

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЯГОВОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Двадненко В. Я.¹, Сериков Г. С.¹, Пушкарь О. Б.¹

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Показана необходимость контроля режимов заряда и разряда литий-ионной тяговой аккумуляторной батареи электромобилей и гибридных автомобилей. Полностью реализовать заложенные производителем возможности тяговой аккумуляторной батареи можно только, если строго обеспечивать рекомендованные изготовителем режимы заряда и разряда, т.е. поддерживать в допустимых пределах токи и напряжения на каждом элементе аккумуляторной батареи. Эти режимы должна обеспечивать специальная управляющая система. Данная статья посвящена рассмотрению практической реализации возможного варианта выполнения такой системы.

Ключевые слова: Электромобиль, гибридный автомобиль, тяговая аккумуляторная батарея, зарядное устройство, корректор коэффициента мощности, устройство балансировки элементов аккумуляторной батареи, контроллер заряда и разряда.

Введение

Тяговая аккумуляторная батарея (ТАБ) в электромобиле или в подзаряжаемом гибридном автомобиле в значительной степени определяет основные параметры электромобиля или подзаряжаемого гибридного автомобиля (PHEV). Производители постоянно совершенствуют параметры ТАБ, такие как удельная энергоемкость, удельная мощность, рабочий диапазон температур, долговечность, максимальное число рабочих циклов.

Однако реализовать полностью возможности ТАБ можно только, если строго обеспечивать рекомендованные изготовителем режимы заряда и разряда, т.е. поддерживая в допустимых пределах токи, напряжения, температурный режим.

При эксплуатации электромобиля или подзаряжаемого гибридного автомобиля с литий-ионной ТАБ, контроль за этими параметрами должна осуществлять специальная управляющая система, английская аббревиатура BMS (Battery Manger System). Возможным вариантам выполнения такой системы и посвящена эта работа.

Анализ публикаций

Различные типы аккумуляторов имеют свои особенности эксплуатации. Рассмотрим наиболее широко применяемые для электромобилей литий-ионные аккумуляторы. Благодаря высокому электрохимическому потенциалу лития у них наиболее высокое напряжение одного элемента (одной ячейки), а значит

и высокая удельная энергия. Однако из-за высокой химической активности лития необходимо не допускать химических реакций, ведущих к появлению металлического лития в аккумуляторе. Для этого работа литиевых аккумуляторов основана на процессах интеркаляции и деинтеркаляции ионов в материалы анода и катода.

Развитие электрического транспорта в последнее время характеризуется интенсивным ростом использования ТАБ на основе литий-ионных аккумуляторов [1–4].

ТАБ на основе литий-ионных аккумуляторов обладает высокими удельными массогабаритными энергетическими характеристиками. Поэтому в литий-ионных ТАБ накопленной энергии оказывается достаточно для обеспечения длительного пробега на одной зарядке и, как следствие, ТАБ на основе литий-ионных аккумуляторов может использоваться в транспортных системах различного назначения. В основе безопасной и эффективной эксплуатации литий-ионных батарей лежит непрерывный контроль за основными параметрами аккумулятора, а также мониторинг истории заряда/разряда и фактической емкости. При формировании многоэлементной последовательно соединенной литий-ионной аккумуляторной батареи возникает проблема разброса напряжений и уровней заряда отдельных аккумуляторных ячеек («разбаланс ячеек»). По достижении хотя бы одной из ячеек критического напряжения при разряде необходимо отключить накопитель от

нагрузки, так как дальнейший разряд повлечет нарушение требований эксплуатации. В этом случае емкость батареи будет определяться емкостью самой слабой ячейки. Таким образом, чтобы повысить эксплуатационные характеристики аккумуляторных батарей, необходимо управлять зарядным процессом накопителя и балансировкой аккумуляторных ячеек [5–8].

Способы балансировки можно разделить на два типа: активная и пассивная балансировка [9,10]. Вид балансировки аккумуляторной батареи определяется техническими, эксплуатационными, экономическими требованиями, а также особенностями построения накопителя.

