

ПРОЦЕДУРА ЗА ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ НА ВИСОКОВОЛТОВА БАТЕРИЯ НА ХИБРИДИ И ЕЛЕКТРОМОБИЛИ

Ивелин Бакалов, доц. Тодор Костадинов, доц. Гинко Георгиев
Бургаски свободен университет

Анотация: *С пускането в продажба през 1997 г. на първия масов хибриден автомобил Тойота Приус, също и на първия масов електромобил [1, 2, 10] Нисан Лийф през 2010 г. започва трансформация на пазара на превозните средства. С времето интереса от клиентите расте към тях. Други автомобилни производители също започват да предлагат хибридни, плъг-ин хибридни и електрически превозни средства. С развитието на задвижващите системи и налагане на тенденцията за намаляване на отделяните газове от превозните средства в тях започват масово да се вграждат електронни компоненти за оптимизиране на работата им. Това довежда до необходимост от компютърна диагностика на превозни средства. Сложната конструкция на тяговия акумулатор на подобни превозни средства води до необходимостта от комплексни диагностични и ремонтни процедури. Настоящата статия предлага алгоритъм на универсален подход за диагностика и ремонт на тягови акумулатори на превозни средства задвижвани с електричество.*

Ключови думи: *Електромобили, хибриди, ремонтна процедура на тягов акумулатор, диагностика и ремонт на литиеви акумулатори.*

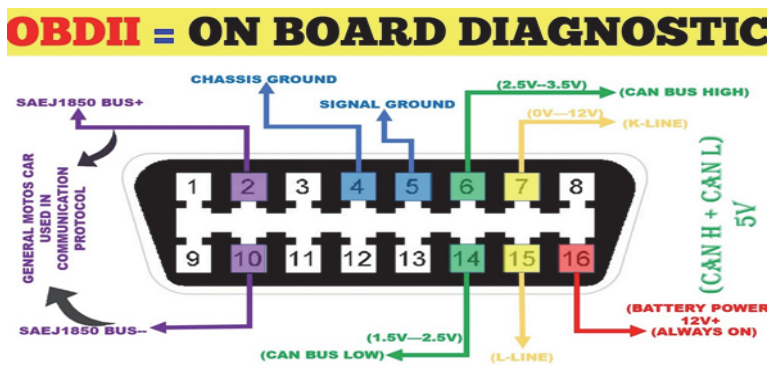
1. ВЪВЕДЕНИЕ

С пускането в продажба през 1997г на първия масов хибриден автомобил Тойота Приус, също и на първия масов електромобил Нисан Лийф през 2010 г. започва трансформация на пазара на превозните средства. С времето интереса от клиентите расте към тях. Други автомобилни производители също започват да предлагат хибридни, плъг-ин хибридни и електрически превозни средства. С развитието на задвижващите системи и налагане на тенденцията за намаляване на отделяните газове от превозните средства в тях започват масово да се вграждат електронни компоненти за оптимизиране на работата им. Това довежда до появата на компютърна диагностика на превозни средства.

Първите системи се появяват през 80-те години с въвеждането на OBD (On-Board Diagnostics). Тези системи за бордова диагностика (OBD I) са разработени в САЩ, за да следят емисиите на отработени газове. Те позволяват на сервизите да четат основни кодове за грешки от двигателя. През 90 те години на миналия век се разработва OBD II. Втората генерация (OBD II) [4 – 6] става задължителна в САЩ от 1996 г. Тя вече предлага стандартизиран интерфейс и по-детайлна информация за множество системи – двигател, трансмисия, ABS, въздушни възглавници и др. Голямо подобрене на възможностите за работа и диагностика на превозните средства настъпва с разработването и въвеждането в употреба на CAN (Controller Area Network) мрежите. Те се появяват през 1986 г., разработени от Bosch, и от началото на 90-те години започват масово да се внедряват в автомобилите. През 1994 г. CAN става международен стандарт ISO 11898.

