

## 串聯式鋰電池組電能診斷管理系統之研究

張舜長 劉鈞宇

大葉大學機械與自動化工程學系

51591 彰化縣大村鄉學府路 168 號

### 摘 要

本文探討高電壓鋰電池組串聯運行時的電池診斷管理系統，如無法充分保護電池狀態，會縮短電池壽命，降低電池效率，甚至影響到電池殘電量偵測準確性。因此提出了一種串聯式鋰電池組的電池診斷管理控制器，它可以保護電池不受到損壞，藉此保持電池的使用效率，整個系統由殘電量偵測顯示器、電池診斷模組、電池管理模組建構而成。利用此系統可達到平衡各電池電壓、管理電池組可承受之充、放電電流與溫度高低，估測電池組目前殘量與剩餘壽命，本控制器使用 8051 與凌力爾特出產的 LTC6802 保護 IC 作為核心架構，經由測試，可達成電池保護之目的。

**關鍵詞：**電池管理系統，電池殘電量

## Study of Series Li-ion Batteries Electric Energy Diagnosis and Management System

SHUN-CHANG CHANG and CHUN-YU LIU

*Department of Mechanical Engineering, Da-Yeh University*

*168 University Rd., Dacun, Changhua 51591, Taiwan, R.O.C.*

### ABSTRACT

This study focuses on a series Li-ion battery electrical energy diagnosis and management system. A failure to protect batteries adequately can lead to shortened lifespan, reduced efficiency, and compromised accuracy in the state of charge (SOC). Using Li-ion batteries electric series energy diagnosis management controller can protect batteries from damage, and maintain working efficiency. The entire system consists of a battery diagnosis module and a module for the management of batteries. The system is capable of balancing the voltage for each battery, estimating residual energy, and determining the state of health of batteries. The controller comprises a single 8051 chip and IC-LTC6802 with the aim of protecting batteries.

**Key Words:** battery management system, state of charge



## 一、前言

目前，將車輛的動力源由內燃機轉為電動已是大勢所趨 [1]，各大車廠將研究的重心放在電池管理系統、電力馬達系統以及效能更好的傳動系統。不論在技術、構造、性能、能源的補充等各方面上跟內燃機車輛有很大之差異。而決定性的技術就是在電池組方面，良好的電動車輛電池應能符合下列的特性：

1. 能極準確顯示電池殘電量 (state of charge, SOC)。
2. 能極準確顯示電池開路電壓 (voltage open circuit, VOC)。
3. 能極準確顯示電池健康狀態 (state of health, SOH)。
4. 能極大功率瞬間放電以符合啟動/加速/爬坡的要求。
5. 重量輕、體積小、能耐震、高低溫及潮溼。
6. 容易回收，不含有害物質，無環保問題。
7. 成本低、使用循環壽命較長、容易保養、安全性佳。
8. 蓄電能量密度大。

一組電池組需要更多的系統管理策略，例如電池組充、放電時機與電池狀態管理 [2]，都是值得發展的方向。在現在不管是電動車輛還是複合電動車輛的系統管理策略的關鍵點通常會是電池的狀態管理，唯有準確得知電池目前狀態，才能有效的將電池效能發揮與即時的補充電能，增加電池壽命、維持使用效率，真正的達到環保目的 [3]。良好的電池狀態管理系統至少需要滿足下列的管理項目 [7]：

1. 告知目前電池殘電量。
2. 通知管理系統可對電池放電。
3. 通知管理系統須對電池充電。
4. 避免電池過度充放電而影響電池壽命。
5. 監控電池狀態並偵測電池殘電量在一定的準確度內。

電池模組的能量管理若要最佳化，關鍵技術是精確的電池殘電量估測與準確偵測各電池電壓，進而使電池模組保持良好的使用效率。另外，一般動力電池損壞主要是因為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，造成過度充電或過度放電。本研究發展的鋰電池組診斷管理技術包含估測殘電量、準確偵測電壓、電池等化機制，對電池使用壽命與效率而言就格外重要 [5]。

## 二、電池性能檢測實驗平台

將電池充電設備與放電設備整合，藉由圖控軟體來控制這些設備，如圖 1 所示，此平台為“通用型”，設計一套鋰

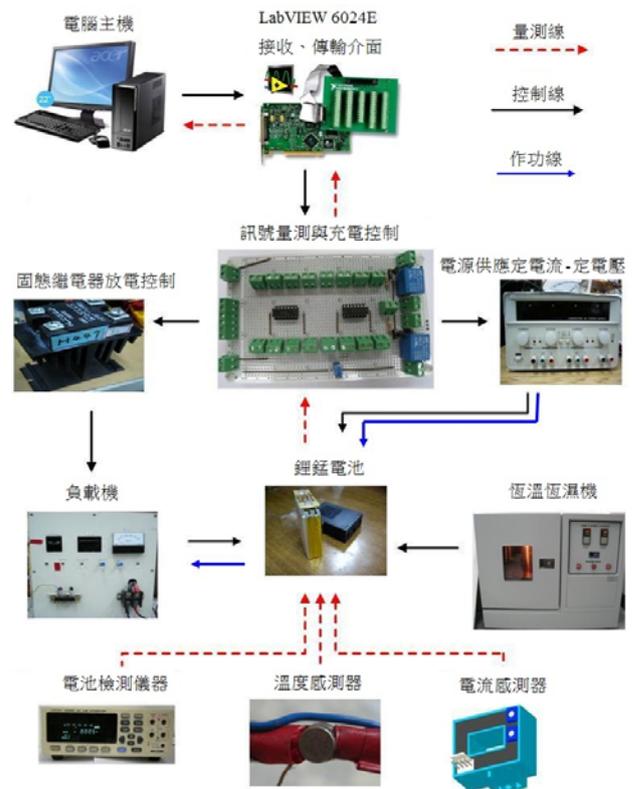


圖 1. 鋰電池性能檢測平台

電池檢測流程，重覆的進行鋰電池充放電循環實驗。經由參數的設定，測試鋰電池不同放電電流修正、環境溫度、濕度、內阻值 [4] 等影響，如圖 2 所示。重覆的進行電池充放電循環實驗，如圖 3 所示，電池充放電特性曲線，藍線為電壓、綠線為充電電流、紅線為放電電流，當中的 stand 60 min 為靜置 60 分鐘，讓電池內的電解液濃度穩定與溫度回到目前溫度。依據實驗需求撰寫各種實驗流程與電池各種限制條件（最低截止電壓，以保護鋰電池），經由 LabVIEW 將實驗的數據記錄。在電流訊號擷取方面使用 DHCT-G0050；50 A Hall sensor，規格為 1 A~50 A，也就是當 12.5 A 流過霍爾感知器時，會產生 1 V 的電壓類比訊號，並且搭配 OPA 緩衝電路將訊號先濾波的動作，再將電流訊號傳送至 LabVIEW，即完成電池實驗平台監控系統之建立。為了提高鋰電池殘電量估測的準確度，本研究將進行以下實驗。

