



Міністерство освіти та науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Riga Technical University (Latvia)
Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU) (Німеччина)
Технічний університет Варна (Болгарія)
Університет Лінчепінг (Швеція)
Грузинський технічний університет (Грузія)
Сілезький технологічний університет (Польща)
University of Gezira (Судан)
Tianjin MingXI Science and Technology Co., Ltd (Китай)



МАТЕРІАЛИ

ІХ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

«АВТОМОБІЛЬ І ЕЛЕКТРОНІКА. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

21-22 листопада 2024 р.

Харків, Україна
2024

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Богомолів В.О. проф. (Україна, Харків)

Заступники голови

Кірсанова Є. А (Україна, Харків)

Леонтьєв Д.М., проф. (Україна, Харків)

Гнатов А.В., проф. (Україна, Харків)

Члени оргкомітету

Далека В.Х., проф. (Україна, Харків)

Антошків О.В., проф. (Німеччина, Котбус)

Мігаль В.Д., проф. (Україна, Харків)

Димитров А.Й., проф. (Болгарія, Варна)

Букетов А.В., проф. (Україна, Херсон)

Батигін Ю.В., проф. (Україна, Харків)

Крайник Л. В., проф. (Україна, Львів)

Кравченко О.П., проф. (Словаччина, Жиліна)

Аргун Щ.В., проф. (Україна, Харків)

Тараненко М.Є., проф. (Україна, Харків)

Біліченко В.В., проф. (Україна, Вінниця)

Мурований І.С., проф. (Україна, Луцьк)

Patlins Anton, Dr., prof. (Latvia, Riga)

Puodžiukas Virgaudas, Dr., prof. (Lithuania, Vilnius)

Roland Lachmayer, Ph.D., Dr.-Ing (Germany, Leibniz)

Tropina Albina Albertovna, Dr., prof. (United States, Texas)

Viselga Gintas, Dr., assos. prof., (Lithuania, Vilnius)

Vrublevsky Aleksandr Nikolaevich, prof., D. Sc. (Poland, Olsztyn).

ВІДПОВІДАЛЬНІ ЗА ПРОВЕДЕННЯ КОНФЕРЕНЦІЇ

кафедра автомобільної електроніки

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету,

тел. (057) 707-36-96,

ae.hnadu@gmail.com

Зав. кафедрою: проф. Гнатов Андрій Вікторович,

kalifus76@gmail.com

Відповідальний секретар: **Нечаус Андрій Олександрович**

a.nechaus@gmail.com

тел. **+38(067)777-02-24**

Роботи друкуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

ЗМІСТ

Секція I. ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	8
Гнатов А.В., Букетов А.В., Patlins A., Кашканов А.А., Мурований І.С. Підвищення екологічних показників для сучасних автотранспортних засобів	9
Hnatov Andrii, Uliamets O.A., Ivanov D.M., Maush Hakim Improving The Efficiency Of The Electric Powertrain Of An Electric Vehicle	13
Двадненко В.Я., Oleksiy Antoshkiv, Klaus Pfeiffer, Johannes Schiffer, Степовський А.А. Підвищення ефективності системи рекуперації м'якого гібридного автомобіля	17
Войтків С.В. Оптимізація основних конструктивних параметрів багатосекційних трамвайних вагонів	19
Войтків С.В. Варіанти концепцій створення конструкцій електромобілів типу LMD	22
Дембіцький В.М. Вплив позовжнього ухилу дороги на витрату електричної енергії транспортними засобами	25
Буряківський В.А., Varudov S. Інноваційні технології систем регулювання температури акумуляторних батарей електричних транспортних засобів	28
Куравська Н.М., Панченко А.М., Зарєчняк Є.М., Мусаїрова Ю.Д. Пропозиції щодо продовження терміну експлуатації батареї електромобіля	31
Білаш І.О., Гнатов А.В. Автомобільна електроніка – сучасні технології	35
Багач Р.В., Яценко М.С. Літій-іоні батареї переваги, проблеми та утилізація	38
Багач Р.В., Нетребенко О.В. Тенденції та майбутнє систем контролю літій-іонних батарей	41
Заховась Д.Є., Нечаус А.О. Розрахунок параметрів лінійного генератора для послідовного гібридного електромобіля	44
Нечаус А.О., Хілевський В.С. Розробка та дослідження системи керування тяговим двигуном електромобіля	47

Нечаус А.О., Добродецький К.А. Вдосконалення системи датчиків частоти обертання у складі системи керування електромобіля	50
Hanna Hnatova Development of energy generating system for transport and its infrastructure	52
Неділько Я.О., Дзюбенко О.А. Smart city: система інтелектуального освітлення вулиць	55
Латвинський.В.Д., Мохонько Р.О. Використання фотоелектричних панелей у гібридних автомобілях	57
Trunova I., Filiarskyi O. Research of energy-saving potential in hybrid vehicles using integrated photovoltaic systems.....	60
Ручка О.О., Богданов Р.В., Павлюк Е.О., Малинович О.О. Нетрадиційні джерела електричної енергії.....	63
Тарашенко О.С., Алексєнко І.Д., Баранов І.О. Підвищення ефективності автобусних перевезень поліпшенням показників використання рухомого складу на міських маршрутах	66
Гнатов А.В., Недбайло І.Ю. Роль акумуляторних технологій у підвищенні енергоефективності	69
Секція II. ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА, РОЗВИТОК МЕРЕЖІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕКОМОБІЛІВ. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ.....	72
Arhun Shchasiana, Dvadenko Vladimir, Hnatov Andrii, Kunicina Nadezhda, Caiko Jelena, Zhiravetska Anastasia, Ribickis Leonids Improving The Efficiency And Reliability Of Lithium Iron Phosphate Batteries By Optimizing The BMS	73
Гнатов А.В., Сулейманов Д.В., Bešliu Vitalie, Pînzaru Natalia, Ojegov Alexandr Енергогенеруючі сходинки, як джерела електроенергії для інфраструктури електротранспорту.....	77
Гнатов А.В., Козлов О.В., Ульянець О.А., Тодор Тодоров, Любомир Богданов Зарядна станція для транспортних засобів категорії L1, що отримують енергію від спеціального дорожнього покриття.....	80
Аргун Щ.В. Відновлення післявоєнної дорожньої інфраструктури України	83
Гнатов А.В., Сохін П.А., Ульянець О.А., Верховодов І.А. Впровадження високовольтних зарядних станцій постійного струму в Україні	86
Рикун В.Г., Камишинський О.М., Васильєв М.С. Порівняння експлуатаційних характеристик різних типів лінійних ізоляторів	89

