УДК 629.064 DOI: 10.30977/VEIT.2025.27.0.6

Використання застосунку Car Scanner ELM OBD-II для діагностики Hyundai Kona Electric

Гнатов А.В.[1], Аргун Щ.В.[1], Сохін П.А.[1], Григоренко Н.В.[1]

[1]Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Анотація. *У статті досліджується використання застосунку Car Scanner ELM OBD-II для діагностики електромобілів, зокрема Hyundai Kona Electric. Аналізуються можливості застосунку для моніторингу стану високовольтної батареї, ефективності енергоспоживання та виявлення кодів помилок. Результати показують, що Car Scanner ELM OBD-II є ефективним інструментом для діагностики електромобілів, дозволяючи користувачам у реальному часі контролювати ключові параметри та оцінювати стан батареї.*

Ключові слова: *діагностика електромобілів, OBD-II сканер, стан працездатності батареї, моніторинг у реальному часі, Hyundai Kona Electric, рекуперація енергії, аналіз кодів помилок.*

Вступ

Розвиток електричного транспорту та його активна інтеграція у транспортні системи вимагають нових підходів до технічного обслуговування та діагностики. Електромобілі мають значно складнішу електронну систему, ніж транспортні засоби з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), що створює додаткові виклики для їхньої діагностики та ремонту [1]. Однією з ключових проблем є моніторинг та оцінка стану силового електроприводу, інверторних систем та високовольтних акумуляторних батарей [2].

Для підвищення надійності та безпеки експлуатації електротранспорту необхідні методи оперативної діагностики, які б забезпечували точний контроль параметрів у реальному часі [3].

Розвиток технологій діагностики електромобілів безпосередньо пов'язаний із підготовкою кваліфікованих фахівців, здатних працювати з сучасними діагностичними інструментами. Важливим аспектом є оновлення освітніх програм, що враховують специфіку електротранспорту. Як зазначено у роботі [1], підготовка спеціалістів у сфері електромобільності стикається з низкою викликів, включаючи необхідність освоєння сучасних засобів діагностики, таких як OBD-II. Подібні навчальні ініціативи є частиною міждисциплінарних програм, що інтегрують знання у сферах кібер-фізичних систем та енергозбереження [4].

OBD-II (On-Board Diagnostics) є однією з найбільш розповсюджених систем діагностики, яка спочатку була розроблена для автомобілів з ДВЗ, але наразі адаптується для електромобілів [5]. Завдяки можливості зчитування кодів помилок та контролю параметрів у реальному часі, OBD-II може бути ефективним інструментом для оцінки стану електромобіля [6,7]. Зокрема, використання мобільного застосунку Car Scanner ELM OBD-II у поєднанні з адаптером ELM327 дозволяє зчитувати та аналізувати такі параметри, як температура та напруга осередків батареї, рівень зарядженості акумулятора, навантаження на електродвигун та ефективність рекуперації енергії [8–10].

Незважаючи на значні переваги, метод OBD-II має певні обмеження [11]. Одне з головних питань – точність отриманих даних та обмежений доступ до деяких специфічних параметрів, які є критично важливими для електромобілів [12]. Крім того, не всі OBD-II адаптери підтримують усі можливі протоколи зв'язку, що може впливати на коректність діагностики та обмежувати перелік доступних даних [5].

В зв'язку з вищезазначеним, ця стаття спрямована на аналіз ефективності викорис-

тання застосунку Car Scanner ELM OBD-II для діагностики Hyundai Kona Electric, оцінку його функціональних можливостей, а також виявлення можливих обмежень цього методу.

Аналіз публікацій

Зростання кількості електромобілів створює нові виклики для їх діагностики та обслуговування [13,14]. Традиційні методи діагностики, розроблені для автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), не завжди є ефективними для електромобілів, оскільки в них відсутні такі критичні елементи, як паливна система та коробка передач [15]. В електромобілях перш за все потрібно моніторити стан високовольтної батареї, інвертора, електроприводу та системи рекуперації енергії [16].

Відомо, що стан акумуляторної батареї суттєво впливає на ефективність роботи електромобіля. У роботі [17] розглянуто методи визначення залишкової ємності батареї (State of Health, SOH) за допомогою алгоритмів машинного навчання. Автори підкреслюють, що точність оцінки SOH значною мірою залежить від методів збору та обробки даних, що є критичним фактором для розробки ефективних діагностичних підходів. Дослідження [18] підтверджує, що використання даних з OBD-II дозволяє отримати інформацію про рівень заряду батареї, її деградацію та історію зарядних циклів.

Розвиток технологій діагностики сприяє застосуванню OBD-II для електромобілів. OBD-II дозволяє зчитувати параметри роботи транспортного засобу в реальному часі, включаючи стан акумуляторної батареї, температурні показники, рівень споживаної енергії та коди помилок [19]. Дослідження [20] показує, що ефективність використання OBD-II значно залежить від специфікації автомобіля та можливостей адаптера, що підключається до діагностичного порту.

Значний інтерес у дослідників викликають мобільні додатки для діагностики, такі як Car Scanner ELM OBD-II, які дозволяють власникам транспортних засобів отримувати доступ до критичних параметрів автомобіля без необхідності відвідування сервісного центру [21]. Цей підхід забезпечує економію коштів на технічному обслуговуванні та спрощує моніторинг стану електромобіля. Робота [22] демонструє перспективи інтеграції OBD-II з технологіями Інтернету речей (IoT), що дозволяє створювати більш точні та автоматизовані системи діагностики.

Дослідження, проведене у [23], вказує на можливості інтеграції OBD-II з хмарними технологіями для зберігання та аналізу діагностичних даних. Це дає змогу проводити прогнозування несправностей та оптимізувати експлуатаційні характеристики електромобілів. Водночас дослідження [24] підкреслює, що дані, отримані через OBD-II, можуть бути обмеженими та потребують додаткової верифікації іншими методами контролю.

Майже всі сучасні електромобілі можуть бути продіагностовані через порт OBD-II. Винятки складають деякі китайські бренди, які закривають таку можливість, які, зазвичай, реалізуються на внутрішньому ринку Китаю. Тому, з точки зору зручності і доступності в обслуговуванні і ремонту, електромобілі, що випускаються для внутрішнього ринку Китаю, не є збалансованим рішенням щодо його покупки. Серед електромобілів доступного (середнього, якщо можна так сказати) цінового діапазону особливу увагу привертає Hyundai Kona Electric, який є одним із популярних електромобілів і підтримує діагностику через OBD-II. Як зазначено у [25], діагностичні можливості цього автомобіля дозволяють отримати широкий спектр параметрів у режимі реального часу, включаючи напругу та струм акумуляторної батареї, рівень її деградації, ефективність рекуперативного гальмування та загальний рівень енергоспоживання. Важливість оцінки енергоспоживання та аналізу даних батареї підтверджено у [26], де наголошується на необхідності оптимізації використання ресурсів електромобілів для підвищення їхньої продуктивності та продовження терміну служби акумуляторів.

