

9. Khlebushkin I. V. (2016) *Lada Vesta. The Results of the Resource Test Autoreview*. Autoreview, (22), 47–51 (in Russian).

10. *Electronic Engine Control System for 21129 Cars of the Lada Vesta Family with the M86 EBPO [EURO]-5 – Design and Diagnostics*. Available at:

https://chiptuner.ru/wp-content/docs/m86_vesta.pdf (Accessed 30 May 2022) (in Russian).

УДК 53.097,629.1.07

ГУРСКИЙ А. С., канд. техн. наук., доцент,
зав. каф. «Техническая эксплуатация автомобилей»
E-mail: asgurski@bntu.by

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 05.07.2022

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОБУСОВ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ АЛГОРИТМОВ ИХ ОБЩЕГО И ПОЭЛЕМЕНТНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Внедрение в качестве городского транспорта электробусов и троллейбусов с увеличенным запасом хода требует корректирования приемов по обслуживанию и ремонту подвижного состава, а также переоснащения предприятий, эксплуатирующих данный тип транспортных средств. Самым сложным компонентом с точки зрения технической эксплуатации является накопитель энергии. Применяемые в электробусах литий-железо-фосфатные аккумуляторы обладают рядом достоинств. Основными параметрами аккумуляторов и аккумуляторных батарей являются: напряжение аккумуляторной батареи, емкость аккумуляторов, энергозапас аккумуляторной батареи, запас хода, средний и мгновенный расход электроэнергии, сила тока разряда, уровень заряда аккумуляторных батарей, температурный режим работы аккумуляторов. После анализа перечня параметров электронный блок управления указывает степень работоспособности системы накопления энергии. Анализ параметров и сравнение характеристик подтверждает высокую стабильность работы, отличные показатели надежности аккумуляторных батарей данного типа. Однако требуется постоянный контроль за отдельными аккумуляторами, модулями и в целом за аккумуляторной батареей с целью сохранения их срока службы. Наиболее рациональным способом контроля является постоянный дистанционный мониторинг технического состояния и параметров эксплуатации. Проведенные расчеты основных энергетических показателей высоковольтной аккумуляторной батареи подтверждают возможность создания алгоритмов общего и поэлементного диагностирования.

Ключевые слова: электробус, техническое обслуживание, ремонт, накопитель, параметры, характеристики, мониторинг, диагностирование.

Введение

В Республике Беларусь активно продвигается идея использования экологичного транспорта. Одним из направлений является внедрение в качестве городского транспорта электробусов и троллейбусов с увеличенным запасом

хода. Эти нововведения требуют корректирования приемов по обслуживанию и ремонту подвижного состава, а также переоснащения предприятий, эксплуатирующих данный тип транспортных средств [1].

Для анализа использован современный электробус МА3-303 Е. Заявленная производителем величина запаса хода электробуса составляет до 300 км [2]. Однако, эта величина может быть достигнута только в весенне-летнее-осеннее время, при достаточно длительном световом дне и положительных температурах окружающего воздуха. В зимнее время расход электроэнергии значительно возрастает, в связи с включением световых приборов, системы отопления салона электробуса, обогрева аккумуляторных батарей. Все это увеличивает расход и, как следствие, уменьшает запас хода до 220 км, вместо заявленных 300 км на одной зарядке. Все основные компоненты в электробусе собраны по классической схеме, однако имеются некоторые особенности. На блок-схеме показано подключение тягового двигателя

электробуса, высоковольтной аккумуляторной батареи (ВАКБ), коммутатора, инвертора и электронного блока управления (ЭБУ) в системе электрооборудования электробуса (рисунок 1).

Самым сложным с точки зрения технической эксплуатации является накопитель энергии. Накопитель энергии состоит из разнесенной высоковольтной аккумуляторной батареи, включающей 18 модулей 12 на крыше и еще 6 – в моторной шахте, в специальном отсеке над двигателем, общей емкостью 412 А·ч.

На рисунке 2 представлена практическая компоновка аккумуляторных модулей в электробусе.