Рикун В.Г., Камишинський О.М., Гризодуб П.В. Удосконалення експлуатації елегазових вимикачів	92	
Багач Р.В., Стельмах Є.І. Енергоефективність та стійкість високопотужних зарядних станцій для електромобілів	95	
Багач Р.В., Козаченко Є.М. Розвиток технологій охолодження та управління теплом у швидкісних зарядних станціях для електромобілів	98	
Болдовський В.М. Підвищення безпеки дорожнього руху впровадженням системи комунікації між автомобілями	101	
Шабан В.Є., Фомін О.В., Баранов І.О., Мірошникова М.В. Підвищення ефективності міжнародних вантажних автомобільних перевезень	103	
Шимук Д.С., Кирпенко С.О. Застосування реклоузерів в розподільних мережах	106	
Латвинський В.Д., Багач Р.В. Дослідження роботи станцій швидкої зарядки електромобілів на сонячній енергії	109	
Латвинський В.Д. Сербінов І.А. Перспективи використання сонячних батарей для зарядки електромобілів	112	
Андрєєва А.Д., Уваров В.М., Чернокульський А.О. Автоматизація пересувних дизель-генераторних установок	115	
Нечаус А.О., Петрачков В.О. Дослідження засобів зменшення впливу зарядних станцій електромобілів на мережу живлення	118	
Бондаренко Д.І., Дзюбенко О.А. Розвиток зарядної інфраструктури електротранспорту	120	
Секція III. МОДЕЛЮВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ.....		124
Гнатов А.В., Лойко С.О., Christos Manasis, John Konstantaras, Dimitris Enea Mele Енергогенеруюче дорожнє покриття з функцією адаптивної зміни розмітки в залежності від дорожньої обстановки	125	
Аргун Щ.В., Скляренко В.Ю. Алгоритм контролю редуктора мотор-колеса на основі вібраційної діагностики ...	128	
Богаєвський О.Б., Тищенко Д.А. Технології адаптивного управління освітленням транспортного засобу	131	

Богаєвський О.Б., Осічев О.В., Абоатхбах Маджед Удосконалення системи контролю присутності водія в автомобілі з автономним управлінням	134
Загребасєв М.С., Звонецький М.С., С'янов О.М. Лінійна частотна модуляція зі стисненням цифрових імпульсів для вимірювання відстані до автомобілів	138
Тараненко М.Є., Кобріна Н.В., Мігаль Г.В. Оцінка властивостей пасажирської транспортної системи для її оптимізації	141
Смирнов О.П., Борисенко А.О., Красиля П.В., Какубава Реваз Розробка стратегії керування адаптивним круїз-контролем для групи транспортних засобів	143
Клецка О.В., Мінаєв О.І., Ладиженський Е.Д. Підхід по визначенню навантаження автомобільного транспорту при перевезеннях	147
Гнатов А.В., Ульянець О.А., Селіщев М.С. Розвиток інтелектуальних систем керування автотранспортними засобами	149
Карашук В.О., Гладченко М.А., Джус О.В. Автономні самокеровані транспортні засоби – виклики та можливості	152
Багач Р.В., Латвинський В.Д. Моделювання системи безперебійного живлення на основі літєвих акумуляторів	155
Bahach Ruslan, Mohamed Bushara Use of simulation technologies in the training of students for the diagnostics of electric vehicles and charging stations	158
Петрушинський А.Р., Дзюбенко О.А. Розробка системи керування асинхронним електроприводом для дослідження режимів роботи в транспортних застосуваннях	161
Товстокопий М.Ю., Дзюбенко О.А., Antonowski T. Дослідження ефективності системи керування на основі моделі передбачення	165
Нечаус А.О., Рубан Є.О. Огляд мікропроцесорної елементної бази для систем активної безпеки електромобілів	168
Григоренко Н.В. Радіочастотне дублювання дорожніх знаків	171
Григоренко Н.В. Преселективна система для прогнозування завантаженості транспортних шляхів з можливістю надання рекомендації користувачу	173

Секція IV. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. СЕРВІС ТА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ.	175
--	-----

Гнатов А.В., Бобрицький Д.С., Alina Crina Mureșan, Ion Ion, Frățița Michael, Robert Mădălin	
--	--

Розробка частотно-керованого електроприводу для конвеєра автомобільного заводу	176
---	-----

Аргун Щ.В., Школін С.С., Ghazwan Al-Haji, Kenneth Asp	
--	--

Метод діагностики електричних систем управління паливними процесами	179
---	-----

Гнатов А.В., Сохін П.А., Ульянець О.А.	
---	--

Дослідження методів діагностування електромобілів	183
---	-----

Аргун Щ.В., Іванов В.В.	
--------------------------------	--

Методи вдосконалення бортових систем контролю технічного стану автомобілів	187
--	-----

Бороденко Ю. М., Śladkowski A., Kubica G., Witaszek M.	
---	--

Контроль енергетичних показників ДВЗ за допомогою діагностичного скрипта «Рх»	190
--	-----

Куравська Н.М., Лагутін Г.І., Уваров В.М., Хабоша С.М., Воробйов О.Г.	
--	--

Двигун внутрішнього згоряння та електродвигун: еволюція чи протистояння.....	194
--	-----

Рогозін І.В., Новічонок С.М.	
-------------------------------------	--

Функціональна схема пересувної майстерні відновлення засобів транспорту на базі автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом	197
--	-----

Дзюбенко О.А., Богдан Д.І., Пліско В.С.	
--	--

Дослідження впливу методів заряду на відновлення свинцево-кислотних акумуляторів	200
---	-----

Перелік авторів	203
------------------------------	------------

Секція І

**ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТА
ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ**

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Гнатов А.В.¹, Букетов А.В.², Патлінс А.³, Кашканов А.А.⁴, Мурований І.С.⁵

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Херсонська державна морська академія, Україна,

³Ризький технічний університет, Латвія,

⁴Вінницький національний технічний університет, Україна,

⁵Луцький національний технічний університет, Україна

ВСТУП

Розвиток автомобільної промисловості сприяв значному зростанню рівня мобільності, однак супроводжується серйозними екологічними викликами, такими як забруднення повітря, викиди парникових газів і використання викопного палива. Сучасні автотранспортні засоби є одним з головних джерел забруднення в містах, що стимулює розробку нових рішень для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Підвищення екологічних показників для автомобілів включає впровадження нових технологій, перехід на альтернативні джерела енергії, покращення паливної ефективності та використання екологічно чистих матеріалів у виробництві [1].

Питання екологічності автотранспортних засобів стало одним з основних викликів для автомобільної індустрії у зв'язку з посиленням екологічних стандартів і зростаючою увагою до проблем змін клімату. Зниження шкідливих викидів, зменшення споживання викопного палива та використання відновлюваних джерел енергії є критично важливими для досягнення сталого розвитку та покращення якості повітря в міських районах [2-10].

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

1. Електрифікація транспорту: Сьогодні багато автовиробників інвестують у розробку електромобілів, які працюють на електроенергії, що може бути вироблена з відновлюваних джерел. Електромобілі мають суттєво менші викиди парникових газів у порівнянні з традиційними автомобілями з двигуном внутрішнього згоряння, особливо якщо заряджання здійснюється від екологічно чистих джерел, рис. 1.

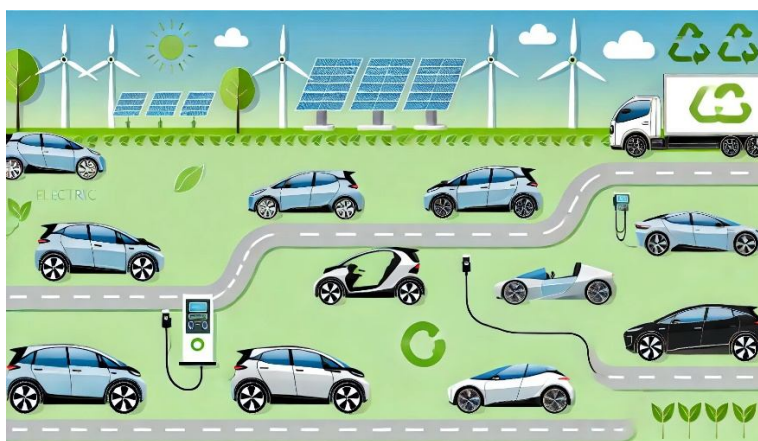


Рисунок 1 – Електрифікація транспорту

2. Гібридні технології: Гібридні автомобілі поєднують електродвигун з двигуном внутрішнього згоряння, що дозволяє зменшити споживання палива та викиди CO₂. Вони забезпечують високу ефективність у місті, особливо в умовах частих зупинок, таких як рух у заторах. Ця технологія стає все більш поширеною завдяки здатності поєднувати переваги електротранспорту та традиційних паливних систем.