Таким чином, проведений аналіз літератури демонструє, що використання OBD-II у поєднанні з мобільними додатками, такими як Car Scanner ELM OBD-II, має значний потенціал для діагностики електромобілів. Однак існують певні обмеження щодо точності зчитування окремих параметрів, що вимагає подальших досліджень у цьому напрямку.

Мета та постановка задачі

Метою роботи є оцінка ефективності застосунку Car Scanner ELM OBD-II для діагностики електромобілів шляхом аналізу його

можливостей на прикладі Hyundai Kona Electric та визначення його здатності моніторингу ключових параметрів функціонування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– провести аналіз публікації щодо основних методів діагностики електричних та електронних систем електромобіля та відповідного діагностичного обладнання;

– проаналізувати функціонал, можливості та основні етапи роботи з OBD-II – сканерами;

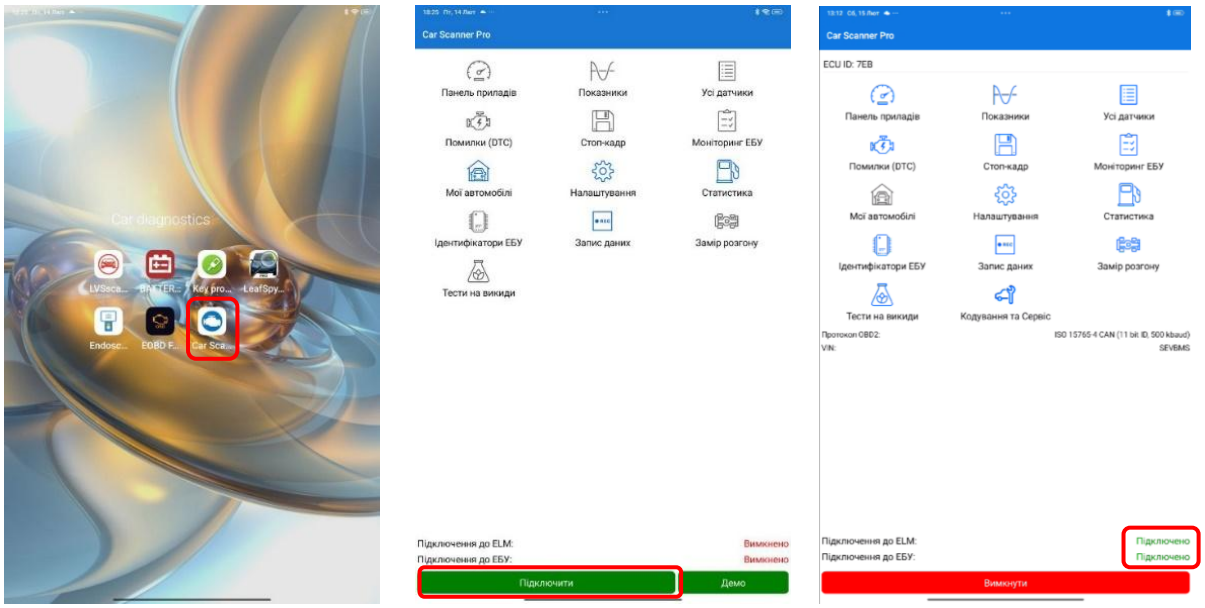
– дослідити особливості роботи з застосунком Car Scanner ELM OBD-II;

– провести діагностику автомобіля Hyundai Kona Electric першого покоління випуску;

– дослідити можливості Car Scanner ELM OBD2 при діагностиці Hyundai Kona Electric.

Діагностика електромобіля Hyundai Kona Electric за допомогою Car Scanner ELM OBD-II

Car Scanner ELM OBD-II є ефективним інструментом для проведення діагностики електромобіля Hyundai Kona Electric.
Застосунок дозволяє відстежувати основні параметри роботи транспортного засобу, аналізувати стан високовольтної акумуляторної батареї (АКБ) та оцінювати ефективність електросистем (рис. 1).



а б в

Рис. 1 – Запуск застосунку Car Scanner ELM OBD-II: а – вибір додатку; б – запуск головного екрану додатку; в – головний екран додатку

1. Підключення та налаштування застосунку

Для початку роботи потрібно запустити застосунок Car Scanner ELM OBD-II на мобільному пристрої (рис. 1,а). Далі необхідно натиснути кнопку «Підключити» (рис. 1,б) і зачекати, поки програма встановить зв'язок з OBD-II адаптером. Якщо застосунок запитує дозвіл на створення пари, потрібно підтвердити підключення. Після цього програма автоматично приєднається до адаптера OBD-II та буде готова до роботи (рис. 1,в) [27].

Перед початком діагностики слід налаштувати програму. Це можна зробити ще під час підключення, вказавши тип зв'язку (Bluetooth або Wi-Fi), марку автомобіля тощо. Додатково налаштування можна змінити через меню «Налаштування» (рис. 2,а).

У меню «Панель приладів» (рис. 2,б) можна налаштувати тему, режим відображення показників та вибрати повноекранний режим для кращої візуалізації даних. Крім того, у вкладці «Одиниці виміру» (рис. 2,в) користувач може встановити зручну для себе систему вимірювання параметрів.

