化in DLC (=0.35).....85
圖4.43 橫擺率變化in DLC (=0.5).....86	圖4.44 滑移角變化in DLC (=0.5).....86	圖4.45 路徑變化in DLC (=0.5).....87	圖4.46 橫擺率變化in DLC (=0.85).....88
圖4.47 滑移角變化in DLC (=0.85).....88	圖4.48 路徑變化in DLC (=0.85).....89	圖4.49 油壓變化 with beta in DLC (=0.85).....89	圖4.50 油壓變化 with beta in DLC (=0.85).....90
表目錄 表1.1 各車廠之車身動態控制器之英文名稱.....2	表3.1 橫擺率模糊控制器規則庫.....37	表3.2 滑移角模糊控制器規則庫.....50	表3.3 油壓參考值分配規則表.....53

## 參考文獻

- [1]A. T. van Zanten, "VDC, The Vehicle Dynamics Control System of Bosch," SAE 950759.
- [2]A. T. van Zanten, "VDC Systems Development and Perspective," SAE 980235.
- [3]A. T. van Zanten, "Bosch ESP Systems: 5 Years of Experience," SAE 2000-01-1633.
- [4]Yamaguchi, "Development of Vehicle Stability Control System Based on Vehicle Sideslip Angle Estimation," SAE 2001-01-0137 [5]G. Pfaff, "VDC Systems Development and Perspective," SAE 980235 [6]W. D. Jonner, H. Winner, L. Dreilich, and E. Schunck, "Electrohydraulic Brake System The First Approach to Brake-By-Wire Technology," SAE 960991.
- [7]B. Hedenetz, and R. Belschner, "Brake-by-Wire Without Mechanical Backup by Using a TTP-Communication Network," SAE 981109.
- [8]林明志, "泛用型車輛電子控制單元發展平台之研製," 大葉大學碩士論文 2005.
- [9]嚴豪緯, "CAN匯流排即時訊息排程與頻寬分配," 大葉大學碩士論文 2005.
- [10]林慶銘, "最新汽車控制技術," 全華科技圖書股份有限公司1998.
- [11]謝森雄, "線傳煞車系統之車輛動態穩定控制系統之研究與實驗," 大葉大學碩士論文 2007.
- [12]李華斌, "車身動態穩定控制系統之硬體迴路模擬與實車驗證實驗," 大葉大學碩士論文 2008.
- [13]M.J.L. Boada, B.L. Boada, A. Munoz, and V. Diaz, (2006) "Integrated Control of Front-Wheel Steering and Front Braking Forces on the Basis of Fuzzy Logic," IMechE Part D: Journal of Automobile Engineering, Vol. 220, No. 10, pp.253 – 267.
- [14] B. Li, D. Li, and F. Yu, (2007) "Vehicle Yaw Stability Control Using the Fuzzy-Logic Controller," IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, 13 – 15 December, Beijing, China, pp.1 – 5.
- [15] A. Nishio, K. Tozu, H. Yamaguchi, K. Asano, and Y. Amano, (2001) "Development of Vehicle Stability Control System Based on Vehicle Sideslip Angle Estimation," SAE Trans., Vol. 110, No. 6, pp. 115-122.