УДК629.331:621.355
2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта




В.А. Раков, К.О. Быстров
Вологодский государственный университет

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЯГОВЫХ АКБ НЕПОДЗАРЯЖАЕМЫХ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассматриваются особенности оценки технического состояния и ремонта тяговых АКБ гибридных автомобилей. Приводятся примеры производимых диагностических операций. Рассмотрены результаты оценки средствами встроенного диагностирования и тестовыми методами. Анализируются проблемы при проведении ремонтных и диагностических операций, а также дальнейшие пути совершенствования применяемых методов, способов и средств диагностирования.

Диагностирование, гибридный автомобиль, оценка состояния, тяговая аккумуляторная батарея, неисправности.

В России все больше набирают популярность гибридные и полностью электрические автомобили. С каждым годом количество электромобилей и гибридных автомобилей на дорогах увеличивается. Основным источником энергии для этих транспортных средств являются тяговые аккумуляторные батареи (ТАБ). Как у любого химического источника энергии со временем их работоспособность может снижаться, что требует применения процедур восстановления и ремонта [1–3]. Это приводит к увеличению потребности обслуживания и ремонта гибридных автомобилей. Работа с диагностированием и ремонтом тягового электропривода требует специальных навыков, методик оценки и оборудования. Инфраструктура ремонта автомобилей с двигателем внутреннего сгорания не подходит для этого. Особенно заметен дефицит специализированных сервисных центров в регионах, отдаленных от крупных городов. Так, например, авторемонтные мастерские по ремонту гибридных автомобилей есть в центральной части России. В северных удаленных регионах: Вологодской, Архангельской и Мурманской областях – специализированных сервисов нет. Владельцы вынуждены обращаться в ремонтные сервисы, удаленные на сотни, а то и на тысячи километров. Вместе с тем теория ремонта гибридных автомобилей освоена ранее и может использоваться специалистами после изучения специальной литературы [4].

В Вологодском государственном университете на протяжении длительного времени (с 2007 по 2026 год) ведутся наблюдения за эксплуатацией и неисправностями гибридных автомобилей, выполняются операции по ремонту, в том числе и оценке технического состояния, ремонту и замене тяговых аккумуляторных батарей [3, 4].

В статье рассмотрены некоторые примеры производимых операций. Основное внимание уделено диагностике состояния тяговых аккумуляторных батарей. Это требует необходимых знаний в области механики, электрики, надежности автомобилей [5, 6].

Методики оценки технического состояния

Для оценки состояния ТАБ в условиях диагностирован используются диагностические приложения или сканеры. Среди российских компаний это Motor Data OBD [7].

К основным параметрам оценки ТАБ относятся: текущий уровень заряда; остаточная емкость; разность напряжения между ячейками; сопротивление ячеек.

Для снятия показаний использовалась программа Motor Data OBD. Были проведены самостоятельные исследования различных батарей, которые включены в разрабатываемую методику. Приведен пример диагностики ТАБ Toyota Prius XW30. В тяговом электроприводе комбинированной энергоустановке этого автомобиля используется никель-металлогидридная аккумуляторная батарея, состоящая из 28 отдельных неразборных модулей начальной емкостью 5,5 А·ч, соединенных последовательно. Контроллер ТАБ отслеживает напряжение на ячейках парно. Диагностическое приложение Motor Data OBD позволяет отслеживать почти все параметры ТАБ. Приведены примеры напряжения на ячейках изношенной батареи (рис. 1) и исправной батареи (рис. 2) при разряде до 40 %. Как видно на изношенной батарее разница между напряжениями парных ячеек достигает 0,5 В. Из открытых источников известно [2], что разница напряжений должна составлять: до 0,1 В – отличное состояние батареи; 0,5В и выше – батарея неисправна, требуется ремонт.

Для оценки состояния ТАБ могут использоваться специальные методики диагностирования, основанные на проведении тестов [4].

Методика определения остаточной емкости на неподвижном автомобиле состоит в нагружении ТАБ постоянными бортовыми потребителями: отопитель, подогревы стекол, фары. Можно использовать и тяговый электропривод, заблокировав движение автомобиля.



Рис. 1. Диаграмма напряжений: неисправная батарея. 250 тыс. км пробега (15 лет эксплуатации)



Рис. 2. Диаграмма напряжений: исправная батарея. 30 тыс. км пробега (2 года эксплуатации)

Порядок измерения:

1. Нагрузить батарею, зафиксировав силу тока в цепи ТАБ. Чем выше ток, тем быстрее процесс.
2. Начать тестирование при заряде батареи свыше 60 % и продолжать до 40 %. Тест можно закончить и раньше, но полученное значение будет менее точным.
3. Зафиксировать время окончания испытаний.
4. Рассчитать емкость или запас энергии батареи.

Если в процессе испытаний есть возможность измерять напряжение на отдельных ячейках, также нужно зафиксировать максимальную разность по напряжениям.

