

燃料電池機車系統控制與模擬之整合

張瑞軒、張一屏

E-mail: 9314774@mail.dyu.edu.tw

摘要

本論文建構氫燃料電池混合動力機車系統控制與模擬之整合環境，並發展其動力分配管理之模糊邏輯和模式邏輯控制器。在機車行車型態下測試，藉由機車動態模組、輪胎模組、最終傳動模組、馬達模組、燃料電池模組和電瓶模組等各傳動模組建立控制場模型與控制器模型。最佳化控制器設計將燃料電池輸出功率之誤差量和電瓶殘電量之誤差量輸入控制器，控制氫流量的輸出，使燃料電池輸出功率和電瓶殘電量有最大的輸出，且氫燃料消耗量最小。不同的控制器比較中，模糊邏輯控制器比模式邏輯控制器有較大的燃料電池輸出功率和電瓶殘電量且氫燃料消耗量較小，可達較精準之控制；在模糊控制器的設定，不同形狀的連續性歸屬函數經過模擬比較分析後得知，梯形的輸出氫流量連續性歸屬函數比三角形的輸出氫流量連續性歸屬函數有較大的燃料電池輸出功率和電瓶殘電量且氫燃料消耗量較小，因此可知不同形狀的連續性歸屬函數選擇之重要性。本論文針對模糊邏輯控制器作各種不同最佳化之比較分析，在最佳化的比較分析中，分為氫燃料電池混合動力機車控制器輸入參數，燃料電池輸出功率的誤差量之期望值和電瓶殘電量的誤差量之期望值的參數最佳化，和氫燃料電池混合動力機車模糊邏輯控制器的輸出氫流量參數最佳化。在氫燃料電池混合動力機車控制器輸入參數最佳化中，利用實驗設計軟體所計算找出的最佳輸入參數值，輸入控制器內，結果顯示其燃料電池輸出功率和電瓶殘電量比原本所設定的參數值性能好，且氫燃料消耗量較小。在氫燃料電池混合動力機車模糊邏輯控制器的輸出氫流量參數最佳化中，利用實驗設計法找出之最佳控制器氫流量輸出參數值輸入模糊控制器內，雖然氫燃料消耗量較大但燃料電池輸出功率和電瓶殘電量卻比原本所設定的參數值輸出更好。在不同的規格需求條件下，如需要最大的燃料電池輸出功率或電瓶殘電量在氫耗損量的考慮下，也可找出對應之最佳的設定參數值。本文構建之控制器模擬評估方法可使工程師在設計氫燃料電池混合動力機車動力分配管理系統時，能在模糊邏輯控制器所需的規格要求下，更迅速、有效率的調整參數。

關鍵詞：氫燃料電池混合動力機車動態控制，模糊邏輯控制器，模糊控制器參數最佳化分析

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘
要.....	v	英文摘要.....vii 誌
謝.....	ix	目錄.....x 圖目
錄.....	xiii	表目錄.....xix 第一章 緒
論.....	1	1.4 文獻回顧.....3 1.4.1 氫燃料電池混
合動力機車控制.....	3	1.4.2 硬體迴路模擬技術車輛控制器之發展.....12
1.4.3 最佳化控制之相關發展.....	18	第二章 研究方法與進行步
驟.....	20	2.1 正、反向氫燃料電池混合動力機車動態響應及控制模擬技術.....20
2.1.1 正、反向氫燃料電池混合動力機車動態響應模組.....	20	2.2 模式邏輯控制(Mode Logic Controller)之設
定.....	22	2.3 模糊邏輯控制歸屬函數之設定.....23 2.4 建構正向氫燃料電池混合
動力機車硬體迴路整合之系統.....	32	2.4.1 正向氫燃料電池混合動力機車硬體迴路模擬之技
術.....	34	第三章 結果與討論.....35 3.1 氫燃料電池混合動力機車模擬結
果.....	35	3.2 模式邏輯控制器之模擬結果.....36 3.2.1 不同的電流密度、
燃料電池溫度內部參數之影響模擬結果.....	37	3.2.2 不同的氫、氧流量內部參數之影響模擬結
果.....	40	3.2.3 不同的氫內部流道的管徑內部參數之影響模擬結果.....45 3.3 模糊邏輯控制
器之模擬結果.....	47	3.3.1 不同的歸屬函數之模擬結果.....47 3.3.2 模
糊邏輯和模式邏輯控制器比較之模擬結果.....	50	3.4 氫燃料電池混合動力機車之性能最佳化分
析.....	54	3.4.1 不同的氫燃料消耗量計算出最大的燃料電池輸出功率和電瓶殘電量(Case 1、Case 2)...57
3.4.2 不同的氫燃料消耗量計算出最大的燃料電池輸出功率且不考慮電瓶殘電量(Case 3、Case 4)..	59	3.4.3 不同的氫燃料消耗
量計算出最大的電瓶殘電量且不考慮燃料電池輸出功率(Case 5、Case 6)..	61	3.4.4 氫燃料電池混合動力機車性能的最佳期望
值比較模擬.....	64	3.4.5 氫燃料電池混合動力機車性能最佳化模擬驗證.....72 3.5 氫燃料電池
混合動力機車模糊邏輯控制器參數之最佳化分析.....	76	3.5.1 不同的氫燃料消耗量計算出最大的燃料電池輸出功
率 and 電瓶殘電量(Case 1、Case 2) ..	78	3.5.2 不同的氫燃料消耗量計算出最大的燃料電池輸出功率且不考慮電瓶殘電量(Case 3

