

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

**Десяев Сергей Сергеевич**, аспирант кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: [serga\\_des@mail.ru](mailto:serga_des@mail.ru)

**Иншаков Александр Павлович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: [kafedra\\_mes@mail.ru](mailto:kafedra_mes@mail.ru)

**Байков Дмитрий Владимирович**, аспирант кафедры «Электроника и нанoeлектроника», ФГБОУ ВПО Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва.

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: [bdv2304@mail.ru](mailto:bdv2304@mail.ru)

**Ключевые слова:** мобильный, электроагрегат, аккумуляторная, батарея, емкость, сопротивление.

*Цель исследования – повышение эффективности обслуживания мобильных агрегатов. Для достижения поставленных целей были проанализированы методы определения работоспособности аккумуляторных батарей, входящих в состав мобильной сельскохозяйственной техники. Рассмотрены достоинства и недостатки методов и устройств определения емкости аккумуляторной батареи. Предложен вариант поэлементного контроля напряжений ячеек источника электрической энергии, состоящего из ряда последовательно соединенных аккумуляторов. Рассмотрен способ контроля аккумуляторной батареи по половинному напряжению, отличающийся простотой реализации, но не являющийся достаточным для определения работоспособности батареи. Представлены способ и устройство контроля сопротивления изоляции аккумуляторной батареи, позволяющие в автоматическом режиме осуществлять проверку сопротивления как во время эксплуатации аккумуляторов, так и при проведении регламентных работ по обслуживанию. Совокупность рассмотренных решений позволит автоматизировать процесс обслуживания аккумуляторных батарей, обеспечивая тем самым выработку гарантированного ресурса аккумуляторов и уменьшение времени проведения регламентных работ.*

Для улучшения экологических, экономических и тяговых качеств автомобиля начали широко применяться как гибридные установки, в которых двигатель внутреннего сгорания работает совместно с электрическим двигателем, так и мобильные электроагрегаты, в которых основной электросиловой установкой является электропривод транспортного средства. В качестве источника энергии для электродвигателя служат аккумуляторные батареи (АБ). Обеспечение экономических и экологических показателей вызывает необходимость в определении параметров, определяющих работоспособность АБ.

Основным показателем работоспособности АБ является его емкость. При эксплуатации АБ, состоящей из нескольких последовательно соединенных аккумуляторных ячеек, различие емкостей отдельных ячеек приводит к преждевременному разрушению всей АБ. К примеру, ячейка с меньшей емкостью заряжается быстрее ячейки с большей емкостью при протекании через них одинакового тока. После достижения 100% емкости необходимо прекратить заряд, либо заряжать батарею током, равным значению тока утечки, так как дальнейшее продолжение заряда током больше тока утечки приведет к увеличению напряжения на отдельной ячейке выше оптимального и вызовет ускоренную деградацию элемента [1]. В частности, литий-ионные батареи могут безопасно работать только при нормальном напряжении заряда. При превышении значения напряжения заряда 4,30 В/элемент начинается происходить металлизация анода литием, а на катоде происходит активное выделение кислорода, и при этом повышается температура батареи [2]. В свою очередь, увеличение температуры аккумулятора на каждые десять градусов относительно номинальной температуры снижает срок службы батареи в два раза [1]. Тяжелая ситуация, сложившаяся в сельском хозяйстве Российской Федерации, постоянно диктует новые требования по повышению качества производства техники и ее технического обслуживания.

**Цель исследований** – повышение эффективности обслуживания мобильных агрегатов сельского хозяйства.

**Задача исследований** – подбор и разработка методов, устройств, позволяющих определять работоспособность аккумуляторных батарей, входящих в состав мобильных агрегатов сельского хозяйства.

**Материалы и методы исследований.** Для решения поставленной задачи был проведен анализ методов мониторинга и балансировки аккумуляторных батарей транспортных средств. Разработано устрой-

ство для определения сопротивления изоляции электроустановок постоянного тока, работа которого основана на программе для ЭВМ, на которую получен патент [3].

**Результаты исследований.** Известны способы и косвенные методы определения заряженности АБ, но на данный момент нет эффективного способа и инструмента измерения степени заряженности АБ [4]. К примеру, проверка заряженности свинцово-кислотных аккумуляторов по плотности электролита не всегда дает достоверные результаты. Индикатор «Кулон» имеет погрешность 40%, индикаторы «Бастион» и «СКАТ-Т» имеют погрешности до 20%, измеряемая емкость ограничена до 80 А·ч. Известен также способ, позволяющий судить о емкости аккумуляторной батареи по измерению внутреннего сопротивления АБ [4]. При работе устройства определения внутреннего сопротивления, принцип действия которого основан на одностотном методе измерения переменным током, возникает проблема достоверности результата применительно к интересующему нас активному сопротивлению на постоянном токе. Другой недостаток метода определения внутреннего сопротивления на переменном токе заключается в использовании токов малой амплитуды, что не обеспечивает отстройку от крайне нелинейного начального участка вольт-амперной характеристики аккумулятора [4].

