

LQR暨模糊控制器及於主動式懸吊系統

葉凱筌、吳幸珍

E-mail: 387124@mail.dyu.edu.tw

摘要

本文目的為設計半車主動懸吊系統之控制器，以提高乘坐舒適度，同時保持良好的操控性能，以因應各種道路干擾。設計的主動控制器用於車輛懸吊系統，以適應道路和駕駛條件。使用模糊控制器和LQR的技術來達成控制效果，針對被動式與主動式懸吊系統在不同路面狀況之車輛動態，整理歸納並探討其乘坐舒適性與安全性。實驗結果顯示，所設計的兩種主動式控制器均優於被動懸吊系統更有效降低車身之振動，亦可增進車輛行駛的安全性和舒適性，且模糊控制器之控制效果又大幅優於LQR。

關鍵詞：模糊控制器、LQR、二分之一車

目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要.....iii	英文摘要.....iv	誌謝.....v	目錄.....vi	圖目錄.....iii	表目錄.....v	第一章 緒論.....1																																																																							
1.1前言.....1	1.2汽車懸吊系統的介紹.....1	1.3 文獻回顧.....7	1.4 研究動機與本文架構.....7	第二章 汽車懸吊建立.....9	2.1 懸吊系統模型介紹.....9	2.2 數學模型.....11	2.3線性化.....13	第三章 懸吊系統控制器設計.....17	3.1 LQR介紹.....17	3.1.1 LQR二次理論[18]以下資料採自實驗室學長曾國忠的碩士論文.....18	3.1.2 LQR控制器.....20	3.2 基於LQR的主動懸吊系統控制器設計.....22	3.3 模糊控制器介紹.....24	3.3.1 模糊控制器的基本架構.....25	3.3.2 設計模糊控制器的基本原則.....27	3.4 模糊控制器設計.....30	第四章 模擬與結果討論.....36	4.1 模擬路面狀況一.....37	4.2 模擬路面狀況二.....45	4.3 模擬結果討論.....53	第五章 結論與未來展望.....55	5.1 結論.....55	5.2 未來展望.....55	參考文獻.....56	圖目錄	圖 1-1 被動式懸吊系統.....3	圖 1-2 半主動式懸吊系統.....4	圖 1-3 串聯式主動式懸吊系統.....6	圖 1-4 並聯式主動式懸吊系統.....6	圖 2-1 懸吊系統模型.....9	圖 3-1 LQR系統示意圖.....21	圖 3-2 LQR架構圖.....22	圖 3-3 模糊控制器架構圖.....26	圖 3-4 Min-Min-Max模糊推論過程.....30	圖 3-5 模糊控制器架構圖.....31	圖 3-6 模糊控制器設計流程圖.....32	圖 3-7 模糊控制器輸入與輸出定義.....33	圖 3-8 車體中心點位移輸入.....33	圖 3-9 車體中心點加速度輸入.....34	圖 3-10 前懸吊輸出.....34	圖 3-11 後懸吊輸出.....34	圖 4-1 路面狀態模擬圖 (zrf、zrr).....37	圖 4-2 車體中心點的位移 (z).....38	圖 4-3 車體中心點的加速度 (z).....38	圖 4-4 傾斜角的位移 ().....39	圖 4-5 傾斜角的加速度 ().....39	圖 4-6 前車體的位移 (zuf).....40	圖 4-7 後車體的位移 (zur).....40	圖 4-8 前輪的位移 (zsf).....41	圖 4-9 後輪的位移 (zsr).....41	圖 4-10 前懸吊移動距離 (zsf-zuf).....42	圖 4-11 後懸吊移動距離 (zsr-zur).....42	圖 4-12 LQR前懸吊輸入 (ff).....43	圖 4-13 LQR後懸吊輸入 (fr).....43	圖 4-14 模糊控制器前懸吊輸入 (ff).....44	圖 4-15 模糊控制器後懸吊輸入 (fr).....44	圖 4-16 路面狀態模擬圖 (zrf、zrr).....45	圖 4-17 車體中心點的位移 (z).....46	圖 4-18 車體中心點的加速度 (z).....46	圖 4-19 傾斜角的位移 ().....47	圖 4-20 傾斜角的加速度 ().....47	圖 4-21 前車體的位移 (zuf).....48	圖 4-22 後車體的位移 (zur).....48	圖 4-23 前輪的位移 (zsf).....49	圖 4-24 後輪的位移 (zsr).....49	圖 4-25 前懸吊移動距離 (zsf-zuf).....50	圖 4-26 後懸吊移動距離 (zsr-zur).....50	圖 4-27 LQR前懸吊輸入 (ff).....51	圖 4-28 LQR後懸吊輸入 (fr).....51	圖 4-29 模糊控制器前懸吊輸入 (ff).....52	圖 4-30 模糊控制器後懸吊輸入 (fr).....52	表目錄	表 2-1 符號說明.....10	表 2-2 汽車模型系統參數.....16	表 3-2 模糊控制器前輪規則表.....35	表 3-3 模糊控制器後輪規則表.....35	表 4-1 加入控制器後成果比較表.....54