3. Використання альтернативного палива: Автомобільна індустрія досліджує можливості використання альтернативних видів палива, таких як водень, біопаливо та синтетичне паливо. Водневі паливні елементи є перспективним напрямком, оскільки при їх використанні відбувається викид лише водяної пари. Біопаливо та синтетичні палива також мають значний потенціал у зменшенні залежності від викопного палива та зменшенні викидів парникових газів.

4. Полегшення конструкції та аеродинаміка: Зменшення ваги автомобіля і покращення його аеродинамічних властивостей дозволяє підвищити паливну ефективність, що, у свою чергу, знижує викиди CO₂. Для цього використовуються легкі та міцні матеріали, такі як алюміній, карбон та магній. Полегшені конструкції також сприяють зменшенню споживання енергії та зниженню витрат на виробництво.

5. Покращення паливної ефективності двигунів внутрішнього згоряння: Впровадження нових технологій, таких як турбонаддув, системи прямого впорскування палива та змінна геометрія клапанів, дозволяє зменшити споживання палива і кількість шкідливих викидів. Розробка нових паливних систем і поліпшення технології згоряння дозволяють сучасним двигунам відповідати суворим екологічним стандартам.

6. Розвиток розумних транспортних систем: Інтелектуальні системи управління рухом і транспортні мережі сприяють зниженню кількості заторів і економії палива, що зменшує шкідливі викиди. Навігаційні системи, що в режимі реального часу відстежують затори, допомагають водіям уникати перевантажених ділянок дороги та обирати оптимальні маршрути.

ВИКЛИКИ ТА ОБМЕЖЕННЯ

1. Висока вартість інновацій: Новітні технології часто потребують значних фінансових інвестицій, що може ускладнити їх широке впровадження.

2. Недостатня інфраструктура: Для електромобілів і транспортних засобів на водневому паливі необхідна розвинута інфраструктура зарядних станцій, яка ще не є достатньо поширеною в багатьох регіонах [11-18].

3. Екологічні витрати виробництва: Виробництво електромобілів, зокрема акумуляторів, також має екологічний вплив, який потребує оптимізації.

ВИСНОВКИ

З розвитком екологічних стандартів і технологій можна очікувати посилення інтеграції екологічно чистих рішень у автомобільну промисловість. Подальше вдосконалення акумуляторних технологій, розширення інфраструктури для електричних та водневих транспортних засобів і розвиток автономного транспорту можуть суттєво покращити екологічні показники автотранспорту в майбутньому.

Підвищення екологічних показників для автотранспортних засобів є одним з головних напрямків розвитку автомобільної промисловості. Перехід на екологічно чисті технології, впровадження альтернативних видів палива, використання легких матеріалів та інтелектуальних транспортних систем здатні суттєво знизити негативний вплив автотранспорту на навколишнє середовище. Завдяки подальшому розвитку технологій і розширенню екологічної інфраструктури, автомобільний транспорт може стати більш безпечним для довкілля та стійким для майбутніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun1, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – С. 4649-4664.

2. Hnatov, A., Ribickis, L., Hnatova, H., Zabasta, A., Kunicins, K. Study of the Operation of the Energy Generating Platform on the Basis of a Multiplier with Spur Gears //2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon). – IEEE. – pp. 231-237.
3. Hnatov, A., Patlins, A., Arhun, S., Ulianeets, O., Romanovs, A. Development of an unified energy-efficient system for urban transport //2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon). – IEEE. – pp. 248–253.
4. Гнатов А. В. Електромобілі – майбутнє, яке вже настало / А. В. Гнатов, І. В. Аргун, О. А. Ульянець // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 11. – С. 24-28. – ISSN 2226-9266– Режим доступа: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE17_1/1.4.pdf
5. Arhun Shch., Hnatov A., Mygal V., Khodyriev S., Popova A., Hnatova H. An integrated system of alternative sources of electricity generation for charging urban electric buses. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) – April 24-26, 2020. – Kyiv, Ukraine – P. 619-624.
6. Аргун І.В. Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорт і його інфраструктура / І. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Ульянець // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
7. 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.
8. Гнатов А. В., Аргун І. В., Гнатова Г. А., Сохін П. А. Переобладнання автомобіля з ДВЗ в електромобіль. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2022. – № 21. – С. 22-30..
9. Тарасова В.В. Анализ перспектив развития нетрадиционных источников энергии и оценка возможностей их использования / В.В. Тарасова, В.П. Разживин, А.С. Тельный, А.В. Гнатов, І.В. Аргун, А.А. Дзюбенко // Автомобиль и электроника. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 12. – С. 50-56.
10. Mygal, V., Arhun, S., Shuliak, M., Hnatov, A., Kalinin, E., & Mysiura, M. (2021). Functional and Engineering Methods of Upgrading the Quality of Induction Traction Electric Motors. EAI Endorsed Transactions on Energy Web, e20. <http://eprints.eudl.eu/id/eprint/4901/>
11. Гнатов А. В., Аргун І. В., Багач Р. В., Гнатова Г. А., Тарасова В. В., Ручка О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. Х.: ХНАДУ, 2021. № 20. – С. 17-26.
12. Hnatov A.V., Arhun S.V., Hnatova H.A., Sokhin P.A. Technical and economic calculation of a solar-powered charging station for electric vehicles. Автомобільний транспорт, Вип. 49, 2021, С. 71-78. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2019-8342.2021.49.0.05>.
13. 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.
14. Гнатов А. В., Аргун І. В., Гнатова Г. А., Тарасов К. С. Сонячна зарядна електростанція – комплекс для проведення лабораторних та практичних занять // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Х.: ХНАДУ. – 2020. – Вип. 17. – С. 19-26.
15. Arhun Shch., Migal V., Hnatov A., Ponikarovska S., Hnatova A., Novichonok S. Determining the quality of electric motors by vibro-diagnostic characteristics //EAI Endorsed Transactions on Energy Web. – 2020. – Т. 7. – №. 29.
16. 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. – T. 57. – №. 4. – С. 3-11.

17. 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. Przegląd Elektrotechniczny. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50.

18. Zabasta A., Peuteman J., Kunicina N., Kazymyr V., Hvesenya S., Hnatov A., Paliyeva T., Ribickis L. Research on Cross-Domain Study Curricula in Cyber-Physical Systems: A Case Study of Belarusian and Ukrainian Universities //Education Sciences. – 2020. – T. 10. – №. 10. – С. 282.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE ELECTRIC POWERTRAIN OF AN ELECTRIC VEHICLE

Hnatov Andrii¹, Uliamets O.A.¹, Ivanov D.M.¹, Maush Hakim²

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine,

²National Polytechnic School of Algiers (ENP), Algeria

INTRODUCTION

As the demand for electric vehicles (EVs) rises, enhancing the efficiency of their electric powertrains becomes crucial for increasing their range, reducing energy consumption, and improving overall sustainability. The powertrain, comprising the electric motor, power electronics, transmission system, and battery, is the core component of an EV that determines its performance and energy efficiency. This work explores key methods to improve powertrain efficiency, focusing on battery technology, electric motor design, power electronics, and energy recovery systems [1-3].

