

Sinusoidal Winding Distribution. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics. 10.1109/JESTPE.2025.3565805.

4. Butt, Osama & Butt, Tallal & Ashfaq, Muhammad & Talha, Muhammad & Raihan, Siti & Hussain, Majid. (2022). Simulative Study to Reduce DC-Link Capacitor of Drive Train for Electric Vehicles. Energies. 15. 10.3390/en15124499.

5. Su, Gui-Jia & Wilkins, Jon & Xue, Lingxiao & Ozpineci, Burak & Sahu, Raj & Gurpinar, Emre. (2023). A High-Power Density Segmented Traction Drive Inverter. 1825-1830. 10.1109/ECCE53617.2023.10361985.

6. Xue, Lingxiao & Su, Gui-Jia & Ozpineci, Burak. (2021). DC-Ripple-Energy Adaptive-Minimization (DREAM) Modulation Scheme for a High Power Density Inverter. 186-191. 10.1109/APEC42165.2021.9487324.

Науковий консультант Нечаус А.О., доцент кафедри автомобільної електроніки, канд. техн. наук

Босенко Богдан Максимович, студент групи АЕ-46-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ CAR SCANNER ELM OBD2

Вступ

Стрімкий розвиток автомобільної галузі у світі супроводжується активним впровадженням електромобілів (EV), які поступово стають важливою складовою сучасної транспортної системи. Це обумовлено їх екологічними перевагами, високою енергоефективністю, зниженням залежності від традиційних палив та перспективами розвитку сталої мобільності. Разом із поширенням EV зростає і потреба у вдосконаленні методів їх технічного обслуговування та діагностики.

На відміну від автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, EV мають специфічну конструкцію, до складу якої входять високовольтна акумуляторна батарея, система керування зарядом, електродвигун, інвертор, перетворювачі напруги, електронні блоки керування та велика кількість датчиків. Надійність і безпечність роботи цих систем значною мірою залежать від своєчасного виявлення несправностей, відхилень у робочих параметрах та правильного аналізу технічного стану транспортного засобу (ТЗ) [1-3].

У сучасних умовах особливого значення набувають цифрові засоби діагностики, які дозволяють отримувати оперативну інформацію про стан систем автомобіля без складного розбирання чи тривалих перевірок. Одним із доступних і поширених засобів є використання OBD2-сканерів та спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема Car Scanner ELM OBD2. Цей інструмент дає змогу зчитувати коди помилок, контролювати параметри роботи окремих систем у реальному часі, аналізувати дані з електронних блоків керування та оцінювати технічний стан електромобіля. Завдяки доступності, простоті застосування та достатній інформативності такий підхід є

перспективним як для сервісного обслуговування, так і для навчальних і дослідницьких цілей [4-7].

Актуальність теми роботи полягає у зростаючій потребі в ефективних, доступних і сучасних методах діагностики EV, які дозволяють підвищити якість технічного контролю, скоротити час виявлення несправностей та забезпечити надійну експлуатацію ТЗ. Використання сканера Car Scanner ELM OBD2 є доцільним для дослідження особливостей діагностування EV, оскільки поєднує практичність, універсальність і можливість отримання важливих технічних даних у режимі реального часу [8].

Метою роботи є дослідження особливостей діагностики електромобілів з використанням сканера Car Scanner ELM OBD2, визначення його функціональних можливостей та оцінка ефективності застосунку для контролю технічного стану електромобіля.

Загальна характеристика методів діагностики електромобілів

Діагностика електромобілів є важливим елементом забезпечення їх надійної, безпечної та ефективної експлуатації. Вона базується на використанні комплексу методів, що дозволяють визначити технічний стан транспортного засобу, виявляти несправності, контролювати робочі параметри окремих систем і оцінювати відхилення від нормативних значень. На відміну від традиційних автомобілів, у електромобілях більшість ключових процесів пов'язана з електричними, електронними та програмно-керованими системами, тому особливого значення набувають цифрові методи контролю, рисунок 1 [1,4,8-10].