Методики восстановления и ремонта

При отклонении параметров батареи производится ее ремонт или замена. Как показали испытания, данная методика может использоваться для предварительной оценки состояния ТАБ на автомобиле.

При оценке технического состояния снятой с автомобиля батареи оценивается состояние отдельных ячеек. Замер вольтметром, как показано на рисунке 3, позволяет оценить разброс напряжения, но не дает информации об остаточной емкости. Поэтому замер необходимо осуществлять под нагрузкой, что достаточно не просто сделать.



Рис. 3. Замер напряжения ячеек на снятой батарее

На рисунке 4 показан процесс измерения с помощью специального тестера ячеек с многоканальным осциллографом.

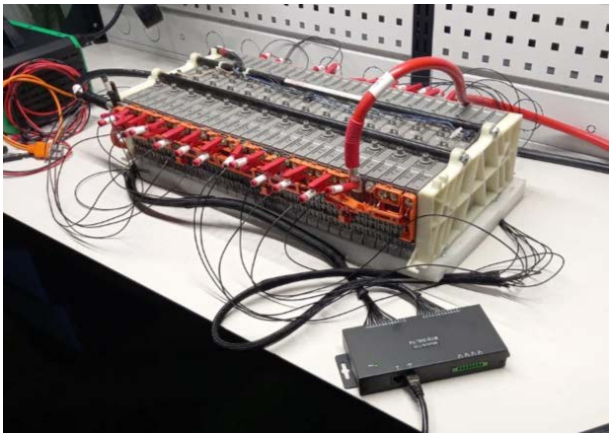




Рис. 4. Тест снятой ТАБ многоканальным осциллографом

Но даже достаточно дорогой тестер позволят производить измерение на ограниченном количестве ячеек.

Главная причина отказа ТАБ – деградация из-за старения. Другие причины, такие как чрезмерный разряд, ошибки при эксплуатации и ремонте, встречаются реже [8]. Признаки деградации в эксплуатации: уменьшение запаса хода, провалы и дергания

при ускорении, сбои при быстрой зарядке, переход энергоустановки в аварийный режим с включением лампы неисправности и записью кода ошибки в память (рис. 5). При диагностировании по параметрам рабочих процессов: высокий дисбаланс напряжения ΔU_i, уровня заряда ΔSOC_i, сопротивления ΔR_i.

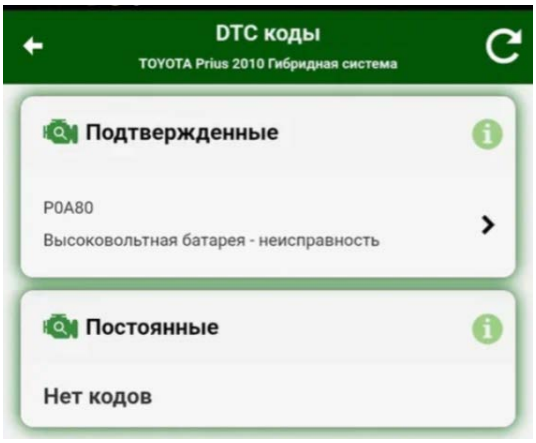


Рис. 5. Код неисправности к памяти ЭБУ

Производители ограничивают доступ к верхней и нижней зонам заряда, что уменьшает доступную емкость, но продлевает срок службы ТАБ.

При восстановлении или даже при текущей диагностике необходимо оценить влияние факторов, которые могут привести к поломке батареи. В гибридных автомобилях к таким факторам относится неисправность ДВС и системы охлаждения батареи. Чем больше потеря мощности ДВС, тем больше нагрузка на батарею [2]. Т.к. батарея состоит из множества ячеек, соединенных последовательно в процессе работы может возникнуть разбалансировка по напряжению, что негативно отразится на границах заряда и разряда.

Для выравнивания напряжения на ячейках неподзаряжаемых гибридных автомобилей предусмотрена процедура принудительного глубокого разряда и заряда – эквализация. Как правило, она выполняется по алгоритмам, заложенным в контроллер ТАБ, без участия человека. При ее активации границы заряда – разряда временно расширяются до максимального значения (полный заряд и разряд). В некоторых автомобилях она запускается принудительно с помощью диагностического сканера [3]. Чем больше разница напряжений между блоками батареи, тем чаще запускается процесс эквализации. Это в свою очередь еще больше нагружает батарею и приводит к ускоренному отказу. Разброс напряжений, как правило, связан с неодинаковой деградацией ячеек. Ячейки, расположенные в центре, охлаждаются хуже и быстрее деградируют. Для устранения проявляющегося дисбаланса и разброса напряжений в начальный период целесообразна перестановка более изношенных ячеек ближе к краям сборки. Это поможет замедлить появление дисбаланса. При значительной деградации ячеек перестановка уже не помогает. Тогда потребуется замена сильно деградирующих ячеек, состояние которых можно определить только при разборке батареи.