1. 不同放電電流實驗。
2. 環境溫度實驗。
3. 固定放電電流實驗。
4. 殘電量對應開路電壓。



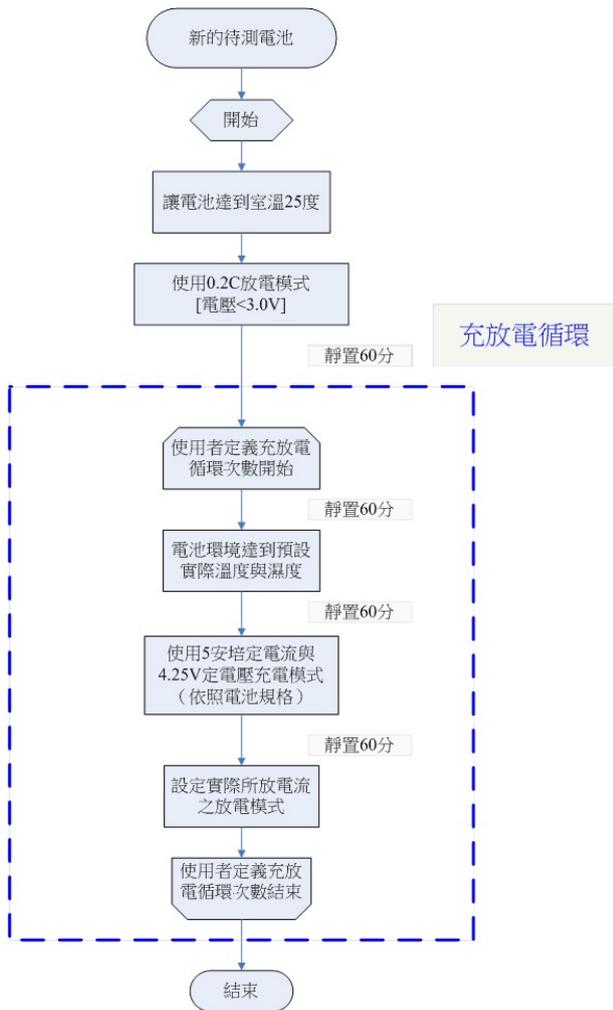


圖 2. 鋰電池性能檢測流程圖

### 三、鋰電池診斷管理靜態與動態測試

#### (一) 實驗對象

本研究之電源供應採用統振公司出產電池，型號為 30010-0N7-001 鋰電池，單顆電壓為 4.2 V，電容量為 7.8 Ah，置於實驗平台上採用 2 並 12 串之方式，如圖 4。

#### (二) 診斷模組

為了使鋰電池在充放電過程時有更準確的電壓偵測，使用 LTC6802 結合 8051 來製作診斷模組，如圖 5 所示，此模組主要由 1 顆 8051 與 LTC6802 所組成，接收電池組的電壓訊號並回傳給 8051 作為保護機制之參數 [6]，主要功能為電池等化、過高電壓保護、過低電壓保護。

#### (三) 管理模組

為了使鋰電池組延長電池使用效率與使用壽命，在充放電過程時利用管理模組來達成電池組電流管理、SOC 估測、電池循環壽命估測、過電流、過溫度保護。此模組是利用兩顆 8051 作核心，主要接收參數為電壓、電流、溫度，如圖 6 所示。

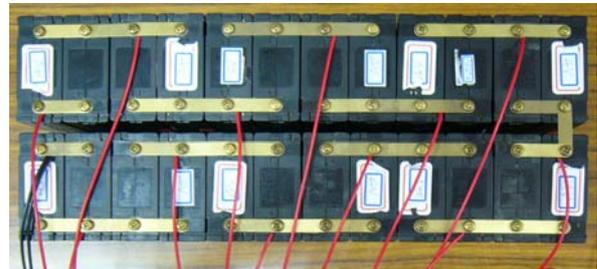


圖 4. 2 並 12 串之鋰電池組

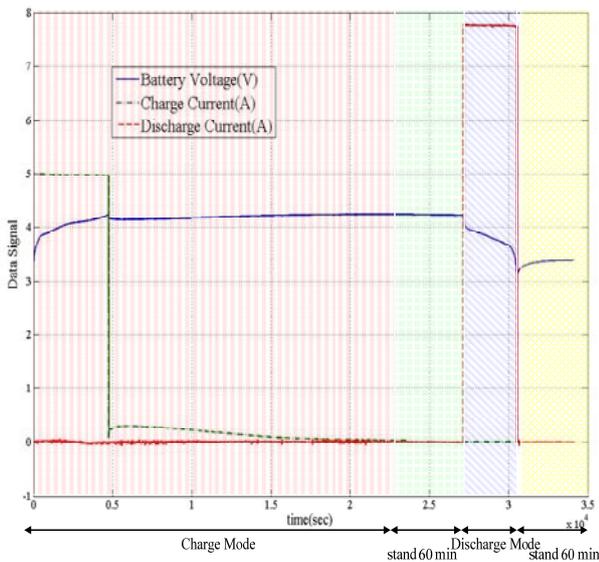


圖 3. 鋰電池性能檢測曲線圖



圖 5. 診斷模組整體架構



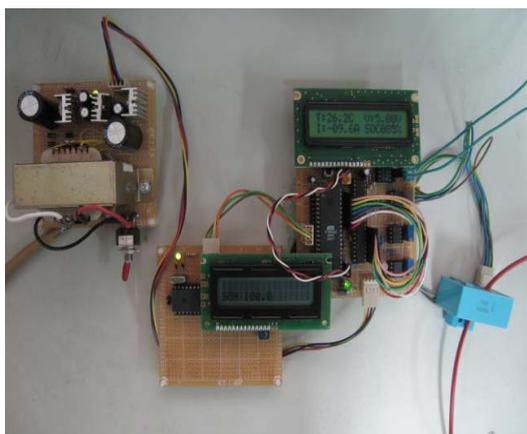


圖 6. 管理模組整體架構

(四) 鋰電池診斷管理靜態測試

利用 LabVIEW 程式建立人機介面與系統，設計一套檢測流程，重覆的進行充放電循環實驗。將鋰電池性能測試設備與診斷管理控制器結合，測試靜態模式下控制器之數據與可靠性，經由 LabVIEW、診斷管理控制器，依實驗需求撰寫各種實驗流程與電池各種限制條件並將實驗的數據記錄，即完成鋰電池診斷管理靜態測試，此測試不考慮行車模式，如圖 7 所示。

(五) 鋰電池診斷管理動態測試

鋰電池診斷管理動態測試主要是把鋰電池診斷管理靜態測試中的負載放電機改為馬達，利用複合電動車輛實驗平台以磁粉式煞車結合行車模式 (ECE40) 作實驗測試，測試期間使用 LabVIEW、診斷管理控制器並搭配充電管理策略進行模擬行駛，藉由鋰電池診斷管理動態測試達成模擬實車各項數據量測及各模組可靠性驗證。若電池 SOC 不足時，利用 CC-CV 充電設備與充電管理策略，輸出電能回電池組，如圖 8 所示。