、 Case 4) .80 3.5.3 不同的氫燃料消耗量計算出最大的電瓶殘電量且不考慮燃料電池輸出功率(Case 5、 Case 6) .83 3.5.4 氫燃料電池混合動力機車模糊邏輯控制器參數的最佳值比較模擬.....	85
3.5.5 氫燃料電池混合動力機車模糊邏輯控制器參數最佳化模擬驗證.....	94
3.6 正向氫燃料電池混合動力機車硬體迴路之模擬結果.....	98
第四章 結論與建議事項.....	102
4.1 結論.....	102
4.2 建議事項.....	107
105 參考文獻.....	107

參考文獻

- [1]K. R. Williams et.al., “ Liquid fuel/air fuel-cell power systems, ” SAE, No. 700022, 1970.
- [2]Y. H. Kim and S. S. Kim, “ An electrical modeling and fuzzy logic control of a fuel cell generation system, ” Energy Conversion, IEEE Transactions Industrial Electronics, pp.239-244, 1999.
- [3]E. B. Dickinson et.al., “ Characterization of a fuel cell/battery hybrid system for electric vehicle (EV) applications, ” SAE , No. 931818,1993.
- [4]V. Naso et.al., “ Evaluation of the overall efficiency of a low pressure proton exchange membrane fuel cell power unit, ” Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit, pp.1147-1150 vol.2, 2000.
- [5]G. A. Whitney , “ Market prospects, design features, and performance of a fuel cell-powered scooter, ” Journal of Power Sources, 2000.
- [6]J. E. Carlson et.al., “ Fuel cell auxiliary power systems: Design and cost implications, ” SAE , No. 2001-01-0536, 2001.
- [7]R. M. Moore et.al., “ Fuel cell stack water and thermal management: Impact of variable system power operation, ” SAE, No. 2001-01-0537, 2001.
- [8]J. D. Friedman et.al., “ Balancing stack, air supply, and water/thermal management demands for an indirect methanol PEM fuel cell system, ” SAE, No. 2001-01-0535, 2001.
- [9]Y. Gao, M. Ehsani, “ Systematic design of fuel cell-powered hybrid vehicle drivetrain, ” SAE , No. 2001-01-2532, 2001.
- [10]L. C. Iwan, R. F. Stengel, “ The application of neural networks to fuel processors for fuel-cell vehicles, ” Vehicular Technology, IEEE Transactions Industrial Electronics, pp.125-143, 2001.
- [11]L. F. Rowe et.al., “ Mathematical modeling of proton exchange membrane fuel cells, ” SAE, pp.82-96, 2001.
- [12]J. M. Correa, F. A. Farret, L. N. Canha, “ An analysis of the dynamic performance of proton exchange membrane fuel cells using an electrochemical model, ” Industrial Electronics Society, 141 - 146 vol.1, 29 Nov.-2 Dec. 2001.
- [13]R. J. Parise , G. F. Jones, “ Fuel cell thermal management with microcoolers, ” SAE, No. 2002-01-1913, 2002.
- [14]W. G. Kulp, S. Gurski, J. D. Nelson, “ PEM fuel cell air management efficiency at part load, ” SAE , No. 2002-01-1912,2002.
- [15]熊思愷, “ 實驗方法探討質子交換膜燃料電池在不同設計條件及 製作方式下對性能影響之研究 ”, 國立中山大學機械與機電工程學系碩士論文, 2002。
- [16]周宣任, “ 質子交換膜燃料電池MEA中山大學機械與機電工程學系碩士論文, 2002。
- [17]J. Y. Pukrushpan, A. G. Stefanopoulou, H. Peng, “ Modeling and control for PEM fuel cell stack system, ” American ControlConference, 2002.
- [18]Z. Yangjun, O. Minggao, L. Jianxi, Z. Zhao, W. Yongjun, “ Mathematical modelling of vehicle fuel cell power system thermal management, ” SAE , No. 2003-01-1146, 2003.
- [19]D. S. Gurski, J. D. Nelson, “ Cold-start fuel economy and power limitations for a PEM fuel cell vehicle, ” SAE, No. 2003-01-0422,2003.