Battery Technology

The battery pack is the primary energy source for electric vehicles, and its efficiency significantly affects the vehicle's range and performance. Improvements in battery technology, particularly lithium-ion batteries, have made substantial progress in recent years. To further enhance powertrain efficiency, researchers are exploring alternatives such as solid-state batteries, which promise higher energy densities and improved safety, as they do not contain flammable liquid electrolytes. This shift reduces battery weight and enhances energy storage, leading to more miles per charge [4-6].

Another approach is optimizing battery management systems (BMS) that ensure efficient use of the available energy. A sophisticated BMS maintains optimal charge levels, balances energy across cells, and prevents overcharging or deep discharging, which can reduce battery lifespan and efficiency. Advanced cooling and thermal management systems are also essential to keep batteries within ideal temperature ranges, minimizing energy loss due to overheating and enhancing battery life.

Electric Motor Design

Electric motors convert electrical energy into mechanical energy and are central to powertrain efficiency. Innovations in motor design, such as high-efficiency permanent magnet synchronous motors (PMSMs) and induction motors, have improved efficiency significantly. PMSMs, which use permanent magnets to create a magnetic field, are widely used for their high efficiency, lightweight design, and superior power output. However, their reliance on rare earth metals has led to research into alternatives, such as synchronous reluctance motors, which offer similar efficiency without requiring rare earth elements [7-9].

Enhanced winding configurations, improved rotor design, and optimized magnetic materials reduce losses due to heat and friction. For instance, reducing the resistance of motor windings can minimize heat generation, while improving rotor geometry can enhance magnetic flux, resulting in greater power output and efficiency.

Power Electronics

Power electronics manage the flow of electrical energy between the battery, motor, and other systems in the EV. They include components like inverters, converters, and controllers, which convert DC (direct current) from the battery to AC (alternating current) for the motor and regulate voltage levels. Using silicon carbide (SiC) or gallium nitride (GaN) materials in these components significantly improves efficiency due to their higher thermal conductivity and switching frequency, allowing for faster and more efficient power conversion [10, 11].

SiC-based inverters, for example, have been shown to reduce energy losses by up to 50% compared to traditional silicon-based inverters. Additionally, they allow for higher operating temperatures, which reduces the need for extensive cooling systems, further improving powertrain efficiency. By incorporating advanced power electronics, EV manufacturers can reduce energy losses during power conversion, increasing the overall range and performance of the vehicle.

Energy Recovery Systems

Energy recovery, or regenerative braking, is another critical factor in improving powertrain efficiency. Regenerative braking systems capture the energy generated during braking and convert it back into electrical energy, which is stored in the battery for later use. This process reduces the energy demand from the battery, extending the vehicle's range. Advanced regenerative braking systems can now capture up to 70% of the energy typically lost during braking, making them a vital component in improving overall efficiency [12-14].

To further optimize energy recovery, EVs are increasingly incorporating sophisticated control algorithms that adjust the braking force based on speed, road conditions, and battery charge levels. This ensures maximum energy capture without compromising braking performance. Additionally, coasting energy recovery systems capture energy when the vehicle is decelerating but not actively braking, further improving the energy efficiency of the powertrain.

Transmission System and Drivetrain Efficiency

Although EVs often employ a single-speed transmission, which is simpler and more efficient than multi-speed transmissions in internal combustion engines, there are still opportunities for improvement. For instance, some EVs use multi-speed transmissions that provide efficiency gains by optimizing motor performance across a broader range of speeds. Advanced gear designs, lightweight materials, and low-friction lubricants in the transmission and drivetrain also contribute to higher efficiency [15, 16].

Moreover, reducing drivetrain losses is essential for maximizing powertrain efficiency. By improving bearings, using lighter materials, and designing optimized axle and driveshaft systems, manufacturers can minimize the mechanical losses that occur during power transfer from the motor to the wheels.

Advanced Software and Control Systems

The software and control algorithms used to manage the powertrain can have a substantial impact on efficiency. Advanced software optimizes energy flow across the powertrain, adjusting parameters like torque distribution, power delivery, and regenerative braking intensity in real-time based on driving conditions. Artificial intelligence (AI) and machine learning algorithms can analyze driving patterns, road conditions, and environmental factors to improve energy efficiency dynamically [17, 18].

Predictive energy management systems that use AI to forecast driving conditions and adjust powertrain settings accordingly are becoming more common. For example, an AI-based system can optimize power usage when the vehicle is approaching an uphill stretch or preparing to coast downhill, thereby maximizing energy conservation.

CONCLUSION

Improving the efficiency of the electric powertrain in EVs is a multi-faceted challenge that involves advancements in battery technology, electric motor design, power electronics, energy recovery systems, and control software. By addressing each component's specific efficiency challenges, manufacturers can create more sustainable, energy-efficient vehicles that offer longer ranges, reduced environmental impact, and lower operating costs. These advancements are essential for the widespread adoption of electric vehicles, enabling them to

compete more effectively with traditional internal combustion engine vehicles and supporting global efforts toward a more sustainable transportation system.

REFERENCES

1. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664.
2. Hnatov A. ESTET – New innovative specialty for master students / A. Hnatov, Shch. Arhun, O. Ulyanets // Автомобільний транспорт. – X. : ХНАДУ. – 2018. – Вип. 42. – С. 103-110.
3. Migal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Dvadenko, V., & Ponikarovska, S. Substantiating the Criteria for Assessing the Quality of Asynchronous Traction Electric Motors in Electric Vehicles and Hybrid Cars // 한국정밀공학회지. – 2019. – T. 36. – №. 10. – С. 989-999.
4. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master's degree program under the Erasmus project Cybphys. Automobile Transport, (51), 85–95.
5. Hnatov, A., Arhun, S., Sokhin, P., & Ulianets, O. (2024). Research of the main electromagnetic parameters during the operation of an AC charging station for electric vehicles. Automobile Transport, (54), 42–50.
6. 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.
7. Arhun S, Hnatov A, Mygal V, Kunicina N. Elevating electric motor performance through rigorous vibration control and standardization. Advances in Mechanical Engineering. 2024;16(6). doi:10.1177/16878132241262677.
8. 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 & Vibration Worldwide, 55(4-5), 210-219.
9. Borodenko, Y., Arhun, S., Hnatov, A., Kunicina, N., Bisenieks, M., Migal, V., & Hnatova, H. (2023). Diagnostics of electric drive Electric vehicle with Valve Motor. Przegląd Elektrotechniczny, 99(6).
10. Hnatov A., Arhun Shch., Bagach R., Nechaus A. Tarasova V., Ruchka O., Don A., Patlins A. Electrical power unit of the transformer oil centrifugal cleaning unit. Автомобільний транспорт. – X.: ХНАДУ. – 2021. – Вип. 48. – С. 101-112.
11. 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. – T. 57. – №. 4. – С. 3-11.
12. Hnatov A.V., Arhun S.V., Hnatova H.A., Sokhin P.A. Technical and economic calculation of a solar-powered charging station for electric vehicles. Автомобільний транспорт, Вип. 49, 2021, С. 71-78.
13. Andrey Gnatov. Smart Road as a Complex System of Electric Power Generation / Andrey Gnatov, Shchasyana Argun, Natalia Rudenko // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) – May 29 – June 2, 2017. – Kyiv, Ukraine – P. 457–461.
14. 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.
15. 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

