

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ АВТОМОБИЛЯ «NISSAN LEAF»

Данков В. В.¹, Паникарский А. С.¹

Харьковский государственный автомобильно-дорожный колледж

***Аннотация** Работоспособность АБ электромобиля определяется в полной зависимости от уровня качества наиболее слабого модуля в её составе. На примере опыта, установлено, что при прочих равных условиях, при проведении контрольного разряда Li-ion АКБ, когда со стороны (+) вывода батареи был установлен наиболее сильный модуль, а остальные в порядке убывания их емкости, батарея отдала большую емкость на 10% чем в обратном порядке. Модули расставляют в цепи по приоритетам от (+) к (-). Приоритет №1 – зарядная емкость, №2 – внутреннее сопротивление, №3 – производная наклона разрядной характеристики. Комплектация модулей аккумуляторной батареи с минимальным разбросом параметров и правильным их расположением в цепи позволяет увеличить отдаваемую емкость на 10% и соответственно километраж пробега, а также увеличить срок службы батареи.*

***Ключевые слова:** электромобиль, аккумуляторная батарея, электрическая емкость.*

Введение

В настоящее время всё больше на дорогах Украины можно встретить электромобили «Nissan Leaf». Эти автомобили преимущественно ввезены из США как бывшие в эксплуатации. Следовательно, они требуют предпродажной подготовки аккумуляторной батареи (АКБ), а также своевременного технического обслуживания. Ранее авторы этой статьи указывали, что своевременное техническое обслуживание свинцово-кислотных батарей может продлить срок их эксплуатации почти в 2 раза [1]. Вероятно, что своевременное и грамотное обслуживание литий-ионных батарей также приведет к улучшению их эксплуатационных свойств.

Анализ публикаций

В текущих изданиях, посвященных ремонту (Li-ion) автомобильных аккумуляторов указывается о необходимости замены изношенных ячеек на однотипные, где емкость не менее 80% в долях номинальной. без рассмотрения предварительной детальной диагностики ячеек аккумуляторной батареи [2-9]. В статье [2] даны важные рекомендации: не держать АКБ 100 % заряженной если при этом не следует поездка, а также разряжать АКБ до минимума для продле-

ния срока эксплуатации. При ремонте важна диагностика всех модулей, в том числе и которые заменяют, так как замененные модули могут вторично быть использованы на солнечных или ветровых электростанциях. Эту идею уже воплощает в жизнь компания BMW [3].

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является: разработка методики диагностики электрических параметров ячеек аккумуляторной батареи автомобиля «Nissan Leaf» и информировать специалистов о параметрах батареи, которые необходимо учитывать при её ремонте с целью увеличения емкости и продления срока эксплуатации.

Исследование эксплуатационных параметров аккумуляторной батареи электромобиля в процессе её ремонта

Обеспечение высоконадёжной работы литиевых аккумуляторных батарей на электромобилях – обострившаяся проблема. Производство литиевых модулей типа Li-ion в Украине до настоящего времени не организовано, однако уже в течение не менее 3-4 лет в нашей стране эксплуатируются десятки тысяч электромобилей (машин) типа

Nissan-Leaf. Как правило, эти машины завезены к нам с не новыми аккумуляторными батареями.

Из опыта работы известно, что в условиях производства невозможно изготавливать новые литиевые модули с абсолютно одинаковыми их техническими характеристиками.

Известно также, что с наработкой ресурса службы разбегность показателей величины характеристик Li-ion модулей в составе 48-ми модульной АКБ электромобиля нарастает, что неотвратно происходит, даже при самых правильных режимах заряда батареи.

Как свидетельствует опыт интенсивной эксплуатации электромобилей (например, в системе taxi) после первых 2,5...3-х лет пробега этих машин между полными зарядами, по сравнению с начальными показателями, сокращается в 1,5...2 раза.

При этом отмечается прогрессивное снижение уровня мощности электроэнергии, потребляемой при заряде АКБ, а также уменьшение километража пробега.

Основная причина этого – образовавшийся высокий уровень разбегности величин характеристик среди аккумуляторов в составе АКБ электромобиля. При этом наиболее прогрессирующее снижение уровня качества работы АКБ электромобиля происходит, если со стороны «-» выхода батареи находятся наиболее сильные модули.

В системе защиты АКБ Li-ion заложены условия прекращения заряда батареи на момент достижения одной из ячеек какого-либо одного двухъячеечного модуля заданного верхнего предела величины напряжения заряда. При этом завершение разряда происходит при достижении программно установленного нижнего предела величины напряжения разряда на какой-либо ячейке одного из Li-ion модулей.