四、ECE40 行車型態測試介面建立與測試

(一) ECE40 行車曲線程式建立

建構 ECE40 行車曲線時，係以 LabVIEW 軟體搭配 DAQ6024E 資料擷取卡製作而成。此系統於進行實驗平台驗證時提供了優良的便利性，使操作者可藉由螢幕上所顯示的車速即時調整受測系統的動力輸出，使車速可維持在容許誤差範圍內以完成測試。此外，這套即時監控系統除了可適用於本實驗平台亦可適用於各式實驗平台或成車使用。ECE40 建構之目的，是為了在測試診斷管理控制器時模擬車輛行車

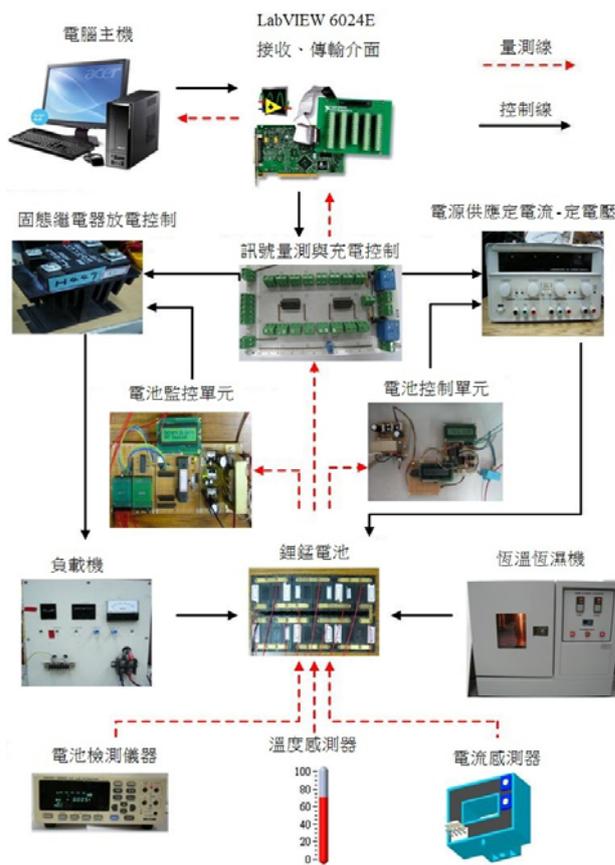


圖 7. 鋰電池診斷管理靜態測試架構



圖 8. 鋰電池診斷管理動態測試架構圖

型態，增加診斷電路之可靠性，為建構 ECE40 行車型態測試介面需使用 LabVIEW 程式之時間計數器、判斷式迴圈與 ECE40 行車曲線規範數據完成，最後，輪胎規格為 110-60-12，計算後可得到輪胎半徑為 0.159 m，而輪胎有效半徑為輪胎半徑×80%，計算後結果為 0.127 m。得知輪胎半徑後即可求得符合 ECE40 行車法規所需之輸出軸轉速，並將轉換成時速 (km/h) 如圖 9 所示。



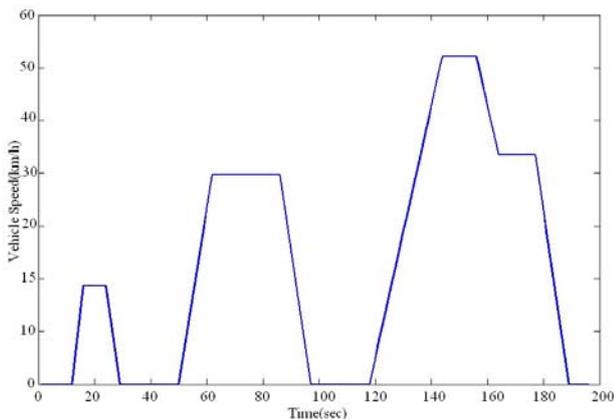


圖 9. ECE40 對應時速圖

## (二) 模擬 ECE40 所需之行駛阻力計算結果

由於是架構在實驗平台下進行測試，只考慮空氣阻力與滾動力，在此是參考大葉大學電動車，本測試各項參數設定如表 1 所示，車速則是使 ECE40 第三循環 50 km/h，得出行駛阻力為 11.7 Nm，基於機械效率誤差，則使用行駛阻力為 12 Nm 進行測試。

## 五、控制器之發展與實現

### (一) 控制器架構與實現

儘管汽車電源系統將電池組看作單個高壓電池，每次都對整個電池組進行充電和放電，但電池控制系統必須獨立考慮每個電池的情況。如果電池組中的一個電池容量稍微低於其他電池，那麼經過多個充電/放電周期後，其充電狀態將逐漸偏離其它電池。如果這個電池的充電狀態沒有周期性地与其它電池平衡，那麼它最終將進入深度放電狀態，從而導致損壞，並最終形成電池組故障。為防止這種情況發生，每個電池的電壓都必須監視，以確定充電狀態。此外，必須有一個裝置讓電池單獨充電或放電，以平衡這些電池的充電狀態。本研究提出一套保護系統，分為電池殘電量顯示器與電

表 1. 計算參數設定表

車輛總質量 ( $m$ )	90 kg
良好之柏油路面 ( $\mu$ )	0.03
空氣密度 ( $\rho$ )	1.181 kg/m <sup>3</sup>
車輛前投影面積 ( $A$ )	0.2835 m <sup>2</sup>
風阻係數 ( $C_d$ )	0.328
路面坡度 ( $\theta$ )	0°
有效輪胎半徑 ( $r$ )	0.127 m

池診斷管理控制器，而電池診斷管理控制器又分別為電池診斷模組、電池管理模組、使用鋰電池組（串聯 12 顆鋰電池）做測試。如圖 10 所示，以下為系統介紹。

本研究控制器使用兩種 IC，一種是 8051 單晶片，一種是 LTC6802，LTC6802 為電池保護 IC，主要優點是偵測電壓精確度非常高，而電池殘電量顯示器與診斷管理控制器是使用 8051 作為核心，LTC6802 只有在診斷模組使用，兩種 IC 介紹於下。

### 1. 單晶片 8051

本研究使用單晶片 8051 作為電池模組監控電路、電池模組控制電路之核心，將 CPU、記憶體、I/O 埠介面、時脈電路等單元，製作在同一個晶片上，是一個不帶周邊裝置的微電腦。優點有體積小、成本低、控制功能、穩定度高、連接線路簡單、使用方便等優點，其主要特性如有為 8 位元 CPU、內部含振盪及時脈電路、32 條的 I/O 埠接腳、64 k 位元的內外程式記憶體空間、2 個 16 位元的計時/計數器、並擴充具記憶體 32 M ROM 及 32 k RAM、5 種不同中斷來源、全雙向的串列埠等。控制程式採 C 語言撰寫，故程式修改較具有彈性。

### 2. LTC6802 保護 IC

使用 LTC6802 主要是由於它對於偵測電壓之精準度非常高，因估算初使電容量、電池狀態，電壓都是非常重要的依據，LTC6802 就可解決這個問題，其能測量 12 顆獨立的電池，並可使多顆 LTC6802 堆疊成串，而不需光耦合器或隔離器，因此可精準地監控串聯成長電池串列的每顆電池。長電池串列可致能高功率、可再充應用，諸如電動及混合電力車、機踏車、摩托車、高爾夫球車、輪椅、船隻、堆高機、機器人、可攜式醫療設備，以及不斷電系統（UPS）等。從

