УДК 62-835

МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ З ГІБРИДНИМИ СИЛОВИМИ АГРЕГАТАМИ

Корпач Анатолій Олександрович, канд. техн. наук, професор кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університету,
e-mail: akorpach@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7070-7883
Левківський Олександр Олександрович, канд. техн. наук, інструктор з технічного навчання, Товариство з обмеженою відповідальністю «Віннер Імпортс Україна, ЛТД»,
e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2951-2312

Вступ: Високовольтні системи автомобілів з гібридними силовими агрегатами проектуються з урахуванням ряду вимог для забезпечення безпечної експлуатації, обслуговування та ремонту. В процесі експлуатації системи, що запобігають ураженню електричним струмом або займанню внаслідок короткого замикання в високовольтному ланцюзі, можуть бути пошкоджені. Для контролю систем безпеки автомобілів з високовольтною мережею розроблено ряд тестів, що дозволяють перевірити та підтвердити працездатність даних систем[1]. До основних методів перевірки високовольтної системи відносяться:

1. Перевірка герметичності корпусу високовольтної акумуляторної батареї під тиском.
2. Перевірка герметичності системи охолодження високовольтної акумуляторної батареї під тиском.
3. Перевірка системи вирівнювання потенціалів.
4. Перевірка опору ізоляції.

Перевірка герметичності високовольтної акумуляторної батареї.

Високовольтні акумуляторні батареї сучасних автомобілів, як правило, розміщені під днищем кузова та перебувають під постійним впливом зовнішнього середовища. Для запобігання потрапляння вологи в середину батареї, її корпус виготовляють герметичним. В результаті пошкоджень або природного зношення (наприклад корозії) корпус високовольтної акумуляторної батареї може втратити герметичність, що підвищує ризик короткого замикання між акумуляторними модулями в середині високовольтної батареї в наслідок потрапляння вологи.

Крім того, для забезпечення ефективного охолодження акумуляторних модулів сучасні високовольтні батареї, як правило, оснащені рідинною системою охолодження. Теплообмінник системи охолодження може бути розміщений або в корпусі батареї, або безпосередньо в акумуляторних модулях. Порушення герметичності системи охолодження також може стати причиною короткого замикання між акумуляторними модулями високовольтної батареї.

Для перевірки герметичності, як корпусу так і системи охолодження, використовують ручні або автоматичні методи контролю. Ручний метод полягає в створенні надлишкового тиску за допомогою насоса з подальшим контролем падіння тиску протягом заданого проміжку часу за допомогою манометра (рис.1а). Корпус високовольтної акумуляторної батареї може бути великим і містити декілька сотень літрів повітря. Цей факт, поряд з великою площею поверхні внутрішніх компонентів, обмежує позитивний або негативний тиск (вакуум), який він може витримати без пошкодження. Таким чином, перевірка акумуляторної батареї під тиском виконується з використанням низького позитивного або негативного тиску (приблизно до 50 мБар) з допуском падіння до 5 мБар. Для одержання достовірних результатів вимірювання, необхідно використовувати точні засоби та чітко дотримуватися рекомендацій виробника щодо часу стабілізації та падіння тису.

(а) (б)

Рис. 1. Ручний (а) та автоматичний (б) методи перевірки герметичності корпусу високовольтної акумуляторної батареї

Для спрощення виконання процедури перевірки герметичності корпусу та системи охолодження високовольтної акумуляторної батареї існують прилади, що виконують автоматичну подачу повітря під тиском та самостійно оцінюють його падіння протягом програмнозаданого проміжку час (рис. 1б), наприклад, прилад BCLD (Battery + Coolant Leak Detector), що виготовляється компанією Redline Detection (США) [2].

Перевірка системи вирівнювання потенціалів.

На відміну від традиційних низьковольтних електричних систем автомобіля, в яких негативне (мінусове) з’єднання з акумуляторною батареєю виконано через кузов, високовольтні системи мають ізольовану від кузова як позитивну так і негативну лінію живлення. Така конструкція дозволяє забезпечити високий рівень безпеки в процесі експлуатації. Однак, у випадку виникнення дефекту на корпусах різних компонентів високовольтної мережі може виникнути різниця потенціалів, що створює ризик ураження електричним струмом при контакті з даними компонентами в процесі експлуатації, технічного обслуговування або ремонту. Для запобігання ураженню

електричним струмом потенціали на корпусах всіх компонентів високовольтної системи завжди повинені бути рівними. Для цього вони повинні бути надійно з'єднані між собою. Оскільки різні компоненти високовольтної системи можуть знаходитись в різних місцях автомобіля для з'єднання їх корпусів зручно використовувати металевий кузов автомобіля. Таким чином, кожен компонент високовольтної системи або кріпиться безпосередньо до кузова, або з'єднаний з ним за допомогою металевої шини (рис. 2).

Рис. 2. Шина системи вирівнювання потенціалів.