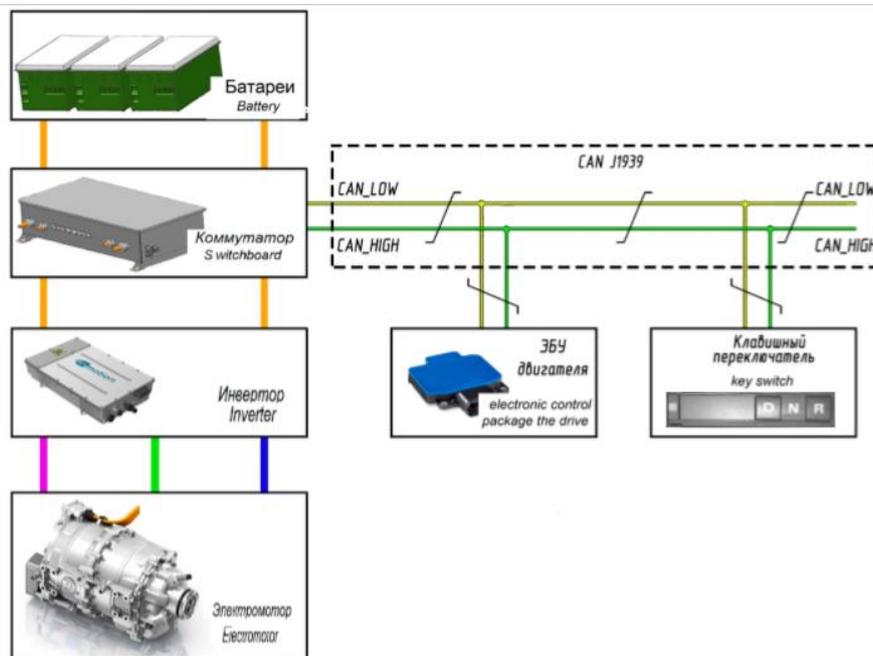


Рисунок 1 – Блок-схема подключения основных силовых компонентов электрооборудования электробуса



Рисунок 2 – Компоновка аккумуляторных модулей в электробусе

В задней части электробуса расположена розетка, куда подключается вилка кабеля для зарядки *CCS2 Combo* от зарядной станции, которая может обеспечить зарядное напряжение не менее 690 вольт. При быстром заряде максимальной силой тока в 200 ампер весь процесс зарядки займет менее 4 часов. При заряде силой тока 70 ампер электробус зарядится за 8 часов.

В электробусе МАЗ-303Е используются литий-железо-фосфатные аккумуляторы имеющие сокращенное название *LFP*. В данном типе литий-ионного аккумулятора в качестве катода используется сплав фосфата железа LiFePO_4 .

Принцип работы *LFP* аккумуляторов.

В литий-железо-фосфатных аккумуляторах протекают реакции, основанные на взаимодействии литий-феррофосфата как материала катода и углерода в качестве материала анода: $\text{LiFePO}_4 + 6\text{C} \rightarrow \text{FePO}_4 + \text{LiC}_6$. Заряд переносят ионы лития. При разряде элемента питания они внедряются в кристаллическую структуру анода и отдают накопленный заряд, в результате чего протекают процессы окисления [3, 4]. При заряде источника питания ионы лития перемещаются от анода к катоду и накапливают заряд – происходит процесс восстановления (рисунок 3).