Таким образом, актуальной задачей является разработка системы управления режимами ТАБ, т.е. разработка алгоритма заряда батареи, состоящей из n аккумуляторных ячеек, обеспечивающих оптимальное соотношение накопленной энергии и временных затрат на процесс заряда и балансировки. В таких аккумуляторах в зависимости от химического состава электродов и электролита в аккумуляторе, могут быть разные пределы зарядных и разрядных напряжений и токов. Вопрос балансировки литий-ионных аккумуляторных батарей подробно рассмотрен в работе [5].

Практическая реализация зарядного устройства и балансирующей системы ТАБ для гибридного подзаряжаемого автомобиля описана в работе [3].

Балансировка применительно к литий-железофосфатным аккумуляторным батареям рассмотрена в работе [8].

Цель и постановка задачи

Целью работы является разработка устройства контроля режимов работы ТАБ подзаряжаемого гибридного автомобиля, разработанного на основе автомобиля Ланос-пикап.

Задача состоит в разработке схемотехники зарядного устройства, балансирующего устройства и контроллера режимов заряда и разряда, которые обеспечат безопасную зарядку и балансировку ТАБ за приемлемое для ночной зарядки время.

Кроме того, необходимо обеспечить конструктивное выполнение и размещение всех требуемых блоков и узлов, связанных с ТАБ в конкретном подзаряжаемом гибридном автомобиле с необходимым уровнем безопасности и надежности.

Результаты исследования

Рассмотрим требования и ограничения, которые необходимо соблюдать, а также рассмотрим проблемы, которые возникают при заряде и при разряде литий-ионных аккумуляторов, т.е. аккумуляторов, у которых установлены жесткие предельные значения зарядного и разрядного напряжений каждого элемента аккумуляторных батарей.

Будем рассматривать алгоритм заряда ТАБ в котором в первой фазе зарядное устройство стабилизирует ток заряда, а затем, во второй фазе заряда стабилизирует максимально допустимое при заряде напряжение ТАБ. Контролировать необходимо ток и напряжение каждой ячейки ТАБ.

Поскольку элементы ТАБ включены последовательно, то ток у них общий и контролируется датчиком тока ТАБ. По сигналу этого датчика производится защитное отключение (или ограничение) зарядного или разрядного тока аккумулятора, а также обычно производится и управление крутящим моментом тягового электродвигателя. Для токовой защиты ключей инвертора этот датчик недостаточно быстродействующий из-за большой емкости конденсаторов в цепи питания инвертора. Конденсаторы необходимы для устранения реакции индуктивности проводов, соединяющих ТАБ и инвертор. Защиту ключей инвертора обычно обеспечивает защита с датчиками тока в фазных проводах тягового электродвигателя и (или) токовая защита интеллектуальных силовых модулей (IPM) инвертора [3].

Напряжение на каждой ячейке ТАБ необходимо контролировать индивидуально для того, чтобы ни на одной ячейке не произошло ни повышения напряжения при заряде выше максимально допустимого, ни понижения напряжения при разряде ниже минимально допустимого.

Ограничение предельного разряда важно для предотвращения выхода из строя отдельных элементов ТАБ из-за их переплюсовки. Переплюсовка возникает потому, что разрядный ток ТАБ для полностью разряженных элементов становится зарядным, но с противоположной полярностью выводов. Это ведет к повреждению этих ячеек.

Кроме того, необходим контроль температуры ТАБ, обычно в нескольких точках. В случае слишком высокой температуры сни-

жается (или выключается) ток заряда или разряда. Если есть для ТАБ система охлаждения, может увеличиваться интенсивность ее работы. В случае слишком низкой температуры ТАБ, заряд производится после предварительного прогрева батареи электрическими нагревателями от сети.

Бортовое зарядное устройство практически реализовано на подзаряжаемом микрогибридном автомобиле на основе автомобиля ZAZ Lanos Pickup [3.4,11]. ТАБ этого автомобиля состоит из 20 ячеек литий-железофосфатных аккумуляторов WB-LYP90АНА, емкостью 90 Ач. Рабочее напряжение одной ячейки 3,2 В, батареи 64 В. Предельное напряжение заряда одной ячейки 3,6 В, батареи

72 В. Основная зарядка производится от однофазной сети переменного тока. Дополнительная зарядка происходит при рекуперативном торможении автомобиля.