Рисунок 1 – Діагностика та ремонт силових систем EV

До основних методів діагностики електромобілів належать візуальний контроль, функціональна перевірка, інструментальна діагностика, комп'ютерна діагностика та аналіз параметрів у реальному часі. Візуальний контроль дозволяє виявити зовнішні пошкодження, дефекти з'єднань, ознаки перегріву, порушення герметичності або механічні пошкодження елементів. Функціональна перевірка дає можливість оцінити працездатність окремих систем під час запуску, руху, заряджання або гальмування [11-15].

Найбільш інформативною для сучасних електромобілів є комп'ютерна діагностика (рис. 2), яка забезпечує доступ до даних електронних блоків керування. Саме цей метод дозволяє зчитувати коди несправностей, отримувати

поточні параметри систем, аналізувати показники в режимі реального часу та формувати висновки про технічний стан транспортного засобу. Такі можливості особливо важливі для контролю роботи тягової батареї, електроприводу, зарядної системи та допоміжної електроніки.

У сучасній практиці комп'ютерна діагностика виконується за допомогою сканерів, адаптерів і спеціалізованого програмного забезпечення, що підключаються до бортової діагностичної системи автомобіля. Одним із найбільш доступних засобів для цього є використання адаптера ELM OBD2 у поєднанні з мобільним застосунком Car Scanner.

Особливості використання OBD2 в електромобілях

Система OBD2 є стандартом бортової діагностики, який забезпечує доступ до даних автомобіля через спеціальний діагностичний роз'єм. Первинно цей стандарт набув поширення в автомобілях з двигунами внутрішнього згоряння, але з розвитком електронних систем його можливості почали використовуватися і в електромобілях. Через OBD2 можна зчитувати інформацію з електронних блоків керування, отримувати коди несправностей, переглядати параметри роботи датчиків і окремих систем.



Рисунок 2 – Діагностика та ремонт силових систем EV

У випадку електромобілів застосування OBD2 має певні особливості. По-перше, склад доступних параметрів залежить від марки, моделі та програмної архітектури транспортного засобу. По-друге, частина спеціалізованих параметрів, пов'язаних із високовольтною батареєю, системою керування зарядом чи роботою тягового інвертора, може бути доступною лише частково. По-третє, універсальні сканери не завжди дозволяють отримати повний набір сервісної інформації, доступної дилерському обладнанню.

Разом із тим OBD2 залишається зручним і практичним інструментом первинної діагностики. За його допомогою можна швидко виявити наявність помилок, перевірити поточні значення напруги, температури, рівня заряду, навантаження, швидкості, режимів роботи допоміжних систем та низки інших показників. Для навчальних і дослідницьких цілей такий підхід є особливо корисним, оскільки дозволяє аналізувати технічний стан автомобіля без дорогого сервісного обладнання.

Сканер ELM OBD2 як засіб комп'ютерної діагностики

Сканер ELM OBD2 є універсальним адаптером для зчитування діагностичних даних із транспортного засобу через OBD2-роз'єм, рисунок 3. Найчастіше такі адаптери працюють через Bluetooth, Wi-Fi або USB та забезпечують передачу даних на смартфон, планшет або персональний комп'ютер. Вони широко використовуються завдяки доступній вартості, простоті підключення та сумісності з багатьма програмними продуктами.

Основним призначенням ELM OBD2 є встановлення зв'язку між бортовою системою діагностики автомобіля та зовнішнім пристроєм користувача. Після підключення адаптер приймає сигнали від електронних блоків керування, декодує їх і передає у зручному для подальшої обробки вигляді. Це дозволяє виконувати зчитування кодів помилок, переглядати поточні параметри та контролювати поведінку систем у режимі реального часу.