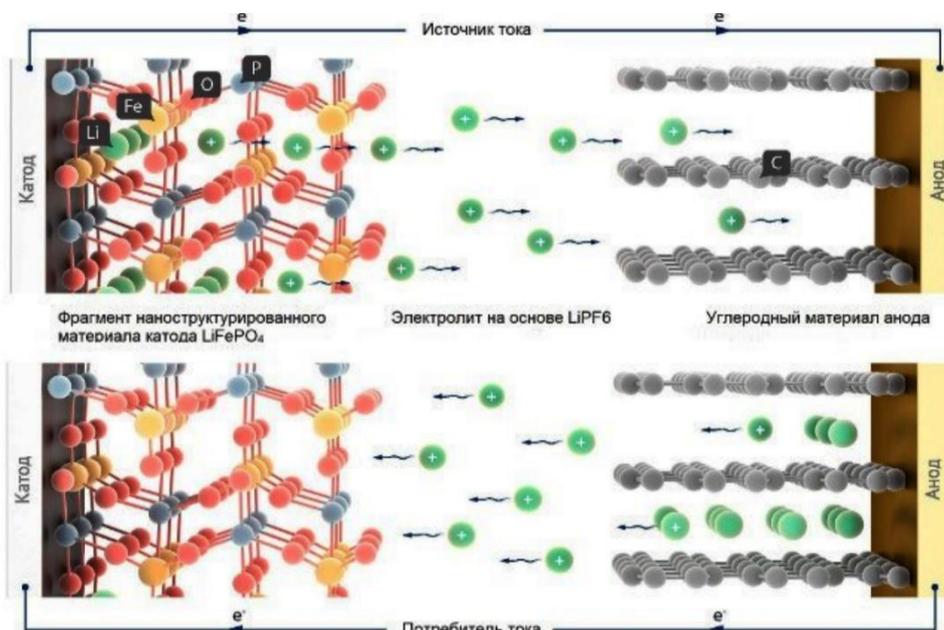


Рисунок 3 – Электрохимическая схема процесса заряда и разряда LiFePO_4 батареи

Основные параметры литий-железо-фосфатных аккумуляторов и аккумуляторных батарей:

- максимальное значение напряжения в элементе LiFePO_4 : 3,65 В (полностью заряжен). При достижении напряжения 3,7 В аккумуляторная батарея может разрушиться при достижении критических температур. Для продления срока эксплуатации, верхний диапазон напряжения принимается 3,3 В при зарядке от зарядной станции, для возможности дальнейшего использования рекуперации и не более 3,65 В при рекуперации;

- значение напряжения средней точки: 3,3 В;

- минимальное значение напряжения: 2 В (полностью разряжен) однако при таком разряде аккумулятор деградирует. Для долговечной работы аккумулятора требуется минимальное рабочее напряжение разряда не ниже 2,5 В. Таким образом, нижний диапазон работы аккумуляторов принимается не ниже 3 В [2];

- рабочее значение напряжения находится в диапазоне: 3,0–3,3 (3,65) В.

Напряжение аккумуляторной батареи для каждого состояния в процессе заряда-разряда определяется по формуле

$$U_{\text{АКВ}} = U_1 \cdot n_S \cdot n_M, \text{ В}, \quad (1)$$

где U_1 – напряжение единичного аккумулятора;

n_S – количество аккумуляторов, соединенных последовательно в модуле;

n_M – количество модулей, соединенных последовательно в аккумуляторной батарее.

В результате анализа аккумуляторных батарей было установлено, что количество модулей, установленных на электробусе МАЗ-303Е, соединенных последовательно составляет 18. Количество аккумуляторов, соединенных последовательно в модуле составляет 12. Результаты расчетов напряжений высоковольтных аккумуляторных батарей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета напряжений высоковольтных аккумуляторных батарей

Параметр ВАКБ	Значение напряжения аккумулятора, В	Значение напряжения ВАКБ, В
Номинальное напряжение	3,2	712,8
Наименьшее рабочее напряжение	3,0	648,0
Наибольшее напряжение аккумуляторной батареи при заряде от зарядной станции	3,3	712,8
Наибольшее напряжение аккумуляторной батареи при заряде при рекуперации	3,65	788,4

На рисунке 4 представлена зона приборной панели с указателями низковольтной и высоковольтной системы накопления энергии.



Рисунок 4 – Напряжение низковольтных аккумуляторных батарей и высоковольтного накопителя энергии

Емкость аккумуляторов в аккумуляторной батарее [7]. В каждом из восемнадцати модулей собраны аккумуляторы в сборки по последовательно-параллельной схеме. Последовательно соединены 12 сборок с общей номинальной емкостью 412 А·ч. Каждая сборка, предположительно, состоит из 103 аккумуляторов, емкостью 4 А·ч, соединенных параллельно.

Энергозапас аккумуляторной батареи [8] определяется по формуле:

$$W_{\text{АКВ}} = U_{\text{АКВ}} \cdot C, \text{ В} \quad (2)$$

где $U_{\text{АКВ}}$ – напряжение аккумуляторной батареи;

C – номинальная емкость, А·ч.

$$W_{\text{АКВ}} = 691,2 \cdot 412 = 255\,110,4 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 255,11 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Запас хода, средний и мгновенный расход электроэнергии способен рассчитать бортовой компьютер по результатам расчета энергозапаса, используя скоростные характеристики электробуса с учетом характера движения и пройденного пути (рисунок 5). Средний расход электроэнергии и мгновенный расход электроэнергии рассчитывается на 1 км пути. Остаточный запас хода по разряду (до зарядки) пересчитывается в остаточный запас хода по пробегу.