Потребляемая мощность сетевого зарядного устройства до 1,8 кВт. Функциональная схема бортового зарядного устройства с системой балансировки и защиты приведена на рис.1. На входе бортовое зарядное устройство содержит корректор коэффициента мощности (ККМ) (Power factor corrector (PFC)), совмещенный с гальванической развязкой. ККМ выполнен на основе микросхемы IR1155S [12]. Гальваническая развязка выполнена в виде резонансного полумостового DC/DC конвертора с выходным напряжением $U=80$ В. Ток до 25А. на основе микросхемы IR2153 [13].

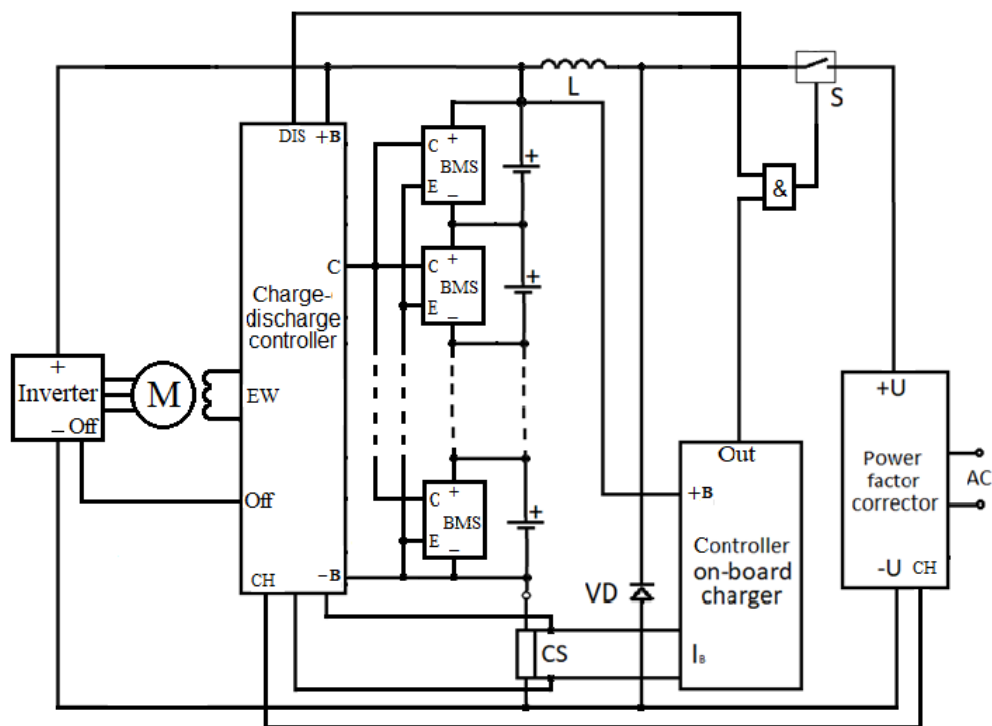


Рис.1. Функциональная схема бортового зарядного устройства с платами BMS

Контроллер бортового зарядного устройства, для управления ключом S, формирует на выходе Out импульсную последовательность. Путем изменения коэффициента заполнения этой последовательности, с учетом сигнала с датчика тока CS, осуществляется стабилизация зарядного тока на уровне 20 А. Когда в процессе зарядки напряжение ТАБ достигнет максимального значения 72 В, контроллер начинает уменьшать коэффициент заполнения, а значит и уменьшать зарядный ток. Та-

ким образом происходит стабилизация требуемого максимального напряжения ТАБ. Контроль этого напряжения происходит по входу +В контроллера зарядного устройства. Контроллер зарядного устройства выполнен на основе микросхемы TL494 [14]. Однако прежде чем будет достигнуто максимальное напряжение ТАБ, будет достигнуто максимальное напряжение отдельных элементов ТАБ. Для этих элементов дальнейшая зарядка становится недопустимой, поэтому необходима работа системы балансировки (BMS).

Система балансировки выполнена с использованием того обстоятельства, что при приближении к полной зарядке внутреннее сопротивление элементов ТАБ WBLYP90АНА изменяется незначительно, а ЭДС, напротив, заметно увеличивается. Согласно расчетам, для указанных аккумуляторов, при подключении разрядного резистора, общий зарядный ток должен отключаться, так как разрядный резистор не рассчитан на прохождение через него зарядного тока. С целью упрощения системы увеличена разность между напряжениями включения и выключения разрядных резисторов системой BMS, т.е. соответственно 3,65 В и 3,55 В, при этом платы BMS сделаны отдельно для каждой банки. Каждая плата контролирует как заряд, так и разряд соответствующей банки. Информация о необходимости отключения зарядного или разрядного тока передается по однобитовой шине на вход С контроллера заряда-разряда. Система балансировки выполнена на

основе плат BMS, схема которых приведена на рис. 2.

