

Use of Passive Cell Balancing for Electric Vehicle Battery Pack

Kristaps Vitols (Riga Technical University)

Keywords – Automotive electronics, Battery Management Systems (BMS), design.

I. INTRODUCTION

Electric vehicles (EV) with advanced battery chemistries such as lithium iron phosphate require adequate battery management systems (BMS). One of the most basic and important BMS tasks is the cell voltage balancing. Imbalance of cells in battery systems is very important matter in the battery system life and performance.

Over the years quite a lot of cell balancing/equalization methods and topologies have been proposed in [1-3] and reviewed in [4-5]. The aim of this paper was to select and elaborate a quick cell balancing solution for a kart lithium-ion battery pack.

II. KART BATTERY PACK

Proposed charging system to be used for electric kart is lithium iron phosphate (LFP) battery charging. Typical nominal voltage of a single LFP cell is 3.2V. The absolute maximum voltage for each cell is 4V. Common practice is to use 3.8V per cell for battery charging. LFP cell minimum operating voltage is 2.8V.

IV. THE ELABORATED CELL BALANCING MODULE

Schematic of the proposed individual cell balancer is shown in Fig. 1.

Board terminals CN1 and CN2 are meant to be connected directly to the battery terminals. Texas Instruments MSP430G2153 value line microcontroller was used.

Resistor divider is used to measure cell voltage. Resistors R1 to R6 are used to shunt a cell and discharge it. Switch VT1 is used to turn-on shunting.

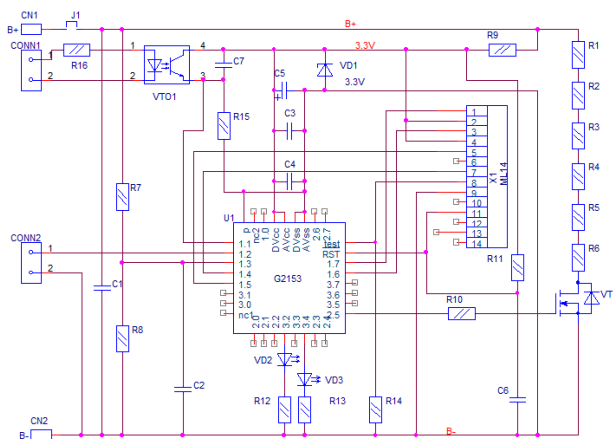


Fig. 1. Schematic of cell balancer module.

Optocoupler is used to isolate RX line, TX line is directly connected to the microcontroller.

V. CONTROL IMPLEMENTATION

Microcontroller code is optimized to consume as little power as possible since the source is a battery cell.

ADC module was used to measure cell voltage. Obtained values were used to produce average cell voltage value. If this value exceeds certain set higher or lower cut-off values program turns on one of the status indication LEDs. If battery cell voltage has reached full charge green LED is lit and MOSFET is turned on to discharge particular cell and allow other cells to reach the same value. If lower voltage value is reached, only red LED is lit.

UART communication was implemented. Initially UART module is set in RX mode to wait for incoming data. A communication subroutine is activated once data is received. Received data is stored in memory and cell balancer sends its own data to the next balancer. Stored received data will be sent in the next transmit round. Data from all cell balancers is passed further to the main controller in daisy-chain manner. Data transfer is finished once main controller receives back the same command it initially sent to the first cell balancer of the communication ring.

All data was transferred one byte at a time, which presented a problem on how to distinguish command byte from data bytes. To select appropriate unique command byte all possible data byte values had to be analyzed. It can be noticed that least significant byte can take values from 0 to 139 and from 154 to 255. This leaves out a free region from 140 to 153. Generally any of these free values could be used as command bytes, but for increased confidence the middle value of 146 was used as command byte by the higher controller.

VI. CONCLUSIONS

Passive cell balancing is a viable option when a battery pack has to be developed as fast as possible with small costs. This method gives good cell equalization speed with satisfactory energy efficiency. However active balancing can perform better in all parameters except price and development time.

One of the directions of development is to design a battery pack front end that monitors overall pack voltage and current. It can be used as part of battery state measure device to measure SoC, SoH and other parameters. Front end can be implemented with low loss circuit breaker to disconnect battery from load if certain overload or deep discharge situations are detected.

Main future task is to fully develop the higher controller or control panel. As both names impose this BMS part is used to control and collect data from individual cell balancers and front end. It can give commands to balancers and use their information to calculate different battery pack parameters.