Първоначално служат за управление на критични системи като ABS, въздушни възглавници и двигателен контрол. Чрез тях се заменят сложните кабелни снопове и позволяват бърза и надеждна комуникация между електронните контролни модули (ECU) в превозните средства. Понастоящем диагностиката включва усъвършенствани електронни модули, които събират данни в реално време. Софтуерът може да анализира параметри като обороти, температура, налягане, смес гориво-въздух и да открива скрити проблеми.

Принцип на диагностиката – автомобилът разполага с бордови компютър (ECU), който управлява всички електронни системи. Той записва грешки и параметри в паметта си. При диагностика се използва специализиран уред или лаптоп със софтуер, който се свързва през OBD порт. фиг 1.



Фиг. 1. OBDII диагностичен интерфейс

Данните се извеждат като кодове за грешки (DTC – Diagnostic Trouble Codes), които показват посочват конкретни проблеми и тяхното местоположение. Използването на такъв вид диагностична система има следните предимства:

- Бързо откриване на проблеми без разглобяване,
- осигурява превантивна поддръжка, като предупреждава за бъдещи неизправности,
- използва се не само в сервиси, но и от собственици чрез мобилни приложения и Bluetooth OBD адаптери.

Компютърната диагностика е създадена като технологичен инструмент за контрол на емисиите, но се е развила до универсална система за наблюдение и анализ на всички електронни компоненти в превозните средства [3, 7 – 9]. Първите системи за диагностика на хибридни и електромобили се появяват в периода след 2000-та година, когато производителите започват масово да внедряват хибридни технологии. Те изискват нови диагностични решения, защото освен стандартните двигателни системи трябва да се следят и високоволтови батерии, електромотори и управляващи блокове.

С появата на хибридни автомобил Toyota Prius възниква нужда от специализирана диагностика за хибридната система – батерия, инвертор, електромотор. Това е първият автомобил, който въвежда нови диагностични протоколи извън стандартния OBD II. Големите производители (Toyota, Honda, Ford) започват да добавят функции за тест на хибридни акумулаторни батерии и електрическите системи в дилърските си диагностични уреди след 2000 та година. С навлизането на Nissan Leaf (2010) и Tesla Model S (2012) диагностиката вече включва пълна проверка на високоволтови батерии, системи за управление на зареждането и електромотори.

В зависимост от типа на автомобила се наблюдават особености на диагностичната процедура при двата вида задвижващи системи.

Предоставените възможности за диагностика на хибридните автомобили са:

- Проверка на състоянието на хибридната батерия (заряд, деградация),
- диагностика на инвертор и електромотор,
- съвместна проверка на бензиновия двигател и електрическата част.

От друга страна при електромобилите има възможност за диагностика на:

- Високоволтовата батерия – капацитет, баланс на клетките, температура,
- проверка на зарядна система.

Поради началния етап на технологията за производство на тягови литиеви акумулатори за задвижване на електромобили и хибридни автомобили, голяма част от тях в следствие на натрупания с времето голям пробег и амортизация, те започват да проявяват дефекти. Като един от основните компоненти на такъв тип превозни средства високоволтовия акумулатор при някой от тях също дефектира.

В Европа ремонтът на хибридни и електрически автомобили с високо напрежение се регулира чрез стандарти като ECE R100 и ECE R136, както и чрез национални правила за безопасност на труда. Те изискват специално обучение, защитно оборудване, сертифицирани инструменти и стриктни процедури за работа с високоволтови системи. Някои от Европейските нормативни изисквания са посочени както следва:

- Регламент ECE R100 – определя изискванията за безопасност на високоволтови батерии и електрически системи в автомобили, включва защита срещу токов удар, пожар и механични повреди.
- Регламент ECE R136 – насочен е към системи за съхранение на енергия (REESS) и високоволтови инсталации. Изисква тестове за устойчивост на термични събития, електрическа изолация и защита от късо съединение и безопасно изключване.
- ISO 6469 (части 1–3) – международен стандарт, широко прилаган в ЕС.
 - Част 1: Безопасност на електрическите системи.
 - Част 2: Защита срещу токов удар.
 - Част 3: Защита на батерията и системите за управление.