2. Основне меню та перегляд параметрів

Головним інструментом для діагностики є

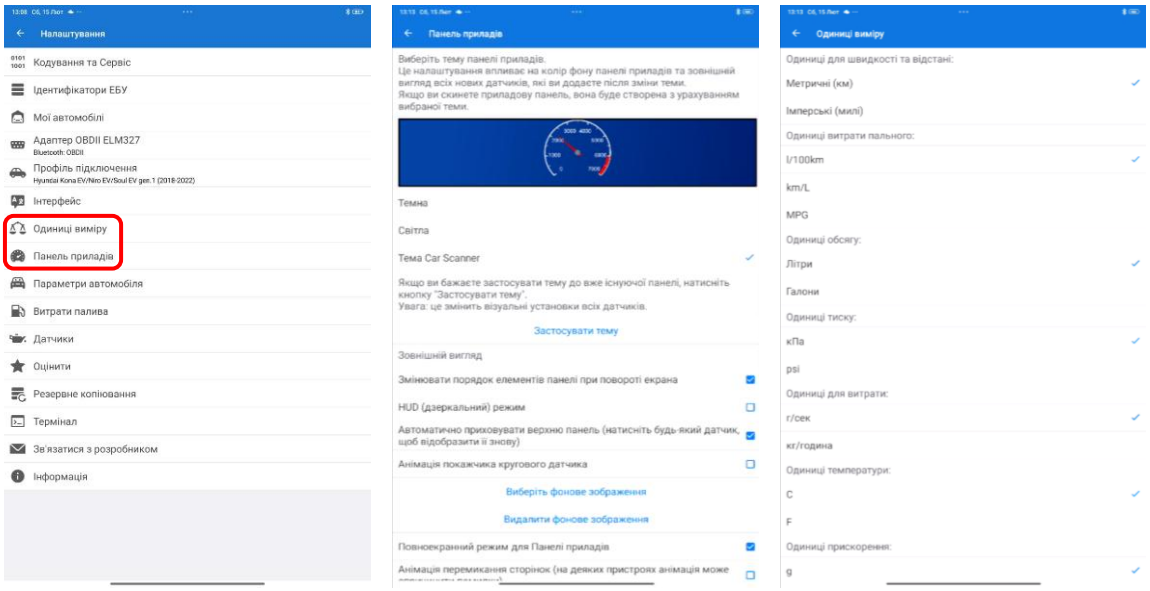
меню «Панель приладів» (рис. 2,б), яке дозволяє відстежувати всі критичні параметри автомобіля. Це меню можна налаштувати відповідно до власних потреб:

– додати додаткові екрани для різних груп параметрів;

– змінити вигляд показників (цифрові значення, графіки);

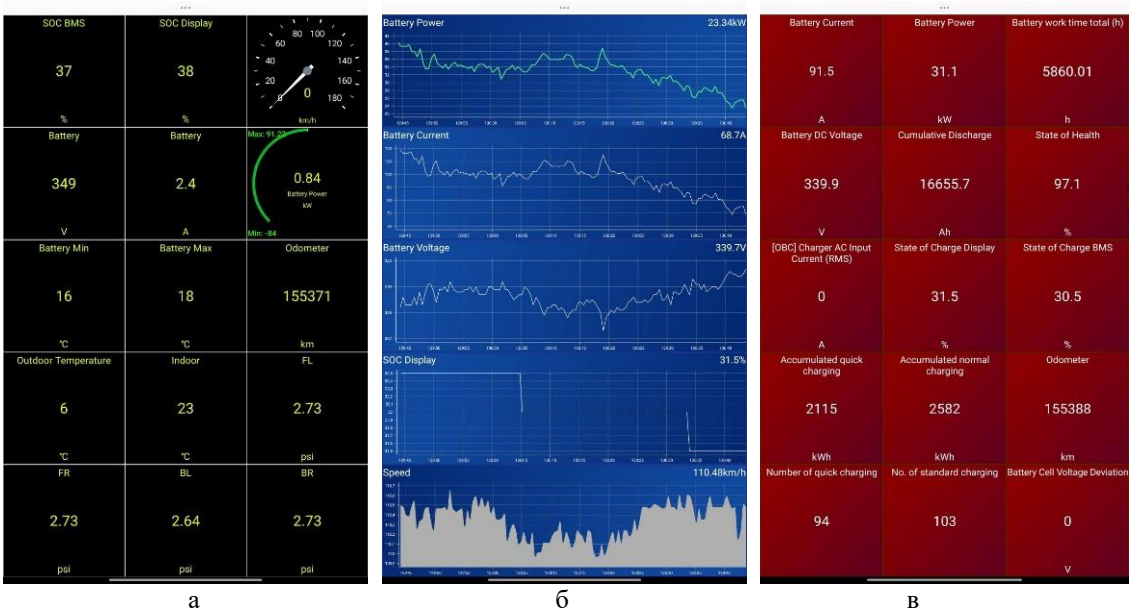
– згрупувати дані за функціональними категоріями.

На рис. 3 та рис. 4 зображено різні конфігурації меню «Панель приладів», що використовуються для діагностики Hyundai Kona Electric.



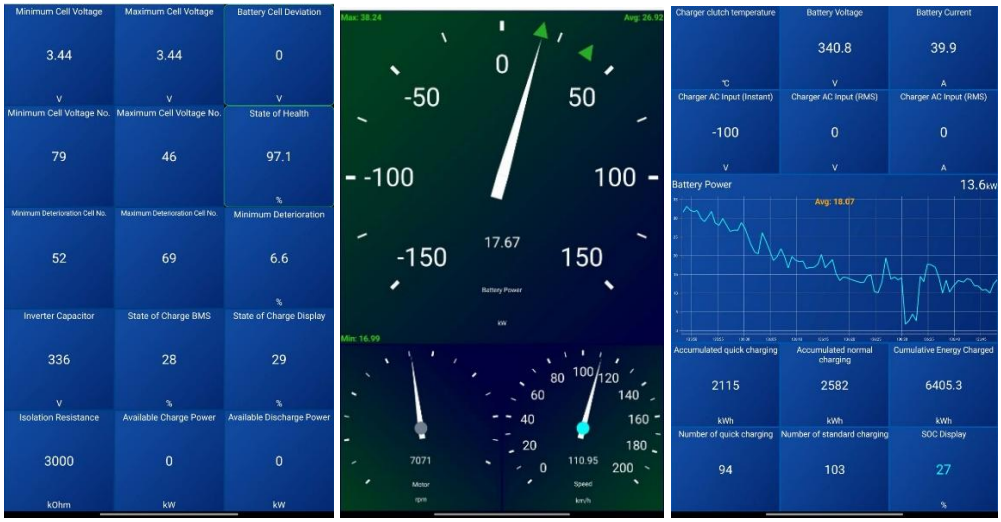
а б в

Рис. 2 – Екрани застосунку Car Scanner ELM OBD-II: а – екран меню «Налаштування»; б – екран вкладки «Панель приладів»; в – екран вкладки «Одиниці виміру»



а б в

Рис. 3 – Екрани меню «Панель приладів» застосунку Car Scanner ELM OBD-II: а – перший екран (показники); б – другий екран (графіки); в – третій екран (показники)



а б в

Рис. 4 – Екрани меню «Панель приладів» застосунку Car Scanner ELM OBD-II: а – четвертий екран (показники); б – п’ятий екран (аналогові показники); в – шостий екран (комбінований)

3. Аналіз стану високовольтної батареї

Одним із найважливіших аспектів діагностики електромобіля є аналіз параметрів високовольтної АКБ**,** які дозволяють оцінити її поточний стан та ефективність роботи (рис. 3,а):

– SOC BMS (State of Charge) – рівень заряду батареї за даними BMS – 37%;

– SOC Display – рівень заряду, що відображається на приладовій панелі – 38%;

– напруга батареї – 349 В;

– струм (заряд/розряд) – 2,4 А;

– потужність споживання – 0,84 кВт;

– температурний діапазон батареї – від 16°C до 18°C;

– одометр – 155371 км.