REFERENCES

- [1] Jian Cao; Schofield, N.; Emadi, A.; , "Battery balancing methods: A comprehensive review," *Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008. VPPC '08. IEEE* , pp.1-6, 3-5 Sept. 2008.
- [2] Daowd, M.; Omar, N.; Van Den Bossche, P.; Van Mierlo, J.; , "Passive and active battery balancing comparison based on MATLAB simulation," *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2011 IEEE* , pp.1-7, 6-9 Sept. 2011.

Pasīvās šūnu balansēšanas pielietošana elektriskā transporta akumulatoros

Kristaps Vitols (Riga Technical University)

Atslēgvārdi (angl.) – Automotive electronics, Battery Management Systems (BMS), design.

I. IEVADS

Elektriskajiem transportlīdzekļiem, kuri ir aprīkoti ar moderniem akumulatoriem, tādiem kā litija dzelzs fosfāta, ir nepieciešama attīstīta akumulatoru vadības sistēma. Viens no svarīgākajiem pamata AVS uzdevumiem ir šūnu sprieguma balansēšana. Šūnu disbalanss būtiski ietekmē akumulatoru sistēmas sniegumu un ilgmūžību.

Gadu gaitā ir izstrādātas un izpētītas daudzas šūnu balansēšanas shēmas, kuras ir piedāvātas [1-3] un analizētas [1-5]. Šī raksta mērķis ir izvēlēties un ātri izstrādāt šūnu balansēšanas risinājumu kartinga litija-jonu akumulatoru pakai.

II. KARTINGA AKUMULATORU PAKA

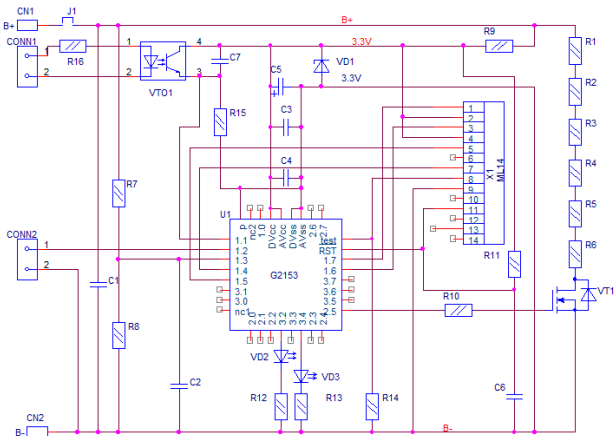
Izstrādājamā uzlādes sistēma ir paredzēta elektriskā kartinga litija dzelzs fosfāta (LFP) akumulatoru lādēšanai. Tipiskais nominālais LFP šūnas spriegums ir 3.2V. Absolūtais maksimālais spriegums ir 4V. Akumulatoru lādēšanai tiek izmantots 3.8V spriegums uz katru šūnu. LFP šūnas minimālais pieļaujamais spriegums ir 2.8V.

IV. IZSTRĀDĀTAIS ŠŪNU BALANSĒŠANAS MODULIS

Individuālā šūnas balansēšanas shēma ir dota 1. attēlā.

Plates kontakti CN1 un CN2 ir paredzēti tiešai pieslēgšanai pie akumulatora termināļiem. *Texas Instruments MSP430G2153 value line* mikrokontroleris ir izmantots balansētāja vadībai.

Šūnas sprieguma mērīšanai ir izmantots rezistoru dalītājs. Rezistori R1-R6 ir izmantoti kā šūnas šunti, lai veiktu tās izlādi. Slēdzis VT1 ir izmantots, lai ieslēgtu šuntēšanu..



1.att. Šūnas balansēšanas moduļa shēma.

Datu uztveršanas līnijas izolācijai ir izmantots optopāris. Raidīšanas līnija ir tieši savienota ar mikrokontrolleri.

V. MODUĻA VADĪBA

Tā kā shēmas barošanas avots ir pati šūna, tad mikrokontrolera kods ir optimizēts tā, lai shēma patērētu

vismazāk enerģijas. Šūnas sprieguma mērīšanai ir izmantots ACP modulis. Iegūtās vērtības tiek izmantotas, lai iegūtu vidējo šūnas sprieguma vērtību. Ja iegūtā vērtība pārsniedz uzstādīto augšējo vai apakšējo vērtību, tad tiek ieslēgta atbilstoša mirdzdiode. Ja šūna ir sasniegusi pilna sprieguma vērtību, tad tiek ieslēgta zaļā mirdzdiode un pieslēgti šuntējošie rezistori, lai izlādētu konkrēto šūnu un ļautu citām šūnām sasniegt pilnu spriegumu. Ja spriegums ir mazāks par zemāko robežu, tad tiek ieslēgta tikai sarkanā mirdzdiode.