Наиболее точным методом определения емкости АБ является метод разряда АБ фиксированным током. Но не всегда есть возможность проводить длительные разряды, целесообразнее измерять ёмкость в процессе работы АБ в составе электрооборудования. Нелинейная зависимость ёмкости от величины разрядного тока создает трудности определения ёмкости аккумулятора, но при применении микропроцессорных устройств, в память которых заложены таблицы поправочных коэффициентов для каждой модели, позволяет достаточно точно определять требуемый параметр.

Так, для герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов обобщенное уравнение Пейкерта позволяет делать предсказания с относительной погрешностью не более 2,2% на всем интервале от нуля до  $C_n$ . В интервале токов разряда от  $0,2C_n$  до  $C_n$  уравнение Пейкерта позволяет рассчитывать отдаваемую емкость с относительной ошибкой не более 7%, а Агуфа – не более 4%, что вполне достаточно для практических целей [5]. Обобщенное уравнение Пейкерта:

$$C = \frac{A}{I^{n-1}}, \quad (1)$$

где  $C$  – отдаваемая емкость;  $A$ ,  $n$  – эмпирические константы;  $I$  – ток разряда.

Применение систем поэлементного контроля напряжения и контроля тока разряда АБ позволит определить емкость отдельных элементов АБ. Для этого в память измерительной системы необходимо внести напряжение максимальной и минимально заряженной ячейки. Достижение значения напряжения до минимально допустимого значения будет сигнализировать о нулевой емкости.

Следует отметить другие способы, позволяющие определять работоспособность АБ. Способы контроля АБ по половинному напряжению приведены на рисунке 1[6]: напряжения  $U_1$  между плюсом и средней точкой АБ, напряжения  $U_2$  между средней точкой и минусом АБ.

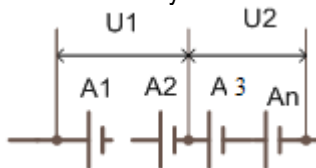


Рис. 1. Контроль половинного напряжения

Контроль разницы между половинными напряжениями батареи  $\Delta U = |U_1 - U_2|$  позволяет определить короткое замыкание или существенную потерю емкости одного из элементов АБ. Достоинством метода, представленного на рисунке 2, является относительная простота реализации, но он не дает точной информации о состоянии отдельных ячеек, входящих в состав АБ, а лишь указывает на часть, в которой предположительно находится неисправный элемент.