- [20]C. Liang, W. Qingnian, “ Energy management strategy and parametric design for fuel cell family sedan, ” SAE, No.2003-01-1147, 2003.
- [21]L. Andreassi, S. Cordiner, F. Romanelli, “ Performances analysis of PEM fuel-cell-based automotive systems under transient conditions, ” SAE , No. 2003-01-1144, 2003.
- [22]J. H. Jung, Y. K. Lee, J. H. Joo, H. G. Kim, “ Power control strategy for fuel cell hybrid electric vehicles, ” SAE, No.2003-01-1136, 2003.
- [23]S. Yuna et.al., “ A viable niche market—fuel cell scooters in Taiwan, ” International Journal of Hydrogen, 2003.
- [24]L. Hyun, S. Jeong, K. Seong, “ An experimental study of controlling strategies and drive forces for hydrogen fuel cell hybrid vehicles, ” Elsevier Science, 2, February, 2002.
- [25]陳世龍, “ 混成機車動力系統省能動態規劃與硬體嵌入式即時模 擬, ” 國立清華大學碩博士論文, 民92。
- [26]J. Schaffnit, S. Sinsel, R. Isermann, “ Hardware-in-the-loop simulation for the investigation of truck diesel injection systems, ” American Control Conference, 21-26 Jun 1998.
- [27]S. Alles, C. Swick, S. Mahmud, F. Lin, “ Real time hardware-in-the-loop vehicle simulation, ” Instrumentation and Measurement Technology Conference, 05/12/1992 -05/14/1992.
- [28]B. K. Powell, N. Sureshbabu, K. E. Bailey, M. T. Dunn, “ Hardware-in-the-loop vehicle and powertrain analysis and control design issues, ” American Control Conference, 21-26 Jun 1998.
- [29]S. Brennan, A. Alleyne, M. DePoorter, “ The Illinois Roadway Simulator-a hardware-in-the-loop testbed for vehicle dynamics and control, ” American Control Conference, 21-26 Jun 1998.
- [30]H. Hanselmann, “ Hardware-in-the-loop simulation testing and its integration into a CACSD toolset, ” Computer-Aided Control System

Design, 15-18 Sep 1996.

[31]G. R. Babbitt, J. J. Moskwa, " Implementation details and test results for a transient engine dynamometer and hardware in the loop vehicle model, " Computer Aided Control System Design,08/22/1999 -08/27/1999.

[32]M. N. Mugerwa et.al., " Fuel cell System, " Plenumpress, NewYork, 1993.

[33]章文堯, " 混合動力車輛反向性能模擬與分析, " 工程學系碩士班 碩士論文, 2003。

[34]F. Zidani, D. Diallo et.al., " Fuzzy efficient-optimization controller for induction motor drives, " Power Engineering Review, IEEE , pp.3 - 44, Oct 2000.

[35]K. Y. Cheng, Y. Y. Tzou, " Fuzzy optimization techniques applied to the design of a digital PMSM servo drive, " Power Electronics, IEEE, pp.1085 - 1099, July 2004.

[36]J. S. Hu et.al., " Self-adaptive fuzzy controller based on an exact fast simulated annealing algorithm, " Fuzzy Systems, pp.529 - 532,2001.

[37]H.S. Zadeh, " Maneuver simulation of a non-linear system using membership function optimization of a fuzzy logic controller, " Aerospace Conference Proceedings, 5-2301 - 5-2308 vol.5, 2002.

[38]G. C. D. Sousa, B. K. Bose, J. G. Cleland, " Fuzzy logic based on-line efficiency optimization control of an indirect vector-controlled induction motor drive, " Industrial Electronics, IEEE, pp.192 - 198, April 1995.