

具主動式平衡之電動車輛電池管理系統設計

許家興*、涂家政**

財團法人車輛研究測試中心

e-mail: levihank@artc.org.tw *; cctu@artc.org.tw **

摘要

電池管理系統(Battery Management System, BMS)是電動車輛必不可少的核心系統，負責對蓄電池組進行安全監控和有效管理，提高蓄電池的使用效率和可靠性，延長電池的使用壽命。當串聯電池組在反覆的充放電後將會導致電池芯間有壓差、容量不均的現象，因此需要透過平衡控制電路(Balance control circuit)來輔助高壓時的串聯應用，進而減少電池不一致性的現象，避免電池發生損傷。本文透過微處理器作為電池管理系統的控制核心，並透過主動平衡控制電路的設計與應用，對目前所設計的電動車輛電池系統進行實現管理、控制與診斷。

關鍵詞：電池管理系統、電池平衡控制電路

一、前言

基於未來環保與能源議題，因此降低汙染與節約能源為未來車輛之開發目標，目前各國均積極開發新世代之潔淨車輛，紛紛推出潔淨能源車種。其中電池對於潔淨車輛是最具策略性之模組系統，除了對潔淨車輛之性能、續航力、使用方便性等絕對之影響性[1]。

利用電池來當作電動車輛能量使用時常需要較高之電壓，所以必須要將電池串接使用，由於各電池之內阻與化學特性之差異及老化衰減的程度不同，所以在串聯充電時就會有部分電池具有較低的容量或較高之內阻，電池數量一多，電池間差異性所造成的影響就愈加顯著，而電池組的使用效率則愈差，也使電池組的使用壽命隨之降低。電池組使用過程中，隨著電池芯本質的差異，容易造成過度充電或過度放電，因此需要高效能的平衡控制機制來改善此現象。

除了電池本身的性能表現外，電池管理系統[2]-[4]為發展電動車之關鍵技術，主要監控與管理整車電池模組並且提供預警保護之功能。再者，可加入通訊功能取得相關電池資料累積，進行電池壽命與健康狀態診斷與分析之功能，並透過電池管理系統將電池資訊傳送至整車系統來進行能量管理。由於電動車可搭載之儲能設備容量有限，在運行過程中對電能流向管理十分嚴格，而需透過微處理器來實現電能管理之控制策略，可以延長車輛行駛里程，減少電池充電頻率，進而節約能源。

二、電池管理系統設計與架構

電池管理系統可以檢測與管理電動車電池的充放電電流、總電壓、單體電壓，估算電池荷電狀態(State of Charge, SOC)在車輛啟動和加速時提供能量，剎車時電池組能回收能量等功能。但要對電池作好良好的使用與管理之前，也必須需對電池的種類與規格有相當程度了解，才能設計出適當的管理系統。

再者，電池管理系統在設計時必須考量應用在車輛端之功能需求，先規劃出電池管理系統之主要的控制策略，並透過微控制器將其控制策略來加以實現，故本文將分為下列幾點來說明：

- (1). 電池芯/模組資料記錄(Cell/Module Log)：BMS 必須對每個電池芯分別編號(ID)與紀錄使用狀態，以供後續維修、保固與資料分析之用，並且紀錄總放電能量(Total Discharge Energy Accumulation 與使用次數(Equivalent Cycle Estimation)。

- (2). 電池狀態(Battery status)：主要包含充放電的計算(Full Charge Calculation、End of Discharge Calculation)、殘電量計算(SOC Calculation Estimation)與老化(SOA Estimation)估測等。BMS 為一相當重要之系統，為了減少出錯或是故障之情形，故在設計時需加入自我診斷(Self-Diagnosis)之功能，當發生問題時，能產生故障提示訊號提醒駕駛人進行維修等對策，以確保系統之安全性。
- (3). 警示與安全保護(Battery Warning & Safety Protection)：BMS 當電池組發生異常情況時，必須發出警示提醒駕駛者或採取相對應之安全控制策略。一般來說，需要監控電池之項目有溫度、電壓、電流、平衡與老化等。要發出這些項目的警告訊號時，必須先明確定義出其界線值，因電池種類與生產製程不同之故，這些警告界定線的參數值必須參考廠家提供之資料規格與實際操作範圍來訂定，同時也加入權重值考量與分階警示之功能。在安全保護上要特別注意預充電與低電壓保護之管理、高壓互鎖電路與高壓連接斷路器之控制、電池熱管理保護。
- (4). 通訊(Battery System Communication)：需考量資料通信網路的可靠度、傳輸速度與抗干擾能力，因此在電動車輛應用上，可透過 CAN 通訊網路將相關控制器資料連結起來。例如電池充電的過程中，也可透過 CAN 通訊網路實現 BMS 和充電器之間的通訊，使得充電器能充分的了解電池的當前狀態，並採用合理的充電模式以及提供適當的充電電流，保證了充電的安全。