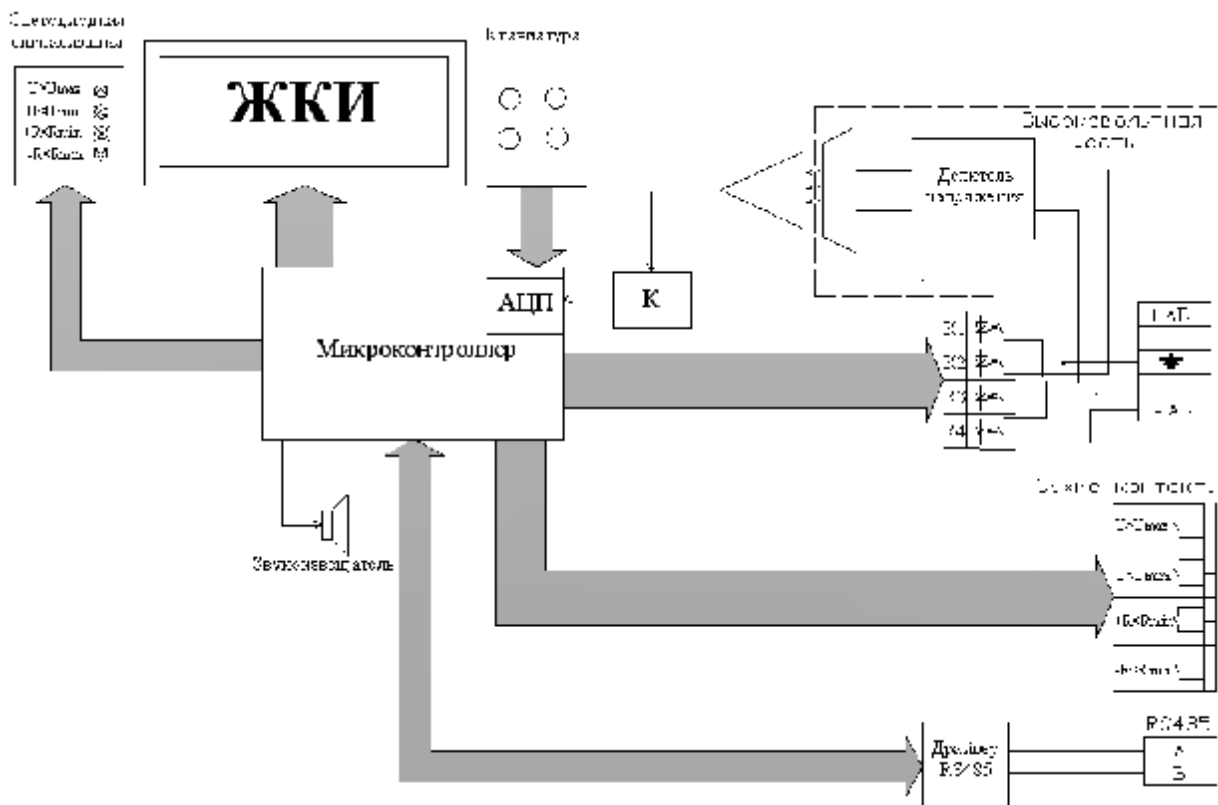


Рис. 2. Блок контроля состояния изоляции

Еще одним параметром, определяющим работоспособность АБ, является сопротивление изоляции, значение которого должно превышать 50 кОм. Одним из способов определения сопротивления изоляции является метод трех измерений вольтметра. При этом способе измерения сопротивления изоляции поступают следующим образом: вольтметром измеряют напряжение  $U$  батареи между ее выводами, затем напряжение между положительным полюсом и ящиком ( $U^+$ ), а также напряжение между отрицательным полюсом и ящиком ( $U^-$ ), после чего сопротивление изоляции подсчитывается по формуле

$$R_{из} = R_в \left( \frac{U}{U^+ - U^-} - 1 \right), \quad (2)$$

где  $R_в$  – внутреннее сопротивление вольтметра.

Было предложено устройство и программа [7], позволяющие определять сопротивления изоляции по методу трех отсчетов вольтметра в автоматическом режиме (рис. 2).

Устройство (рис. 2) с помощью переключения  $K1-K4$  производит подключение измерителя напряжения таким образом, что на АЦП микроконтроллера поступают значения напряжения между выводами батареи ( $U$ ), затем напряжение между положительным полюсом и ящиком ( $U^+$ ), а также напряжение между отрицательным полюсом и ящиком ( $U^-$ ). Далее микроконтроллер с помощью прописанного в его памяти алгоритма рассчитывает значение сопротивления изоляции и выдает соответствующую информацию на дисплей или передает по интерфейсу RS485. В соответствии с блоком контроля состояния изоляции, представленном на рисунке 2, разработано устройство для определения сопротивления изоляции электроустановок постоянного тока, работа которого основана на программе для ЭВМ [3].

**Заключение.** Предложен вариант определения емкости АБ по разрядному току с учетом поправочных коэффициентов для разных типов батарей и напряжения отдельных ячеек. Рассмотрен вариант упрощенного контроля за работоспособностью АБ по половинному напряжению. Представлен вариант реализации устройства контроля сопротивления изоляции АБ. Совместное использование рассмотренных методов и устройств позволит обеспечить эффективность обслуживания АБ, входящих в состав мобильных электроагрегатов.

#### Библиографический список

1. Иншаков, А. П. Проблема мониторинга и балансировки аккумуляторных батарей транспортных средств / А. П. Иншаков, Ю. Б. Федотов, С. С. Десяев, Д. В. Байков // Вестник Мордовского университета. – 2016. – №1. – С. 40-49.
2. Гусев, Ю. П. Аккумуляторные батареи для систем оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС // Энергоэксперт. – 2009. – №4. – С. 24-28.

3. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 22015611543. Программа управления блоком контроля изоляции постоянного тока / С. С. Десяев, Д. В. Байков. – № 2014662509 ; заявл. 05.12.2014 ; зарег. 30.01.2015.
4. Родзянов, В. В. Анализ методов определения емкости аккумуляторных батарей гибридных автомобилей // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2009. – №45. – С. 97-100.
5. Галушкин, Д. Н. Расчет емкости, отдаваемой герметичными никель-кадмиевыми аккумуляторами при различных токах разряда / Д. Н. Галушкин, И. А. Галушкина // Электрохимическая энергетика. – 2007. – Т. 7, № 2. – С. 216-218.
6. Десяев, С. С. Системы мониторинга стационарных аккумуляторных батарей // Новый университет. – 2013. – №7. – С. 33-36. – (Серия «Технические науки»).
7. Десяев, С. С. Цифровое устройство контроля изоляции постоянного тока с использованием гальванически развязанного усилителя в качестве измерительного модуля / С. С. Десяев, Д. В. Байков // Новый университет. – 2014. – №2. – С. 54-58. – (Серия «Технические науки»).