Таким образом, работоспособность АКБ электромобиля определяется в полной зависимости от уровня качества наиболее слабого модуля в её составе.

Из опыта работы установлено, что при снижении ёмкости наиболее слабого модуля в составе АКБ электромобиля до уровня 0,5 в долях номинальной однотипного нового, от половины до 2/3 модулей в составе батареи имеют (сохраняют) отдаваемую ёмкость на уровне от 80% и более в долях номинальной (Сном).

С целью восстановления работоспособности АКБ электромобиля Li-ion модули со сниженным уровнем ёмкости заменяют на

однотипные, где ёмкость не менее 80% в долях номинальной.

При этом какая-либо сравнительная оценка каждого модуля, устанавливаемого в состав восстановленной АКБ электромобиля не проводится. Авторы считают необходимым производить комплексную диагностику модулей АКБ в режимах близких к эксплуатационным в городских условиях. Из этих соображений выбран ток нагрузки при разряде – 25 А. Время диагностики эквивалентно среднему времени разгона автомобиля на перекрестке от 0 до 50 км/час.

По данным исследований, проведенных в 2018 г. в лаборатории кафедры автомобильной электроники ХНАДУ, максимально возможный уровень отдаваемой ёмкости Li-ion АКБ может быть достигаемым, если со стороны «+» вывода батареи будет установлен модуль с наибольшей ёмкостью, а остальные в порядке её уменьшения.

На примере опыта, проведенного в лаборатории кафедры автомобильной электроники ХНАДУ, установлено, что при прочих равных условиях, при проведении контрольного разряда Li-ion АКБ, когда со стороны «+» вывода батареи был установлен наиболее сильный модуль, а остальные в порядке убывания их силы, – батарея отдала ёмкость на 10% больше

А при установке со стороны «+» вывода АКБ наиболее слабого модуля, а остальных – в порядке возрастания ёмкости при контрольном разряде эта же батарея отдала меньшую ёмкость.

С целью обеспечения возможности проведения объективной оценки состояния каждого Li-ion модуля, устанавливаемого в состав АКБ электромобиля может быть использована методика контроля состояния Li-ion модулей, которую разработал инженер-изобретатель Данков В.В. (далее методика).

Эта методика, реализованная в виде алгоритма работы автоматического зарядно-разрядного устройства типа «БЗВМ-4/12-4», в 2018 году прошла успешные испытания в условиях лаборатории кафедры Автомобильной электроники ХНАДУ, рис. 1.

Блок «БЗВМ 4/12-4» предназначен для проведения контрольно-тренировочных циклов одновременно 4-х 7,6-ти вольтовых Li-ION аккумуляторных батарей номинальной ёмкости от 28 до 150 А·ч.



Рис. 1. Блок «БЗВМ 4/12-4»

Блок позволяет производить 3 различных контрольно-тренировочных цикла.

1. «F3» - заряд. Этот режим используется для зарядки АКБ с неизвестным предыдущим состоянием (заряжен или разряжен).

2. «F2» - восстановительный цикл. В этом режиме разряд производится токами не более 0,1С до 6,2 В на модуль, затем идет пауза и заряд. Этот режим используется для тренировки АБ и выравнивания характеристик элементов, составляющих батарею.

3 «F1» - контрольный. В этом режиме разряд ведется постоянным током. Блок позволяет установить ток контрольного разряда от 5,0 до 25,0 А.

Данные измерений хранятся в энергонезависимой памяти, поэтому можно произвести работу, выключить блок, перенести в другое место и подключить к компьютеру и считать данные протокола.

В отличие от прочих известных способов диагностики состояния Li-ion модулей согласно методике Данкова, при использовании блока «БЗВМ-4/12-4» каждому обслуживаемому модулю проводят цикл разряда и заряда и тестовый контроль. При этом стабилизированную силу тока разряда устанавливают на уровне не более 0,08 в долях $S_{ном}$, где $S_{ном}$ емкость ячейки) Разряд модуля автоматически завершается при достижении уровня нижнего предела величины напряжения разряда 6,2 В. После завершения разряда происходит автоматический переход на заряд.

При этом заряд проходит при ступенчатом повышении величины силы тока заряда по специальному алгоритму, рис. 2.

По ходу заряда изменяется сила зарядного тока по алгоритму, а динамика зарядного напряжения зависит от данного состояния обслуживаемого модуля. При этом верхний

предел уровня зарядного напряжения – максимально допустимый для данного типа аккумуляторов. Таким образом, каждый модуль разряжают до одинакового уровня напряжения разряда, а количество электричества, наблюдаемое при заряде, зависит от данного состояния обслуживаемого модуля.