Рассмотрим работу этой платы.

Вход микросхемы управляемого стабилизатора TL431 [15] через делитель подключен к плюсу и минусу элемента ТАБ, анод TL431 подключен к минусу элемента ТАБ. Делитель напряжения подобран так, чтобы когда ЭДС элемента ТАБ достигнет 3,65 В сопротивление между анодом и катодом TL431 существенно уменьшится и ток через TL431 откроет транзистор BC857C, напряжение на коллекторе этого транзистора через резистор 51к повысит напряжение на входе TL431 таким образом, чтобы выключение проводимости стабилизатора произошло при понижении ЭДС элемента ТАБ до 3,55 В. Одновременно открытый транзистор BC857C откроет транзистор BD137 и транзистор BD244C. В коллекторной цепи транзистора BD244C включен нагрузочный резистор 3,3 Ом с мощностью 5 Вт. Этот резистор обеспечит разряд элемента ТАБ.

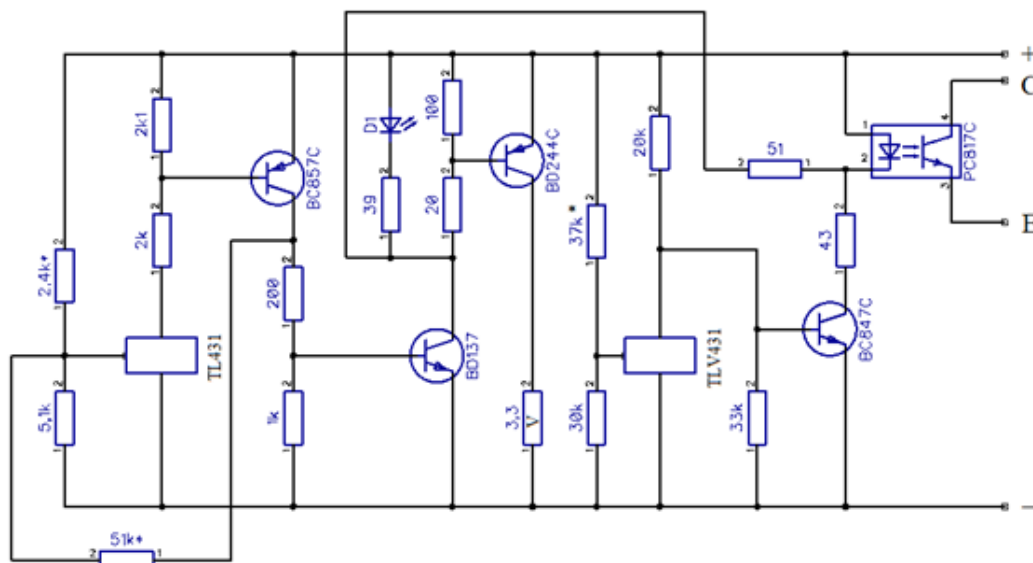


Рис. 2. Схема платы BMS

Кроме того, открытый транзистор BD137 включит светодиод D1, который обозначит элемент ТАБ, где подключен разрядный резистор и включит светодиод оптрона PC817C, который обеспечивает гальваническую развязку с контроллером BMS. Контроллер BMS во время зарядки, на время, пока есть этот сигнал, т.е. пока открыт транзистор оптрона, отключает зарядный ток и только тогда включает зарядный ток, когда транзистор оптрона закроется. Контроллер BMS определяет наличие режима зарядки по сигналу с вывода CH

блока PFC. Этот сигнал появляется, когда на PFC есть напряжение сети.