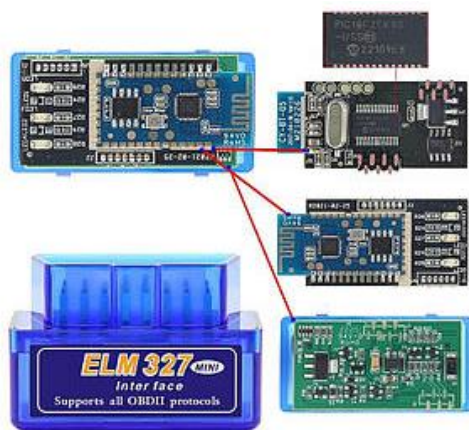


Рисунок 3 – Сканер ELM OBD2

До переваг сканера ELM OBD2 належать:

- компактність і зручність використання;
- доступність для широкого кола користувачів;
- можливість роботи з різними мобільними застосунками;
- оперативне отримання діагностичних даних;
- можливість стирання кодів несправностей після усунення помилки.

Разом із цим необхідно враховувати і певні обмеження. Якість роботи адаптера може залежати від його модифікації та виробника. Деякі дешеві версії мають обмежену сумісність або нестабільне з'єднання. Крім того, універсальний ELM OBD2 не завжди забезпечує доступ до всіх спеціалізованих параметрів електромобіля. Тому отримані результати слід оцінювати з урахуванням технічних можливостей конкретного адаптера.

Програмний застосунок Car Scanner та його функціональні можливості

Car Scanner ELM OBD2 є одним із найбільш відомих мобільних застосунків для комп'ютерної діагностики автомобілів. Він працює у поєднанні з адаптерами типу ELM327 та дозволяє користувачеві отримувати діагностичну

інформацію у зручному графічному вигляді. Застосунок підтримує різні режими роботи та може використовуватися як для загальної перевірки автомобіля, так і для більш детального аналізу окремих параметрів.

До основних функціональних можливостей Car Scanner належать:

- зчитування та розшифрування кодів несправностей;
- стирання кодів помилок після усунення несправностей;
- перегляд поточних параметрів роботи автомобіля;
- відображення даних у вигляді числових значень, таблиць, графіків і віртуальних панелей приладів;
- запис поїздок і збереження історії параметрів;
- моніторинг окремих показників у режимі реального часу.

Для електромобілів застосунок є цінним тим, що дає змогу контролювати параметри, пов'язані з роботою акумуляторної батареї, електродвигуна, систем заряджання та допоміжної електроніки. Залежно від моделі автомобіля, користувач може відстежувати напругу бортової мережі, рівень заряду батареї, споживання енергії, температурні режими, коди помилок систем керування та інші доступні показники [16-20].

Перевагою застосунку є його наочність. Інформація подається у зручному для аналізу вигляді, що спрощує спостереження за параметрами та дозволяє швидко виявляти відхилення. Це робить Car Scanner придатним не лише для практичного використання, але й для навчальних досліджень у сфері технічної діагностики електромобілів.

Порядок підключення та проведення діагностики

Процес діагностики електромобіля з використанням Car Scanner ELM OBD2 включає кілька послідовних етапів. Насамперед необхідно знайти OBD2-роз'єм автомобіля, який зазвичай розташований у зоні водія під панеллю приладів. Цей порт часто прикритий пластиковою кришкою, тож знайди його та під'єднай свій сканер OBD2, рисунок 4. Багато сучасних сканерів і зчитувачів кодів використовують Bluetooth замість дротів, тому, переконайся, що він увімкнений на вашому планшеті/смартфоні.

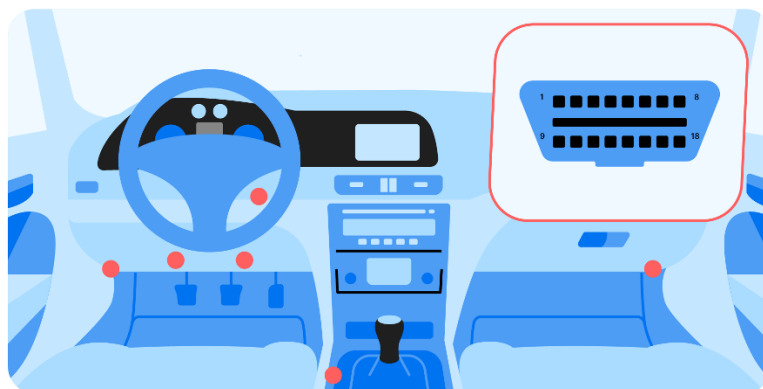


Рисунок 4 – Місця розташування порту OBD2 у різних автомобілях

Після цього до роз'єму підключається адаптер ELM OBD2. Наступним етапом є встановлення з'єднання між адаптером і мобільним пристроєм. Залежно від типу сканера це може бути Bluetooth або Wi-Fi-з'єднання. Далі користувач запускає застосунок Car Scanner, виконує налаштування типу адаптера, вибирає профіль автомобіля та встановлює сеанс зчитування даних.