Сила тока разряда контролируется во времени при определенных значениях напряжения, что позволяет определить затраченную энергию, которая пропорциональна выполненной работе

$$A \approx E_{\text{АКВ}} = \sum_{i=0}^{n-1} (I_p \cdot U) \cdot \Delta t, \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (3)$$



Рисунок 5 – Энергетические путевые показатели электробуса

Контроль силы тока производится шунтовыми датчиками или датчиками Холла на силовых клеммах инвертора или аккумуляторной батареи (рисунок 6). Одновременно значение силы тока выводится на панель приборов для контроля силы и направления электрического тока системы накопления энергии водителем.



Рисунок 6 – Указатель силы тока системы накопления энергии

Уровень заряда аккумуляторных батарей, в соответствии с формулами 2 и 3 определяется:

$$SOC = \frac{E_{\text{АКВ}}}{W_{\text{АКВ}}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

Для повышения точности измерений уровня заряда можно применить алгоритм, базирующийся на оценке напряжения с применением способа интегрирования токов [9].

В электробусе уровень заряда высоковольтной системы накопления энергии (SOC) определяется индикатором на панели приборов, представленной на рисунке 7, который является одним из основных указателей уровня заряда

высоковольтной системы накопления энергии. Указатель предназначен для вывода информации об оставшемся заряде в высоковольтной системе накопления энергии. Информация выводится в процентах. Разновидностью контрольных ламп с функцией линейной интерполяции является барграф (рисунок 8).

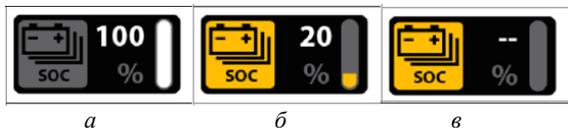


Рисунок 7 – Индикатор уровня заряда высоковольтной системы накопления энергии (SOC) с указанием числового значения заряда: *a* – полной зарядки; *б* – частичной зарядки; *в* – отсутствия информации

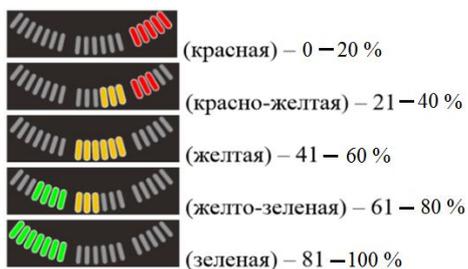


Рисунок 8 – Зоны показаний барграфа в зависимости от степени заряда накопителя энергии

Данный прибор указывает на состояние заряда накопителя энергии в процентах. Зона включения барграфа соответствует следующим

значениям уровня заряда системы накопления энергии.

Температурный режим работы аккумуляторов является немаловажным параметром высоковольтных накопителей, т. к. нарушение температурного режима в процессе разряда и заряда является критическим фактором при включении защиты от разрушения аккумуляторных батарей. Одновременно с этим на панель приборов выводится информация о температуре в соответствии с рисунком 9.



Рисунок 9 – Указатель температуры в системе накопления энергии: *a* – нормальный температурный режим; *б* – нагрев до температуры 60 °С; *в* – отсутствия информации

Степень работоспособности системы накопления энергии представлена на рисунке 10.



Рисунок 10 – Указатель степени работоспособности системы накопления энергии: *a* – работоспособен; *б* – работоспособен на 70 %; *в* – отсутствия информации