4. Аналіз енергоспоживання та ефективності роботи електросистем

На основі даних екрану рис. 3,б можна простежити динаміку витрат енергії в залежності від часу:

– графік Battery Power – відображає зміни енергоспоживання в русі;

– графік струму батареї – показує зміну сили струму у різних режимах роботи;

– графік напруги батареї – дозволяє визначити стабільність напруги під час навантажень;

– графік заряду батареї – візуалізує рівень заряду в динаміці;

– графік швидкості – показує зміни швидкості автомобіля.

Ці параметри допомагають визначити ефективність роботи електросистем та розподіл навантаження на батарею.

5. Оцінка стану АКБ та її деградації

Оцінка стану високовольтної акумуляторної батареї (АКБ) є одним із ключових етапів діагностики електромобіля. Деградація батареї визначається за параметром стан працездатності батареї SOH (State of Health), який відображає залишкову ємність батареї у порівнянні з її початковою характеристикою.

Аналізуючи дані рис. 3,в, можна визначити такі параметри:

– загальний час роботи батареї, T_{total}=5860,01 год;

– накопичена ємність розряду**,** Q_{dis}=16655,7 А·год;

– стан працездатності батареї, SOH=97,1 %;

– кількість швидких заряджань, N_{fast} =94;

– кількість повільних заряджань, N_{slow}=103.

Для визначення залишкової ємності батареї використовують формулу:

$$Q_{rem}=Q_{nom}-(Q_{nom}\cdot D)/100,$$

де Q_{rem} – залишкова ємність батареї; Q_{nom} – номінальна ємність батареї (64 кВт·год); D – рівень деградації батареї у відсотках.

Підставляючи значення:

$$Q_{rem} =64-(64\times 2{,}9)/100=62{,}14 \text{ кВт·год}.$$

Отже, після 5860 год роботи батарея зберегла приблизно 62 кВт·год ємності.

6. Аналіз режимів заряджання

Режими заряджання дозволяють оцінити, як саме батарея отримувала енергію протягом експлуатації.

– загальна кількість енергії, отримана при швидкому заряджанні, E_{fast}=2115 кВт·год;

– кількість швидких заряджань, N_{fast}=94;

– загальна кількість енергії, отримана при повільному заряджанні, E_{slow}=2582 кВт·год,

– кількість повільних заряджань, N_{slow}=103.

Середню кількість енергії, отриманої за одну зарядку, можна обчислити за формулою:

$$E_{avg}=E_{total}/N,$$

де E_{avg} – середня кількість отриманої енергії за один цикл зарядки; E_{total} – загальна кількість отриманої енергії; N – кількість зарядних циклів.

Для швидкого заряджання:

$$E_{avg,fast}=2115/94=22,5 \text{ кВт·год.}$$

Для повільного заряджання:

$$E_{avg,slow}=2582/103=20,07 \text{ кВт·год.}$$

Додатково можна оцінити частку енергії, отриманої завдяки рекуперативному гальмуванню:

$$E_{rec}=E_{total}-(E_{fast}+E_{slow}),$$

де E_{rec} – енергія, отримана за рахунок рекуперації; E_{total} = 6405,3 кВт·год – загальна кількість отриманої енергії.

Підставляючи значення:

$$E_{rec}=6405,3-(2115+2582)=1708,3 \text{ кВт·год.}$$

Частка рекуперативної енергії у загальному балансі енергії:

$$(E_{rec}\cdot 100)/ E_{total} =(1708,3\cdot 100)/6405,3=26,67 \text{ \%.}$$

Таким чином, електромобіль отримав 26,67 % енергії завдяки рекуперативному гальмуванню.

Якщо припустити, що середнє споживання електромобіля ($E_{avg.calc}$) складає від 18 кВт до 21 кВт на 100 км, то за наявними показниками можна оцінити параметр споживання електроенергії електромобілем та визначити, чи робилось щось з високовольтною АКБ:

$$E_{avg.calc}=E_{total}/\text{одометр} \cdot 100;$$

$$E_{avg.calc}=6405,3/155371\cdot 100 = 4,1 \text{ кВт.}$$

Отриманий результат показує, що, скоріше за все, була проведена заміна високовольтної батареї на цій Hyundai Kona Electric. Саме так, в електромобілі, який діагностується було замінено високовольтну АКБ.

Якщо взяти середній показник споживання електромобіля біля 20 кВт на 100 км, отримаємо, що вже з заміненою високовольтною батареєю цей електромобіль проїхав близько 20-25 тис. км. Це не точний підрахунок, але доволі індикативний, який дає уяву про пробіг і стан електромобіля та його високовольтної АКБ.

7. Додатковий аналіз електричних параметрів

Балансування комірок АКБ і перевірка електричних параметрів дозволяють виявити потенційні проблеми із батареєю або іншими компонентами електросистеми.

За даними рисунка 4,а:

– мінімальна і максимальна напруга комірок, $U_{min}=U_{max}$=3,44 В;

– різниця між мінімальною та максимальною напругою, ΔU=0 В;

– напруга конденсаторів інвертора, U_{cap}=336 В;

– опір ізоляції, R_{iso}=3000 кОм.

Щоб перевірити коректність показників накопиченої енергії, розраховують загальну отриману енергію батареї:

$$E_{calc}=Q_{dis}\times U_{avg},$$

де Q_{dis} – накопичена ємність розряду, Q_{dis} =16655,7 А·год; U_{avg} – середня напруга батареї, U_{avg} = 390 В.

$$E_{calc}=16655,7\cdot 390=6495,7 \text{ кВт·год.}$$

Зіставляючи цей результат із даними Car Scanner на рис. 4,в, де загальна кількість отриманої при зарядці енергії складає 6405,3 кВт·год, бачимо, що результати практично збігаються, що свідчить про коректт-

ність даних.

Ще одним важливим показником є загальний час роботи батареї, який не коригується у блоці управління. У нашому випадку:

– загальний час роботи батареї, T_{total}=5860,01 год;

– загальний час заряджання, T_{charge}=1838 год;

– час фактичного використання батареї (мотогодини):

$$T_{op}=T_{total}-T_{charge};$$

$$T_{op}=5860,01-1838=4044,01 \text{ год}.$$

Цей параметр дозволяє оцінити реальний пробіг електромобіля та перевірити можливість коригування показників одометра.

