

以Matlab/simulink 建立完善的質子交換膜燃料電池動態系統模型

陳建文、蔡渙良

E-mail: 321885@mail.dyu.edu.tw

摘要

本文提出一個完整的質子交換膜燃料電池堆動態模擬系統，其中包含電化學、熱力學和零維度流體通量原則，結合理論與經驗公式運用Matlab / Simulink建立廣義的質子交換膜燃料電池系統動態模型。本模型係應用分層結構與簡單的圖形標示以Simulink方塊圖呈現，輔助使用者用來預測質子交換膜燃料電池輸出的電壓和電池效率。除提供使用者在實驗前快速地了解燃料電池的性能表現外，亦可幫助系統研發者在研究的過程中再次確認實驗數值是否正確?掌握電池運作的實際狀態。因此，該模型可讓燃料電池的動態系統更加容易模擬、分析以及驗證。

關鍵詞：廣義模型，質子交換膜燃料系統，Matlab / Simulink

目錄

封面內頁 簽名頁授權書	iii	中文摘要	iv
. iv 英文摘要	v	v 誌謝	vi
目錄	vii	圖目錄	x
.	xii	符號說明	xiii
.	1	第一章緒論	1
.	1	1.1研究背景與動機	1
.	1	1.2研究方法	1
.	3	1.3研究目的	3
.	4	1.4文獻回顧	4
.	5	1.4.1燃料電池系統模型	5
.	5	1.4.2水管裡	5
.	6	1.4.3雙相流現象	6
.	7	1.5論文架構	7
第二章理論基礎	8	9 2.1燃料電池簡介	8
池種類概述	9	2.2燃料電池	9
.	9	2.3元件結構與運作原理	9
.	11	2.4基本特性	11
.	15	2.5電力調控	15
.	17	2.6總結	17
.	18	第三章燃料電池堆模型建立與設計	18
.	19	3.1模型的制定	19
.	19	3.2質子交換膜燃料電池堆模型	19
.	20	3.2.1陽極流道模型	20
.	20	3.2.2陰極流道模型	20
.	23	3.2.3陽極氣體擴散層模型	23
.	27	3.2.4陰極氣體擴散層模型	27
.	30	3.2.5薄膜水合模型	30
.	32	3.2.6	32
燃料電池堆電壓模型	34	3.2.7熱傳模型	34
模與動態模擬	38	4.1模型建立	38
型	38	4.2以Simulink建立模	38
.	39	4.2.1陽極流道模型建立	39
.	39	4.2.2陰極流道模型建立	39
.	40	4.2.3氣體擴散層模型建立	40
.	41	4.2.4薄膜水合模型建立	41
.	43	4.2.5燃料電池堆電壓模型建立	43
.	43	4.2.6熱傳模型建立	43
.	44	4.2.7完整模型	44
第五章結論與展望	45	4.3模擬結果	45
研究方向	48	5.1本文貢獻	48
.	49	5.2未來	49
.	49	參考文獻	49
.	50	附錄	50
.	55	就學期間發表論文與獲獎	55
.	61	61

參考文獻

參考文獻 [1] 王曉紅、黃宏編譯 (民97)，燃料電池基礎，全華圖書股份有限公司，台北。

[2] 王金燦、鄭沛倫 (民98)，燃料相對濕度對薄膜含水量及質子交換膜燃料電池性能效應，中正嶺學報，38(1)，頁17-26。

[3] 尤如瑾、顏貽乙、林祥輝、林建良、蔣淑卿、廖世傑、蕭青松、賴秋助、李堅雄 (民94)，氫能源技術發展與我國燃料電池產業契機之研究，工業技術研究院 產業經濟與資訊服務中心，新竹。