16. Arhun Shch., Hnatov A., Mygal V., Khodyriev S., Popova A., Hnatova H. An integrated system of alternative sources of electricity generation for charging urban electric buses. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) – April 24-26, 2020. – Kyiv, Ukraine – P. 619-624.
17. Hnatov, A., Patlins, A., Arhun, S., Ulianets, O., Romanovs, A. Development of an unified energy-efficient system for urban transport //2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon). – IEEE. – pp. 248–253. DOI: 10.1109/ENERGYCon48941.2020.9236606.
18. Mygal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Bagach, R., & Kunicina, N. (2022, October). Methods for Diagnosing Vehicles by an Operator-Diagnostician. In 2022 IEEE 63th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) (pp. 1-6). IEEE.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ РЕКУПЕРАЦІЇ М'ЯКОГО ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ

Двадненко В.Я.¹, Oleksiy Antoshkiv², Klaus Pfeiffer², Johannes Schiffer², Степовський А.А.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Німеччина

Зниження витрати пального та зменшення викидів CO₂ – важливе завдання, яке стоїть перед виробниками автомобілів. Сучасні м'які гібридні автомобілі вирішують це завдання. Такі автомобілі мають два двигуни, ДВЗ і тяговий електродвигун, але на відміну від класичного гібрида встановлений менш потужний електродвигун і менш ємний акумулятор, що робить м'який гібридний автомобіль дешевшим [1]. У класичних гібридних автомобілях для старту з місця і доволі швидкого набору швидкості необхідний потужний тяговий електродвигун і відповідно більш ємний і потужний тяговий акумулятор. М'які гібридні автомобілі не забезпечують достатнє для сучасного міського руху прискорення легкового автомобіля. Існують м'які гібридні автомобілі, які мають можливість дуже повільного руху, так званий «повзучий режим», непридатний для міського трафіку, його використовують лише для повільного переміщення у дворах, приміщеннях і в заторах [2].

У роботі [3] обґрунтовано застосування порівняно малопотужного тягового електродвигуна в м'якому гібридному автомобілі, який може залишатися повноцінним учасником міського руху. Це досягається заміною класичного алгоритму руху гібридного автомобіля на алгоритм, у якому початок руху здійснюється на ДВЗ із системою старто-стоп, а потім рівномірний рух у міському режимі в інтервалі швидкостей 40-60 км/год відбувається на електродвигуні за заглушеного ДВЗ. Такий алгоритм ґрунтується на малій необхідній потужності для підтримки рівномірного руху і руху з малими прискореннями в цьому інтервалі швидкостей. За такого алгоритму краще використовується енергія, отримана за рахунок рекуперації, оскільки ця енергія витрачається незабаром після рекупераційного гальмування. При цьому можна використовувати тяговий акумулятор порівняно невеликої ємності.

Збір рекупераційної енергії в м'якому гібридному автомобілі [3], одразу після руху на електроприводі, ускладнений. Розглянемо вираз для зарядного струму I_3

$$I_3 = \frac{U - E_a}{R_{zk}}, \quad (1)$$

де U – напруга на виході тягового електродвигуна, що працює в режимі генератора в рекупераційному режимі, E_a – ЕРС акумулятора, R_{zk} – опір зарядного кола. Але напруга тягового електродвигуна в режимі генератора не перевищує за однакової кутової швидкості напругу проти ЕРС електродвигуна:

$$E_0 = \omega k \Phi, \quad (2)$$

де Φ – магнітний потік збудження, k – конструктивний коефіцієнт, ω – кутова швидкість, і ця ЕРС буде меншою, ніж напруга акумулятора.

Якщо електрична машина працює як генератор, то струм заряду буде тоді, коли, згідно з (1), напруга, що виробляється, буде більшою, ніж напруга акумулятора. Але ЕРС E_0 , згідно з (2), за цих обертів буде меншою за напругу акумулятора. Щоб підняти ЕРС, а отже, і напругу в режимі генератора, перемкнемо фази генератора з «трикутника», в якому вони були в режимі електродвигуна, в «зірку». Таким чином, якщо напруга акумулятора і передатне число від електродвигуна до колес розраховане на максимальну швидкість у режимі електроприводу 50 км/год, то збільшення напруги в $\sqrt{3}$ рази забезпечить заряджання акумулятора в режимі рекуперації в разі зниження швидкості до 28,8 км/год, що забезпечить збір до 66,7% кінетичної енергії автомобіля, оскільки кінетична енергія автомобіля W дорівнює

$$W = mV^2/2, \quad (3)$$

де m – маса автомобіля, V – швидкість автомобіля. При рекуперативному гальмуванні до швидкості понад 28,8 км/год збирається майже вся енергія (крім втрат).

Перемикання фазних обмоток здійснюється за допомогою силових реле за схемою на рисунку 1.

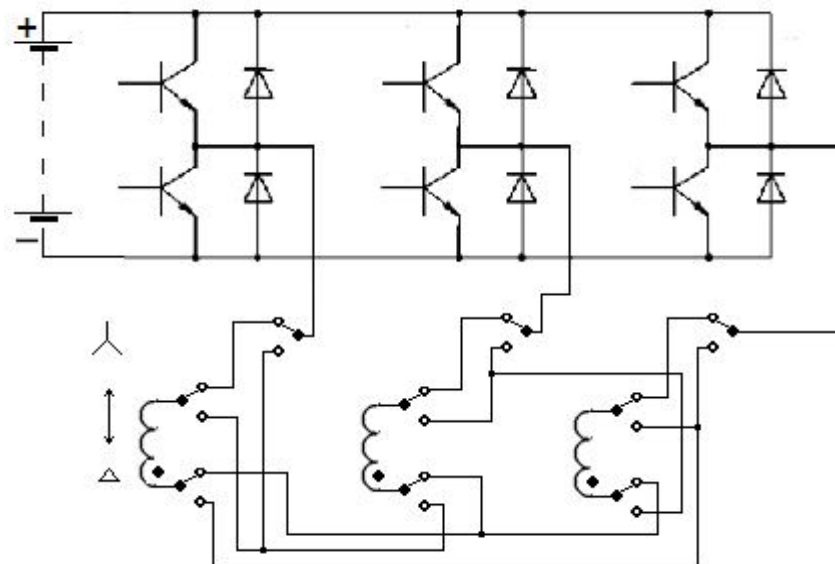


Рисунок 1 – Перемикання фазних обмоток.

Перемикання фазних обмоток із трикутника на зірку відбувається під час спрацьовування стоп-сигналу. Для запобігання перехідним процесам перемикання фазних обмоток відбувається при знеструмленій електричній машині.

Запропоноване технічне рішення дає змогу просто й економічно підвищити ефективність системи рекуперації м'якого гібридного автомобіля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cardoso D. S. A review of micro and mild hybrid systems / Daniel S. Cardoso, Paulo O. Fael, António Espírito-Santo // *Energy Reports*. – 2020. – Т. 6. – С. 385–390. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.08.077>.
2. Rousseau G. Constrained Optimization of Energy Management for a Mild-Hybrid Vehicle / G. Rousseau, D. Sinoquet, P. Rouchon // *Oil & Gas Science and Technology - Revue de l'IFP*. – 2007. – Т. 62, № 4. – С. 623–634. – Режим доступу: <https://doi.org/10.2516/ogst.2007056>.
3. Двадненко В. Я., Пушкар О. Б. Поліпшення економічних та екологічних характеристик мікрогібридного автомобіля. *Автомобільний транспорт*. 2019. Вип. 45. С. 12. URL: <https://doi.org/10.30977/at.2219-8342.2019.45.0.12>.

ОПТИМІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОСЕКЦІЙНИХ ТРАМВАЙНИХ ВАГОНІВ

Войтків С.В.