電池管理系統架構如圖 1 所示，其中包含最底層之電池芯(Cell)溫度與電壓的偵測與紀錄，並將此資訊傳送到上一層的電池模組管理單元(Battery Management Unit, BMU)。電池模組管理單元除了監控電池芯的狀態外，另一個重要功能是進行主/被動電池平衡，以補償輕微的電池不匹配，並可有效延長電池組工作壽命。電池模組管理單元之間可透過 CAN、SPI 或 UART 等通訊協定來傳送相關資訊，並且可進一步將資訊傳送到更上層之電池管理系統控制核心(Battery Control Unit, BCU)，BCU 再根據這些資訊來對電池作管理、警示與安全保護等控制策略之實現。

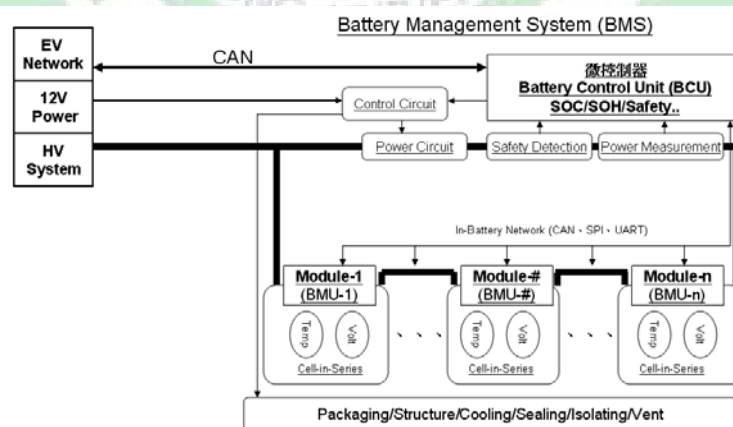


圖 1 電池管理系統架構圖

三、具主動式平衡之電池模組管理單元(BMU)設計

在電池模組管理單元(BMU)之平衡控制電路主要可分為被動平衡及主動平衡。若每個電池芯都通過一個開關連接到一個負載電阻，這種電路可以對個別被選中的電池芯放電，但該方法只適用於在充電模式下抑制最強電池芯的電壓攀升，為限制功率損耗，此種方法即為傳統的被

動平衡；而在主動平衡法，均需要一個用於轉移能量的儲能元件，該電路中的關鍵元件是一個變壓器或電感，透過該元件來轉換能量達到平衡控制。

對於電池平衡控制設計而言，主要由平衡電路、偵測電路及控制電路實現，常見使用被動元件(電阻、電感及電容)來設計出被動平衡或主動平衡電路架構，再搭配電壓偵測電路及微控制器來實現平衡控制，其電壓偵測精確度及微控制器之 A/D 位元數等因素影響著整個平衡控制的可靠度，整體電路成本較高且體積較大。且電池系統需求的需更高的解析度，因此許多積體電路廠商紛紛投入開發，將平衡電路、偵測電路及控制電路整合成單一晶片，可提高系統精度與可靠度，降低設計複雜度。本文中平衡控制電路之設計即採用晶片化之 Ti bq78PL114，其主動平衡是採用 Power Pump 的技術，將高電位電芯的電荷有效的轉移至鄰近低電量電芯，透過切換式 MOSFET 及電感的方式來達成電池組電量之轉移與平衡，圖 2 即是基於 Ti bq78PL114 之 4 串電池平衡電路架構圖與實現之實體電路。

