

# 高電壓鋰電池組電量等化技術應用於複合電動車輛之研究

黃嘉賢、張舜長

E-mail: 9806421@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本文探討高電壓鋰電池組串聯運行，電池之間充放電特性與老化程度的不相同，使用次數增加，導致電量不平衡，造成過度充電(Overcharge)或過度放電(Deep Discharge)，因而無法充分利用電池的蓄電能力，甚至縮短電池的壽命，影響到殘電量偵測準確性。為了提高串聯電池壽命與殘電量估測的精準度，本研究分成三個研究方向：(1)發展一套鋰電池性能檢測實驗平台，進行不同放電條件與環境溫度，電池進行充放電過程資料記錄分析，構成鋰電池性能資料庫，經由多輸入與輸出關係，建立類神經鋰電池模型，預測鋰電池電容量。(2)電池性能與電池模型參數設定，建立鋰電池RC模型，搭配ADVISOR內建複合電動車輛於ECE-40行車型態，進行串聯電池實車運行模擬。(3)發展串聯電池等化機制，以四顆鋰電池串聯運行，進行充電、靜置、放電，經由等化模組，使每顆電池擁有均等電量。本研究提高鋰電池電容量預測誤差控制在 $\pm 1\%$ 以內。經由ADVISOR複合電動車輛模擬，減少實車實驗的成本。串聯電池等化，避免電池過度充電或過度放電狀況發生，提高串聯電池運行殘電量的估測精準度。

關鍵詞：串聯電池等化、電池性能、類神經網路

## 目錄

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
目錄.....	x	表目錄.....	xv
符號說明.....	xvi	第一章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1	1.2 文獻回顧.....	4
1.2.1 控制策略與能量管理系統之探討相關研究.....	4	1.2.2 電池模型之探討相關研究.....	5
1.2.3 電池殘電量之探討相關研究.....	5	1.2.4 類神經網路與電池健康狀態之探討相關研究.....	7
1.2.5 電池等化之探討相關研究.....	8	1.3 研究動機與目的.....	9
1.4 研究步驟.....	10	1.5 論文架構.....	11
第二章 鋰電池應用於複合電動車輛介紹.....	13	2.1 複合電動車輛介紹.....	13
2.2 鋰電池之類神經網路模型[38].....	15	2.3 鋰電池之RC模型.....	17
2.4 ADVISOR之複合電動車輛模擬[43].....	20	2.5 串聯鋰電池電量等化及影響.....	23
2.6 串聯電池等化電路介紹[29].....	25	2.6.1 消耗型電池等化電路.....	25
2.6.2 非消耗型電池等化電路.....	27	2.6.2.1 升壓型轉換器電池等化電路.....	27
2.6.2.2 切換電容式電池等化電路.....	28	2.6.2.3 雙向直流轉換器電池等化電路.....	30
2.6.2.4 集中式變壓器電池等化電路.....	31	第三章 鋰電池性能檢測平台.....	33
3.1 鋰電池性能實驗平台設備.....	33	3.1.1 實驗對象.....	33
3.1.2 充電設備.....	35	3.1.3 放電設備.....	37
3.1.4 HIOKI-3560電池測試器.....	38	3.1.5 恆溫恆濕機櫃.....	40
3.2 鋰電池性能檢測實驗平台.....	42	第四章 鋰電池組電量等化技術.....	45
4.1 串聯鋰電池電壓偵測模組.....	45	4.2 切換式充電等化模組.....	46
4.3 電容式靜置等化模組.....	49	4.4 電容式放電等化模組.....	52
第五章 實驗結果與分析.....	55	5.1 鋰電池電容量定義.....	55
5.2 鋰電池健康狀態定義.....	56	5.3 不同放電電流檢測實驗.....	56
5.4 鋰電池環境溫度檢測實驗.....	61	5.5 鋰電池定電流1 C放電檢測實驗.....	66
5.6 類神經鋰電池模型建立.....	73	5.7 鋰電池RC模型建立.....	77
5.8 串聯多顆鋰電池RC模型模擬.....	79	5.9 ADVISOR複合電動車輛模擬.....	80
5.10 切換式充電等化模組結果.....	84	5.11 電容式靜置等化模組結果.....	88
5.12 電容式放電等化模組結果.....	91	第六章 結論與建議.....	97
6.1 結論.....	97	6.2 建議事項與未來研究.....	98
參考文獻.....	99		