Після підключення система дозволяє:

- перевірити наявність кодів несправностей;
- переглянути основні поточні параметри;
- вибрати потрібні датчики для спостереження;
- записати дані під час руху або заряджання;
- провести аналіз отриманих показників.

Залежно від мети дослідження діагностика може виконуватися в різних режимах: під час стоянки, у процесі руху, під час заряджання, у момент підвищеного навантаження або в режимі спостереження за окремими вузлами. Найбільш інформативним є аналіз параметрів у динаміці, оскільки він дозволяє оцінити реакцію систем на зміну умов роботи.

Для підвищення достовірності результатів бажано проводити не одноразове зчитування, а серію вимірювань у різних режимах роботи електромобіля. Це дозволяє краще виявити характерні особливості функціонування систем і відхилення в їх роботі [21-23].

Основні параметри, що можуть бути предметом діагностики

При використанні Car Scanner ELM OBD2 для електромобілів предметом діагностики можуть бути різні параметри, які характеризують стан і режими роботи транспортного засобу. До них насамперед належать електричні, температурні, енергетичні та службові показники.

Одним із найважливіших параметрів є рівень заряду акумуляторної батареї. Він дає змогу оцінити поточний запас енергії та здатність автомобіля до подальшого руху. Не менш важливими є напруга бортової мережі, температура окремих систем, струмові навантаження, дані про споживання енергії та швидкість руху.

У межах діагностики також можуть аналізуватися:

- наявність і тип кодів несправностей;
- параметри роботи системи заряджання;
- показники рекуперації енергії;
- температурний стан батареї або силових елементів;
- робота допоміжних систем;
- навантаження на електродвигун;
- зміни параметрів у часі.

Аналіз цих параметрів дає змогу не лише виявляти вже існуючі несправності, а й оцінювати загальну стабільність функціонування електромобіля. Особливо важливим є порівняння значень, отриманих у різних режимах експлуатації, оскільки це дозволяє встановити приховані відхилення та тенденції до погіршення технічного стану [24-27].

Переваги та обмеження використання Car Scanner ELM OBD2

Застосування Car Scanner ELM OBD2 у діагностиці електромобілів має низку суттєвих переваг. Насамперед це доступність такого засобу діагностики для широкого кола користувачів. Для роботи достатньо мати адаптер ELM OBD2 та смартфон із встановленим застосунком. Це значно спрощує процес контролю технічного стану автомобіля.

Іншою важливою перевагою є швидкість отримання інформації. Користувач може за короткий час зчитати коди помилок, переглянути основні параметри та оцінити поточний стан систем. Додатковою перевагою є наочність подання даних, що полегшує їх інтерпретацію. Застосунок також є зручним для навчального процесу, оскільки дозволяє демонструвати студентам реальні діагностичні параметри сучасного транспортного засобу.

Разом із тим існують і певні обмеження. По-перше, функціональність застосунку залежить від можливостей конкретного автомобіля та доступності параметрів через OBD2. По-друге, універсальний адаптер не замінює професійне дилерське обладнання, особливо у випадках складних несправностей. По-третє, для правильного аналізу даних необхідні відповідні знання про будову та принцип роботи електромобіля.

Крім того, слід пам'ятати, що не всі значення, які відображаються у застосунку, мають однакову діагностичну цінність. Частина з них є інформативною лише в сукупності з іншими параметрами або в певних режимах роботи. Саме тому результати комп'ютерної діагностики необхідно аналізувати комплексно [28, 29].