За работа с високоволтовата електрическа система на електрическите и хибридните автомобили са поставени редица изисквания към сервиси и техници като обучение и сертификация – техниците трябва да преминат специализирани курсове за работа с HV системи (обикновено нива HV1–HV3) описани в табл. 1. Различните нива на квалификация се получава след преминалото обучение. Обученията се провеждат от сертифицирани институции (като TÜV, Dekra, Bosch Training Center). Включват теория (електробезопасност, стандарти ECE R100/ISO 6469) и практика (работа с HV батерии, измервания, изолация). Завършват с изпит и издаване на сертификат.

Ниво	Описание	Правоспособност
HV1	Основно запознаване с рисковете и процедурите	Няма право на самостоятелна работа с HV компоненти
HV2	Разширено обучение по безопасност, диагностика и демонтаж	Може да извършва диагностика и демонтаж под наблюдение
HV3	Пълна квалификация за работа с HV системи	Може самостоятелно да извършва ремонт, диагностика и монтаж

Таблица 1. Нива на квалификация за работа с HV системи

По предписания преди започване на работа са необходими – лични предпазни средства (PPE) фиг. 2 и фиг. 3, изолиращи ръкавици, каска, очила, защитно HV облекло, инструменти с изолация до 1000V, работна зона фиг. 4 и фиг. 5, маркирана и ограничена, за да се предотврати достъп на неупълномощени лица, задължително наличие на предупредителни знаци „Високо напрежение“ Фиг 6.



Фиг. 2. Видове предпазни средства



Фиг. 3. Комплект предпазни средства



Фиг. 4. Фактическа работна зона



Фиг. 5. Вид на работната зона според изискванията



Фиг. 6. Необходими означения за високо напрежение

Необходимо е да се следват следните процедури за безопасност:

- Изключване на HV системата чрез сервизния прекъсвач.
- Проверка за остатъчно напрежение преди работа.
- Документиране на всяка операция според указанията на производителя.

При не спазване на правилата има повишена опасност от токов удар (над 200 до 800V), пожар или термично събитие в батерията с много трудно овладяване. Неспазването на европейските регламенти може да доведе до глоби и отнемане на лиценз за работа при констатирани нарушения от контролните органи .

2. ОСНОВНИ ПОДХОДИ ПРИ ДИАГНОСТИКАТА И РЕМОНТА

Ремонтните дейности в същността си изискват следване на определени процедури по подготовка, включваща няколко аспекта – подготовка на персонала извършващ ремонт, подготовка на работното оборудване и подготовка на помещението. Тези три основни етапа са жизненоважни с оглед спецификите на работата, като в зависимост от характера си, всяка ремонтна дейност крие опасности и за тази цел е регламенти-

рана посредством сертификати. При ремонт на компоненти от високоволтовата система на превозното средство се преминава през няколко етапа:

1) Подготовка включваща – проверка на документацията на производителя ,потвърждение, че техникът има сертификация HV1–HV3, потвърждаване, че техникът няма имплантирани медицински устройств . В подобни случаи служителите не се допуска да работят по системи с високо напрежение поради риск от неправилно функциониране/неизправност на устройството. Преди започване на работа по превозното средство да се отстранят всички метални предмети като пръстени и часовници. Необходимо е осигуряване на лични предпазни средства (PPE): изолиращи ръкавици, очила, каска, защитно HV облекло и проверка на състоянието им. В началото на процедурата задължително се проверяват личните предпазни средства (ЛПС) и високоволтовите изолационни ръкавици за повреди, преди да работите по системи за високо напрежение, както и наличието на сертифицирани инструменти (изолирани до 1000V).