В процесі експлуатації або ремонту надійність з'єднання корпусів високовольтних компонентів з кузовом автомобіля може погіршитись через окислення або недостатній момент затяжки різьбових з'єднань. Для перевірки надійності з'єднань системи вирівнювання потенціалів використовуються спеціальні прилади, які вимірюють опір між корпусом високовольтного компоненту і кузовом автомобіля. На відміну від звичайних омметрів, які вимірюють опір при дуже низькому струмі (близько 1 мА), прилади для перевірки системи вирівнювання потенціалів повинні створювати більш високий струм (до 200 мА), оскільки лише в такому випаду можна гарантувати, що з'єднання залишиться надійним при навантаженні. З'єднання системи вирівнювання потенціалів вважаються надійним, якщо їх опір не перевищує 50 мОм. Найбільш розповсюдженим приладом для перевірки системи вирівнювання потенціалів є Fluke 1507 (рис. 3) [3], який сертифікований багатьма автовиробниками.

Рис. 3. Перевірка системи вирівнювання потенціалів за допомогою Fluke 1507.

Перевірка опору ізоляції.

Як описано вище, для забезпечення високої безпеки в процесі експлуатації автомобіля, високовольтні лінії ізольовані від кузова автомобіля. Однак, інколи в результати виникнення дефекту високовольтних кабелів (рис. 4) або в середині компонентів високовольтної мережі, опір ізоляції може знижуватись, що створює ризик ураження електричним струмом. Різні модулі керування високовольтної системи постійно контролюють опір ізоляції між високовольтними лініями і кузовом автомобіля та, у випадку його зниження, реєструють відповідні помилки та інформують водія за допомогою індикаторів на панелі приладів. Однак, електронний модуль не може визначити місце зниження опору ізоляції оскільки він контролює всю гілку високовольтного ланцюга до якої можуть входити декілька інших модулів та провідників.

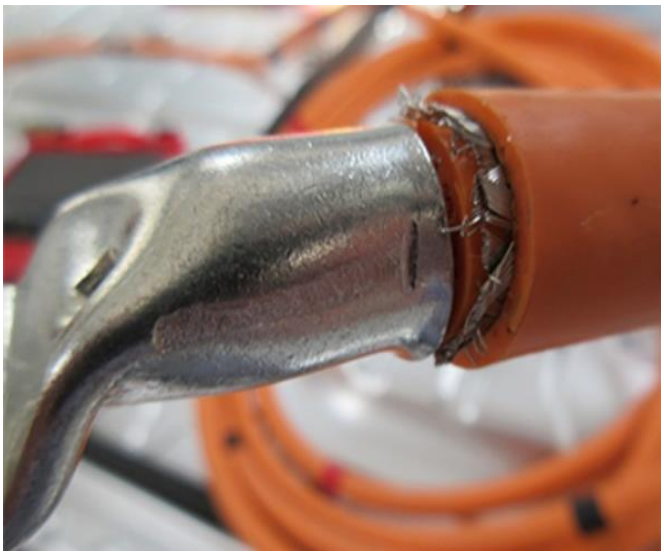

Рис. 4. Дефект високовольтного кабеля, що викликає зниження опору ізоляції

Для локалізації місця зниження опору ізоляції використовують мегомметр, який вимірює опір при високій напрузі (як правило 500В або 1000В). В процесі перевірки опору ізоляції контролюють опір між позитивною та негативною високовольтними лініями та кузовом автомобіля, послідовно відключаючи роз'єми в даній високовольтній лінії доки не буде виявлено кабель або компонент з низьким опором ізоляції. Для виконання перевірки опору ізоляції також використовують прилад Fluke 1507.

Висновки: Сучасні високовольтні системи автомобілів з гібридними смисловими агрегатами потребують періодичного контролю для забезпечення безпечної експлуатації та обслуговування. Перевірка герметичності високовольтної батареї, системи вирівнювання потенціалів та опору ізоляції дозволяють запобігти виникненню короткого замикання або ураження струмом у випадку виникнення дефектів.

Література

1. T. Denton. Electric and Hybrid Vehicles. 3rd ed. - London: Routledge, 2024. – 260 p.
2. New EV testing solution // Electric and hybrid vehicle technology. — Jun 2022. P. 124.
3. Fluke 1507/1503 Insulation Testers. Users Manual. - USA, 2005. - 28 p.

УДК 629.083

ЗАГАЛЬНИЙ КРИТЕРІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Кривошапов Сергій Іванович, к.т.н., доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua , ORCID: 0000-0003-4605-6790
Коваленко Максим Ігорович, магістр гр. А-63-23,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: maks7772001@gmail.com

Транспорт є невід'ємною частиною економіки України. В процесі перевезення вантажів та пасажирів необхідно прагнути ефективно використовувати ресурси, які необхідні для функціонування транспортного засобу.

Транспорт є основним споживачем рідких видів палива [1]. Ефективна експлуатація транспортних засобів безпосередньо пов'язана з питаннями економії палива.

Оцінювати енергетичну ефективність транспортних засобів лише за витратою палива не зовсім вірно. Різні види і типи автомобілів мають різну повну чи споряджену масу, величина якого впливає на споживання палива.