

燃料電池電動車之性能分析與動力匹配

汪志豪、鄭錕燦

E-mail: 9419568@mail.dyu.edu.tw

摘要

由於石油的價格節節上升和人類對環保意識抬頭的影響，使得長期仰賴於化石燃料的汽車工業造成了極大的影響。因此，燃料電池電動車的誕生將有助於汽車製造商解決石油短缺和環境污染的問題。燃料電池不像傳統的內燃機引擎需要燃燒才能產生動力，它是經由水電解的逆反應來產生電力，反應後只產生水，無環境污染且能利用再生能源的技術煉製反應所需的燃料氣體氫氣和空氣中所富含的氧化劑氧氣。所以燃料取得容易且兼具環保的要求。在此篇論文中，我們將簡單介紹燃料電池電動車之各個組成元件及控制策略的方式。利用先進車輛模擬器(Advance Vehicle Simulator, ADVISOR)，將所需要的參數(包括車型、馬達型式、電瓶種類、廢氣處理系統種類、傳動裝置種類、車輪種類、負載的型式、動力傳動系統之控制方式型式等)輸入到程式中，經由電腦迅速的計算以得到所須之模擬結果。以方便日後欲設計燃料電池電動車之使用者能縮短設計所需耗費的時間。研究結果顯示，燃料電池電動車搭配鋰離子電池的性能較鉛酸電池及鎳氫電池高。在動力匹配方面，當混合度(Hybrid Ratio)提高時則燃料電池電動車的效率相對提升，但成本相對較高。針對以上的問題，當鋰離子電池的價格低於25US\$/kW時則混合度(Hybrid Ratio)越高，燃料電池電動車的效率越高，相對的成本越低。

關鍵詞：燃料電池電動車，電瓶，效率，成本，模擬計算

目錄

第一章 緒論.....	1	1.1 前言	1.2 燃料電池的介紹與原理.....	2	1.2.1 燃料電池的種類與特性.....	3	
1.2.1.1 質子交換膜燃料電池.....	3	1.2.1.2 鹼性燃料電池.....	5	1.2.1.3 磷酸燃料電池.....	5	1.2.1.4 熔融碳酸鹽燃料電池.....	6
1.2.1.5 固態氧化物燃料電池.....	6	1.2.1.6 直接甲醇燃料電池.....	6	1.3 蓄電池之介紹.....	7	1.3.1 化學電池的簡介.....	7
1.3.2 化學電池的種類與特性.....	8	1.3.2.1 鉛蓄電池.....	8	1.3.2.2 鎳鎘蓄電池.....	9	1.3.2.3 鎳氫蓄電池.....	10
1.3.2.4 鋰離子電池.....	10	1.3.2.5 超電容器.....	11	1.4 文獻回顧.....	11	1.4.1 氫燃料車輛方面.....	12
1.4.2 傳統電動車蓄電池方面.....	16	1.4.3 質子交換膜燃料電池建模方面.....	18	1.4.4 先進車輛模擬軟體方面.....	20	1.4.5 燃料電池電動車氫氣安全方面.....	21
1.5 研究動機與目的.....	22	第二章 研究方法.....	24	2.1 ADVISOR 之簡介.....	24	2.1.1 ADVISOR 商業化發展過程.....	24
2.1.2 ADVISOR 的GUI 介面.....	25	2.2 燃料電池電動車之結構.....	30	2.2.1 燃料電池模組.....	31	2.2.2 蓄電池模組.....	31
2.2.3 馬達/控制器模組.....	33	2.2.4 馬達控制器邏輯模組.....	34	2.2.5 變速箱模組.....	34	2.2.6 變速箱控制模組.....	35
2.2.7 最終驅動模組.....	35	2.2.8 車輛和軸模組.....	36	2.2.9 車輛模組.....	36	2.3 ADVISOR中燃料電池電動車的 control 方式.....	37
第三章 結果與討論.....	39	3.1 模擬各種不同的行車型態.....	39	3.1.1 美國聯邦測試法規(FTP75).....	39	3.1.2 新歐盟行車型態(NEDC).....	40
3.1.3 高速公路行車型態(HWFET).....	40	3.2 模擬的基本參數設定.....	41	3.3 在不同的行車型態下，模擬燃料電池搭配各種不同型式蓄電池的組合結果.....	42	3.3.1 利用FTP75 的行車型態下，分析燃料電池搭配各種不同型式蓄電池的效率和燃料消耗率.....	42
3.3.2 利用NEDC 的行車型態下，分析燃料電池搭配各種不同型式蓄電池的效率和燃料消耗率.....	45	3.3.3 利用HWFET 的行車型態下，分析燃料電池搭配各種不同型式蓄電池的效率和燃料消耗率.....	45	3.4 燃料電池電動車混合度(Hybrid Ratio)的匹配.....	46	3.4.1 不同行車型態下Hybrid Ratio 相對於效率和燃料消耗率之間的關係.....	47
3.4.2 燃料電池電動車之成本估算.....	50	3.4.3 不同行車型態下Hybrid Ratio 相對於效率和成本之間的關係.....	52	第四章 結論與建議.....	56	參考文獻.....	58