[4] 呂吉祥 (民94)，質子交換膜燃料電池操作參數對電池性能影響之模擬分析，國立清華大學工程與系統科學系研究所碩士論文。

[5] 林昇佃、余子隆、張幼珍、翁芳柏、李碩仁、林育才、吳和生、魏榮宗、林修正、賴子珍、曾盛恕、詹世弘 (民93)，燃料電池:新世紀能源，滄海書局，台中。

[6] 吳宏一 (民91)，質子交換膜燃料電池中薄膜水濃度與溫度之分析，國立台灣大學應用力學研究所碩士論文。

- [7] 吳文獻 (民97), 質子交換膜燃料電池堆模型模擬研究, 國立台灣大學工學院機械工程研究所碩士論文。
- [8] 洪政賢 (民98), 質子交換膜燃料電池的控制系統設計與實現, 高苑科技大學電機工程研究所碩士論文。
- [9] 翁頂清 (民97), 燃料處理系統最佳化控制系統設計, 大葉大學電機工程學系研究所碩士論文。
- [10] 孫忠銓 (民91), 影響質子交換膜燃料電池發電效率參數之實驗結果分析, 元智大學機械工程研究所博士論文。
- [11] 黃鎮江 (民92), 燃料電池, 全華科技圖書股份有限公司, 台灣。
- [12] 廖明祥 (民91), 質子交換膜燃料電池含溫濕度控制之參數最佳化分析與電池製作, 國立中山大學機械與機電工程研究所, 碩士論文。
- [13] 劉宗麟 (民97), 模擬質子交換膜燃料電池陰極水蒸汽冷凝雙相流現象實驗探討, 國立清華大學工程與系統科學研究所, 碩士論文。
- [14] 魏功益 (民93), 質子交換膜型燃料電池數理模式之建立與分析, 中國文化大學材料科學與製造研究所碩士論文。
- [15] Amphlett, J. C., R. M. Baumert, R. F. Mann, B. A. Peppley, and A. Rodrigues (1994) Parametric modelling of the performance of a 5-kW proton-exchange membrane fuel cell stack. *Journal of Power Sources*, 49(1-3), 349-356.
- [16] Amphlett, J. C., R. M. Baumert, R. F. Mann, B. A. Peppley, P. R. Roberge, and T. J. Harris (1995) Performance modeling of the Ballard Mark IV solid polymer electrolyte fuel cell. *Journal of the Electrochemical Society*, 142(1), 9-15.
- [17] Blunier, B. and A. Miraoui (2005) Optimization and air supply management of a polymer electrolyte fuel cell. *IEEE Conference Vehicle Power and Propulsion*, Chicago, IL.
- [18] Cownden, R., M. Nahon, and M. A. Rosen (2001) Modeling and analysis of a solid polymer fuel cell system for transportation application. *International Journal of Hydrogen Energy*, 26(1), 615-623.
- [19] Cengel, Y. A. (2004) *Heat Transfer: A Practice Approach*, 2nd Ed., 717-771. McGraw-Hill Companies Inc., Singapore.
- [20] Candusso, D., F. Harela, A. De Bernardinis, X. Francois, M.C. Perab, D. Hissel, P. Schottc, G. Coquerya, and J.-M. Kauffmannb (2006) Characterisation and modelling of a 5kW PEMFC for transportation applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 31(8), 1019-1030.
- [21] Der Real, A. J., A. Arce, and C. Bordons (2007) Development and experimental validation of a PEM fuel cell dynamic model. *Journal of Power Sources*, 173(1), 310-324.
- [22] Dutta, S., S. Shimpalee and J. W. Van Zee (2001) Numerical prediction of mass-exchange between cathode and anode channels in a PEM fuel cell. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44(11), 2029-2042.
- [23] Famouri, P. and R. S. Gemmen (2003) Electrochemical circuit model of a PEM fuel cell. *IEEE Power Engineering Society General meeting*, Toronto.
- [24] Friede, W., S. Rael, and B. Davat (2004) Mathematical model and characterization of the transient behavior of a PEM fuel cell. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 19(5), 1234-1241.
- [25] Larminie, J. and A. Dicks (2003) *Fuel Cell Systems Explained*, 25-43. John Wiley & Sons Ltd, England.
- [26] Mann, R. F., J. C. Amphlett, M. A. Hooper, H. M. Jensen, B. A. Peppley, and P. R. Roberge (2000) Development and application of a generalized steady-state electrochemical model for a PEM fuel cell. *Journal of Power Sources*, 86(1-2), 173-180.
- [27] Maggio, G., V. Recupero, and L. Pino (2001) Modeling polymer electrolyte fuel cells: an innovative approach. *Journal of Power Sources*, 101(2), 275-286.
- [28] McKay, D. A., J. B. Siegel, W. Ott, and A. G. Stefanopoulou (2008) Parameterization and prediction of temporal fuel cell voltage behavior during flooding and drying condition, *Journal of Power Sources*, 178(1), 207-222.
- [29] Nam, J. and M. Kaviany (2003) Effective diffusivity and water-saturation distribution in single- and two-layer PEMFC diffusion medium. *International Journal Heat and Mass Transfer*, 46(24), 4595-4611.
- [30] Na, W., B. Gou, and B. Diong (2005) Nonlinear control of PEM fuel cells by exact linearization. *Industry Applications Conference*, Hong Kong.
- [31] Nguyen, T. V. and R. E. White (1993) A water and heat management model for proton-exchange-membrane fuel cells. *Journal of the Electrochemical Society*, 140(8), 2178-2186.
- [32] O'Hayre, R., S. W. Cha, W. Colella, and F. B. Prinz (2006) *Fuel Cell: Fundamentals*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [33] Pukrushpan J. T., A. G. Stefanopoulou, and H. Peng (2004) Control of fuel cell breathing. *IEEE Control Systems Magazine*, 24(2), 30-46.
- [34] Pukrushpan, J. T., A. G. Stefanopoulou, and H. Peng (2002) Modeling and control for PEM fuel cell stack system. *American Control Conference*, Alaska.
- [35] Pukrushpan, J. T., A. G. Stefanopoulou, and H. Peng (2004) Modeling and control for PEM fuel cell stack system. *IEEE Control Systems Magazine*, 14(2), 30-46.
- [36] Rowe, A. and X. Li (2001) Mathematical modeling of proton exchange membrane fuel cells. *Journal of Power Sources*, 102(1-2), 82-96.
- [37] Springer, T. E., T. A. Zawodzinski, and S. Gottesfeld (1991) Polymer electrolyte fuel cell model. *Journal of the Electrochemical Society*, 138(8), 2334-2342.
- [38] Sandler, S. I. (2006) *Chemical, Biochemical, and Engineering Thermodynamics*, 4th Ed., 914-916. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ.
- [39] Wang, C., M. H. Nehrir, and S. R. Shaw (2005) Dynamic models and model validation for PEM fuel cells using electrical circuits. *IEEE transactions on Energy Conversion*, 20(2), 442-451.

[40] Yuvarajan, S. and D. Yu (2004) Characteristics and modeling of PEM fuel cells. International Symposium on Circuits and Systems, Vancouver, BC.