После завершения заряда проводят тест-контроль при воздействии стабилизированного тока разряда на уровне 25 А в течение 8 с.

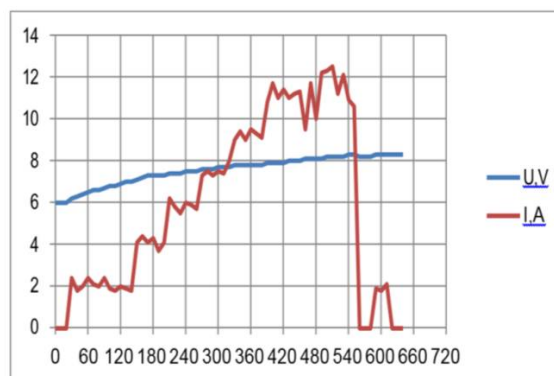


Рис. 2. Графики зависимости зарядного тока и напряжения во времени для одного модуля

На дисплей выводятся следующие результаты тестирования:

1. Количество электричества, сообщенного при заряде, А·ч.

2. Внутреннее сопротивление - частное от деления разности электродвижущей силы и напряжения в конце 20 секундного разряда на силу тока:

$$R_0 = \frac{E - U_H}{I_H}. \quad (1)$$

3. Напряжение разряда на момент завершения воздействия тестового тока ($U_{рк}$, В).

4. Разница между величиной электродвижущей силы, замеренной через 20 секунд после прекращения воздействия тестового тока (E_{20} , В) и величиной напряжения разряда $U_{рк}$ на момент завершения воздействия тестовой нагрузки ($E_{20} - U_{рк}$).

На основании полученных данных проводят сравнительную оценку модулей для определения места их установки в состав АКБ электромобиля.

При этом: приоритет № 1 – есть показатель Q_3 количества электричества, сообщенного при заряде (А·ч). Чем больше величина

Q_3 , тем выше уровень качества модуля.

Эмпирическим путем установлено, что величины количества электричества, сообщенного при заряде наиболее сильному и наиболее слабому модулю в составе АБ должны быть $Q_{3\max} = 1,1 Q_{3\min}$.

При наличии одинаковых величин Q_3 приоритет № 2 – величина напряжения на момент завершения воздействия тестовой нагрузки ($U_{рк}$, В). Чем больше величина $U_{рк}$, тем качество модуля выше.

При наличии одинаковых показателей Q_3 и $U_{рк}$ приоритет № 3 – показатель производной наклона напряжения за первые 8 секунд разряда:

$$(U_n - U_k) \quad (2)$$

Чем меньше внутреннее сопротивление, тем качество модуля выше.

При наличии одинаковых показателей величин Q_3 , $U_{рк}$, приоритет № 4 – уровень разницы между величиной электродвижущей силы (E_{20}), замеренной через 20 секунд от момента прекращения тестовой нагрузки и величиной $U_{рк}$. ($E_{20} - U_{рк}$) в милливольтгах. Чем меньше величина ($E_{20} - U_{рк}$), тем качество модуля выше.

Правильный выбор места установки, допущенных к дальнейшему использованию Li-ion модулей позволит достичь максимально возможной для данной батареи отдаваемой емкости.

Выводы

Комплектация модулей аккумуляторной батареи с минимальным разбросом параметров и правильным их расположением в цепи позволяет увеличить отдаваемую емкость на 10% и соответственно километраж пробега. А также увеличить срок службы батареи. Комплексная диагностика позволяет сразу определить пригодность отбракованных модулей для дальнейшей эксплуатации в системах альтернативной энергетики.

Литература

1. Данков В. В., Панікарський О. С. Вдосконалення метода відновлення тягових свинцево-кислотних акумуляторів великої ємності. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології ХНАДУ, Харків, вип. 12. 2017. С. 187-192.
2. Сараева И. Ю., Стародубцев А. А. Применение

современных литий-ионных аккумуляторных батарей на электромобилях. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, № 13. 2018. С. 28-35 ХНАДУ Харків. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2018.14.0.22> (дата обращения 15.08.2018).