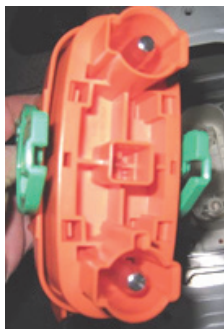
2) Работна зона – работата с опасни напрежения изисква липса на неоторизирани лица в близост и за целта се извършва маркиране на зоната с предупредителни знаци „⚡ Високо напрежение“ осигуряване на пожарогасител, подходящ за литиево-йонни акумулатори. Пожарогасителя за борба с високотемпературни пожари позволява гасенето на литиево-йонни и литиево-полимерни акумулатори. При контакт, той веднага изолира отделните клетки на акумулатора, охлажда я и потушава пламъците, предотвратявайки разрастването на огъня.фиг.7

3)



Фиг. 7. Общ вид на пожарогасител за литиеви акумулатори

4) Изключване на високоволтовата (HV) система – Изключване на 12 волтовия акумулатор, сервизния прекъсвач (service plug) фиг. 8 и поставянето му на видно място /върху арматурното табло или в каса на сервиза, където има достъп само сервизния техник. Необходимо е да се изчака препоръчания от производителя интервал (обикновено 5–10 минути, като се извършва контролна проверка за остатъчно напрежение с мултицет или специализиран HV тестер.



Фиг. 8. Сервизен прекъсвач на високоволтовата верига

5) Диагностика – свързва се OBD-II скенер за четене на кодове за грешки. Извършва се визуална инспекция за корозия, прегряване или механични повреди и проверка на напрежението на отделните модули/секции/. фиг. 9

6)



Фиг. 9. Измерване на напреженията след диагностика

7) Ремонт/подмяна на дефектирани модули – дейността включва подмяна на дефектни модули или цялата батерия според резултатите от извършените тестове и проверки. При малък брой дефектирани клетки и състояние на изправните ,близко до заводските изисквания може да се подменят само определен брой от тях, като в такъв случай е необходимо балансиране на напрежението между модулите. Почистяване или подмяна на шините (bus bars). фиг. 10.

8)



Фиг. 10. Общ вид на шините на тягов акумулатор

9) Сглобяване и проба – дейността включва сглобяване на тяговия акумулатор и монтиране обратно в автомобила, повторна диагностика – проверка за изчистени кодове, тестово каране при контролирани условия.

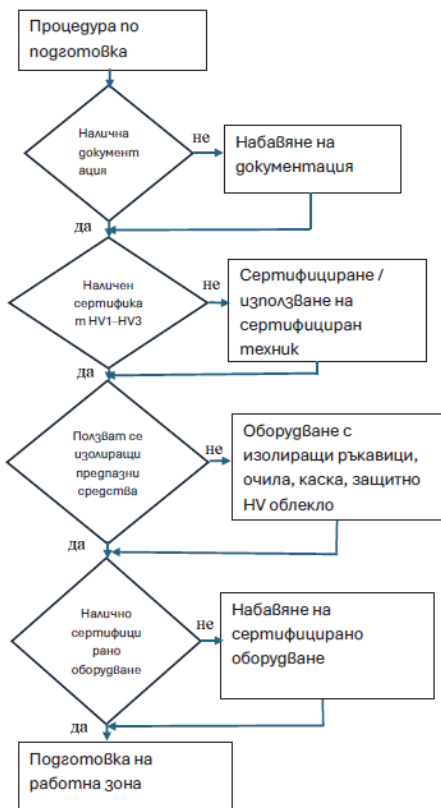
10) Документация – след приключване на дейностите, процедурата задължително завършва със записване на всички извършени операции, потвърждение за съответствие с ECE R100, ECE R136 и ISO 6469 и информиране на клиента за извършените действия и препоръки.