Sākotnēji UART komunikāciju modulis ir iestatīts uztveršanas režīmā, lai gaidītu ienākošos datus. Tiklīdz dati ir saņemti, tiek aktivizēta komunikāciju apakšprogramma. Saņemtie dati tiek saglabāti atmiņā un balansēšanas shēma nosūta savus datus uz nākamo balansēšanas moduli. Saglabātie dati tiks sūtīti nākamajā sūtīšanas reizē. Dati no visiem balansēšanas moduļiem tiek nosūtīti uz galveno kontrolleri, izmantojot gredzenveida datu apmaiņas veidu. Datu apmaiņa ir pabeigta tad, kad galvenais kontrolleris saņem atpakaļ to pašu komandu, ko tas sākotnēji nosūtīja uz pirmo balansēšanas moduli.

Visi dati tiek sūtīti pa vienam bitam. Līdz ar to rodas problēma, kā atpazīt komandas baitus no datu baitiem. Lai izvēlētos piemērotu komandas baitu, tika analizēti visi iespējamie datu baiti. Tika noteikts, ka mazāk nozīmīgais baitis var ieņemt vērtības no 0 līdz 139 un no 154 līdz 255. Brīvs paliek reģions no 140 līdz 153. Jebkuru no šīm vērtībām var izmantot kā komandas baita vērtību, bet lai uzlabotu drošību, tika izvēlēta diapazona vidējā vērtība 146.

VI. SECINĀJUMI

Pasīvā šūnu balansēšana ir piemērots risinājums, lai ātri un ar zemām izmaksām izveidotu akumulatoru sistēmu. Šī metode nodrošina labu balansēšanas ātrumu un pieņemamu lietderību. Tomēr jāņem vērā, ka aktīvā balansēšana pārspēj pasīvo praktiski visos parametros, izņemot cenu un izstrādes laiku.

Viens no tālākajiem attīstības virzieniem ir izstrādāt akumulatoru pakas ieejas kontrolleri, kurš mērītu pakas strāvu un spriegumus. To var izmantot, lai noteiktu akumulatoru uzlādes pakāpi, kā arī citus parametrus. Ieejas kontrolleri var aprīkot ar releju, kurš atvienotu akumulatoru no slodzes pārslodzes vai dziļas izlādes gadījumā.

Galvenais turpmākās darbības uzdevums ir izstrādāt augstāko kontrolleri jeb vadības paneli. Šī AVS daļa ievāc datus no individuālām šūnām un ieejas kontrollera. Tā vada citas AVS daļas un veic pakas parametru aprēķinus.

LITERATŪRA

- [1] Jian Cao; Schofield, N.; Emadi, A.; , "Battery balancing methods: A comprehensive review," *Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008. VPPC '08. IEEE* , pp.1-6, 3-5 Sept. 2008.
- [2] Daowd, M.; Omar, N.; Van Den Bossche, P.; Van Mierlo, J.; , "Passive and active battery balancing comparison based on MATLAB simulation," *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2011 IEEE* , pp.1-7, 6-9 Sept. 2011.

Использование пассивных балансирующих цепей в батарее электрического картинга

Kristaps Vitols (Riga Technical University)

Ключевые слова (англ.) – Automotive electronics, Battery Management Systems (BMS), design.

I. ВВЕДЕНИЕ

Электротранспортные средства с (ЭТС) часто включают в качестве источника питания литий-фосфорнокислородные (ЛФЖ) аккумуляторы. Для увеличения срока службы и производительности их используют совместно с системой управления батареями (СУБ), важной частью которой являются балансирующие цепи.

В течение последних лет было предложено большое количество методов выравнивания напряжения на таких батареях, например, 0 и 0. Целью данной работы является выбор и разработка балансирующих элементов батареи электрического картинга.

II. АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ КАРТИНГА

В данном картинге используются ЛФЖ аккумуляторы с номинальным напряжением 3.2В. Максимальное напряжение таких элементов – 4В, но обычно их используют в диапазоне напряжений от 3.2 до 3.8В.

