6. S Arhun, Yu Borodenko, A Hnatov, A Popova, H Hnatova, N Kunicina, A Ziravecka, A Zabasta, L Ribickis. Choice of Parameters for the Electrodrive Diagnostic System of Hybrid Vehicle Traction //Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. – 2020. – Т. 57. – №. 4. – С. 3-11.
7. Borodenko Y., Ribickis L., Zabasta A., Arhun Shch., Kunicina N., Hnatova H., Hnatov A., Patlins A. Konstantins Kunicins. Using the Method of the Spectral Analysis in Diagnostics of Electrical Process of Propulsion Systems Power Supply in Electric Car. Przeglad Elektrotechniczny. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50.
8. Dziubenko O., Arhun Shch., Hnatov A., Ponikarovska S. Choosing the method for determining angular motions of motor vehicle electromechanical subassemblies, EAI Endorsed Transactions on Energy Web. 2021. Vol. 8(32). e7. P. 1-8. https://eudl.eu/doi/10.4108/eai.1-7-2020.165999
9. Мигаль, В., Аргун, Щ., Гнатов, А., Гнатова, Г., & Сохін, П. (2022). Інтелектуальне діагностування транспортних засобів. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (22), 72–80. https://doi.org/10.30977/VEIT.2022.22.0.5

УДК 629.113

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Латвинський Владислав Дмитрович, асистент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: latvin2000@gmail.com, ORCID: 0009-0002-4891-2925
Багач Руслан Володимирович, доктор філософії (PhD), доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: bagach.ruslan@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0157-5933

Актуальність теми роботи зумовлена тим, що однією з ключових проблем сучасних електромобілів є висока вартість та недостатні експлуатаційні характеристики тягових акумуляторів. Цей фактор є основною перешкодою, що заважає масовому впровадженню електромобілів.

Метою даної роботи є порівняльний аналіз характеристик тягових акумуляторів, які використовуються в електромобілях, а також визначення перспектив їх подальшого розвитку [1,2].

Електромобілі мають ряд переваг у порівнянні з автомобілями, оснащеними двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Серед основних переваг електромобілів можна виділити наступні:

- Відсутність шкідливих вихлопних газів, що є одним з головних чинників забруднення довкілля.
- Значно нижчий рівень шуму під час роботи.
- Надійність і довговічність електродвигуна при тривалому використанні.

- Високий коефіцієнт корисної дії (ККД) електродвигуна, який досягає близько 95%.

Однак електромобілі мають і свої недоліки:

- Висока вартість тягової акумуляторної батареї (АКБ).
- Залежність ємності акумулятора від умов навколишнього середовища, зокрема температури.
- Обмежений запас ходу на одному заряді тягового акумулятора.

В електромобілях використовуються два типи акумуляторних батарей:

1. Стартерний акумулятор: забезпечує запуск двигуна та підтримує роботу допоміжних систем (освітлення, обігрів тощо).
2. Тяговий акумулятор: є основним джерелом енергії для роботи електродвигуна.

Основні види тягових акумуляторних батарей:

- Свинцево-кислотні.
- Нікель-кадмієві.
- Нікель-металогідридні.
- Літій-іонні

Свинцево-кислотні акумулятори здобули широку популярність завдяки своїй доступній вартості та відносно високій питомій потужності. Принцип їх роботи базується на хімічних реакціях між свинцем (Pb) і діоксидом свинцю (PbO_2) у водному розчині сірчаної кислоти (H_2SO_4). Під час розрядки акумулятора відбуваються хімічні реакції в одному напрямку, а при заряді — в зворотному.

На аноді:

$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$.

На катоді:

$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$.