3. ПРОЦЕДУРА ЗА ИЗВЪРШВАНЕ НА РЕМОНТНИ ДЕЙНОСТИ

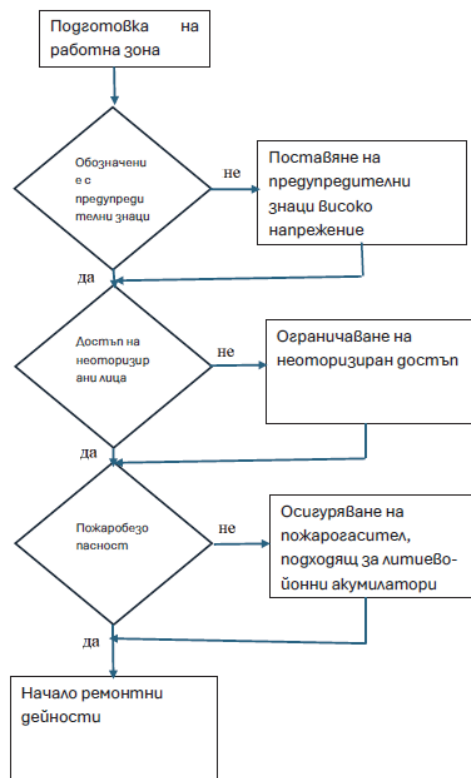
С оглед процедурите по ремонт и диагностика в настоящата глава е синтезиран общ алгоритъм на процедурата за ремонт и диагностика на хибридни и електрически автомобили. Алгоритъмът е разделен на шест отделни етапа с оглед опростеното му прилагане. Процедурата за работа по високоволтова батерия на електромобил започва с осигуряването на необходимата техническа документация. Ако документа-

цията липсва, тя трябва да бъде набавена преди предприемане на каквито и да е действия. След това се проверява дали сервизният техник притежава подходящ HV сертификат (HV1–HV3). При липса на сертификация ремонтните дейности не могат да започнат, докато не бъде осигурен квалифициран специалист. Успоредно с това се удостоверява наличието на изолиращи ръкавици, предпазни очила, каска, високонапрежително защитно облекло и сертифицирано оборудване. Ако някое от тях липсва, то трябва да бъде осигурено – фиг. 11.

След подготовката на персонала следва подготовка на работната зона. Поставят се предупредителни знаци за високо напрежение и достъпът на неоторизирани лица се ограничава. Осигурява се пожарогасител, подходящ за литиево-йонни батерии, за да се гарантира пожаробезопасност. Когато зоната е безопасна, може да започнат фактическите ремонтни дейности фиг. 12.