3. Аккумуляторные батареи для электромобилей – все, что вы хотели знать/ (2017) URL: <https://hevcars.com.ua/reviews/akkumulyatornyie-batarei-dlya-elektromobiley/> (дата обращения 15.08.2018).
4. Мельниченко Р. Ремонт Nissan Leaf АКБ за \$3-6 тыс. и замена масла (2018) URL: <https://itc.ua/articles/remont-nissan-leaf-akb-za-3-6-tyis-i-zamena-masla/> (дата обращения 12.04.2019).
5. Ремонт высоковольтной батареи Nissan Leaf – CarVizor (2017) URL: <https://carvizor.ru/article/reviews/repair-the-high-voltage-battery-of-the-nissan-leaf/> (дата обращения 12.04.2019)
6. Диагностика и ремонт высоковольтных батарей электромобилей URL: https://sto.astar.ua/services/remont_elektromobiley/remont_gibridnykh_silovykh_ustanovok/ (дата обращения 12.04.2019)
7. Аккумулятор Nissan Leaf: ТОП-5 вопросов и ответы на них. URL: <https://pronissanleaf.ru/akkumulyator> (дата обращения 12.04.2019).
8. Аккумуляторные батареи для электромобилей. Вопросы и ответы. URL: <https://ecotechnica.com.ua/stati/1718-akkumulyatornye-batarei-dlya-elektromobilej-voprosy-i-otvety.html> (дата обращения 12.04.2019).
9. Батарея Ниссан Лиф – вскрываем электрические «консервы». URL: <https://erazborka.com.ua/articles/batareya-nissan-lif-raskryvaem-elektricheskie-konservy/> (дата обращения 12.04.2019).

References

1. Dankov V. V., Panicarsky O. S. (2017) Vdoskonalennia metoda vidnovlennia tiahovykh svyntsevo-kyslotnykh akumulatoriv velykoi yemnosti. [Improvement of the method of recovery of traction lead-acid batteries of large capacity] Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii, Kharkiv, 12. 187-192 [in Ukrainian].
2. Sarayeva I. Yu., Starodubtsev A. A. (2018) Primenenie sovremennykh lityi-ionnykh akkumulyatornykh batarey na elektromobilyah. [Application of modern lithium-ion rechargeable batteries on electric vehicles]. Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii, 13. 28-35.

- DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2018.14.0.22> (accessed: 15.08.2018). [in Russian]
3. Akkumulyatornyie batarei dlya elektromobiley – vse, chto viy hoteli znat [Electric vehicle batteries - everything you wanted to know] (2017). URL: <https://hevcar.com.ua/reviews/akkumulyatornyie-batarei-dlya-elektromobiley/> (accessed: 15.08.2018). [in Russian].
 4. Melnichenko R. Remont Nissan Leaf AKB za \$3-6 tys. i zamena masla [Repair Nissan Leaf battery for \$ 3-6 thousand and oil change] (2018) URL: <https://itc.ua/articles/remont-nissan-leaf-akb-za-3-6-tys-i-zamena-masla/> (accessed: 12.04.2019) [in Russian].
 5. Remont vysokovoltnoy batarei Nissan Leaf – CarVizor [Repair of high-voltage battery Nissan Leaf – CarVizor] (2017) URL: <https://carvizor.ru/article/reviews/repair-the-high-voltage-battery-of-the-nissan-leaf/> (accessed: 04.12.2019) [in Russian].
 6. Diagnostika i remont vysokovoltnyih batarey elektromobiley [Diagnostics and repair of high-voltage batteries of electric vehicles] (2019) URL: https://sto.astar.ua/services/remont_elektromobily/remont_gibridnykh_silovykh_ustanovok/ (accessed: 04.12.2019). [in Russian].
 7. Akkumulyator Nissan Leaf: TOP-5 voprosov i otvety na nih [Nissan Leaf Battery: TOP-5 questions and answers to these] URL: <https://pronissanleaf.ru/akkumulyator> (accessed: 12.04.2019). [in Russian].
 8. Akkumulyatornyie batarei dlya elektromobiley. Voprosy i otvety. [Accumulator batteries for electric cars. Questions and Answers.] URL: <https://ecotechnica.com.ua/stati/1718-akkumulyatornye-batarei-dlya-elektromobiley-voprosy-i-otvety.html> (accessed: 12.04.2019). [in Russian].
 9. Batareya Nissan Lif – vskryvaem elektricheskie «konservy». [Nissan Lif-Battery open electric "canned"] URL: <https://erazborka.com.ua/articles/batareya-nissan-lif-raskryvaem-elektricheskie-konservy/> (accessed: 12.04.2019) [in Russian].

Паникарский Александр Сергеевич¹, к.т.н., преподаватель, тел +380960760825, panikarski@gmail.com

Данков Владимир Васильевич¹, инженер, тел. +380966701735, mastersonrust@mail.ru

¹Харьковский государственный автомобильно-дорожный колледж, 61051, г. Харьков, ул. Котельниковская 3.