Отключение тягового электродвигателя происходит, когда напряжение на клеммах элемента опускается ниже заданного порога, например, ниже 2,0 В - 2,5 В. Следит за снижением напряжения микросхема управляемого стабилизатора TLV431 [16], которая перестает пропускать ток от катода к аноду и, тем самым, открывает транзистор BC847C. Этот транзистор включает светодиод оптрона

PC817C, тем самым подает сигнал контроллеру BMS. Контроллер BMS в режиме, когда нет зарядки, реагирует на открытие транзистора оптрона отключением разрядного тока, и уже не позволит его включить, пока вновь не будет заряжена ТАБ. В этом случае подзаряжаемый гибридный автомобиль может двигаться только на ДВС.

Схема бортового зарядного устройства с платами BMS (рис. 2) имеет более простую и более надежную структуру зарядно-разрядного контроллера, недостатком этой схемы является большое число плат BMS.

Выводы

Проведен краткий обзор особенностей применения литий-ионных аккумуляторов в электромобилях и подзаряжаемых гибридных автомобилях. Рассмотрены варианты организации безопасных режимов заряда и разряда литий-ионных ТАБ в автомобилях с тяговым электроприводом.

Предложенные варианты схемотехнического решения построения зарядного устройства, балансирующих устройств и контроллера режимов заряда и разряда ТАБ позволяют обеспечить ее достаточно быструю зарядку и балансировку, а также обеспечить защиту ТАБ при заряде и разряде.

Предложен и практически реализован вариант бортового зарядного устройства с системой выравнивания заряда.

Полученные теоретические и экспериментальные результаты имеют практическое значение для транспортной отрасли.

Литература

1. Ning D., Prasad K., Lie T. The electric vehicle: a review. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*. 9 (1), 49–66. (2017)
2. Гиббс Н. Плагин-гибриды будут преобладать среди автомобилей с электрифицированным приводом в Европе. *Журнал Автомобильных Инженеров*. 2015. № 6 (95). С. 20–21.
3. Бажинов О. В., Двадненко В. Я. Автомобільні гібридні силові установки. Харків, 2016. 186 с
4. Двадненко В. Я., Пушкар О. Б. Улучшение экономических и экологических характеристик микрогибридного автомобиля. *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* Харьков, 2019. Вып. 45. С.12–22.
5. Рыкованов А. С. Системы баланса Li-ion аккумуляторов батарей *Силовая электроника*. 2009. № 1. С.52–55.
6. Q. Wang, P. Ping, X. Zhao, C. Guanquan, J. Sun, C. Chen Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery. *Journal of Power*

Sources. 2012. Vol. 208. P. 210–224.

7. Сердечный Д.В., Томашевский Ю.Б. Управление процессом заряда многоэлементных литий-ионных аккумуляторных батарей *Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль*. Саратов, 2017. № 3 (21). С. 115–123.
8. Рыкованов А.С. Способы балансирования портированных железо-фосфатных Li-ion аккумуляторных батарей. *Компоненты и технологии*. 2012. № 10. С.1–12.
9. Pistoia, G. Li-Ion Batteries: Advances and Applications. Newnes. Oxford, 2013. 634 p.
10. Беляев С., Рыкованов А. Активные и пассивные системы баланса Li-Ion аккумуляторных батарей. *Компоненты и технологии*. 2014. №3. С.121–124.
11. Dvadenko V., Arhun Shch., Bogajevskiy A., Ponikarovska S. Improvement of economic and ecological characteristics of a car with a start-stop system. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 2018. Vol. 10, № 3, pp. 209–222. doi: 10.1504/IJEHV.2018.097377
12. IR1155S datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/427261/IRF/IR1155S.html>. (дата звернення 14.10.2020).
13. IR2153 datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/542363/IRF/IR2153.html>. (дата звернення 14.10.2020).
14. TL494 datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/12679/ONSEMI/TL494.html>. (дата звернення 14.10.2020).
15. TL431 datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/5774/MOTOROLA/TL431.html>. (дата звернення 14.10.2020).
16. TLV431 datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28993/TI/TLV431.html>. (дата звернення 14.10.2020).