Аналіз можливостей Car Scanner ELM OBD-II при діагностиці Hyundai Kona Electric

Застосунок Car Scanner ELM OBD-II надає широкий функціонал для оцінки параметрів автомобіля та роботи його електронних блоків управління. Для зручності користувач може налаштовувати спосіб відображення даних, вибираючи між суміщеним (усі показники на одному графіку) або роздільним режимом (кожен параметр окремо). Це можна зробити у меню «Показники» (рис. 5,б).

У меню «Усі датчики» (рис. 5,в) доступний повний перелік сенсорів, значення яких може відображати програма.

Діагностика та виявлення несправностей

Пункт меню «Помилки (DTC)» (рис. 6,а) дає змогу переглянути активні коди несправностей та провести діагностику модулів на наявність помилок. Якщо певний компонент працює некоректно, застосунок зчитує коди помилок і надає інформацію про можливі причини.

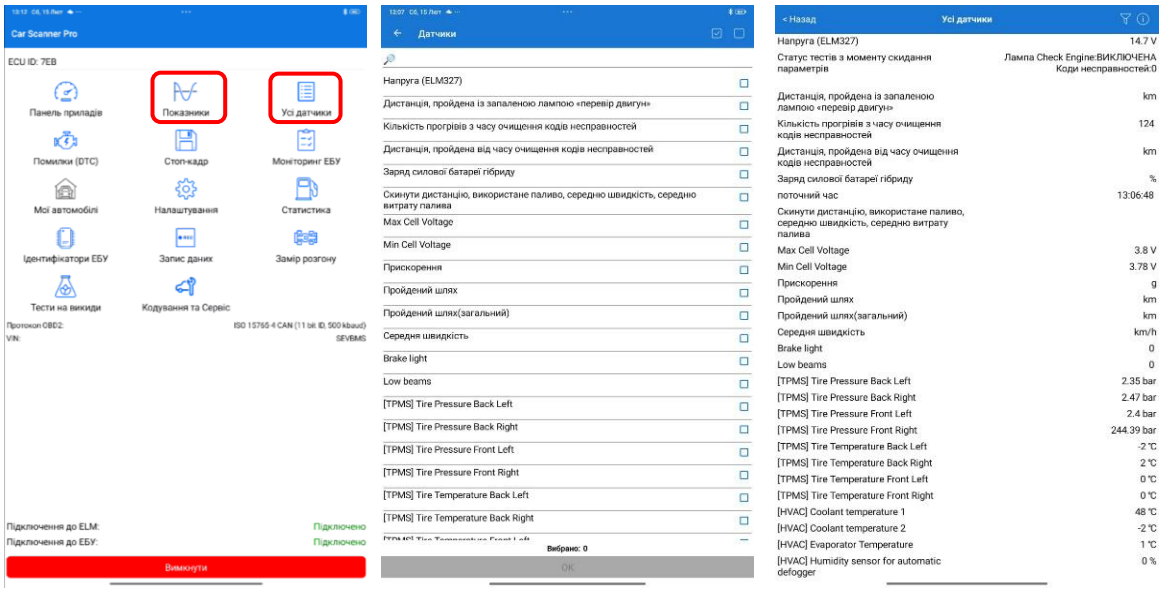
Меню «Стоп-кадр» (рис. 6,б) зберігає дані про роботу автомобіля у момент виникнення помилки. Це дозволяє зрозуміти, за яких умов відбулася несправність, аналізуючи параметри датчиків у цей момент.

Меню «Моніторинг ЕБУ» (рис. 6,в) дає змогу порівняти фактичні параметри роботи автомобіля із заводськими значеннями. Якщо показники виходять за допустимі межі, це може бути причиною появи індикатора «Check Engine» на приладовій панелі.

Динамічні тести та аналіз електронних модулів

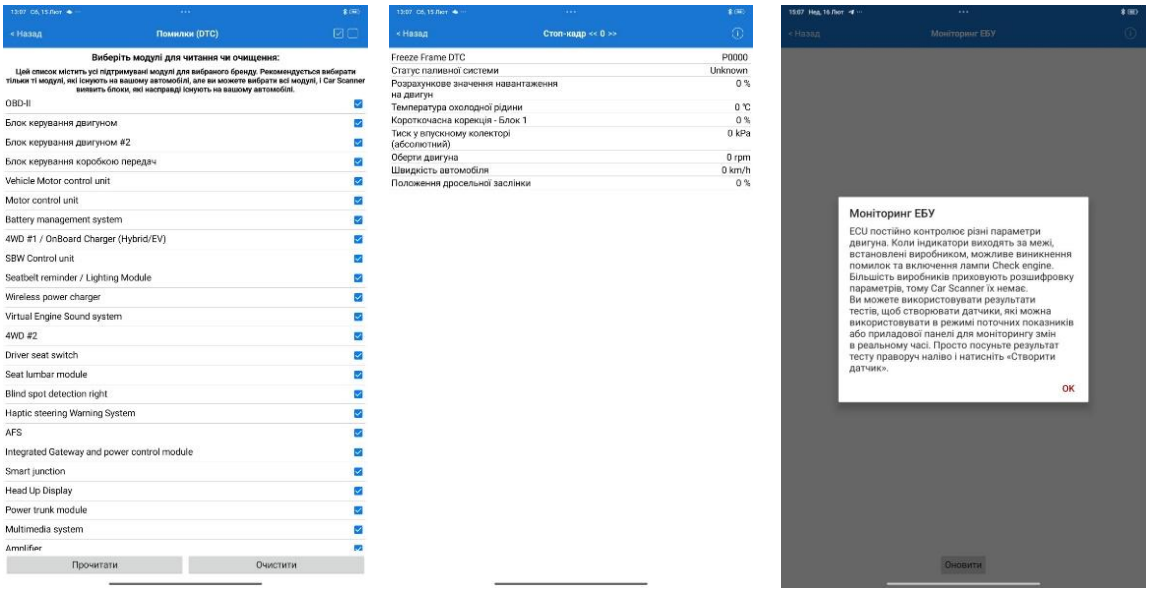
Меню «Замір розгону» (рис. 7,а) використовується для вимірювання часу прискорення та гальмування транспортного засобу.

Меню «Ідентифікатори ЕБУ» (рис. 7,б) містить перелік усіх електронних модулів автомобіля. Користувач може вибрати конкретні блоки або запустити автоматичний пошук, щоб застосунок самостійно виявив наявні системи.