參考文獻

- [1] J.Larminie and A.Dicks, "Fuel Cell System Explained", J.Wiley, chapter 1-7, pp. 1-226, 2003.
- [2] "台灣燃料電池產業發展策略之研究", 台灣經濟研究院, 民國九十年十一月。

- [3] Fuel Cell Test and Evaluation Center, http://www.fctec.com/fctec_types_pem.asp, 2003.
- [4] http://www.automobilemag.com/auto_shows/naias_2005/0501gmr_sequel/ [5] <http://www.germancarfans.com/news.cfm/newsid/2050304.005/pageview/photo/photo/1/page/1/lang/eng/mercedes/1.html> [6] <http://hk.geocities.com/chem4cell/first.htm> [7] 洪芳州, “各類電池使用指南”, pp. 34~60, 全華科技股份有限公司, 民國八十三年。
- [8] 鄭耀宗, “美國的氫能政策與發展規劃”, 太陽能及新能源學刊, 民國九十三年六月。
- [9] “經濟部能源發展基金計劃執行報告書”, 工研院機械工業研究所, 民國九十年元月。
- [10] “清潔能源車輛宣導會”, 台灣經濟研究院, 民國九十年六月。
- [11] D.Z. Megede, “Fuel processors for fuel cell vehicles”, *Journal of Power Sources*, Vol. 106, pp. 35~41, 2002.
- [12] K. Kordesh, V. Hacker, J. Gsellmann, M. Cifrain, G. Faleschini, Alkaline fuel cells applications”, *Journal of Power Sources*, Vol.86, pp. 162~165, 2000.
- [13] M.D. Francesco, E. Arato, “Start-up analysis for automotive PEM fuel cell systems”, *Journal of Power Sources*, Vol. 108, pp.41~52, 2002.
- [14] J.V. Mierlo, P.V. Bossche, G. Maggetto, “Models of energy sources for EV and HEV: fuel cells, batteries, ultracapacitors, flywheels and engine-generators”, *Journal of Power Sources*, Vol.128, pp. 76~89, 2004.15] G. Pede, A. Iacobazzi, S. Passerini, A. Bobbio, G. Botto, “FCvehicle hybridisation: an affordable solution for an energy-efficient FC powered drive train”, *Journal of Power Sources*, Vol. 125, pp. 280~291, 2004.
- [16] Y. Gao, M. Ehsani, “Systematic design of fuel cell powered hybrid vehicle drive train”, *Society of Automotive Engineers*, pp. 1~10, 2001-01-2532.
- [17] A.K. Shukla, A.S. Arico, V. Antonucci, “An appraisal of electric automobile power sources”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 5, pp. 137~155, 2001.
- [18] T. Markel, M. Zolot, K.B. Wipke, “Energy Storage System Requirements for Hybrid Fuel Cell Vehicles”, *National Renewable Energy Laboratory*, June 10-13, 2003.
- [19] O. Bitsche, G. Gutmann, “Systems for hybrid cars”, *Journal of Power Sources*, Vol. 117, pp. 8~15, 2004.
- [20] K.S. Jeong, B.S. Oh, “Fuel economy and life-cycle cost analysis of a fuel cell hybrid vehicle”, *Journal of Power Sources*, Vol.105, pp. 58~65, 2002.
- [21] 陳松誼, 楊毅平, “電動機車殘存電量顯示之研究”, 國立台灣大學機械工程所論文, 民國八十九年。
- [22] 林明彥, 楊毅平, “電動車蓄電池電容量估測技術之研究”, 國立台灣大學機械工程所論文, 民國九十年。
- [23] 蔡家豪, 楊毅平, “智慧型電動機車殘餘電池容量估測之研製”, 國立台灣大學機械工程所論文, 民國九十一年。
- [24] 張佳祺, “超電容器在蓄電池及燃料電池電動機車混成能源系統上的應用”, 輔仁大學電子工程學系論文, 民國九十二年。
- [25] 郭昆璋, 楊毅平, “超高電容器對混合動力直驅式電動機車”, 國立台灣大學機械工程所論文, 民國九十三年。