References

1. Ning D., Prasad K., Lie T. (2017). The electric vehicle: a review. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*. 9 (1), 49–66.
2. Gibbs N. (2015) Plugin-gibridy` budut preobladat` sredi avtomobilej s elektrificirovannym privodom v Evrope. [Plug-in hybrids will prevail among electrified vehicles in Europe.]. *Zhurnal Avtomobilnykh Inzhenerov*. 6 (95). 20–21. [in Russian]
3. Bazhinov OV, Dvadenko V. Ya. (2016) Avtomobilni gibrydni sylovi ustanovky. [Automobile hybrid power plants.]. Kharkiv.
4. Dvadenko V. Ya., Pushkar O. B. (2019). Uluchshenie ekonomicheskikh i ekologicheskikh kharakteristik mikrogibridnogo avtomobilya. [Im-

- proving the economic and environmental characteristics of a micro-hybrid vehicle.]. *Avtomobilnyy transport: sb. nauch. tr. Kharkov*. 45.12–22.
5. Rykovanov A. S. (2009). Sistemy` balansu Li-ion akkumulyatorny`kh batarej Silovaya e`le-ktronika. [Balance systems of Li-ion rechargeable batteries] *Silovaya elektronika*. 1. 52-55.
 6. Q. Wang, P. Ping, X. Zhao, C. Guanquan, J. Sun, C. Chen. (2012). Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery. *Journal of Power Sources*. 208. 210–224.
 7. Serdechniy D.V. Tomashevskiy Yu.B. (2017) Upravlenie processom zaryada mnogoelementnykh litij-ionny`khakkumulyatornykh batarej. [Control of the charging process of multi-element lithium-ion rechargeable batteries]. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol. Saratov*. 3 (21). 115–123. DOI 10.21685/2307-5538-2017-3-16.
 8. Rykovanov A.S. (2012) Sposoby balansirovaniya portativnykh zhelezofosfatnykh Li-ion akkumulyatornykh batarej. [Methods of balancing portable iron-phosphate Li-ion rechargeable batteries.]. *Komponenty i tekhnologii*. 10. 1-12.
 9. Pistoia G. (2013). *Li-Ion Batteries: Advances and Applications*. Newnes. Oxford.
 10. Belyaev S., Rykovanov A. (2014) Aktivnye i passivnye sistemy` balansu Li-Ion akkumulyatornykh batarej. [Active and passive balance systems for Li-Ion accumulator batteries] *Komponenty` i tekhnologii*. 3. 121-124.
 11. Dvadenko V., Arhun Shch., Bogajev-skiy A., Ponikarovska S. Improvement of economic and ecological characteristics of a car with a start-stop system. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 2018. 10 (3). 209-222. doi: 10.1504 / IJEHV.2018.097377
 12. IR1155S datasheet. Retrived from: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/427261/IRF/IR1155S.html> (accessed: 14.10.2020)
 13. IR2153 datasheet. Retrived from: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/542363/IRF/IR2153.html>. (accessed: 14.10.2020).
 14. TL494 datasheet. Retrived from: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/12679/ONSEMI/TL494.html>. (accessed: 14.10.2020).
 15. TL431 datasheet. Retrived from: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/5774/MOTOROLA/TL431.html>. (accessed: 14.10.2020).
 16. TLV431 datasheet. Retrived from: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28993/TI/TLV431.html>. (accessed: 14.10.2020)

Двадненко Владимир Яковлевич¹, д.т.н., проф. каф. автомобильной электроники, тел. +38 067-733-04-41,

dvadenkovladimir@gmail.com,

Сериков Георгий Сергеевич¹, к.т.н., доц. каф. автомобильной электроники, тел. +38 067-947-86-87, georgy301212@gmail.com,

Пушкар Олег Борисович¹, аспирант, каф. автомобильной электроники, тел. +38 095-246-30-07, oleg.pushkar83@gmail.com

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Розробка пристрою для контролю режимів роботи тягової акумуляторної батареї