Висновки

Розглянуто основні методи та засоби діагностики електромобілів з використанням Car Scanner ELM OBD2. Встановлено, що серед сучасних підходів до оцінювання технічного стану електромобілів особливе місце посідає комп'ютерна діагностика, яка забезпечує доступ до параметрів електронних систем транспортного засобу.

Показано, що OBD2 є зручним інтерфейсом для отримання діагностичної інформації, а сканер ELM OBD2 у поєднанні з програмним застосунком Car Scanner є доступним засобом для зчитування кодів несправностей, перегляду поточних параметрів і моніторингу роботи автомобіля в реальному часі.

Визначено, що використання Car Scanner ELM OBD2 дозволяє аналізувати низку важливих параметрів електромобіля, зокрема рівень заряду, напругу, температурні показники, енергоспоживання, режими заряджання та службові повідомлення електронних систем. Разом із тим підкреслено, що такий засіб діагностики має певні обмеження, пов'язані з універсальністю адаптера та особливостями доступу до даних конкретного транспортного засобу.

Отже, застосування Car Scanner ELM OBD2 є доцільним для первинної комп'ютерної діагностики електромобілів, проведення навчальних досліджень і контролю основних параметрів технічного стану транспортного засобу.

Література

1. Kuņicina, N., Zabašta, A., Romānovs, A., Pečerska, J., Ribickis, L., Hnatov, A., Shchasiana, A., Dziubenko, O., Rudenko, N., Borodenko, Y., Danylenko, K., Morkun, N., Zavsiehdashnia, I., Sistuk, V., Monastyrskyi, Y., Ruban, S., Tron, V., Peuteman, J.: підручник/ Cyber-Physical Systems for Clean Transportation. Rīga: RTU Izdevniecība, 2021. 366 p. ISBN 978-9934-22-676-2.
2. Гнатів А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 2 / А. В. Гнатів, Щ. В. Аргун // - Харків : Вісник ХНАДУ. – 2017. – № 78. – С. 116–124.
3. Гнатів А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 1 / А. В. Гнатів, Щ. В. Аргун // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - Харьков : ХНАДУ, 2017. – №. 77. – С. 68–74.
4. Гнатів, А. В. Енергозберігаючі технології на транспорті : конспект лекцій [Електронний ресурс] / А. В. Гнатів, Щ. В. Аргун ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харків, 2021. - 142 с.
5. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / [А.В. Гнатів, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова]. – Х.: ХНАДУ, 2016 – 292 с.
6. Гнатів, А. В. Теорія електроприводу : конспект лекцій [Електронний ресурс] / А. В. Гнатів ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харків, 2020. - 144 с. Ч. 1 : Механічні характеристики електропривода постійного та змінного струму.
7. Гнатів А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А., Сохін П. А. Переобладнання автомобіля з ДВЗ в електромобіль. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2022. – № 21. – С. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2022.21.0.1>.
8. Zabasta, A., Peuteman, J., Kunicina, N., Kazymyr, V., Hvesenya, S., Hnatov, A., ... & 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.
9. Patlins, A., Hnatov, A., Kunicina, N., Arhun, S., Zabasta, A., & Ribickis, L. (2018, July). Sustainable pavement enable to produce electricity for road lighting using green energy. In 2018 Energy and Sustainability for Small Developing Economies (ES2DE) (pp. 1-2). IEEE.
10. Arhun, S., Borodenko, Y., Hnatov, A., Popova, A., Hnatova, H., Kunicina, N., ... & 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.
11. Arhun, S., Migal, V., Hnatov, A., Ponikarovska, S., Hnatova, H., & Novichonok, S. (2020). Determining the Quality of Electric Motors by Vibro-Diagnostic Characteristics. *EAI Endorsed Trans. Energy Web*, 7(29), e6.