Акумулятор має досить широкий діапазон робочих температур від -40 до +40°C. При зниженні температури навколишнього середовища параметри батареї погіршуються. Акумулятор вже не зможе надійно запустити двигун і не зможе отримувати заряд від генератора. Головна умова експлуатації - не допускати розрядки акумулятора нижче 50% від його ємності. Це пов'язано з тим, що термін служби батареї значно скоротиться. Основним недоліком цих батарей є те, що вони складають 25-50% від загальної ваги автомобіля від ваги транспортного засобу.

Нікель-кадмієві акумулятори мають більш тривалий термін служби в порівняні з свинцево-кислотними акумулятори (при правильному використанні 100-900 циклів заряду/розряду, тобто приблизно 20-25 років). Хімічним

випромінювачем струму є $Ni(OH)_2$ (гідрат оксиду нікелю) з графітовим порошком (5-8%). Принцип дії заснований на оборотній хімічній реакції. Акумулятор заряджається зліва направо і розряджається справа наліво [3].

$$2NI(OH)_2 + Cd(OH)_2 \leftrightarrow 2NIOOH + Cd + 2H_2O$$

Робочий температурний діапазон цих батарей ширший, ніж у свинцево-кислотних акумуляторів – від -50 до +40 °C. Їх основною перевагою є можливість зберігання в розрядженому стані, що відрізняє їх від нікеле-сольових і нікель-метал-гідридних батарей, для яких потрібна підтримка зарядженого стану. Як і свинцево-кислотні акумулятори, вони мають невисоку вартість. Однак одним з недоліків є "ефект пам'яті", який виникає, якщо акумулятор заряджають до повного розрядження. Це призводить до появи "зайвого" електричного шару, що знижує напругу приблизно на 0,1 В [4].

На сьогодні використання таких АКБ обмежене через їхній негативний вплив на довкілля, адже матеріали, що використовуються, є дуже токсичними. Нікель-метал-гідридні акумулятори були розроблені як заміна нікель-кадмієвих. Вони мають приблизно на 20% більшу ємність, але їхній термін служби менший – від 300 до 500 циклів. Перевага цих АКБ – менш виражений "ефект пам'яті", що дозволяє заряджати акумулятор без повного розрядження, запобігаючи утворенню додаткових шарів. Основу джерела струму становить оборотна реакція гідриду нікель-лантану або нікель-літію.

$$Ni(OH)_2 + M \leftrightarrow NiOOH + MH$$

Нікель-метал-гідридні АКБ є екологічними, оскільки не містять токсичних компонентів, та добре працюють при низьких температурах. Робочий діапазон температур – від -40 °C до +55 °C, при цьому потужність знижується не більше ніж на 12%, що вигідно відрізняє їх від інших акумуляторів, які втрачають до 30% потужності. Проте такі батареї погано витримують високі температури (20-30 °C) і мають вищий рівень саморозряду, приблизно в 1,5 рази більший, ніж в інших акумуляторах [3,4].

Літій-іонні батареї отримали широке поширення у ноутбуках, телефонах та інших пристроях, а також стають популярними в електромобілебудуванні. Вони мають високу енергоємність (понад 200 Вт·год/кг) і ефективність заряду. Термін служби таких АКБ перевищує 1000 циклів або не менше 10 років.

До переваг літій-іонних батарей належить низький рівень саморозряду (менше 3%), відсутність необхідності в обслуговуванні та мала вага. Водночас їхні недоліки не дозволяють їм зайняти лідерські позиції на ринку. Робочий діапазон температур – від -20 °C до +50 °C, і вони дуже чутливі до температурних коливань. При низьких температурах їхня здатність віддавати енергію значно знижується, що ставить їх у менш вигідне становище порівняно зі свинцево-кислотними батареями. Також не рекомендується заряджати їх при температурах нижче 0 °C, а при перевищенні 60 °C може виникнути перегрів, що призведе до вибуху або пожежі [4-6].

Щороку електромобілі набувають дедалі більшої популярності, тому питання вдосконалення акумуляторів стає все більш актуальним. Вибір типу тягового акумулятора для електричного транспорту залежить від його

технічних характеристик: напруги, ємності, маси, сили зарядного та розрядного струмів і коефіцієнта корисної дії [7].