Анотація. Показана необхідність контролю режимів заряду і розряду літій-іонної тягової акумуляторної батареї (ТАБ) електромобілів і гібридних автомобілів. Повністю реалізувати закладені виробником можливості тягової акумуляторної батареї можна тільки, якщо строго забезпечувати режими заряду і розряду, тобто підтримуючи в допустимих межах струми і напруги на кожному елементі акумуляторної батареї. Ці режими повинні забезпечувати спеціальна керуюча система BMS (Battery Manger System). Дана стаття присвячена розгляду практичної реалізації можливого варіанту виконання такої системи. Оскільки елементи ТАБ включені послідовно, то струм у них загальний і контролюється датчиком струму батареї. Напруга на кожному елементі ТАБ необхідно контролювати індивідуально для того, щоб ні на одному елементі не відбулося ні підвищення напруги при заряді вище максимально допустимого, ні зниження напруги при розряді нижче мінімально допустимого. Бортовий зарядний пристрій практично реалізовано на мікрогібридному автомобілі на основі автомобіля Ланос-пікап. ТАБ цього автомобіля складається з 20 банок літій-залізофосфатні акумуляторів WB-LYP90AH, ємністю 90 Ач, максимальне напруження заряду однієї банки 3,6 В. Наведено функціональну схему бортового зарядного пристрою з системою балансування і захисту. На вході зарядний пристрій містить коректор коефіцієнта потужності. Гальванічна розв'язка виконана у вигляді резонансного полумостового DC / DC конвертору. Контролером бортового зарядного пристрою здійснюється стабілізація зарядного струму і напруги. Коли в процесі зарядки напруга ТАБ досягне максимального значення 72В, контролер починає зменшувати коефіцієнт заповнення, а значить і зменшувати зарядний струм, не допускаючи подальшого підвищення напруги. Однак перш ніж буде досягнуто максимальне напруження ТАБ, буде досягнуто максимальне напруження окремих елементів ТАБ. Для цих елементів подальша зарядка стає неприпустимою, тому необхідна робота системи балансування. Наведено

електричну схему і описаний принцип роботи плати BMS.

Ключові слова: Електромобіль, гібридний автомобіль, тягова акумуляторна батарея, зарядний пристрій, коректор коефіцієнта потужності, пристрій балансування елементів акумуляторної батареї, контролер заряду і розряду.

Двадненко Володимир Якович¹, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 067-733-04-41, dvadnenkovladimir@gmail.com,

Серіков Георгій Сергійович¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 067-947-86-87, georgy301212@gmail.com,

Пушкар Олег Борисович¹, аспірант, каф. автомобільної електроніки, тел. +38 095-246-30-07, oleg.pushkar83@gmail.com

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Development of a control device of the traction battery operation

Abstract. The necessity of control of charge and discharge modes of lithium-ion traction accumulation battery (TAB) of electric cars and hybrid cars is shown. It is possible to fully realize the capabilities of the traction battery set by the manufacturer only if you strictly ensure the modes of charge and discharge, i.e. maintaining currents and voltages on each element of the battery within acceptable limits. These modes must be provided by a special control system BMS (Battery Manager System). This article is devoted to the practical implementation of a possible use of such a system. Because the TAB elements are connected in series, the current in them is common and is controlled by a battery current sensor. The voltage at each element of the TAB must be monitored individually so that no element has an increase in voltage when the charge is above the maximum allowable, or a

decrease in the voltage when the discharge is below the minimum allowable. The onboard charger is practically realized on the microhybrid car on the basis of the Lanos pickup car. TAB of this car consists of 20 cans of lithium-iron-phosphate batteries WB-LYP90AHA, capacity is 90 Ah, maximum charge voltage of one can is 3.6 V. The functional diagram of the onboard charger with balancing and protection system is given. At the input, the charger contains a power factor corrector. The galvanic isolation is made in the form of a resonant half-bridge DC/DC converter. The controller of the onboard charger stabilizes the charging current and voltage. When in the process of charging the TAB voltage reaches a maximum value of 72V, the controller begins to reduce the fill factor, and hence reduce the charging current, preventing further voltage increase. However, before the maximum TAB voltage is reached, the maximum voltage of the individual TAB elements will be reached. For these elements, further charging becomes unacceptable, so the work of the balancing system is necessary. The electric scheme is given and the principle of work of the BMS board is described.

Keywords: electric car, hybrid car, traction battery, charger, power factor corrector, battery balancing device, charge and discharge controller.

Dvadnenko Volodymyr Yakovych¹, Doctor of Technical Sciences, Prof. automotive electronics dep. tel. +38 067-733-04-41,

dvadnenkovladimir@gmail.com,

Serikov Georgy Sergeevych¹, Ph.D., Assoc. prof. automotive electronics dep., tel. +38 067-947-86-87, georgy301212@gmail.com,

Pushkar Oleg Borysovych¹, graduate student, dept. automotive electronics, tel. +38 095-246-30-07, oleg.pushkar83@gmail.com

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.