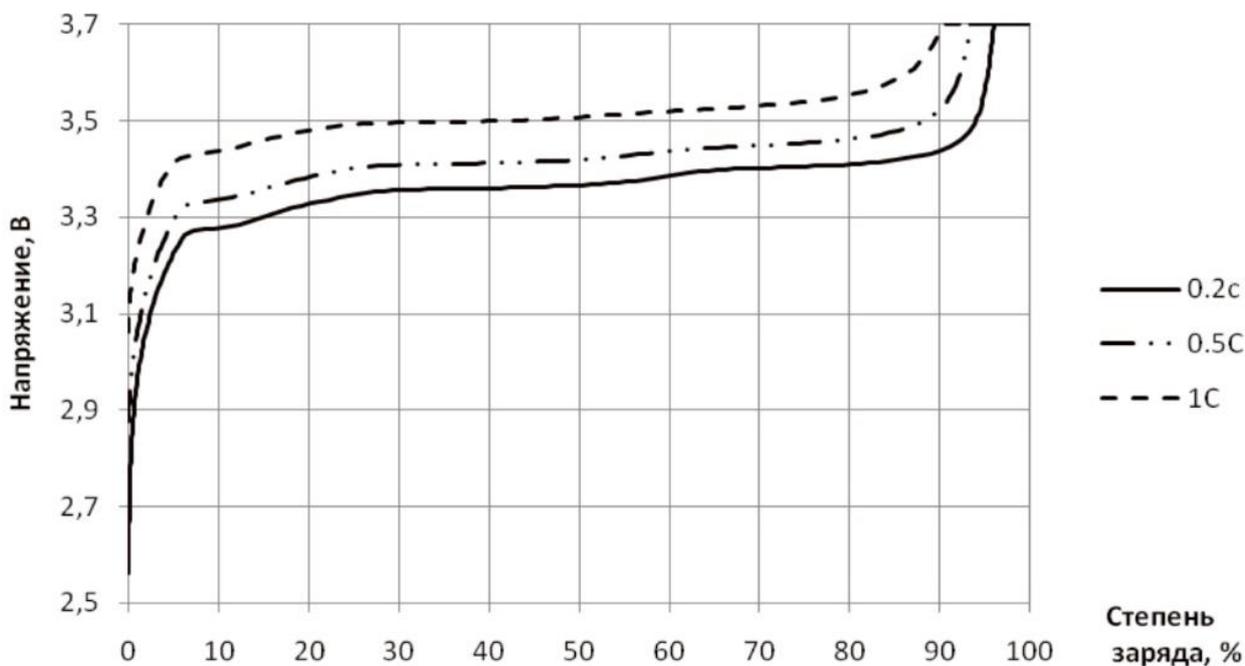


Рисунок 11 – Зависимость напряжения на аккумуляторе LFP от степени его заряженности при заряде разными силами тока (0,2C; 0,5C; 1C)

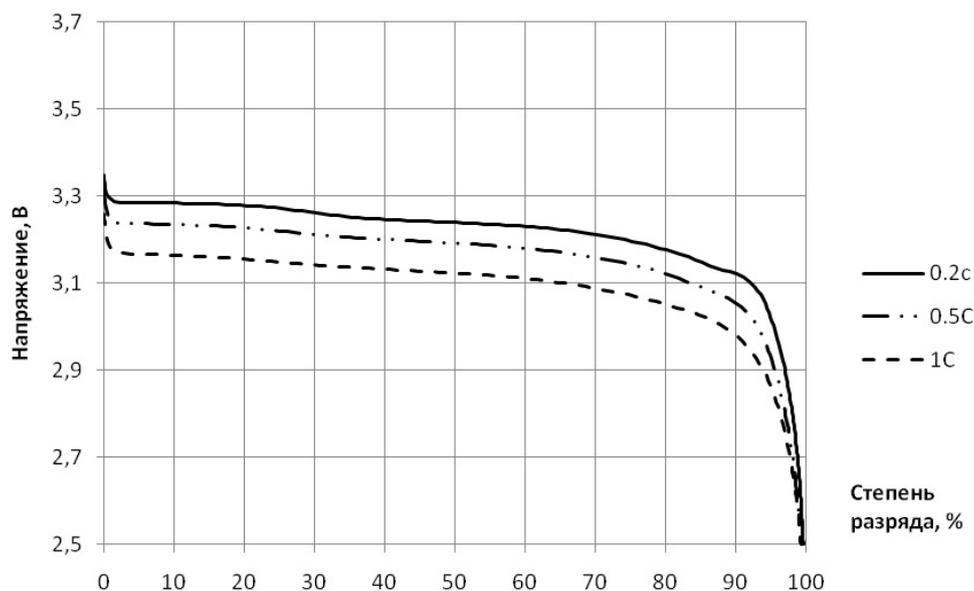


Рисунок 12 – Зависимость напряжения на аккумуляторе *LFP* от степени его разряда при разряде разными токами (0,2C; 0,5C; 1C)

Характеристики LiFePO_4 элементов. Для *LFP* аккумуляторов применяются характеристики заряда и разряда (рисунок 11 и 12) [10, 11].