IV. КОНСТРУКЦИЯ БАЛАНСИРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

Предложенная схема балансирующей цепочки, соединённой с отдельным элементом через контакты CN1 и CN2, показана на Рис. 1. Её основными частями являются резистивный разрядник и обратная связь.

Для разряда ячейки используются мощные резисторы R1-R6, которые подсоединяются к ячейке при помощи транзистора VT1, управляемого микроконтроллером U1 (в качестве которого был выбран MSP430G2153).

Измерение напряжения ячейки, уменьшенного делителем R7/R8, осуществляется непосредственно АЦП микроконтроллера.

Питается микроконтроллер (МК) от самой ячейки через стабилизатор VD1. Контакты CONN1 и CONN2, а также оптопара VTO1 используются для реализации интерфейса микроконтроллера и внешней системы управления. Резисторы R9-R11 и разъём X1 требуются для программирования микроконтроллера.

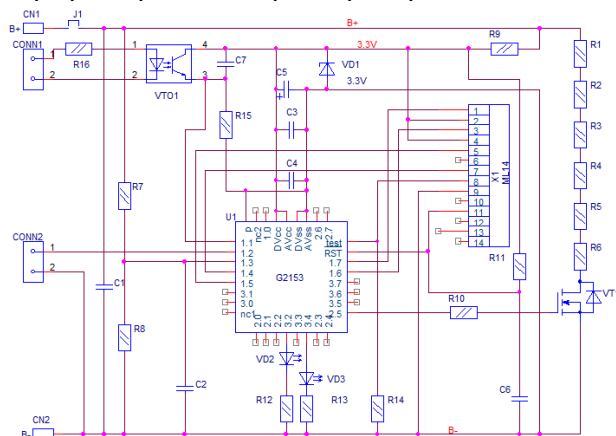


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема балансирующей цепочки.

V. УПРАВЛЕНИЕ БАЛАНСИРУЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Программа микроконтроллера оптимизирована для уменьшения потреблённой им энергии. Её алгоритм заключается в регулярном измерении напряжения ячейки и цифровой фильтрации и записи результата в буфер данных. При достижении минимального рабочего напряжения ячейки программа включает красный светодиод, а при достижении максимального – включает зелёный и одновременно активирует разрядную цепочку. Для надёжного срабатывания используется гистерезис.

МК отдельных ячеек связаны друг с другом при помощи замкнутой цепи последовательных интерфейсов. Вся цепочка замкнута через центральный контроллер (ЦК), который инициирует передачу данных, передавая первому МК слово запуска. Каждый из МК, получив данные, записывает их в свой буфер, а предыдущее содержимое буфера передаёт следующему МК. Процедура передачи данных завершается, когда слово запуска возвращается обратно в ЦК в конце массива из измеренных данных.

Так как данные перемещаются по одному байту, то возникает проблема идентификации слова запуска. Так как коды от 140 до 153 младшего слова данных не используются, то любой из них может использоваться в качестве слова запуска. Фактически же в качестве такого кода используется число 146, находящееся в середине этого диапазона.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение пассивных балансирующих цепочек обосновано в случае ограниченных средств и времени. Этот метод обеспечивает эффективное выравнивание напряжения ячеек при приемлемой энергоэффективности. Однако остальные их параметры могут быть улучшены.

Одним из направлений развития данной СУБ является разработка супервизора всей батареи, который измерил бы её напряжение и ток, а так же формировал их. Он может быть использован для оценки степени изношенности батареи и степени её заряда. Такой интерфейс может также содержать аварийный разъединитель в случаях перезаряда и критического разряда батареи.

Важно задачей является так же создание контроллера верхнего уровня и интерфейса пользователя СУБ. Такой контроллер, используя информацию от отдельных балансирующих ячеек и супервизора батареи, мог бы управлять ими и использовать их параметры для диагностики батареи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jian Cao; Schofield, N.; Emadi, A.; , "Battery balancing methods: A comprehensive review," *Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008. VPPC '08. IEEE* , pp.1-6, 3-5 Sept. 2008.
- [2] Daowd, M.; Omar, N.; Van Den Bossche, P.; Van Mierlo, J.; , "Passive and active battery balancing comparison based on MATLAB simulation," *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2011 IEEE* , pp.1-7, 6-9 Sept. 2011.