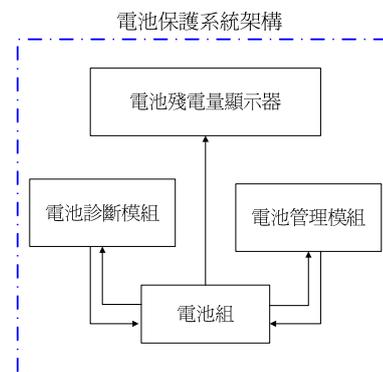


圖 10. 電池保護系統架構圖



-40°C 至 85°C 範圍間，最大總量測誤差保證低於 0.25%，電池堆的所有電池電壓均可於 13 ms 內量測。每顆電池之欠壓及過壓狀態均受到監控，相關的 MOSFET 開關並可用來釋放過充的電池電能，使每顆電池的電壓相同來達到電池平衡的目的，其內部電路如圖 11 所示。每組 LTC6802 都可透過 1 MHz 串列介面溝通，並包括溫度感測輸入、GPIO 線及精準的電壓參考。

### 3. 等化模式功能介紹

等化模式主要分為三種，分別為充電等化、閒置等化、放電等化，稍加敘述如下：

- (1) 充電等化：串聯鋰電池充電時，每顆鋰電池電壓的不同，容易在充電過程中發生過度充電，而造成鋰電池受損狀況發生，串聯鋰電池的每一顆鋰電池，將連帶受到影響。充電等化即可在充電過程中達成電池平衡的效果。
- (2) 閒置等化：串聯鋰電池充放電不斷的循環，造成每顆鋰電池電壓的差異，使估測出的初始電容量不準確。使用閒置等化 即可提高初始電容量預估精準度。
- (3) 放電等化：串聯鋰電池放電時，每顆鋰電池殘餘電量都不同，容易在放電過程中發生過度放電，此狀況發生時，電池組的每一顆鋰電池，將連帶受到影響。使用放電等化及可提升鋰電池的使用效率。

此等化效果由 1 顆 8051 與 LTC6802 所組成，如圖 12 所示，接收電池組的電壓訊號並回傳給 8051 作為保護機制之參數，主要功能為電池等化、過高電壓保護、過低電壓保護、電池間電壓差保護，LTC6802 與 8051 通訊流程，如圖 13 所示，電池等化流程，如圖 14 所示。

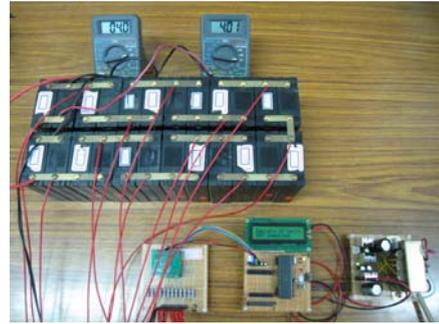


圖 12. 電池診斷模組

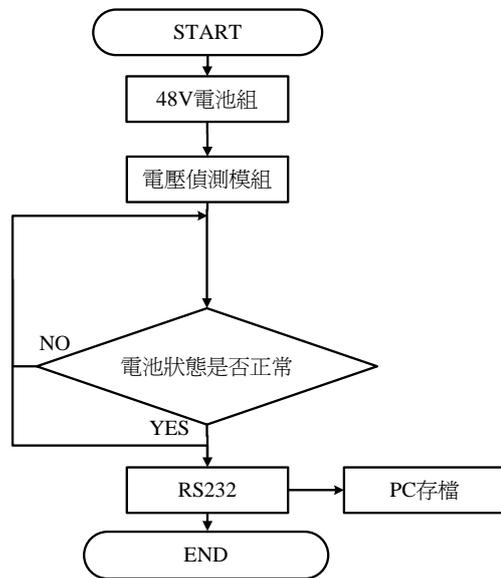


圖 13. 電池診斷模組通訊流程

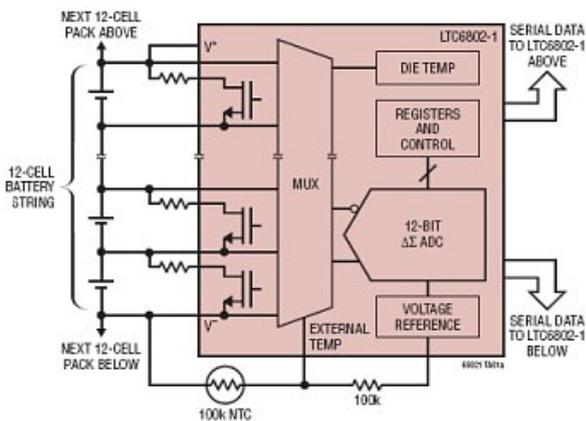


圖 11. LTC6802 內部電路圖 [7]

### (二) 電池殘電量顯示器

本研究之電池殘電量顯示器主要量測電流變化與初始電池開路電壓，為了準確偵測電池 SOC，使之能夠正確判斷目前電池殘電量，在本研究使用單晶片微電腦 8051 作為電池 SOC 偵測顯示器之核心，藉由傳輸初始開路電壓與 Hall sensor 偵測充放電流至 8051 中計算 SOC，其顯示器硬體架構實體，如圖 15 所示。

本文根據不同放電電流之電容量修正量，依照 (1) 式，電池殘電量修正公式需要針對不同電流進行電容量效率修正，在本節採不同放電電流，如 C/3、C/2、1C、2C、3C、4C 與鋰電池最大放電電流 5C，分別在不同溫度情況下放電至電池放電截止電壓 2.7 V，使用安培小時法計算其電容量差異作為修正參數。



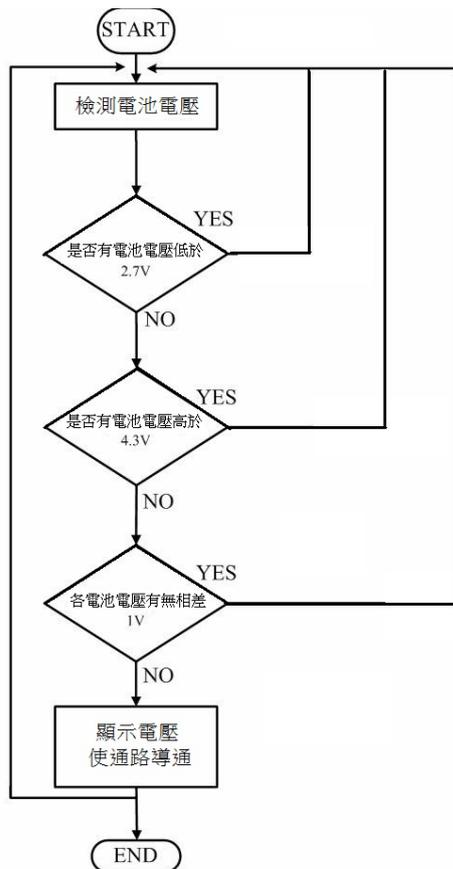


圖 14. 電池等化流程圖



圖 15. 電池殘電量顯示器測試顯示圖

$$SOC(\%) = \left( \frac{Ah_{init} \pm Ah_{dif}}{Ah_{max}} \right) \times f(T, I) \times 100 \quad (1)$$