Характерная кривая разряда LiFePO_4 элементов имеет значительный участок с очень медленным изменением напряжения [12]. К тому же, она имеет гистерезис. Эти особенности усложняют точный замер уровня заряда ячеек (*SOC*). Похожую кривую разряда-заряда имеют накопители энергии с типом химии LiCoPO_4 , LiFeSO_4F , LiMnPO_4 .

Сравнительная характеристика падения напряжения литий-железо-фосфатной аккумуляторной батареи, состоящей из 4 аккумуляторов, по сравнению с кислотной аккумуляторной батареей, состоящей из 6 аккумуляторов представлена на рисунке 13.

Литий-железо-фосфатная аккумуляторная батарея даже при значительной потере емкости до 98 %, сохраняет уровень напряжения 12 В, в то время как у свинцовой аккумуляторной батареи напряжение 12 В составляет при потере емкости 10 %, и далее напряжение резко падает.

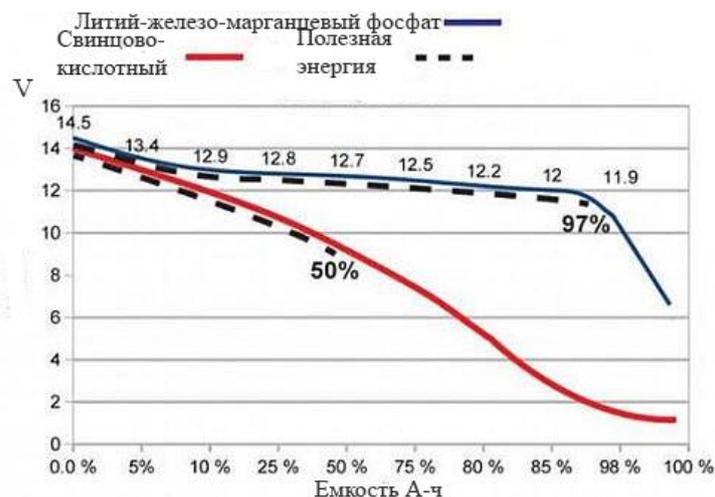


Рисунок 13 – Сравнительная характеристика изменения напряжения в зависимости от емкости литий-железо-фосфатного и кислотной аккумуляторной батареи

Выводы

В результате анализа блок-схемы системы электрооборудования, компоновки расположения модулей аккумуляторов в системе накопления энергии электробуса МАЗ-303Е, рассмотрения особенностей литий-железо-фосфатных аккумуляторов установлено, что аккумуляторы

имеют высокую стабильность работы, отличные показатели надежности.

Требуется постоянный контроль за отдельными аккумуляторами, модулями и в целом за аккумуляторной батареей с целью предотвращения возникновения условий сокращения их срока службы. Наиболее рациональным способом

контроля является постоянный дистанционный мониторинг технического состояния и параметров эксплуатации.

Проведенные расчеты основных энергетических показателей высоковольтной аккумуляторной батареи подтверждают возможность создания алгоритмов общего и поэлементного диагностирования, с применением функции экспресс-диагностирования.

Литература

1. Савич, Е. Л. Анализ конструкций, методов и средств диагностирования гибридных автомобилей и электромобилей / Е. Л. Савич, А. С. Гурский // Автомобиле- и тракторостроение : материалы Международной научно-практической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – Т. 2. – С. 69.

2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maz.by/products/passenger-vehicle/maz-303e10>. – Дата доступа: 25.05.2022.

3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://natoke.ru/articles/268-vsyo-o-litii-zhelezofosfatnyh-lifepo4-lfp-akkumuljatorah.html>. – Дата доступа: 21.04.2022.

4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tehnoviza.by/tyagovye-akkumulyatory/li-ion-tyagovye-akkumulyatory>. – Дата доступа: 12.03.2022.

5. Гурский, А. С. Методологические особенности анализа эффективности использования тяговых аккумуляторных батарей для электромобилей / А. С. Гурский, В. М. Изоитко, К. В. Буйкус // Изобретатель. – 2022. – № 1–2. – С. 15–20.