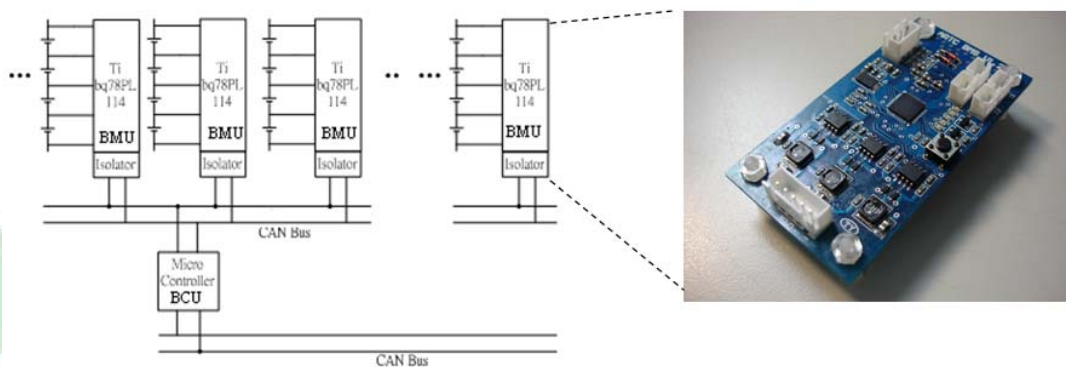


圖 2 基於 Ti bq78PL114 之 4 串電池平衡電路架構圖與實體圖

四、系統實現

本文電池管理系統開發設計，針對鋰電池模組電壓與溫度偵測，過高電壓，過低電壓產生警示保護，並且針對串聯時造成之電位不平衡，提出以主動式平衡電路改善電池模組匹配性問題。而圖 3 是實際量測電池平衡過程中平衡電流及平衡狀態，目前設計之平衡電流實測值可大於 500mA，若電池發生電壓不均勻之狀況(電池芯壓差大於設定門檻值)，則會啟動 Power Pump 平衡機制，較低電壓的電池可由相鄰電池遞補能量，藉由電荷轉移的技術達到平衡，將電量較高的電池能量轉移至電池能量較低的電池，如此可以達到電池間的平衡，增加電池的使用壽命及利用效率。

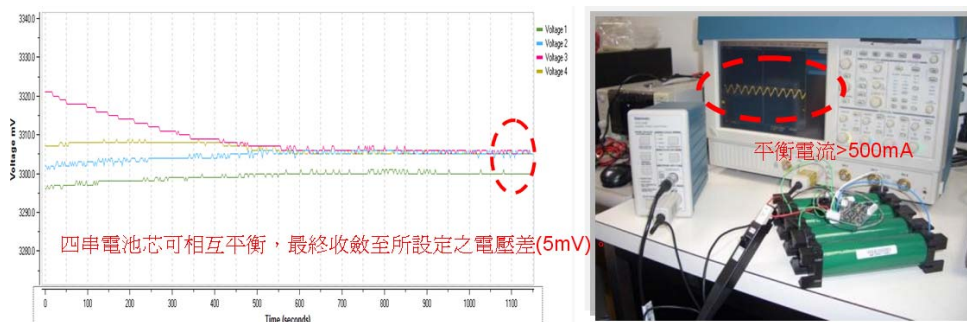


圖 3 電池平衡電流及電池平衡狀態

圖 4 為車輛中心開發的電動車 i-EV 與電能管理系統的具體實現，系統透過微控制器來監控與管理整車電池與電能的狀態，並可透過車端顯示器顯示電池組總電壓、總電流、平均溫度、殘電量，module 電壓、溫度，單體電池芯電壓與溫度等。並且當電池或電能管理系統偵測到異常或故障時，系統會自動觸發相對應診斷故障碼(Diagnostic Trouble Code, DTC)，並可透過診斷工具讀取 DTC 碼，或於車端顯示器顯示 DTC 故障碼，可讓維修人員可清楚的快速了解異常狀況並進行維修。



圖 4 中心開發之電動車 i-EV 與車端顯示器顯示電能資訊

五. 結論

電池管理系統技術應用上有包括硬體設計技術和軟體設計技術，而其中高壓混合信號處理技術及晶片設計是硬體設計核心，而且需保證在汽車環境下實現高可靠、高速、高精度信號取樣與即時處理；而軟體的核心則包括電能管理的演算法、控制策略設計、通訊協定的支援以及動力總成控制的相關技術等。電池管理系統實現上除了需有良好的控制策略設計外，也應有可靠硬體設計來相輔相成。

本文針對電動車電池管理系統來進行設計與實現，未來可透過車輛中心所開發之電動車輛來實際對電能控制策略方法進行探討，最終發展出安全、可靠之電池管理系統。

六、參考文獻

- [1]張毅，純電動轎車動力總成控制系統的研究，上海交通大學博士論文，2007 年。
- [2]張承，朱正 電動汽車動力電池組管理系統設計.電源技術，2006。
- [3]孫宏濤，夏超英，張木，基於 DSP 的動力電池管理系統 CAN 通信設計，電機應用，2007 年 EN1987-1/EN1987-2/EN1987-3
- [4]溫家鵬，姜久春，張維戈，文鋒，無軌電車用鋰離子電池管理系統的研究，北京交通大學學報，2010 年

DESIGN OF ACTIVE BALANCE BATTERY MANAGEMENT SYSTEM FOR ELECTRIC VEHICLE

*Hsu Jia Sing * Tu Jia Zheng ***

Automotive Research & Testing Center

e-mail: levihank@artc.org.tw *; cctu@artc.org.tw **

ABSTRACT

Battery management system and energy management system is an essential core component of electric vehicles. Battery management system to monitor the safety of the battery and the effective management, improve efficiency and reliability of the battery to extend battery life. When the series battery in the repeated charge and discharge will result in pressure between the battery cell capacity uneven, so the need to balance control circuit through to aid in the series when the applied voltage, thereby reducing battery inconsistency phenomenon, to avoid damage to the battery. This battery management system through the microprocessor as control core, and through active balance control circuit design and application of the current design of the electric vehicle battery systems to achieve the management, control and diagnosis.

Keywords: Battery Management System , Battery Balance Control Circuit