12. Arhun, S., Hnatov, A., Hnatova, H., Patlins, A., & Kunicina, N. (2020, November). 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". In 2020 IEEE 61th international scientific conference on power and electrical engineering of Riga Technical university (RTUCON) (pp. 1-6). IEEE.
13. Аргун Щ.В. Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорті його інфраструктура / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Ульянець // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
14. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S., Hnatova, H., & Saraiev, O. (2022, May). Features of converting a car with an internal combustion engine into an electric car. In 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON) (pp. 1-6). IEEE.
15. Borodenko, Y., Ribickis, L., Zabasta, A., Arhun, S., Kunicina, N., Zhiravetska, 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.
16. 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 the Energy Web*, 7(26).
17. Гнатов А. В. Електромобілі – майбутнє, яке вже настало / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Ульянець // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 11. – С. 24-28.
18. Hnatov, A., Arhun, S., Tarasov, K., Hnatova, H., Mygal, V., Patlins, A. Researching the model of electric propulsion system for bus using Matlab Simulink //2019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON). – IEEE, 2019. – С. 1-6. DOI: 10.1109 / RTUCON48111.2019.8982352.
19. Trunova, I., Arhun, S., Hnatov, A., Apse-Apsitis, P., Kunicina, N., & Myhal, V. (2023). Sustainable approach development for education of electrical engineers in Long-Term online education conditions. *Sustainability*, 15(18), 13289.
20. Borodenko Y. M., Hnatov A. V., Arhun S. V., Sokhin P. A. (2023) Energy aspects of automobile transport development. *Automobile Transport*, (53). P.37-50. DOI: 10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.05
21. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S. Using of Green Energy from Sustainable Pavement Plates for Lighting Bikeways. In: *Transport Means 2018: Proceedings of 22nd International Scientific Conference, Lithuania, Trakai, 3-5 October, 2018*. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2018, pp.574-579.
22. Technical and economic calculation of a solar-powered charging station for electric vehicles. *Автомобільний транспорт*, Вип. 49, 2021, С. 71-78.

23. Мигаль, В. Д., Аргун, Щ. В., Гнатов, А. В., Гнатова, Г. А., & Сохін, П. А. (2022). Інтелектуальне діагностування транспортних засобів. 72–80. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2022.22.0.5>.
24. Gnatov, A., Argun, S., & Ulyanets, O. (2017, May). Joint innovative double degree master program «Energy-saving technologies in transport». In 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (pp. 1203-1207). IEEE.
25. Gnatov, A., Argun, S., & Rudenko, N. (2017, May). Smart road as a complex system of electric power generation. In 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (pp. 457-461). IEEE.
26. Hnatov, A., Patlins, A., Arhun, S., Kunicina, N., Hnatova, H., Ulianets, O., & Romanovs, A. (2020, September). Development of an unified energy-efficient system for urban transport. In 2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon) (pp. 248-253). IEEE.
27. Migal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Dvadnenko, V., & Ponikarovska, S. (2019). Substantiating the criteria for assessing the quality of asynchronous traction electric motors in electric vehicles and hybrid cars. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 36(10), 989-999.
28. Hnatov, A., Arhun, S., Ulyanets, O., & Ponikarovska, S. (2018, April). Ultracapacitors electrobus for urban transport. In 2018 IEEE 38th international conference on electronics and nanotechnology (ELNANO) (pp. 539-543). IEEE.
29. Bogajevskiy, A., Arhun, S., Hnatov, A., Dvadnenko, V., Kunicina, N., & Patlins, A. (2019, October). Selection of methods for modernizing the regulator of the rotation frequency of locomotive diesels. In 2019 IEEE 60th international scientific conference on power and electrical engineering of Riga technical university (RTUCON) (pp. 1-6). IEEE.

Науковий консультант: д.т.н., проф. Гнатов А.В., зав. каф. Автомобільної електроніки.

Журавльов Євген Ігорович, ст. гр. АЕ-46-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
evgeniy.zhuravlev2312@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕГРОВАНОГО БОРТОВОГО ЗАРЯДНОГО ПРИБОРУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Так звані, інтегровані зарядні пристрої використовують існуючі компоненти енергетичної установки електромобіля (електродвигун та інвертор) у системі заряду тягового акумулятора замість окремого зарядного кола. При цьому обмотки двигуна використовуються як індуктивності фільтрів та/або як обмотки трансформатора, який забезпечує гальванічну розв'язку. Силові