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика тягових АКБ

Характеристика	Свинцово-кислотний	Нікель-кадмієвий	Нікель-металгідридний	Літій-іонний
Внутрішній опір	Дуже низький	Дуже низький	Низький	Низький
Кількість циклів заряду/ розряду	300-500	100-900	300-500	800-1500
Саморозряд на місяць	5%	20%	30%	До 5%
Допустима температура навколишнього середовища в процесі заряду	Від 20°С до 50 °С	Від 0°С до 45°С	Від 0°С до 45°С	Від 0°С до 45°С
Робоча температура	- 20 ... 50°С	- 50 ... 40°С	40 ... 55°С	-20…50°С
Токсичність	Дуже висока	Дуже висока	Низька	-
Обслуговування	+	+	-	-
Ефект пам'яті	-	+	-	-
Вартість	Низька	Помірна	Висока	Висока

Висновки

На основі проведеного порівняння тягових акумуляторних батарей можна зробити такі висновки:

Свинцево-кислотні АКБ відрізняються найнижчою вартістю, проте вони мають великі габарити та потребують часткового обслуговування.

Нікель-кадмієві АКБ забезпечують велику кількість циклів заряджання/розряджання, добре працюють при низьких температурах, але мають значний недолік — негативний "ефект пам'яті".

Нікель-металогідридні АКБ мають вищий рівень саморозряду порівняно з нікель-кадмієвими і погано функціонують при знижених температурах.

Серед усіх розглянутих типів акумуляторів, літій-іонні АКБ вважаються найбільш перспективними завдяки високій енергоємності, великій кількості циклів заряду/розряду і кращій екологічності.

Література

1.Багач Р. В., Кальченко О. О. Перспективи та розвиток літієвих акумуляторів в Україні //Світові тенденції ресурсозбереження на

електричному транспорті: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 25–27 жовт. 2023 р. – 2023. – С. 31-34.
2. Багач, РВ Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів/РВ Багач//Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців: наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 жовт. 2021 р./Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.–Харків, 2021.–С. 346–349.
3.Багач, Р. В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму : дис. … д-ра філософії : спец. 274 Автомобільний транспорт / Р. В. Багач ; Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 2024. – 179 с.
4.Латвинський, В.Д., Багач, Р.В. (2024). Дослідження літій-іонних батарей для експлуатації електромобілями при різних температурних умовах. ISSN 2074-2630 Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика» №1(30)’2024.
5.Смирнов О. П., Борисенко А. О. Порівняльний аналіз електричних моделей літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів. – 2023.
6. Нерубацький, В. П., Плахтій, О. А., Машура, А. В., & Гордієнко, Д. А. (2019). Аналіз технічних характеристик акумуляторних батарей і систем заряджання електромобілів. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, *24*(6), 11-19.
7. Arhun, S. (2017). Визначення найбільш ефективних тягових джерел струму для електромобілів. *Автомобільний транспорт*, (41), 11.

УДК 621

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ГАЗОДИЗЕЛІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В АПК

Манойло Володимир Максимович, докт. техн. наук, професор кафедра ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: volodimir.m.manoylo@gemail.com, https://orcid.org/0000-0003-2208-4404;
Гончаров Сергій Володимирович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: sergeygoncharov1511@gmail.com;
Шулаев Максим Євгенович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vega.asphalt2020@gmail.com;
Плигун Максим Сергійович, магістр**,** Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: maksplygun@gmail.com;
Маслеников Деніс Олександрович, бакалавр**,** Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: denmaslenikov54@gmail.com.

Актуальність роботи. Використання як моторне паливо дизельних палив і бензину викликає ряд проблем, визначальною з яких є те, що нафта є не відновлюваним джерелом енергії і її інтенсивний видобуток може призвести до нестачі такого виду палив.