Науково-технічний центр "Автополіпром", Україна

Багатосекційні зчленовані трамвайні вагони, як один з типів екологічних транспортних засобів, широко застосовуються у багатьох вітчизняних містах у системах міських перевезень пасажирів. Проте, огляд і аналіз конструкцій вітчизняних моделей таких пасажирських транспортних засобів громадського користування показав, що їх експлуатаційна ефективність, яка характеризується їх розмірними параметрами, параметрами мас, навантаг на осі колісних візків та номінальною пасажировмістимістю, суттєво менша у порівнянні з моделями європейських виробників.

Експлуатаційну ефективність багатосекційних зчленованих трамвайних вагонів (ЗТВ) можна оцінити за величиною коефіцієнту, який визначається за виразом:

$$k_{\text{еф}}^m = \frac{10^3 k_p \cdot N_n \cdot \sum n_{\text{окв}}}{L_k \cdot M_n}, \quad (1)$$

де k_p – розмірний коефіцієнт, м·кг/чол., N_n – номінальна пасажировмістимість, чол.; $\sum n_{\text{окв}}$ – кількість осей у всіх колісних візках трамвайного вагона, од.; L_k – довжина зчленованого трамвайного вагона, м; M_n – повна конструктивна маса трамвайного вагона, кг.

Коефіцієнти експлуатаційної ефективності деяких моделей багатосекційних ЗТВ вітчизняних та європейських виробників наведені у Таблиці 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти експлуатаційної ефективності багатосекційних ЗТВ

Модель вагона	T344	B82202	T564	ForCity Alfa
Виробник	Електрон	Stadler	Електрон	Skoda
Кількість секцій, од.	3	2	5	3
Довжина/ ширина, м	19,5/ 2,5	20,346/ 2,5	30,2/ 2,5	31,4/ 2,5
Кількість осей колісних візків, од.	4		6	8
Повна конструктивна маса, кг	38300	36750	57415	63700
Навантага на одну вісь, кН	93,9	90,1	93,8	78,1
Норма стоячих пасажирів, чол./м ²	8			
Пасажировмістимість, чол.	174	205	287	318
Коефіцієнт експлуатаційної ефективності	0,932	1,097	0,993	1,272

Із Таблиці 1 зрозуміло, що коефіцієнт експлуатаційної ефективності вітчизняних моделей багатосекційних ЗТВ менший через значно більшу споряджену масу при близькій довжині вагонів (на 3658 кг у моделі T344 у порівнянні з моделлю B82202) та меншу кількість двовісних колісних візків (у моделі T564 їх 3 од., а ForCity Alfa – 4 од.). Також пасажировмістимість вітчизняних моделей вагонів менша на 31 чол. при однаковій їх ширині у 2,5 м і дещо меншій довжині, відповідно, на 0,846 м та 1,2 м. Але навіть за умови використання цієї довжини для розміщення виключно стоячих пасажирів, різниця у пасажировмістимості все одно становитиме, щонайменше, 9-15 чол.

Окрім того, навантага на вісь колісних візків у вітчизняних моделей вагонів теж вища на 3,7-3,8 кН відносно моделі B82202 та 15,7 – 15,8 кН відносно моделі ForCity Alfa.

Отже, одним із напрямків підвищення коефіцієнту експлуатаційної ефективності багатосекційних ЗТВ являється оптимізація їх довжини та номінальної вмістимості, а також кількості колісних візків.

Номінальна пасажировмістимість багатосекційних ЗТВ обмежується двома конструктивними параметрами – допустимою повною масою та площею пасажирського салону, призначеного для розміщення сидінь і пасажирів у стоячому положенні.

Номінальна вмістимість, обмежена допустимою повною масою трамвайних вагонів, визначається за виразом:

$$N_n^m = \frac{[M_n] - (M_{cn} + m_{вод})}{m_{пас}}, \quad (2)$$

де $[M_n]$ – допустима повна маса багатосекційних ЗТВ, кг; M_{cn} – маса вагона у спорядженому стані, кг; $m_{вод}$ – маса водія, кг ($m_{вод} = 75$ кг); $m_{пас}$ – розрахункова маса одного пасажиря, кг ($m_{пас} = 68$ кг).

Номінальна вмістимість, обмежена площею пасажирського салону, визначається за виразом:

$$N_n^s = n_{сид} + n_{кк} + \frac{S_{см}}{\Delta n^s}, \quad (3)$$

де $n_{сид}$ – кількість пасажирів, розміщених на пасажирських сидіннях, чол.; $n_{кк}$ – кількість пасажирів, що перевозяться у кріслах-колясках, чол.; $S_{см}$ – площа пасажирського салону, призначена для розміщення пасажирів у стоячому положенні, м²; Δn^s – питома норма стоячих пасажирів, чол./м² (приймається $\Delta n^s = 8$ чол./м²).

Допустима повна маса багатосекційних трамвайних вагонів обмежується допустимою навантагою на одну вісь колісного візка, яка відповідно до вимог ДСТУ 4876 складає не більше 80000 Н (80 кН), визначається за кількістю осей колісних візків:

$$[M_n] = \frac{[G_{ко}]}{g} \cdot n_{ко}, \quad (4)$$

де $[G_{ко}]$ – допустима навантага на одну вісь колісного візка, кН; $n_{ко}$ – кількість осей у колісних візках, од.; g – прискорення вільного падіння тіл, м/с².

Споряджена маса багатосекційних ЗТВ визначається за виразом [1]:

$$M_{cn} = \Delta m^s \cdot L_k \cdot B_k, \quad (5)$$

де Δm^s – питома маса спорядженого ЗТВ, кг/м²; B_k – ширина вагона, м.

З виразів (2), (3), (4) та (5) з урахуванням того, що кількість одинарних сидінь у пасажирському салоні трамвайного вагона має бути не меншою ніж

$$n_{сид} = 0,9 \cdot k_{nc} \cdot L_k \cdot B_k, \quad (6)$$

де k_{nc} – коефіцієнт площі пасажирського салону, призначеної для розміщення стоячих пасажирів, 1/м²;

за умови, що ширина вагона заздалегідь задана або приймається рівною 2,3-2,5 м, отримуємо

$$L_k \leq \frac{[M_n] - m_{вод}}{B_k \left[\Delta m^s + m_{нас} \left(0,9k_{nc} + \frac{k_{nc}}{\Delta n^s} \right) \right]}. \quad (7)$$

Для проведення розрахункових досліджень рекомендовані наступні величини параметрів: $\Delta m^s = 525 \text{ кг/м}^2$ [1]; $k_{nc} = 0,5/0,52$ та $0,54$ для, відповідно, дво- три- та чотирисекційних ЗТВ. Окрім того, величина цього коефіцієнту може бути визначена графічно для моделі трамвайного вагона-аналога.

Розрахункова довжина багатосекційного ЗТВ, визначена за виразом (7) при прийнятій ширині $2,5 \text{ м}$ становить $L_k \leq 15,7 \text{ м}$, а розрахункова номінальна пасажировмістимість за допустимою масою та площею пасажирського салону – 174 чол. При заданій ширині ЗТВ у $2,3 \text{ м}$, довжина його кузова становитиме $L_k \leq 17,1 \text{ м}$ при такій же номінальній вмістимості – 174 чол.

Отже, проектування трисекційних ЗТВ на основі застосування двох двовісних колісних візків при допустимій повній масі 32630 кг являється економічно не доцільним, тим паче на основі застосування компонуальної схеми геометричного (чередувального) типу, при якій тільки непарні секції опираються на колісні візки, адже, такі довжини кузовів забезпечуються застосування двох секцій та компонуальної схеми послідовного типу [2].