其中：

$Ah_{max}$  為電池最大電容量，在此採 25°C；C/5 為基準 (Ah)。

$Ah_{init}$  為電池初始電容量；開路電壓法 (Ah)。

$Ah_{dif}$  為電池消耗之電容量；安培小時法計算 (Ah)。

$f(T, I)$  為不同溫度下之充放電電流修正效率。

最終將每個充放電電流之電容量求平均值與在不同溫度之電池最大可輸出電容量做比較，求出電池電容量之修正效率。

利用 Fitting 方式得到電流修正電容量效率方程式，25°C 之電流修正效率方程式，如式 (2)。

$$y = 0.0095I^2 - 0.6629I + 99.662 \quad (2)$$

其中：

$y$  為 25°C 之充 e 放電電流修正效率。

$I$  為充放電電流 (A)。(I 充電時為正號；放電時為負號)

將式 (2) 代入式 (1) 中之  $f(T, I)$ ，即可針對 25°C 溫度與不同電流情況下進行電池殘電量修正，本研究是針對 25°C 溫度下進行修正，如式 (2)。

## 六、實驗與驗證結果

### (一) 電池殘電量顯示器實車測試

利用 8051 單晶片微電腦所製成之電池殘電量顯示器，因測試之電動機車採用 12V 鉛酸電池當動力源，所以也要針對鉛酸電池做 SOC 對應 VOC 資料，並將電池 SOC 對應 VOC 資料建立於圖 16。將其裝置與電腦裝設於電動車輛實驗平台上，以達到雙重驗證，如圖 17~19 所示。實車行駛，測試其裝置功能。最後將電動車上電量計所顯示之數值，與電腦圖控軟體、電池殘電量模組顯示器做比較，驗證其顯示器之準確度，其結果如表 2 所示，可以看到電池殘電量顯示器將誤差值修正在 10% 內。

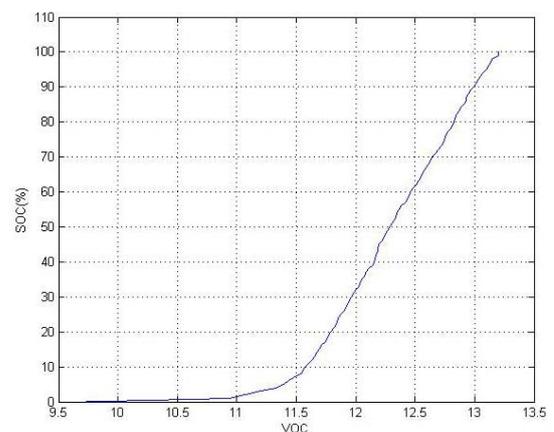


圖 16. 鉛酸電池 (12V) SOC 對應 VOC 資料



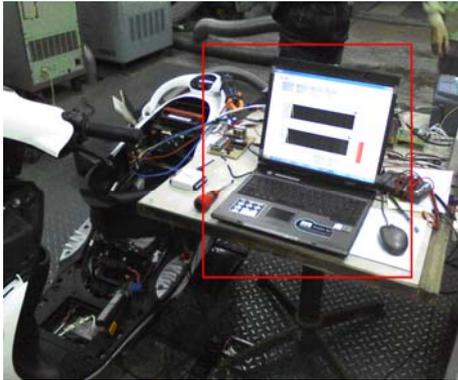


圖 17. 電池殘電量顯示模組實測 (一)



圖 18. 電池殘電量顯示模組實測 (二)



圖 19. 電動機車殘電量顯示錶頭

(二) 電池診斷模組測試靜態模式

電池診斷模組測試靜態模式，測試是否真的有對電池組做控制，在此都是用 2 並 12 串作測試，因 LTC6802 本身有簡單的平衡功能，首先測試閒置平衡 [8]，圖 20 為有使用模組測試，在 12 顆電池當中穿插一顆 4.05 V 的電池，但在

表 2. 驗證其電池 SOC 之準確度

實際殘電量(%)	電腦量測殘電量(%)	硬體量測殘電量(%)
100	101	102
90	91	90
80	82	80
70	69	70
60	60	60
50	50	50
40	39	38
30	30	29
20	21	19
10	12	10
5	6	4
0	1	-1

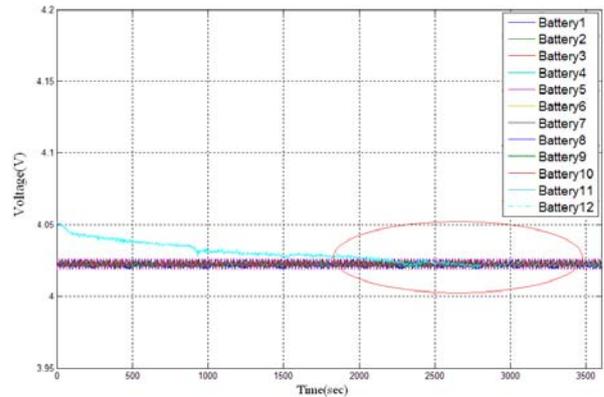


圖 20. 串聯閒置-有平衡

接近 2,000 秒時該電池電壓慢慢與其他電池電壓驅近相同。

測試充電平衡，共 12 顆電池，每顆電池起始電壓 3.69 V~3.72 V 不等，用 5 A 充電，充飽大概接近 25,000 秒，圖 21 使用模組測試，起始電壓是從 3.69 V~3.72 V 不等，但是可以看到從 10,000 秒後每顆電池電壓都慢慢趨近相等。

測試放電平衡，每顆電池起始電壓從 3.95 V~4.03 V 不等，用 1.5 A 放電，放完大概接近 35,000 秒，圖 22 有使用模組，起始電壓是從 3.95 V~4.03 V 不等，但是可以看到從 15,000 秒後每顆電池電壓都慢慢趨近相等，而在 25,000 秒後 12 顆電池電壓幾乎是完全相等，這裡也可以明顯的了解到 LTC6802 在平衡方面，放電時的平衡功用比充電時的好。

測試電壓診斷功能，如每顆電池電壓都差不多則不切斷充放電通路，在此 12 顆電池電壓皆為 4.02 V 附近，當偵測到其中有一顆電池電壓低於 2.7 V、高於 4.3 V 或是與其他電池相差 1 V 時，則切斷充放電通路，如圖 19~21 所示，只要一切斷，就不會有電流流出、流入，藉已達到保護電池的機制，圖 23 為低於 2.7 V，圖 24 為高於 4.3 V，圖 25 為電壓差 1 V。