а б в

Рис. 5 – Екрани застосунку Car Scanner ELM OBD-II для вибору показників діагностування: а – головний екран додатку; б – екран меню «Показники»; в – екран меню «Усі датчики»



а б в

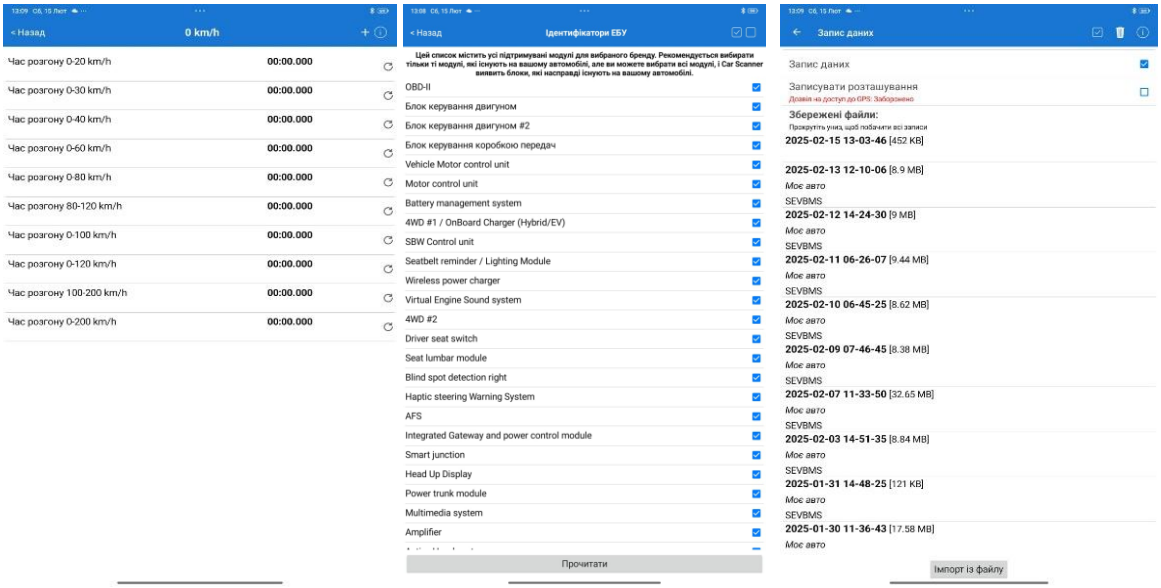
Рис. 6 – Екрани застосунку Car Scanner ELM OBD-II для зчитування помилок: а – екран меню «Помилки (DTC)»; б – екран меню «Стоп-кадр»; в – екран меню «Моніторинг ЕБУ»

Запис, аналіз і тестування параметрів

Меню «Запис даних» (рис. 7,в) дозволяє зберігати результати діагностики для подальшого аналізу. Користувач може переглядати історію тестувань, обираючи потрібні датчики та показники.

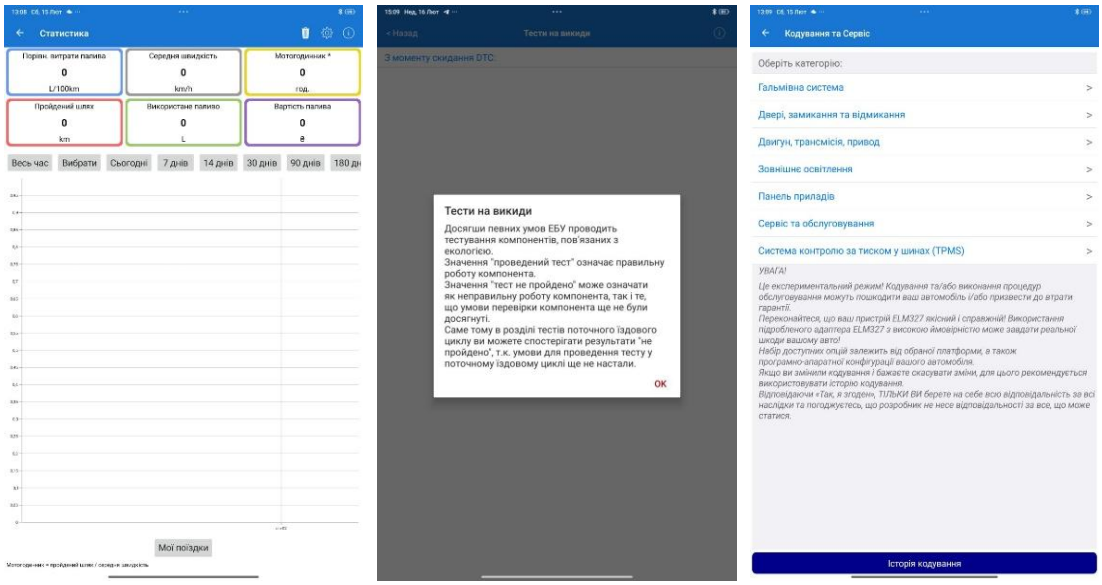
Меню «Статистика» (рис. 8,а) надає можливість задавати власні параметри, такі як вартість пального або електроенергії, ємність батареї та середнє споживання. Це дозволяє розраховувати витрати на експлуатацію автомобіля за певний період часу.

Меню «Тести на викиди» (рис. 8,б) використовується для оцінки роботи екологічних систем транспортного засобу. При досягненні певних умов електронний блок управління проводить тестування компонентів, відповідальних за контроль викидів. Результат «Тест пройдено» свідчить про їх коректну роботу, а невідповідність вказує на потенційну проблему.



а б в

Рис. 7 – Екрани застосунку Car Scanner ELM OBD-II для запису та зберігання даних діагностування: а – екран меню «Замір розгону»; б – екран меню «Ідентифікатори ЕБУ»; в – екран меню «Запис даних»



а б в

Рис. 8 – Екрани застосунку Car Scanner ELM OBD-II для визначення та зміни параметрів ЕБУ: а – екран меню «Статистика»; б – екран меню «Тести на викиди»; в – екран меню «Кодування та Сервіс»

Кодування та зміна параметрів ЕБУ

Меню «Кодування та Сервіс» (рис. 8,в) дозволяє змінювати налаштування окремих систем автомобіля. Для Hyundai Kona Electric доступні наступні параметри:

– гальмівна система;

– управління дверима (замикання, затримка відкривання);

– робота двигуна та трансмісії (режими потужності, налаштування приводу);

– зовнішнє освітлення (режими роботи фар, затримка вимкнення);

– панель приладів (відображення параметрів);

– сервісне обслуговування (скидання інтервалів техобслуговування);

– контроль тиску в шинах.