ВИСНОВКИ

Запропонований вираз для визначення довжини кузовів багатосекційних зчленованих трамвайних вагонів повинен застосовуватися уже на етапі ескізного проектування при виборі компонуальних схем для створення їх перспективних і конкурентоспроможних моделей.

Орієнтовна довжина багатосекційних ЗТВ за умови допустимої навантаги на одну вісь колісних візків не більше $80,0 \text{ кН}$, яка передбачена вимогами ДСТУ4876, становить: при застосуванні двох колісних візків – $15,7\text{-}17,1 \text{ м}$ при ширині кузовів $2,5\text{-}2,3 \text{ м}$; при застосуванні трьох колісних візків, відповідно, $23,6\text{-}25,7 \text{ м}$ а при застосуванні чотирьох колісних візків, відповідно, $31,5\text{-}34,2 \text{ м}$.

У будь-якому випадку, номінальна пасажировмістимість багатосекційних ЗТВ не повинна перевищувати допустиму, обмежену допустимою повною масою, оскільки, при перевищенні їх оптимальної маси у спорядженому стані, яка залежна від довжини вагонів при заданій ширині, суттєво зростатиме навантага на одну вісь колісних візків, що, навіть за умови погодженої величини негативно впливатиме на ресурс коліс візків та рейок трамвайних колій.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4876-2007. Вагони трамвайні пасажирські. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2007-11-21]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 39 с.
2. Войтків С. В. (2023). Визначення параметрів мас трамвайних вагонів на етапі розроблення ескізних пропозицій. Матеріали ЛІІ наук.-техн. конф. підр. Вінницького Нац. техн. ун-ту (НТКП ВНТУ–2023) : зб. доп. Вінниця : ВНТУ, 2023. С. 2731-2735.
3. Войтків С. В. (2023). Визначення розмірних параметрів кузовів двосекційних трамвайних вагонів з різними компонуальними схемами. Матеріали ЛІІ наук.-техн. конф. підрозділів Вінницького Нац. техн. уні-ту (НТКП ВНТУ–2023) : зб. доп. Вінниця : ВНТУ, 2023. С. 2744-2749.

ВАРІАНТИ КОНЦЕПЦІЙ СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТИПУ LMD

Войтків С.В.

Науково-технічний центр "Автополіпром", Україна

Протягом останнього десятиліття в логістичних системах перевезень різноманітних вантажів все більшого поширення набувають маловантажні колісні транспортні засоби типу LMD (англ. *last mile delivery* – доставка останньої милі) для доставляння дрібних вантажів кінцевим споживачам і приватним замовникам у межах населених пунктів, особливо у центральних частинах міст.

На основі огляду й аналізу конструкцій сучасних моделей колісних транспортних засобів типу LMD можна виділити дві найбільш характерні їх особливості, які стосуються:

- типу тягового приводу;
- вмістимості кабіни водія.

За типом тягового приводу колісні транспортні засоби типу LMD можна об'єднати у дві групи:

- група fwbEV (англ. *four-wheeled bicycle Electric Vehicles*) – чотириколісні велоелектромобілі категорії L1e-A [1], обладнані свого роду гібридним тяговим приводом – педально-мускульним та електричним;
- група BEV (англ. *Battery Electric Vehicle*) – електромобілі, обладнані тяговими акумуляторними батареями (АКБ).

За вмістимість. кабіни водія і, відповідно, її шириною, електромобілі групи BEV можна об'єднати теж у дві групи:

- група wSC (англ. *with Single Cabins*) – з одномісними кабінами, ширина яких не перевищує 1,2 м;
- група wDC (англ. *with Double Cabins*) – з двомісними кабінами шириною понад 1,35 м.

Окрім того, електромобілі групи BEV за регламентом Regulation (EU) No 168/2013 [1] поділяються на категорії L5e-B (триколісні) та L6e-BU і L7e-CU (чотириколісні), а також на підкатегорію N1.

На нинішній час для доставляння вантажів кінцевим вітчизняним споживачам фактично застосовуються лише двоколісні велосипеди й скутери, зокрема, з електричним приводом, та автомобілі категорії N1 з бензиновими або дизельними ДВЗ.

Отже, необхідним завданням вітчизняної сфери виробництва маловантажних електромобілів являється створення й організація дрібносерійного виробництва колісних транспортних засобів типу LMD.

Конструкції електромобілів типу LMD характеризуються застосуванням різних компоновальних схем за кількістю (три- або чотири) та розміщенням коліс у триколісних моделей (1+2 та 2+1), типом тягового приводу (переднім, заднім або повнопривідним), повною конструктивною масою і вантажопідйомністю, номінальною та піковою потужністю електричних тягових двигунів (ТЕД), енергоємністю тягових акумуляторних батарей (АКБ), швидкістю руху, автономним пробігом тощо.

Тому, звісно, концепцій створення їх конструкцій може бути доволі багато. Але в будь-якому випадку вони повинні базуватися на аналізі конструктивних особливостей та технічних параметрів сучасних моделей, зокрема собівартості виробництва та ринкової вартості, та на застосуванні принципів модульного проєктування технічних виробів.

Основні конструктивні, експлуатаційні та економічні параметри сучасних моделей електромобілів типу LMD групи BEV наведені у Таблиці 1 (з одномісними кабінами водія) та у Таблиці 2 (з двомісними кабінами водія).

Таблиця 1 – Технічні параметри сучасних моделей електромобілів типу LMD з одномісними кабінами водія

Модель	Beemods Bee 1	Neomor D01	Zeromax Cubo	Runhorse J2-C
Класифікація	L7e-CU			
Тип кузова	фургон			бортовий
Довжина/ ширина по кабіні, м	2,845/ 1,06	3,495/ 1,2	3,228/ 1,2	2,89/ 1,18
Колісна база	1,86	2,2	-	2,375
Споряджена маса, кг	575	615/630	600 (без АКБ)	500
Вантажопідйомність, кг	350	330/ 315	500	330
Повна маса, кг	1000	945	1100 (без АКБ)	830
Тип тягового приводу	задній			
Типорозмір шин	155/65 R13	135/70R12	165/65R14	135/70R12
Потужність ЕД номінальна/ пікова, кВт	6,5/ 7,0	13,0/ 20,0	11,5/ 15,0	5,0/ -
Ємність тягових АКБ, кВт·год/ (А·год)	7,7/ 10,4/ 15,4	9,98	8,0/ 16,0/ 24,0	(105/ 206)
Максимальна швидкість, км/год	55	71	65	45
Автономний пробіг, км	70/ 100/ 150	112	99/ 212/ 312	100/ 190

Таблиця 2 – Технічні параметри сучасних моделей електромобілів типу LMD з двомісними кабінами водія

Модель	E-TORS Cargo TC.01	Pandora E-Trac Box	Neomor D05	Neomor D08
Класифікація	L7e-CU			
Тип кузова	фургон	фургон	бортовий	фургон
Довжина/ ширина по кабіні, м	3,7/ 1,48	3,7/ 1,48	4,6/ 1,69	4,0/ 1,69
Колісна база	2,5	2,5	2,85	3,05
Споряджена маса, кг	950/ 1040	839/ 939	1210	1635/ 1595
Вантажопідйомність, кг	500	611/ 511	885	1565/ 1605
Повна маса, кг	1450/ 1540	1450	2095	3200
Тип тягового приводу	задній			
Типорозмір шин	155R13C		155R13LT	185/65R15
Потужність ЕД номінальна/ пікова, кВт	10,0/ 20,0		15,0/ 30,0	30,0/ 60,0
Ємність тягових АКБ, кВт·год	11,52/ 23,04	13,14/ 26,28	24,0	38,0/ 46,0
Максимальна швидкість, км/год	75		71	90
Автономний пробіг, км	130/ 260		108	201/ 240

Всі моделі електромобілів типу LMD, наведені у Таблицях 1 і 2, створені за компоновальною схемою капотного типу і обладнані передньою незалежною підвіскою коліс типу McPherson та заднім тяговим мостом інтегрально-балкового типу з ресорною підвіскою коліс.