6. Использование транспортной телематики и дистанционной диагностики для совершенствования технического обслуживания и ремонта транспортных средств / А. С. Гурский, В. С. Ивашко // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук – 2020. – Т. 65, № 3. – С. 375–383.

7. Электрооборудование автомобилей: в 3 ч.: лабораторный практикум для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» по направлениям 1-37 01 06-01

«Техническая эксплуатация автомобилей. Автотранспорт общего и личного пользования», 1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей. Военная автомобильная техника», 1-37 01 07 «Автосервис», 1-08 01 01 «Профессиональное обучение» по направлению 1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение. Автомобильный транспорт» / сост.: А. С. Гурский, А. В. Казацкий. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч. 1.: Система электроснабжения. – 96 с.

8. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Электрооборудование автомобилей» для специальностей: 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)» и 1-37 01 07 «Автосервис» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»; сост.: А. С. Гурский, И. А. Серебряков. – Минск : БНТУ, 2020.

9. Филиппович, А. И. BMS: измерение аналоговых показателей и трансформация их в цифровые = BMS: measurement of analog indicators and transformation into digital ones / А. И. Филиппович, А. С. Гурский // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сборник научных трудов : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет, Автотракторный факультет ; редкол.: отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск: БНТУ, 2021. – Т. 2. – С. 53–61.

10. Применение литий-железо-фосфатных аккумуляторных батарей в составе систем оперативного постоянного тока на распределительных подстанциях и электростанциях // Информационно-аналитический журнал «Энергоэксперт». – Москва: Издательский дом «Вся электротехника», 2016 – № 2. – С. 46–54

11. Гурский, А. С. Совершенствование процесса зарядки аккумуляторных батарей электромобилей = Improving the charging process of electric vehicle batteries / А. С. Гурский, В. М. Изоитко, К. В. Буйкус // Изобретатель. – 2022. – № 1–2. – С. 21–24.

12. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://probatareiki.ru/akkumulyatory/litij-zhelezofosfatnyj-akkumulyator-osobennosti-i-harakteristiki>. – Дата доступа: 11.06.2022.

GURSKY Alexandr S., Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,
head of the department «Technical operation of vehicles»
E-mail: ASGURSKI@bntu.by

Belarusian National Technical University, Minsk

Received 05 May 2022

ANALYSIS OF PARAMETERS OF HIGH-VOLTAGE BATTERIES OF ELECTRIC BUSES IN ORDER TO CREATE ALGORITHMS FOR THEIR GENERAL AND ELEMENT-BY-ELEMENT DIAGNOSTICS USING TELEMATICS SYSTEMS

The introduction of electric buses and trolleybuses with an extended power reserve as urban transport requires the adjustment of techniques for the maintenance and repair of rolling stock, as well as the re-equipment of enterprises operating this type of vehicles. The most difficult component from the point of view of technical operation is the energy storage. Lithium-iron-phosphate batteries used in electric buses have a number of advantages. The main parameters of battery cells and battery modules are: battery voltage, battery capacity, battery power reserve, battery distance reserve, average and instantaneous power consumption, discharge current, battery charge level, battery temperature mode. After analyzing the set of parameters, the electronic control unit indicates the degree of operability of the energy storage system. Analysis of parameters and comparison of characteristics confirms the high stability of operation, excellent reliability of rechargeable batteries of this type. However, constant monitoring of batteries cells, cell modules and the battery pack is required in order to preserve their service life. The most rational way of control is constant remote monitoring of the technical condition and operating parameters. The calculations of the main energy indicators of a high-voltage battery confirm the possibility of creating algorithms for general and element-by-element diagnostics.

Keywords: electric bus, maintenance, repair, storage, parameters, characteristics, monitoring, diagnostics.