Ці можливості дозволяють налаштовувати автомобіль відповідно до потреб користувача, а також контролювати роботу електронних компонентів для забезпечення їх стабільної роботи.

Висновки

Проведене дослідження підтвердило ефективність використання Car Scanner ELM OBD-II для діагностики електромобілів, зокрема Hyundai Kona Electric. Застосунок виявився зручним для використання, оскільки не потребує спеціальних технічних знань, що робить його доступним для широкого кола користувачів. Його функціонал дозволяє зчитувати та аналізувати коди помилок, здійснювати моніторинг роботи високовольтної акумуляторної батареї, електродвигуна, інвертора та інших електросистем у режимі реального часу.

Результати дослідження показали, що Car Scanner ELM OBD-II надає цінну інформацію про стан електромобіля, включаючи стан працездатності батареї (SOH), енергоспоживання та ефективність рекуперації. Зокрема, було виявлено, що діагностований автомобіль мав замінену батарею, яка має SOH 97,1%. Вже на заміненій високовольтній АКБ електромобіль проїхав біля 20-25 тис.км. Це свідчить про можливість використання застосунку для оцінки залишкового ресурсу батареї та планування її заміни.

Використання Car Scanner ELM OBD-II дозволяє користувачам самостійно контролювати технічний стан транспортного засобу та виявляти потенційні несправності. Це дозволяє зменшити потребу в дорогій професійній діагностиці, водночас підвищуючи ефективність і довговічність експлуатації електромобілів.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на порівняння Car Scanner ELM OBD-II з іншими діагностичними інструментами, а також на розробку додаткових функцій для моніторингу та аналізу даних електромобілів.

Література

1. Arhun, S., Hnatov, A., Hnatova, H., Patlins, A., & Kunicina, N. (2020). *Problems that have arisen in universities in connection with COVID-19 on the example of the Double Degree Master's Program "Electric Vehicles and Energy-Saving Technologies."* 2020 IEEE 61st Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, RTUCON 2020 - Proceedings. Scopus. https://doi.org/10.1109/RTUCON51174.2020.9316601
2. Borodenko, Y., Arhun, S., Hnatov, A., Kunicina, N., Bisenieks, M., Migal, V., & Hnatova, H. (2023). Diagnostics of electric drive Electric vehicle with Valve Motor. *Przeglad Elektrotechniczny*, *2023*(6), 32–38. Scopus. https://doi.org/10.15199/48.2023.06.07
3. Migal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Ulianets, O., & Shevchenko, I. (2024). Requirements for vibroacoustic methods of the quality assessment of vehicles traction electric motors. *Noise and Vibration Worldwide*, *55*(4–5), 189–276. Scopus. https://doi.org/10.1177/09574565241243390
4. Zabasta, A., Peuteman, J., Kunicina, N., Kazymyr, V., Hvesenya, S., Hnatov, A., Paliyeva, T., & Ribickis, L. (2020). Research on cross-domain study curricula in cyber-physical systems: A case study of Belarusian and Ukrainian Universities. *Education Sciences*, *10*(10), 282.
5. Arhun, S., Borodenko, Y., Hnatov, A., Popova, A., Hnatova, H., Kunicina, N., Ziravecka, A., Zabasta, A., & Ribickis, L. (2020). Choice of Parameters for the Electrodrive Diagnostic System of Hybrid Vehicle Traction. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, *57*(4), 3–11. https://doi.org/10.2478/lpts-2020-0017
6. *Car Scanner ELM OBD2 – The best car OBD2 diagnostic solution for iOS and Android in your pocket!* (n.d.). Retrieved March 6, 2025, from https://www.carscanner.info/
7. *OBD2 query*. (2022, June 11). Speak EV - Electric Car Forums. https://www.speakev.com/threads/obd2-query.170050/
8. Arhun, S., Migal, V., Hnatov, A., Hnatova, H., & Ulyanets, O. (2020). System approach to the evaluation of the traction electric motor quality. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, *7*(26). Scopus. https://doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.162693
9. Arhun, S., Migal, V., Hnatov, A., Ponikarovska, S., Hnatova, A., & Novichonok, S. (2020). Determining the quality of electric motors by vibrodiagnostic characteristics. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, *7*(29). Scopus. https://doi.org/10.4108/EAI.13-7-2018.164101
10. Mygal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Ulianets, O., Kunicina, N., & Ribickis, L. (2022). *Diagnostics of Tractor Transmissions by Vibration Levels*. ENERGYCON 2022 - 2022 IEEE 7th International Energy Conference, Proceedings. Scopus. https://doi.org/10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830506
11. *A Good OBD2 Compatible with Electric Cars*. (n.d.). Foxwell Diag. Retrieved March 6, 2025, from https://www.foxwelldiag.com/blogs/car-diagnostic/obd2-compatible-electric-cars
12. Borodenko, Y., Ribickis, L., Zabasta, A., Arhun, S., Kunicina, N., Zhiravetska, A., Hnatova, H., Hnatov, A., Patlins, A., & Kunicins, K. (2020). Using the method of the spectral analysis in diagnostics of electrical process of propulsion systems power supply in electric car. *Przeglad Elektrotechniczny*, *96*(10), 47–50. https://doi.org/10.15199/48.2020.10.08
13. Гнатов, А. В., Аргун, Щ. В., Гнатова, Г. А., & Підгора, О. В. (2016). *Електробус на суперконденсаторах для міських перевезень з надшвидкою зарядкою*. *Вісник ХНАДУ*, *72*, 29–72. *Hnatov, A. V., Arhun, Sh. V., Hnatova, H. A., & Pidhora, O. V. (2016).* Elektrobus na superkondensatorakh dlia miskykh perevezen z nadshvydkoiu zariadkoiu *[Supercapacitor electric bus for urban transportation with ultra-fast charging]*. *Visnyk KhNADU*, *72*, *29–72.* [in Ukrainian].
14. Аргун, Щ. В., Гнатов, А. В., & Ульянець, О. А. (2016). Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорт та його інфраструктура. *ВІСНИК ЖДТУ*, *2*(77), 18–26. Arhun, Sh. V., Hnatov, A. V., & Ulyanets, O. A. (2016). *Ekolohichnyi ta enerhoefektyvnyi avtomobilnyi transport ta yoho infrastruktura* [Ecological and energy-efficient automobile transport and its infrastructure]. *Visnyk ZhDTU*, 2(77), 18–26. [in Ukrainian].
15. Zoryna, T. G., Aliaksandrovich, S. A., Valeeva, Y. S., Kalinina, M. V., Ilikova, L. E., & Suvonovich, E. Y. (2022). Measures to stimulate the development of electric transport as a tool for the development of the territory. *2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/EEAE53789.2022.9831360
16. Małek, A., & Taccani, R. (2021). Innovative approach to electric vehicle diagnostics. *Archiwum Motoryzacji*, *92*(2), 49–67. https://doi.org/10.14669/AM.VOL92.ART4
17. You, G.-W., Park, S., & Oh, D. (2017). Diagnosis of Electric Vehicle Batteries Using Recurrent Neural Networks. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, *64*(6), 4885–4893. IEEE Transactions on Industrial Electronics. https://doi.org/10.1109/TIE.2017.2674593
18. Zhao, J., & Burke, A. F. (2022). Electric vehicle batteries: Status and perspectives of data-driven diagnosis and prognosis. *Batteries*, *8*(10), 142. https://doi.org/10.3390/batteries8100142