參考文獻

- [1] 李浩銘, “運用線型馬達之主動式懸吊系統” 國立台北科技大學車輛工程系 碩士班碩士學位論文,2008 [2] J. Campos, “Active Suspension Control of Ground Vehicle Heave and Pitch Motions” Proceedings of the 7th Mediterranean Conference Control and Automation (MED99) Haifa, Israel-June 28-30,1999 [3] Chiou-Jye Huang, “Nonlinear Active Suspension Control Design Applied to a Half-Car Model” International Conference on Networking, Sensing &Control ,2004 [4] Shing-Jen Wu, “Optimal fuzzy control design for half-car active suspension systems” Networking, Sensing and Control, 2004 IEEE International Conference on (Volume:1),2004 [5] 黃登淵, “單晶片微控制器於非線性系統之設計與實現” 科學與工程技術期刊 第五卷 第一期,2009 [6] 陳嘉文, “模糊邏輯在機械設計之應用” 元智大學機械工程研究所,1999 [7] Hongyi Li “A Study on Half-Vehicle Active Suspension Control Using Sampled-Data Control” Control and Decision Conference (CCDC), 2011 Chinese,2011 [8] 林彥宏, “基於互補式可變結構理論的虛擬PID控制器設計及其FPGA的實現” 國立雲林科技大學電機工程系碩士班,2003 [9] Yahaya Md. Sam, “Sliding Mode Control Design for Active Suspension on A Half-Car Model” Student Conference on Research and Development (SCORed) 2003 Proceedings, Putrajaya, Malaysia, 2003 [10] Mansour A. Karkoub, “Optimal Control of Suspension Systems Using Smart Actuators” Emerging Technologies and Factory Automation, 2001. Proceedings. 2001 8th IEEE International

Conference on, 2001 [11] Faried Hasbullah, " A comparative Analysis of LQR and Fuzzy logic Controller for Active Suspension Using Half Car Model " 2010 11th Int. Conf. Control, Automation, Robotics and Vision Singapore, 7-10th December, 2010 [12] Kaleemullah M, " Design of Robust H_∞, Fuzzy and LQR Controller for Active Suspension of a Quarter Car Model " 2011 4th International Conference on Mechatronics (ICOM), 17-19 May 2011, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011 [13] Aws Abu-Khudhair, " Fuzzy Control of Semi-Active Automotive Suspensions " International Conference on Mechatronics and Automation August 9 - 12, Changchun, China, 2009 [14] Barr, A.J., " Control of an active suspension using fuzzy logic " Fuzzy Systems, 1996, Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on (Volume:1), 1996 [15] P.-Y. Sun, " Multi-objective output-feedback suspension control on a half-car model " Control Applications, 2003. CCA 2003. Proceedings of 2003 IEEE Conference on (Volume:1), 2003 [16] Wen-Yen Hsiao, " Sliding-mode-based filtered feedback control design for active suspension system " Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2011 IEEE International Conference on, 2011 [17] Wen-Yen Hsiao, " Observer-based Fuzzy Sliding Mode Control for Vehicle Semi-active Suspensions " Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2012 IEEE International Conference on, 2012 [18] 曾國忠, " 倒單擺之角度與定位控制法則之研究 " 大葉大學電機工程學系碩士班, 2005 [19] Xu, Gui-hong, " Adaptive control of suspension based on Fuzzy logic gain scheduling " Vehicular Electronics and Safety (ICVES), 2010 IEEE International Conference on, 2010 [20] Jingjun Zhang, " Optimal design of fuzzy logic controller for multi-body model of semi-active suspension based on genetic algorithm " Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2010 the 5th IEEE Conference on, 2010 [21] Jing Xu, " Neural network predictive control of vehicle suspension " Information Science and Engineering (ICISE), 2010 2nd International Conference on, 2010