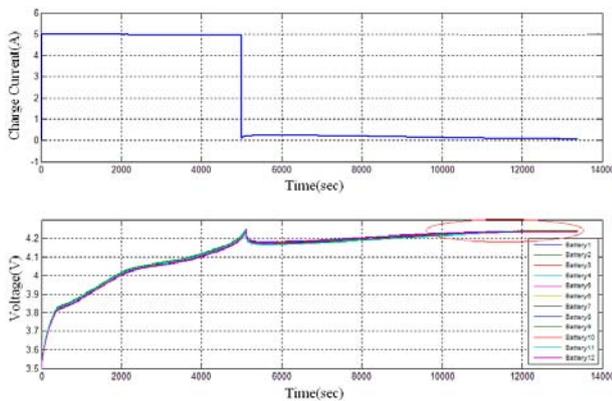


圖 21. 串聯充電-有平衡

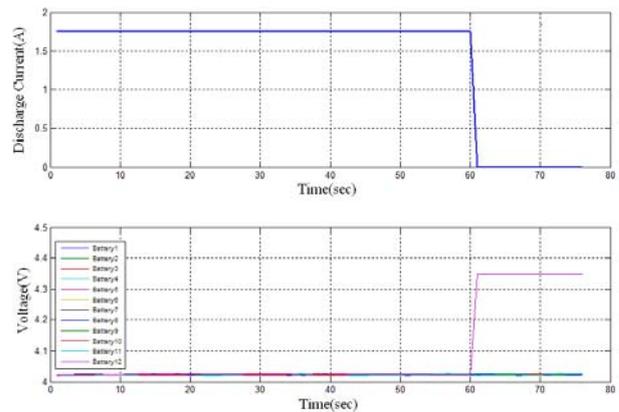


圖 24. 高於 4.3V-通路切斷

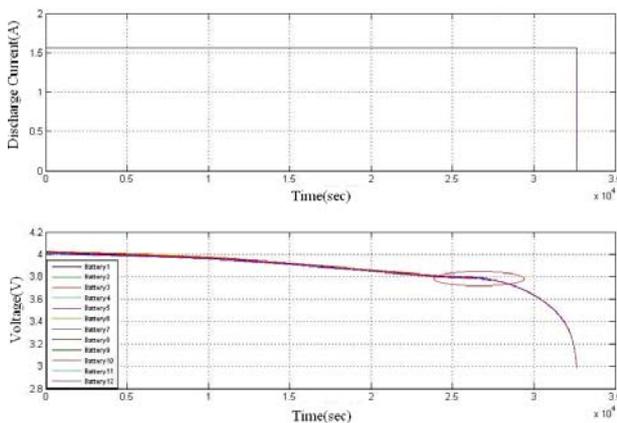


圖 22. 串聯放電-有平衡

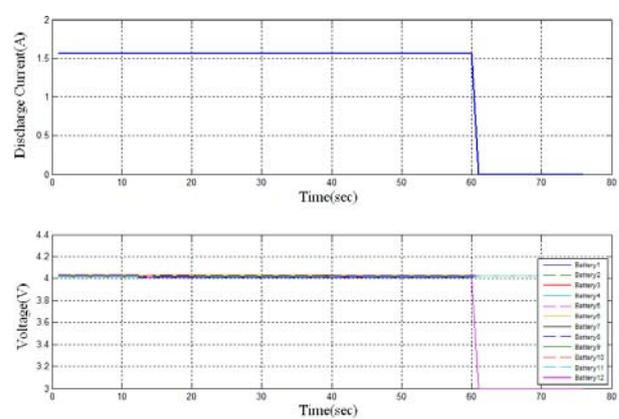


圖 25. 電壓差 1V-通路切斷

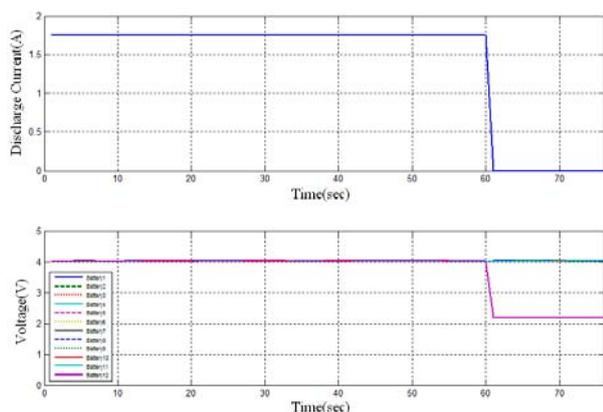


圖 23. 低於 2.7V-通路切斷

### (三) 電池診斷模組測試動態模式

電池診斷模組測試動態模式，測試方法是運轉期間瞬間抽掉一條電壓偵測線，抽掉的那一瞬間因電池電壓差高於 1 V，動力平台停止，所以診斷模組在此只能測試正常狀態

與電壓差 1 V 時的不正常狀態，測試時是依照 ECE40 型車模式測試，負載為 12 N·m。

在測試時瞬間抽掉一條電壓偵測線，偵測不到電壓，同等於電池組中一顆電池損壞，診斷模組切斷充放電通路，不再讓電池組釋放電流，如圖 26 所示。

### (四) 電池管理模組測試靜態模式

電池管理模組主要在偵測溫度、充放電電流、SOC，藉由這些數據判斷電池組通路是否導通或切斷。

1. 過溫保護：圖 27 所示，當溫度超過 60°C 時，切斷通路，電流不流通，SOC 並未再下降。
2. 過電流保護（放電）：圖 28 所示，當放電電流超過 50 A 時，切斷通路，電流不流通，SOC 並未再下降。
3. 過放保護：圖 29 所示，當 SOC 低於 5% 時，切斷通路，電流不流通，SOC 並未再下降。
4. 過電流保護（充電）：圖 30 所示，當充電電流高於 5 A 時，切斷通路，電流不流通。