- [26] S. Jeme., D. Hissel, M.C. Pera, J.M. Kauffmann., “On-board fuel cell power supply modeling on the basis of neural network methodology”, *Journal of Power Sources*, Vol. 124, pp. 479~486, 2003.
- [27] S. Yerramalla, A. Davari, A. Feliachi, T. Biswas, “Modeling and simulation of the dynamic behavior of a polymer electrolyte membrane fuel cell”, *Journal of Power Sources*, Vol. 124, pp. 104~113, 2003.
- [28] A. Rowe, X. Li, “Mathematical modeling of proton exchange membrane fuel cells”, *Journal of Power Sources*, Vol. 102, pp. 82~96, 2001.
- [29] K. Haraldsson, K. Wipke, “Evaluating PEM fuel cell system models”, *Journal of Power Sources*, Vol. 126, pp. 88~97, 2004.
- [30] Z. Jiang, L. Gao, M.J. Blackwelder, R.A. Dougal, “Design and experimental tests of control strategies for active hybrid fuel cell/battery power sources”, *Journal of Power Sources*, Vol. 130, pp. 163~171, 2004.
- [31] C.N. Maxoulis, D.N. Tsinoglou, G.C. Koltsakis, “Modeling of automotive fuel cell operation in driving cycles”, *Energy Conversion and Management*, Vol.45, pp. 559~573, 2004.
- [32] 張家豪, “利用反向模擬進行複合動力機車之能量管理”, 國立台北科技大學車輛工程系論文, 民國九十三年。
- [33] T. Markel, A. Brooker, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M.O. Keefe, S. Sprik, K. Wipke, “ADVISOR: a systems analysis tool for advanced vehicle modeling”, *Journal of Power Sources*, Vol. 110, pp. 255~266, 2002.
- [34] U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, “ADVISOR Simulation Tool for Vehicle Evaluation and Testing”, pp. 1~2, January 2004.
- [35] M. Ogburn, A. Boligitz, W. Luttrell, B. King, S. Postle, R. Fahrenkrog and D.J. Nelson, “Integration of Fuel Cell Technology into a Hybrid Electric Vehicle”, *Society of Automotive Engineers*, pp. 1~17, 2000-01-0592.
- [36] A. Brooker, K. Haraldsson, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, T. Markel, S. Sprik, K. Wipke, “ADVISOR Documentation”, *National Renewable Energy Laboratory*, April 30, 2002.
- [37] T.E. Lipman, J.L. Edwards, D.M. Kammen, “Fuel cell system economics: Comparing the costs of generating power with stationary and motor vehicle PEM fuel cell systems”, *Energy Policy* 32, pp. 101~125, 2004.
- [38] R.A. Sutula, “Highlights Report for the Vehicle High-Power Energy Storage Program”, U. S. Department of Energy Office Advanced Automotive Technologies, DC20585-0121, pp. 1~8, 2000.
- [39] Fuel Cell Report to Congress(ESECS EE-1973), U. S. Department of Energy, pp. 13~14, 2003.

[40] E.J. Carlson, " Cost Analyses of Fuel Cell Stacks/Systems " , Argonne National Laboratory, DE-FC02-99EE50587, pp. 1~22, 2003.