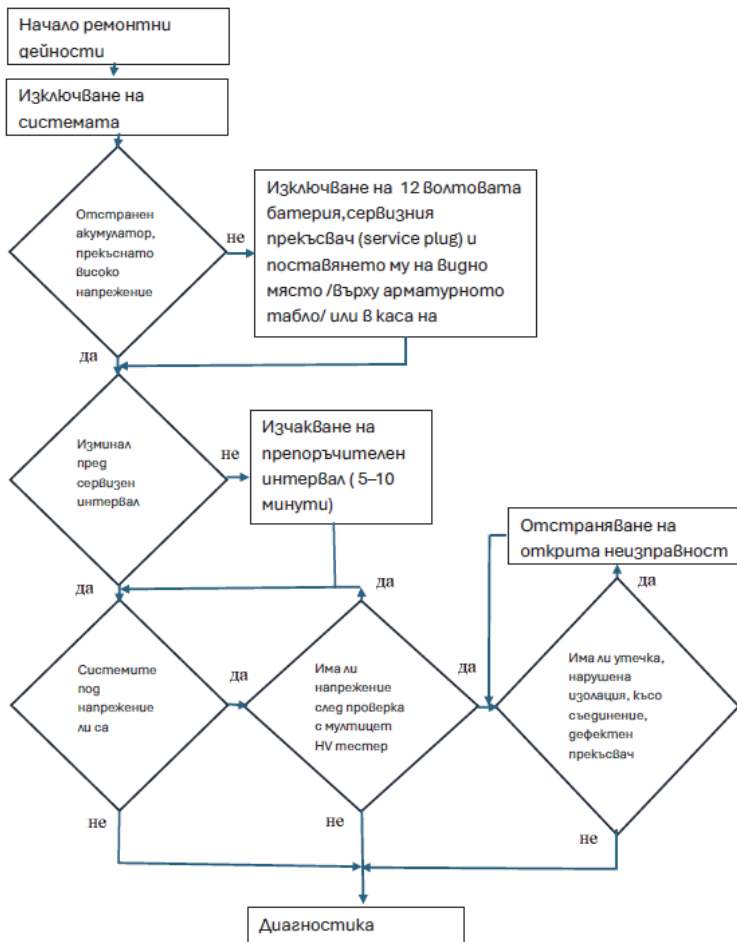
Фиг. 11. Процедура по подготовка



Фиг. 12. Подготовка на работната зона

Първата стъпка е изключване на 12-волтовата батерия, на сервизния прекъсвач (service plug) и поставянето му на видно място или в заключена каса. Ако е необходимо, HV батерията се демонтира. След това се изчакват 5–10 минути, за да се разсеят остатъчните заряди, и се извършва проверка с мултицет или HV тестер за наличие на

напрежение. Ако системата все още е под напрежение, работата се спира до пълното обезопасяване – фиг. 13.