## 參考文獻

- [1]鄭勝文，“電動車輛專輯”，機械月刊，pp. 354-405，1999年。
- [2]許宏偉，“並聯式混合動力機車之實作與控制”，大葉大學車研所碩士論文，2001年。

- [3]許源鏞、邱國慶、呂紹遠，“混成動力休閒車控制系統實車組裝與測試”，中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會，2007年。
- [4]S. K. Kim, J. H. Jeon, C. H. Cho, J. B. Ahn, and S. H. Kwon, “Dynamic modeling and Control of a Grid-Connected Hybrid Generation System with Versatile Power Transfer,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 55, No. 4, pp.1677-1688, 2008.
- [5]V. Johnson and A. Pesaran, “Temperature-Dependent Battery model for High Power Lithium-Ion Batteries,” Presented at the 17th Electric Vehicle Symposium, Montreal, Canada, 2000.
- [6]V. Johnson and A. Pesaran, “Battery Performance model in ADVISOR,” *Journal of Power Source*, Vol. 110, pp. 321-329, 2002.
- [7]許參、李杰、王超，“一種鋰離子蓄電池壽命的預測模型”，*應用科學學報*，第24卷，第4期，2006年。
- [8]S. Duryea, S. Islam, and W. Lawrance, “A Battery Management System for Stand Alone Photovoltaic Energy System,” *Applications Magazine, IEEE*, Vol. 7, pp.67-72, 2002.
- [9]林威佐，“電池電容量檢測技術之研究”，國立台灣大學電機所碩士論文，2002年。
- [10]P. Ramadass, B. Haran, R. White, and B. Popov, “Mathematical modeling of the Capacity Fade of Li-ion Cells,” *Journal of Power Sources*, Vol. 123, pp.230-240, 2003.
- [11]何文隆，“電動車輛變動負載之電池殘電量研究”，大葉大學車研所碩士論文，2004年。
- [12]賴世榮，“智慧型鋰離子電池殘存電量估測之研究”，中山大學電機工程所碩士論文，2004年。
- [13]何昌佑，“鋰電池管理晶片之設計與應用分析”，*電子月刊*，第13卷，第9期，2007年。
- [14]吳坤德、林頂立、周弘亮、吳晉昌、孫禹華，“類神經網路應用於鉛酸電池殘電量偵測之應用”，*電機月刊*，第17卷，第7期，2007年。
- [15]V. Spath, A. Jossen, H. Doring, and J. Garche, “The Detection of the State of Health of Lead-Acid Batteries,” *IEEE, International Energy Conference*, Vol. 19, No.23, pp.681-686, October, 1997.
- [16]C. C. O' Gorman, D. Ingersoll, R. G. Jungst, and T. L. Paez, “Artificial Neural Network Simulation of Battery Performance System Sciences,” Kohala Coast, HI, USA: Proceedings of the Thirty First Hawaii International Conference, pp.115-121, 1998.
- [17]W. X. Shen, C. C. Chan, E. W. C. Lo, and K. T. Chau, “Adaptive Neuro Fuzzy Modeling of Battery Residual Capacity for Electric Vehicles,” *IEEE Trans. Ind. Electron*, Vol. 49, No. 3, pp.677-684, 2002.
- [18]中央研究院資訊科學研究所自動化實驗室，“電動機車整車管理系統之研發”，*國家地理頻道之台灣熱門科學*，2002年。
- [19]Y. S. Lee, T. Y. Kuo, and W. Y. Wang, “Fuzzy Neural Network Genetic Approach to Design the SOC Estimator for Battery Powered Electric Scooter,” 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, pp.2759-2765, Aachen, Germany, 2004.
- [20]黃廣順，“電池電源模組之並聯運轉”，中山大學電機所碩士論文，2004年。