Чтобы обеспечить минимальную разницу напряжений между ячейками замена должна производится на аналогичные по емкости. Однако найти такие же не просто и не быстро, из-за чего процедура ремонта усложняется. И даже при имеющихся запасных ячейках такой ремонт продлит срок службы на 2–3 года, после чего потребуется повторный ремонт для замены следующих деградирующих ячеек.

В последнее время ввиду появления доступных контрактных и новых батарей ремонт производится заменой всего блока ячеек. Проблема с подбором ячеек в этом случае не возникает, а срок службы восстанавливается до 70–100 % от начального. Как показали результаты длительных наблюдений за надежностью гибридных автомобилей, батареи без системы охлаждения имеют ресурс 150–200 тыс. км (Honda, Geely), с системой воздушного охлаждения – 200–300 тыс. км (Toyota, Lexus, Mitsubishi PHEV), что соответствует 10–15 годам эксплуатации [9].

Напряжение в ТАБ составляет более 250 В, в связи с чем ремонт требует выполнения правил по электробезопасности. Неквалифицированный ремонт может привести к перегреву и даже возгоранию батареи при эксплуатации [10].

В Вологодском государственном университете освоена технология диагностики и ремонта батарей гибридных автомобилей, которые используются при обучении студентов на кафедре автомобилей и автомобильного хозяйства [8].

Разработанные в Вологодском государственном университете и опубликованные в открытых источниках методики диагностирования высоковольтных аккумуляторных батарей автомобилей с электроприводом могут использоваться в автосервисах небольших городов России. Продолжаются работы по разработке методик диагностирования и оценки технического состояния батарей гибридных автомобилей и электромобилей.

Выводы

Таким образом, существующие и разработанные методики оценки технического состояния, доступные простейшие диагностические сканеры позволяют эффективно эксплуатировать гибридные автомобили в условиях отсутствия сервисной сети вне специализированных станций технического обслуживания. Вместе с тем появление новых типов гибридных автомобилей приводит к необходимости совершенствования существующих методики. В первую очередь, методик тестового диагностирования и измерительного оборудования.

Литература

1. Капустин, А. А. Гибридные автомобили : учебное пособие / А. А. Капустин, В. А. Раков. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2016. – 96 с.

2. Статьи по теме Гибриды. – Текст : электронный / АО «Легион-Автодата». – Москва, 2012–2026. – URL: https://autodata.ru/article/gibridnye_avtomobili/ (дата обращения: 10.09.2026). – Текст : электронный.

3. Раков, В. А. Гибридный автомобиль. Исследование эксплуатационной надежности гибридных ав-

томобилей : монография / В. А. Раков. – Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2014. – 170 с.

4. Раков, В. А. Методика оценки технического состояния гибридных силовых установок автомобилей : специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Раков Вячеслав Александрович. – Санкт-Петербург, 2012. – 22 с.

5. Пестриков, С. А. Методы ремонта высоковольтной батареи в электро- и гибридных автомобилях / С. А. Пестриков, Н. М. Мусихин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2024. – Т. 1. – С. 56–62.

6. Раков, В. А. Оценка технического состояния гибридных силовых установок автомобилей / В. А. Раков // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 1. – С. 49–52.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666695. Doctor Hybrid ELM OBD2 scanner. MotorData OBD : № 2019665445 : заявл. 28.11.2019 : опубл. 13.12.2019 ; заявитель Акционерное общество «Легион-Автодата».

8. Гильмутдинов, А. А. Анализ распространенных поломок гибридных автомобилей и способы ремонта / А. А. Гильмутдинов, Р. М. Галиев, В. М. Нигметзянова // Результаты современных научных исследований и разработок : сборник статей IV Международной научно-практической конференции (Пенза, 12 мая 2018 г.) : в 2 частях. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – Ч. 1.

9. Раков, В. А. Методология комплексной оценки и обеспечения эффективности эксплуатации гибридных автомобилей : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Раков Вячеслав Александрович ; [место защиты: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т»]. – Вологда, 2025. – 39 с.

10. Раков, В. А. Охрана труда при ремонте электромобилей и гибридных автомобилей / В. А. Раков // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 12. – С. 42–44.

V.A. Rakov, K.O. Bystrov
Vologda State University

DIAGNOSTICS AND RECONDITIONING OF TRACTION BATTERIES IN MILD HYBRID VEHICLES

This paper examines the specifics of assessing the technical condition and repairing traction batteries in hybrid vehicles. Examples of diagnostic procedures are provided, and results obtained through onboard diagnostics and testing methods are analyzed. The study addresses challenges associated with repair and diagnostic operations and outlines future directions for improving the diagnostic methods, techniques, and tools currently in use.

Diagnostics, hybrid vehicle, condition assessment, traction battery, malfunctions.