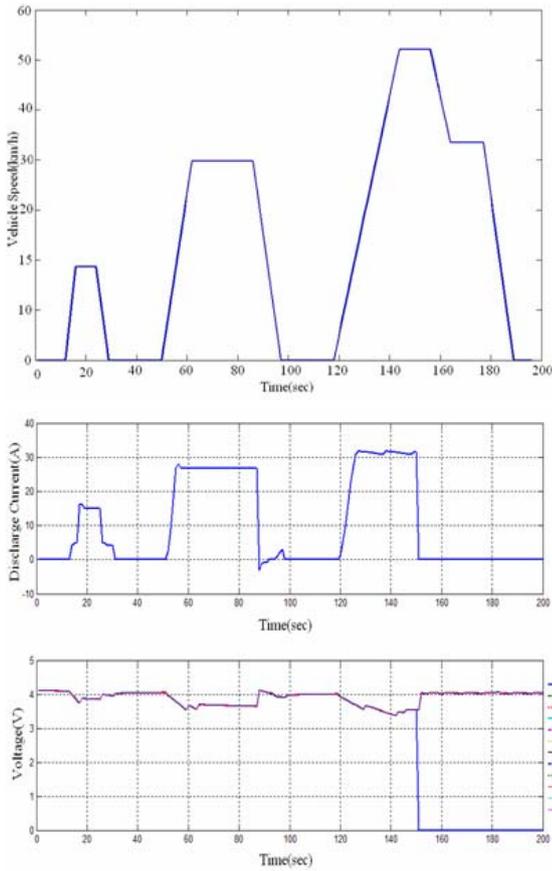


圖 26. 電壓差 1V-通路切斷

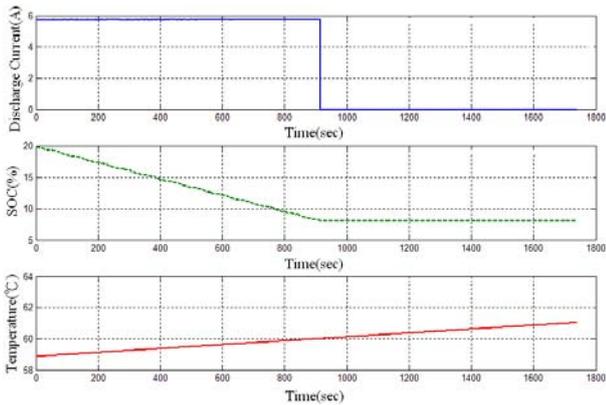


圖 27. 溫度高於 60°C -通路切斷

5. 過充保護：圖 31 所示，當 SOC 高於 90% 時，切斷通路，電流不流通。

(五) 電池管理模組測試動態模式

電池管理模組測試動態模式，測試還是分有控制與沒控制兩部份，但是只測試溫度是否高於 60°C、放電電流是否

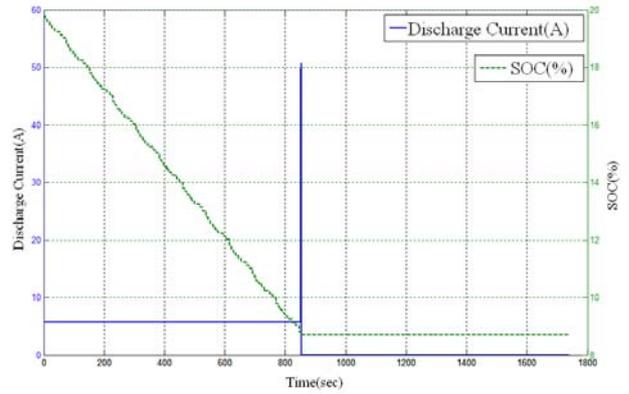


圖 28. 電流高於 50A-通路切斷

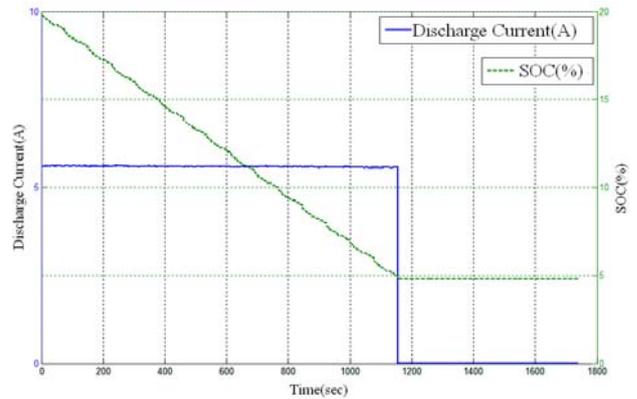


圖 29. SOC 低於 5%-通路切斷

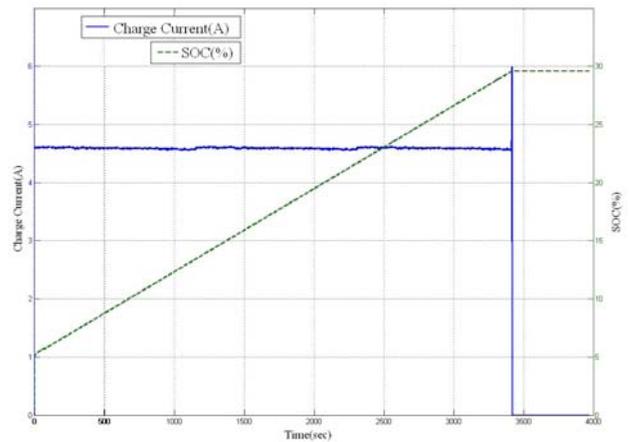


圖 30. 充電電流高於 5A-通路切斷

高於 50 A、SOC 是否剩餘 5%，因充電是用 CC-CV 充電平台充電，數據與靜態平台是一樣的，在此就不作呈現，測試是依照 ECE40 型車模式來測試，負載為 12 N·m。



1. 過溫保護：圖 32 所示，當溫度超過  $60^{\circ}\text{C}$  時，切斷通路，電流不流通，SOC 未再下降。
2. 過電流保護（放電）：圖 33 所示，當放電電流超過  $50\text{ A}$  時，切斷通路，電流不流通，SOC 並未再下降。
3. 過放保護：圖 34 所示，當 SOC 低於  $5\%$  時，切斷通路，電流不流通，SOC 並未再下降，以避免電池深度放電。