Деякі особливості обслуговування та ремонту акумуляторної батареї автомобіля «NISSAN LEAF»

Анотація: Своєчасне і грамотне обслуговування літій-іонних батарей приведе до покращенню їх експлуатаційних властивостей. **Аналіз публікацій.** В виданнях, які присвячені ремонту Li-ion акумуляторів вказується на необхідність заміни зношених комірок на відповідні з ємністю 80% в долях від номіналу без попередньої детальної діагностики комірок акумуляторної батареї. **Метою** цієї роботи є розробка методики діагностики електричних параметрів модулів акумуляторної батареї автомобіля «Nissan Leaf», які необхідно враховувати при ремонті з метою збільшення ємності і продовження строку експлуатації. **Дослідження** експлуатаційних параметрів акумуляторної батареї електрообілля під час її ремонту. В умовах виробництва неможливо виробляти нові (Li-ion) модулі з абсолютно однаковими технічними характеристиками. Відомо також, що з напрацюванням ресурсу слугування розбіжність показників величин характеристик модулів АКБ електрообілля збільшується. При цьому розбіжність характеристик впливає на знос найбільш слабких по енергоємності комірок в більшій частині чим на інші. Працездатність АКБ електрообілля визначається в повній мірі від рівня якості найбільш слабкого модуля в її складі. При цьому порівняльна характеристика кожного модуля, який встановлений в склад відновленої АКБ електрообілля не проводиться. На прикладі досліду проведеного на кафедрі автомобільної електроніки ХНАДУ встановлено, що при проведенні контрольного розряду батареї, коли зі сторони «+» контакту був встановлений найбільш енергоємний елемент, а послідовно з меншою енергоємністю, то батарея віддала на 10% ємності більше чим навпаки. Після завершення заряду проводять тест -контроль. Далі модулі розміщують в колі по пріоритетам від (+) до (-). Правильний вибір місця встановлення Li-ion модулів дозволить одержати максимальну можливість для даної батареї ємність. **Висновки.** Комплектація модулів акумуляторної батареї з мінімальною різницею параметрів і правильне їх розміщення в колі дозволяє підвищити одержану ємність більшу на 10 % і відповідно пробіг.

Ключові слова: електрообілля, акумуляторна батарея, електрична ємність.

Панікарський Олександр Сергійович¹, к.т.н. викладач, тел +380960760825, panikarski@gmail.com

Данков Володимир Васильович¹, інженер,
тел. +380966701735 mastersonrust@mail.ru

¹Харківський державний автомобільно-дорожній
коледж. 61051, м. Харків, вул. Котельниківська,
3.

Some issues of diagnostics and repair of car batteries "Nissan Leaf"

*Timely and competent maintenance of lithium-ion batteries as well as lead-acid ones will lead to an improvement in their performance properties. **Analysis of publications.** Current publications on the repair of (Li-ion) car batteries indicated the necessity to replace worn cells with the same type batteries, where the capacity is at least 80% in nominal fractions without prior detailed diagnosis of the battery cells. **The purpose and setting of the problem.** The purpose of this work is: to develop a method for diagnosing the electrical parameters of the battery cells of the Nissan Leaf. **Investigation** of operational parameters of the battery of the electric car in the process of its repair. The efficiency of an electric vehicle's battery is determined in full dependence on the quality level of the weakest module in its composition. In this case, a comparative assessment of each module installed in the restored electric car is not carried out. On the basis of the experiments carried*

*out in the laboratory of the Automobile Electronics Department of KhNAHU it was established that, all other things being equal, when conducting the test discharge of Li-ion battery it gave the most capacity when the "strongest" module was installed from the "+" side of the battery, and the rest were in descending order of their capacity. And when installing the "weakest" module from the "+" side of the output of the battery, and the rest – in the order of increasing their capacity, the same battery gave up 10% less capacity in the control discharge. Proper selection of the installation site of Li-ion modules approved for further use will allow for achieving the maximum available capacity for a given battery. **Conclusions.** Completion of battery modules with a minimum dispersion of parameters and their correct location in the circuit allows for increasing the output capacity by 10% and, accordingly, the kilometer run.*

Key words: electric cars, accumulator battery, electric capacity.

Panikarski Aleksandr¹, Ph.D., lecturer
+380960760825, panikarski@gmail.com.

Dankov Vladimir¹, engineer, tel. ..+380966701735
mastersonrust@mail.ru

¹Kharkiv State Automobile and Highway College,
61051 Kharkov, ul. Kotelnikovskaya 3.