References

1. Savich, E. L. Analysis of constructions, methods and means of diagnosing electric cars / E. L. Savich, A. S. Gursky // Automotive and tractor building: materials of the International Scientific and Practical Conference / Belarusian National Technical University; ed. D. V. Kapsky. – Minsk : BNTU, 2019. – V. 2. – P. 69.
2. <http://maz.by/products/passenger-vehicle/maz-303e10>.
3. <https://natoke.ru/articles/268-vsyo-o-litii-zhelezo-fosfatnyh-lifepo4-lfp-akkumuljatorah>.html.
4. <https://www.tehnoviza.by/tyagovye-akkumulyatory/li-ion-tyagovye-akkumulyatory>.
5. Gursky, A. S. Methodological features of the analysis of the efficiency of the use of traction batteries for electric vehicles / A. S. Gursky, V. M. Izoitko, K. V. Buikus // Inventor. – 2022. – № 1–2. – P. 15–20.
6. The use of transport telematics and remote diagnostics to improve the maintenance and repair of vehicles / A. S. Gursky, V. S. Ivashko // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical and Technical Sciences, 2020. – V. 65, № 3. – P. 375–383.
7. Electrical equipment of cars. At 3 p.m. Part 1. Power supply system: laboratory workshop for students of specialties 1-37 01 06 «Technical operation of vehicles» in the directions 1-37 01 06-01 «Technical operation of vehicles. Vehicles for general and personal use», 1-37 01 06-02 «Technical operation of vehicles. Military automotive equipment», 1-37 01 07 «Car service», 1-08 01 01 «Vocational training» in the direction 1-08 01 01-09 «Vocational training. Automobile transport» / comp.: A. S. Gursky, A. V. Kazatsky. – Minsk: BNTU, 2010. – 96 p.
8. Electronic educational and methodological complex for the discipline «Electrical equipment of vehicles» for specialties: 1-37 01 06 «Technical operation of vehicles (according to directions)» and 1-37 01 07 «Auto service» [Electronic resource] /

Belarusian National Technical University, Department «Technical operation of vehicles»; compiled by: A. S. Gursky, I. A. Serebryakov. – Minsk: BNTU, 2020.

9. Filippovich, A. I. BMS: measurement of analog indicators and transformation into digital ones / A. I. Filippovich, A. S. Gursky // Autotractor building and road transport: collection scientific works: in 2 volumes / Belarusian National Technical University, Automotive and Tractor Faculty; editorial board: D. V. Kapsky (responsible editor) [et al.]. – Minsk: BNTU, 2021. – V. 2. – P. 53–61.

10. The use of lithium-iron-phosphate batteries as part of operational DC systems at distribution substations and power plants. – Information and analytical journal «Energoexpert». – Moscow: Publishing House «Vsyta Elektrotehnika», 2016 – № 2. – P. 46–54.

11. Gursky, A. S. Improving the charging process of electric vehicle batteries / A. S. Gursky, V. M. Izoitko, K. V. Buikus // Inventor. – 2022. – № 1–2. – P. 21–24.

12. <https://probatareiki.ru/akkumulyatory/litij-zhelezo-fosfatnyj-akkumulyator-osobennosti-i-harakteristiki>.

УДК 629.113

ГОНЧАРОВА Е. А.,

ст. преп.

E-mail: hancharova@bntu.by

БОЙКОВ В. П., д-р техн. наук, проф.,

зав. каф. «Тракторы»

E-mail: trak_atf@bntu.by

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 07.07.2022

ЭТАПЫ ПЕРЕХОДА К БЕСПИЛОТНЫМ АВТОМОБИЛЯМ

Ожидается, что автономное вождение произведет революцию в дорожном движении, смягчив текущие внешние факторы, особенно аварии и заторы. Тем не менее, сомнения и проблемы, которые необходимо преодолеть, по-прежнему огромны, поскольку внедрение автономной среды вождения включает в себя не только сложные автомобильные технологии, но и поведение людей, этику, стратегии управления дорожным движением, политику, ответственность и т. д. С технической точки зрения однозначное обнаружение препятствий на высоких скоростях и на больших расстояниях является одной из самых больших трудностей. Что касается стратегий управления дорожным движением, все подходы разделяют представление о том, что транспортные средства должны вести себя сообща. Обсуждаются варианты общего сотрудничества V2V и взвода, оба с несколькими вариантами. С помощью моделирования разрабатываются и проверяются различные стратегии, построенные с разных точек зрения. В этой статье представлен обзор современного состояния дел в ключевых аспектах автономного вождения.

Ключевые слова: автономные транспортные средства, автомобильные технологии, совместное вождение, эффективность дорожного движения, влияние автоматизации транспортных средств.

Введение

Необходимость в новом продукте и его разработке возникает исходя из потребностей че-

ловека, которые представляются на потребительском рынке через соответствующий новый продукт.