19. Rybitskyi, O., Golian, V., Golian, N., Dudar, Z., Kalynychenko, O., & Nikitin, D. (2023). Using OBD-2 technology for vehicle diagnostic and using it in the information system. *Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: System Analysis, Control and Information Technologies, 1 (9)*, 97–103. https://doi.org/10.20998/2079-0023.2023.01.15
20. Rimpas, D., Papadakis, A., & Samarakou, M. (2020). OBD-II sensor diagnostics for monitoring vehicle operation and consumption. *Energy Reports*, *6*, 55–63. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.10.018
21. Iskandar, K., Tambayong, A., Mulya, M. R. F., Elfanlie, S. C., & Herlina, M. G. (2023). Mobile-Based Car Diagnostic Application Using Onboard Diagnostic-II Scanner. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, *14*(2), 129–141. https://doi.org/10.21512/comtech.v14i2.9138
22. More, A., Khane, S., Jadhav, D., Sahoo, H., & Mali, Y. K. (2024). Auto-shield: Iot based OBD Application for Car Health Monitoring. *2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1–10. https://doi.org/10.1109/ICCCNT61001.2024.10726186
23. Kezia, M., & Anusuya, K. V. (2023). IoT-based Web-Integrated OBD-II Telematics for Real-Time Vehicle Health Monitoring System. *2023 International Conference on Intelligent Technologies for Sustainable Electric and Communications Systems (iTech SECOM)*, 91–96. https://doi.org/10.1109/iTechSECOM59882.2023.10435307
24. Hong, J., Liang, F., Yang, J., & Du, S. (2024). An exhaustive review of battery faults and diagnostic techniques for real-world electric vehicle safety. *Journal of Energy Storage*, *99*, 113234. https://doi.org/10.1016/j.est.2024.113234
25. Wu, C., Sehab, R., Akrad, A., & Morel, C. (2022). Fault diagnosis methods and Fault tolerant control strategies for the electric vehicle powertrains. *Energies*, *15*(13), 4840. https://doi.org/10.3390/en15134840
26. Kaplan, H., Tehrani, K., & Jamshidi, M. (2021). A fault diagnosis design based on deep learning approach for electric vehicle applications. *Energies*, *14*(20), 6599. https://doi.org/10.3390/en14206599
27. *Car Scanner ELM OBD2*. (n.d.). https://pdalife.com.ua/car-scanner-elm-obd2-android-a31553.html

Гнатов Андрій Вікторович[1], д.т.н., проф., завідувач каф. автомобільної електроніки, тел. +38 0667430887, kalifus76@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0932-8849

Аргун Щасяна Валіковна[1], д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 0993780451, shasyana@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6098-8661

Сохін Павло Андрійович[1], аспірант кафедри автомобільної електроніки, тел. +38 0633473433, info@elektrocar.com.ua ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2823-2239

Григоренко Наталя Володимирівна[1], асистент, кафедра автомобільної електроніки, тел. +380950094520, hryhorenkonatalia11@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0009-0002-5849-1992

[1]Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25

Using the Car Scanner ELM OBD-II program for diagnosing Hyundai Kona Electric

Annotation. Problem. *The increasing popularity of electric vehicles (EVs) necessitates effective diagnostic methods tailored to their specific components, such as high-voltage batteries, inverters, and traction motors. Traditional diagnostic approaches designed for internal combustion engine (ICE) vehicles are not always suitable for EVs.* ***Goal.*** *To investigate the effectiveness of the Car Scanner ELM OBD-II application for diagnosing electric vehicles, particularly the Hyundai Kona Electric, and to assess its capabilities in monitoring key operational parameters.* ***Methodology.*** *The study involved real-time data collection and analysis using the Car Scanner ELM OBD-II application. Diagnostic tests were conducted on a Hyundai Kona Electric, focusing on evaluating the high-voltage battery's state of health (SOH), energy consumption analysis, and error code detection. The obtained results were compared with manufacturer specifications and alternative diagnostic methods.* ***Results.*** *The research confirmed that the Car Scanner ELM OBD-II provides valuable insights into EV operation, enabling real-time monitoring of the high-voltage battery, electric motor, and inverter. The analysis revealed that the tested vehicle had undergone a battery replacement, with a remaining SOH of 97.1% and an estimated capacity of approximately 62 kWh. Furthermore, the study demonstrated the application's ability to assess energy recuperation efficiency, charging cycles, and error code detection.* ***Originality.*** *Unlike conventional ICE diagnostics, this study focuses on the applicability of OBD-II tools for electric vehicles. The proposed methodology can be used to evaluate battery condition and overall EV performance, contributing to reduced maintenance costs and improved vehicle reliability.* ***Practical value.*** *The findings highlight the feasibility of using affordable OBD-II scanners for EV diagnostics, allowing users to independently monitor their vehicle's technical condition and detect potential*

faults. This approach minimizes the need for costly professional diagnostics while enhancing EV efficiency and longevity.

Key words: *electric vehicle diagnostics, OBD-II scanner, battery state of health, real-time monitoring, Hyundai Kona Electric, energy recuperation, error code analysis.*

Arhun Shchasiana[1], professor, Doct. of Science, Vehicle Electronics Department,
tel. +38 0993780451, shasyana@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6098-8661

Hnatov Andrii[1], professor, Doct. of Science, Head of Vehicle Electronics Department,
tel. +38 0667430887, kalifus76@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0932-8849

Sokhin Pavlo[1], postgraduate, Vehicle Electronics Department, e-mail: info@elektrocar.com.ua,
tel. +38 0633473433,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2823-2239

Hryhorenko Natalia[1], assistant, Vehicle Electronics Department, tel. +380950094520,
hryhorenkonatalia11@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-5849-1992

[1]Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.