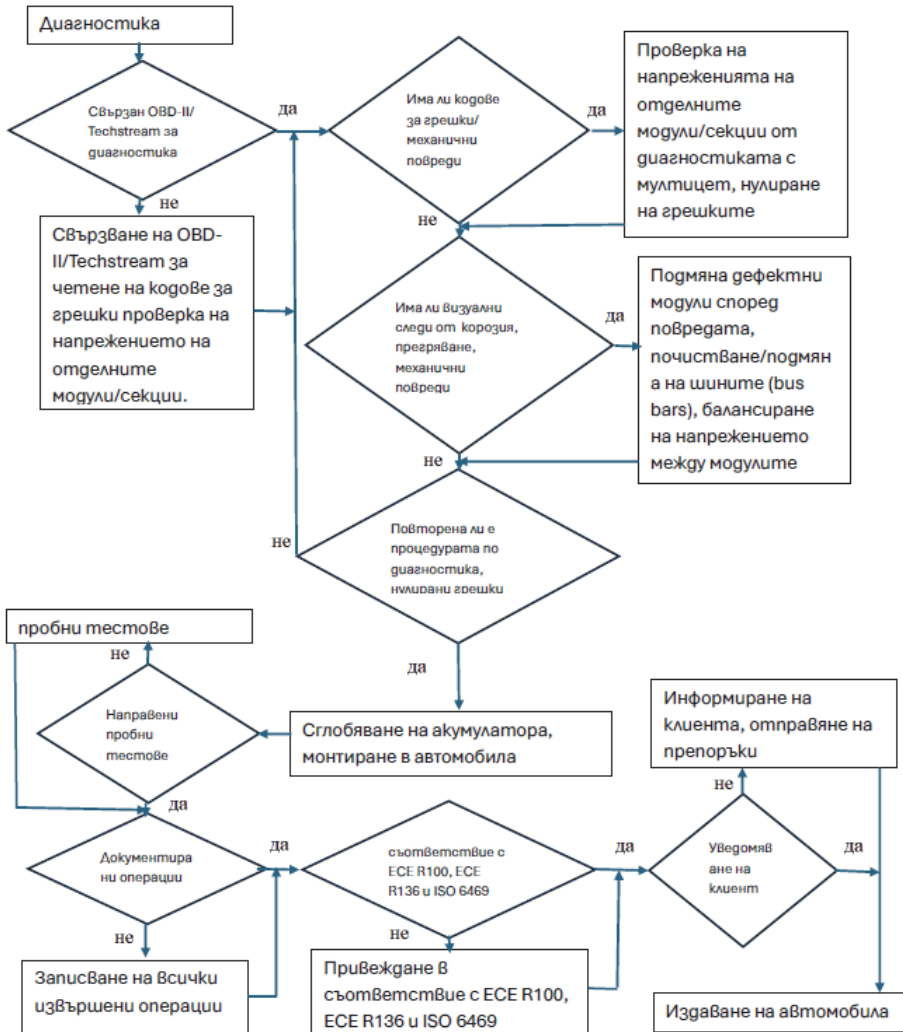
Фиг. 13. Дейности по диагностика

При безопасни условия започва диагностичният етап. Първо се извършва визуален и електрически контрол за течове, нарушена изолация, къси съединения или механични увреждания. При наличие на дефект той се отстранява. След това автомобилът се свързва към OBD-II/Techstream за прочитане на грешки и проверка на напреженията в отделните модули. Ако се открият неизправности в модули, балансиращи вериги или шини (bus bars), те се подменят или почистват. След ремонтните дейности диагностиката се повтаря, кодовете се нулират и се потвърждава нормалната работа.

След успешна диагностика и ремонт батерията се сглобява и монтира обратно. Извършва се визуален преглед за корозия, следи от прегряване или други повреди. Провеждат се пробни тестове – нови измервания на напреженията, нулиране на греш-

ките и проверка на работата под товар. Ако тестовете са успешни, процесът преминава към финализиране.

Накрая се документират всички операции и се проверява съответствието с изискванията на ECE R100, ECE R136 и ISO 6469. Клиентът се информира за извършената работа и получава препоръки за бъдеща поддръжка. След това автомобилът може безопасно да бъде предаден. Процедурата е представена на фиг. 14



Фиг. 14. Процедура по ремонт и диагностика на тягов акумулатор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бързото навлизане на хибридните и електрическите превозни средства в последните десетилетия води до необходимостта от развитие на специализирани диагностични и ремонтни процедури за високоволтовите им системи. Тяговите батерии, като основен енергиен източник на електрическите и хибридните автомобили, изискват

комплексен подход при обслужване, включващ високо ниво на квалификация, спазване на строги стандарти за безопасност и използване на сертифицирано оборудване. Представеният алгоритъм систематизира основните етапи – от подготовката на персонала и работната среда, през обезопасяването и диагностиката, до ремонта, сглобяването и финалното документиране. Унифицирането на подобни процедури осигурява надеждност, намалява риска от инциденти и гарантира съответствие с международните норми за безопасност.

В резултат се цели постигането на по-високо качество и ускоряване на темпа на сервизното обслужване, удължаване на експлоатационния живот на батериите и повишаване на безопасността както на техниката, така и на потребителите. Стандартизираните методики са основа за бъдещо развитие на сектора и за ефективно интегриране на електрическата мобилност в съвременния транспортен пазар.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ISO 6469-1:2019 – Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS).
- [2] ISO 6469-2:2018 – Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 2: Protection against electric shock.
- [3] ISO 6469-3:2018 – Electrically propelled road vehicles – Safety specifications – Part 3: Protection of persons against contact with high voltage.
- [4] UNECE Regulation No. 100 (R100) – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train.
- [5] UNECE Regulation No. 136 (R136) – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their electric system safety.
- [6] Bosch Automotive Handbook, 10th Edition, Robert Bosch GmbH, 2018.
- [7] Larminie, J., Lowry, J. Electric Vehicle Technology Explained, Wiley, 2012.
- [8] Burke, A. Batteries and Ultracapacitors for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles, Proceedings of the IEEE, 2007.
- [9] Husain, I. Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, CRC Press, 2011.
- [10] Manufacturer Service Manuals for Hybrid and Electric Vehicles (Toyota, Honda, Nissan, etc.) – High Voltage System Safety and Repair Procedures.