- [21]C. R. Chen, K. H. Huang, and H. C. Teng, “The Estimation of the Capacity of Lead-Acid Storage Battery Using Artificial Neural Networks,” *IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp.8-11, 2006.
- [22]謝秉勳、謝登存，“鋰離子電池加速測試方法及壽命預估模式介紹”，*工業材料雜誌*，第236期，2006年。
- [23]李建興、陳瑋凱、洪建平，“類神經網路應用於鉛酸電池放電時間之估測”，第28屆電力工程研討會，2007年。
- [24]陳文智，“電池內串聯電槽之工作特性與探討”，中山大學電機工程學系研究所碩士論文，2006年。
- [25]歐陽文億，“串聯電池組雙向電量平衡電路”，中山大學電機工程學系研究所碩士論文，2005年。
- [26]江承億，“雙向式轉換器應用於均勻充電之研製”，聖約翰技術學院自動化及機電整合研究所碩士論文，2005年。
- [27]蔡志明，“串並聯電池組均壓充電及放電管理之研究”，大同大學電機工程研究所碩士論文，2002年。
- [28]周文雄，“智慧型均等化電池充電器”，高雄應用科技大學電子與資訊工程研究所碩士論文，2007年。
- [29]柯易斌，“微控制晶片於鋰離子串接電池等化之應用”，天主教輔仁大學電子工程學系碩士論文，2006年。
- [30]Jonathan W. Kimball, Brian T. Kuhn, Philip T. Krein, "Increased Performance of Battery Packs by Active Equalization," *IEEE*, 2007.
- [31]Andrew Baughman, Mehdi Ferdowsi, "Analysis of the Double-Tiered Three-Battery Switched Capacitor Battery Balancing System," *IEEE, Power Electronics and Motor Drives Laboratory*, 2007.
- [32]Akaki, S., Takaoka, T., Matsui, H., and Kotani, T., “Toyota's Newly Developed Electric-Gasoline Engine Hybrid Powertrain System,” *EVS 14 Conference*, 1997.
- [33]Merriman, C., Gerpen, J.V., and Luecke, G., “The Effect of Engine Performance and Engine Starts on Series HEV Operation,” *SAE 970288*.
- [34]Nikopoulos, A., Hong, H., and Krepec, T., “Energy Consumption Study for a Hybrid Electric Vehicle,” *SAE 970198*.
- [35]Moeller, F.H., “Prime Movers for Series Hybrid Vehicle,” *SAE 970287*.
- [36]Moseley, P.T., “High-Rate, Regulated Lead-acid Batteries: Suitable for Hybrid Electric Vehicle?,” *Journal of Power Sources*, 84, p.237-242, 1999.
- [37]曾揚翔，“雙動力驅動車輛之電控系統研發”，大葉大學機械與自動化工程學系所碩士論文，2009年。
- [38]周明正，“類神經網路應用於複合動力車輛高電壓鋰電池組管理之研究”，大葉大學車輛研究所碩士論文，2008年。
- [39]羅華強，“類神經網路-MATLAB的應用”，高立圖書有限公司，2005年。
- [40]張舜長、蔡耀文、翁大益，“鋰電池模型的實驗規劃建構與驗證”，*車輛工程學刊*，Vol. 4, pp. 69-80，民國96年5月。
- [41]Wipke, et al., ADVISOR 3.2 Documentation, see [www.ctts.nrel.gov/analysis/advisor\\_doc](http://www.ctts.nrel.gov/analysis/advisor_doc), August 2001.

[42]曾柏伊、彭國光、周裕福、黃正芳，“二次電池之化學特性與應用”，工業材料雜誌，Vol. 197, pp. 118，民國92年5月。

[43]翁大益，“複合電動車輛鋰電池管理系統之研究”，大葉大學車輛研究所碩士論文，2007年。

[44]C. C. Chan, "The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles," Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 4, April 2007.

[45]David Wenzhong Gao, Chris Mi, Ali Emadi, "Modeling and Simulation of Electric and Hybrid Vehicles," Proceedings of the IEEE, Vol. 95, No. 4, April 2007.

[46]統振公司，“LiPOD Specification”，2006年。