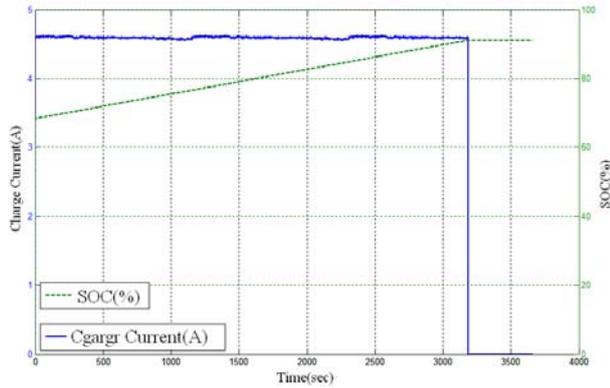


圖 31. SOC 高於 90%-通路切斷

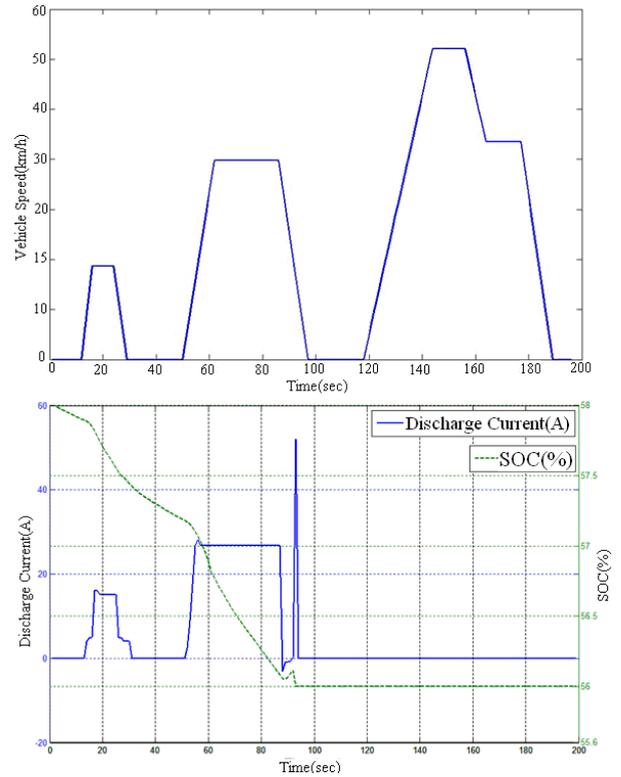


圖 33. 電流高於 50A-通路切斷

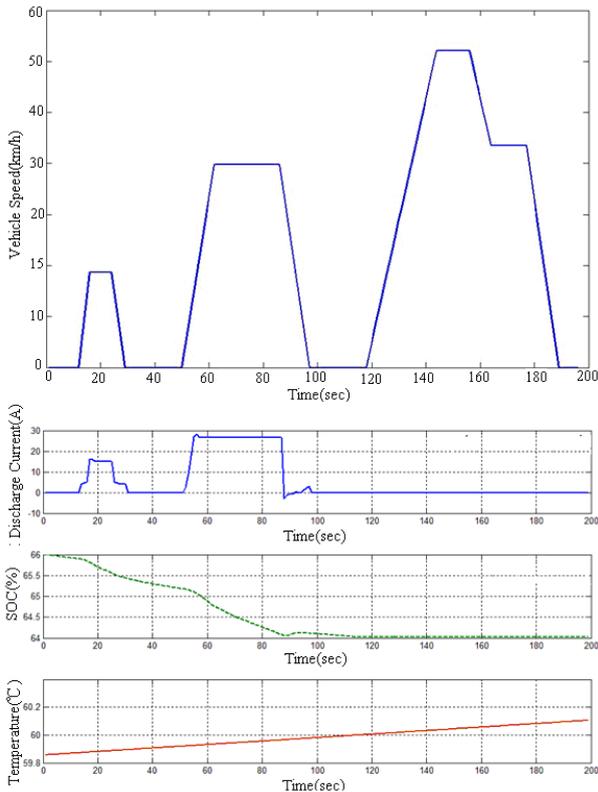
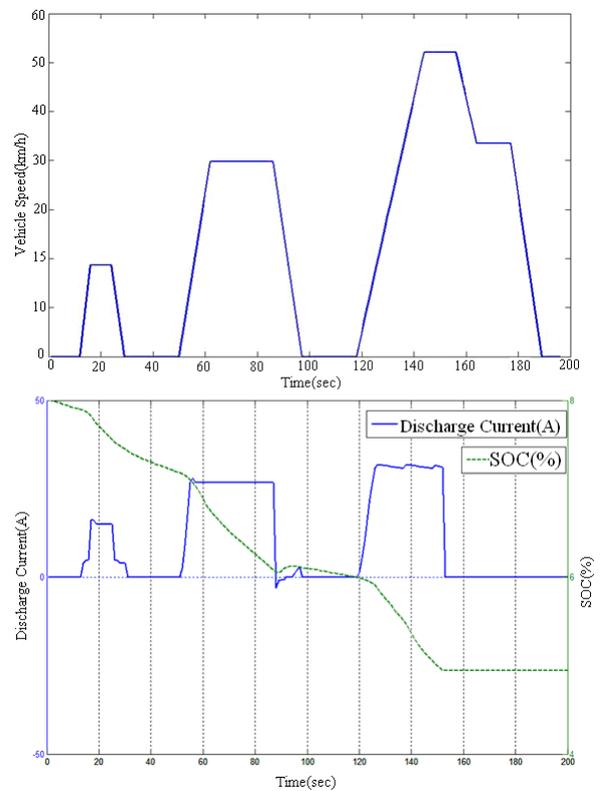
圖 32. 溫度高於  $60^{\circ}\text{C}$  -通路切斷

圖 34. SOC 低於 5%-通路切斷



## 七、結論與建議

本研究串聯式鋰電池組電能診斷管理系統之研究，電池殘電量顯示器與電池診斷管理控制器大致已經完成，在實驗偵測過程中，分別利用靜態與動態平台，就是為了確認本控制器的可靠性，最終目的就是要能即時、可靠的偵測電池模組的各種狀態，而把最真實的電池組狀態資訊傳輸電動車輛管理策略系統與充電管理策略系統進行動力切換與鋰電池狀態管理，另外將電池組資訊告知駕駛者，讓駕駛者了解電池目前狀態。即使電池組有損壞，也要讓駕駛者知道問題點在哪，因此電池診斷管理控制器須注重即時性與準確性，本章最後敘述結論與建議事項及未來研究項目。

### (一) 結論

1. 本研究之電池性能檢測實驗平台架構、實驗流程與充放電控制程式邏輯，皆可適用於各種不同廠牌的電池。
2. 建立靜態測試平台與動態測試平台，來測試控制器靜態與動態數據，並搭配 ECE-40 行車型態，達成實車測試前的模擬。
3. 利用 LabVIEW 所製作的 ECE40 行車型態測試介面除了可以使用於本實驗平台外，亦能使用於其它各式實驗平台或成車測試驗證時使用。
4. 製作電池電能診斷管理控制器，根據電池性能檢測平台測試結果，驗證此控制器是可行的。

### (二) 未來建議

1. 可以更換不同廠家之 MCU，可朝通訊介面更快，更方便的保護 IC 去探索。
2. 朝診斷管理控制器可以加入針對單一顆電池的判斷。
3. 未來可以朝偵測到不良狀態時，限制還可行駛之時間或是利用剩下良好的電池，讓駕駛者還有緩衝。
4. 本研究之診斷、管理模組之保護判斷大致都為最基本之策略，未來要朝更精準、更多條件去作保護。

## 誌謝

本研究誠摯感謝經濟部在地形產業增值學界科專計畫提供相關經費支援(計畫編號:99-EC-17-A-16-S1-127-C1)，使得本研究得以順利進行，謹此致謝。

## 參考文獻

1. 鄭勝文(民 87)，電動車輛專輯，機械月刊，25(8)，354-405。
2. Chen, C., J. Jin and L. He (2008) A new battery management system for Li-ion battery packs. IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, Macao.
3. Pattipati, B., K. Pattipati, J. P. Christopherson, S. M. Namburu, D. V. Prokhorov and L. Qiao (2008) Automotive battery management systems. IEEE Autotestcon Proceedings, Salt Lake City, UT.
4. Sen, C. and N. C. Kar (2009) Battery pack modeling for the analysis of battery management system of a hybrid electric vehicle. IEEE, Vehicle Power and Propulsion Conference, Dearborn, MI.
5. Sun, Z., X. Wei and H. Dai (2008) Battery management systems in the China-made "Start" series FCHVs. IEEE, Vehicle Power and Propulsion Conference, Harbin, China.
6. Wan, X. F. and H. L. Hu (2009) The smart battery management system. IEEE, Test and Measurement, 1, 29-32.
7. Wen, J. and J. Jiang (2008) Battery management system for the charge mode of quickly exchanging battery package. IEEE, Vehicle Power and Propulsion Conference, Harbin, China.
8. Yuheng, L., W. Xuezhe and S. Zechang (2009) Low power strategy design for battery management system. IEEE, Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2, 636-639.

收件：99.10.10 修正：99.11.05 接受：100.02.18