З огляду на необхідні обсяги фінансування дослідно-конструкторських робіт зі створення конструкції та технологічної підготовки дрібносерійного виробництва електромобілів типу LMD, пропонується варіант концепції Е1, яка передбачає:

- на 1-му етапі – проектування електромобіля з одномісною кабіною з повною допустимою масою 1000 – 1500 кг;
- на 2-му етапі – проектування електромобіля з двомісною кабіною з повною допустимою масою до 2000 – 2500 кг;
- ширину одномісної кабіни – не більше 1,2 м, двомісної – не більше 1,5 м;

- максимальну уніфікацію одномісних і двомісних кабін водія електромобілів за найбільш складними у виробництві дверима та боковими крилами і передніми бамперами;
- застосування шин коліс електромобілів з повною масою до 1500 кг – типорозміру xR13C, з повною масою до 2500 кг – xR14C.

Варіант концепції E2 передбачає створення максимально уніфікованих конструкцій електромобілів типу LMD, обладнаних двомісними кабінами, на основі застосування двох різних колісних формул – 4x2.1 та 6x4.1 з повними масами, відповідно, 1500 кг та 2250 кг (рис. 1).

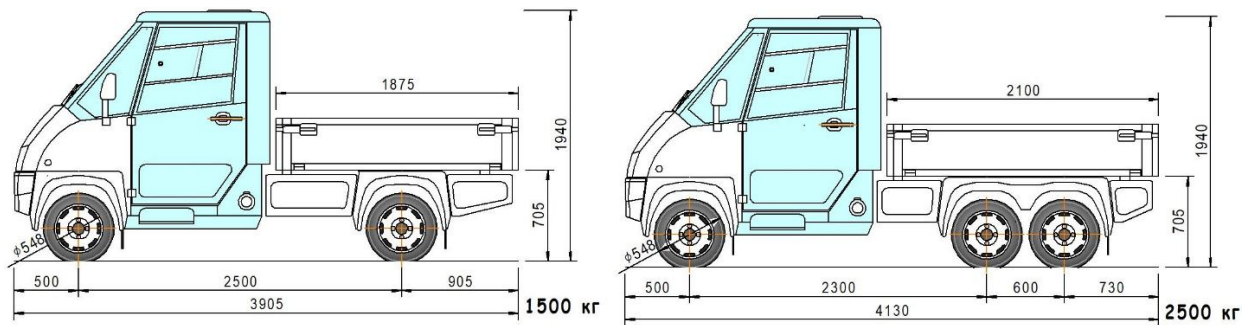


Рисунок 1. Концепція створення максимально-уніфікованих електромобілів типу LMD на основі застосування колісних формул 4x2.1 та 6x4.1

Основна сфера застосування двомостових електромобілів – доставляння товарів кінцевим споживачам, хоча вони можуть експлуатуватись, наприклад, і як комунальні електромобілі. Тримостові електромобілі з підвищеною прохідністю завдяки двом заднім тяговим мостам можуть знайти застосування у фермерських господарствах та у комунальних підприємствах.

Запропоновані варіанти концепцій E1 мають метою створення на 1-му етапі електромобілів типу LMD з відносно низькою ринковою ціною у межах 15-25 тис. Євро на базі використання імпортованих агрегатів трансмісій і ходових частин, зокрема керованого моста з незалежною підвіскою коліс та заднього тягового моста інтегрально-балкового типу китайського виробництва. Їх допустима навантага становить 7,35 кН (750 кгс) при доволі прийнятній вартості.

Зрозуміло, що паралельно з освоєнням дрібносерійного виробництва базових моделей електромобілів, повинні проводитись конструкторсько-технологічні роботи зі створення й освоєння вітчизняного виробництва їх комплектувальних виробів трансмісій, ходових частин, тягових приводів тощо.

ЛІТЕРАТУРА

3. Войтків С. В. (2023). Огляд і аналіз конструкцій вантажних велоелектромобілів категорії L1e-A. Зб. тез доповідей III-ї Міжнар. наук.-техн. конф. "Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023". Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 193-194.
2. Regulation (EU) No 168/2013 of the European Parliament and of the Council of 15 January 2013 on the approval and market surveillance of two- or three-wheel vehicles and quadricycles (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union, L60.
3. Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3). Revision 6. URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29resolutions/ECE-TRANS-WP.29-78r6e.pdf>_(дата звернення 04.11.2024).

ВПЛИВ ПОЗДОВЖНЬОГО УХИЛУ ДОРОГИ НА ВИТРАТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

Дембіцький В.М.

Луцький національний технічний університет, Україна

ВСТУП

На сьогоднішній день, в епоху стрімкого розвитку електричних транспортних засобів одним з актуальних питань є визначення їх енергоефективності, оскільки саме даний показник демонструє доцільність застосування того чи іншого виду автомобільного транспорту. Особливо актуальним дане питання постає для пасажирських транспортних засобів, оскільки вони рухаються в складних умовах, з великою часткою перехідних режимів «розгону – гальмування». Як неодноразово доведено науковцями [1], [2], [3] зовнішні фактори колосально впливають на витрати електричної енергії транспортними засобами, тому оцінювання даного параметра на основі стандартизованих їздових циклів є не зовсім доцільним. У роботі [4], авторами проведено моделювання витрат електричної енергії, за умов випадкових змін некерованих факторів. Аналізуючи результати, отримані в роботі [4], відмічено, що врахування зміни поздовжнього ухилу дороги, в математичній моделі повинно ґрунтуватися на певних закономірностях. Отож метою даних досліджень є визначення впливу та врахування поздовжнього ухилу опорної поверхні під час моделювання витрат електричної енергії пасажирськими транспортними засобами.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Витрату електричної енергії транспортного засобу можна визначити виходячи з рівнянь силового балансу автомобіля [5], [6], [7]:

- для режиму розгону та руху з постійною швидкістю:

$$P_{\kappa} = P_j + P_f + P_w \pm P_h \quad (1)$$

- для режиму гальмування:

$$P_j = P_w + P_f + P_{\tau} \pm P_h, \quad (2)$$

де P_j – сила інерції транспортного засобу, Н;
 P_f – сила опору руху, Н;
 P_w – сила опору повітря, Н;
 P_h – сила опору підйому, Н;
 P_{τ} – гальмівна сила транспортного засобу, Н.

Сила опору підйому під час руху транспортного засобу визначається за залежністю:

$$P_h = G_a \cdot \sin \alpha, \quad (3)$$

де α – кут поздовжнього підйому (ухилу) дороги.

Таким чином задача зводиться до визначення кута α на маршруті слідування транспортного засобу.

З метою отримання даних щодо величини позовжнього профілю дороги, використовуючи можливості Google-карти, було визначено висоту дороги над рівнем моря на тролейбусному маршруті № 12 через кожних 100 м. (рис. 1).

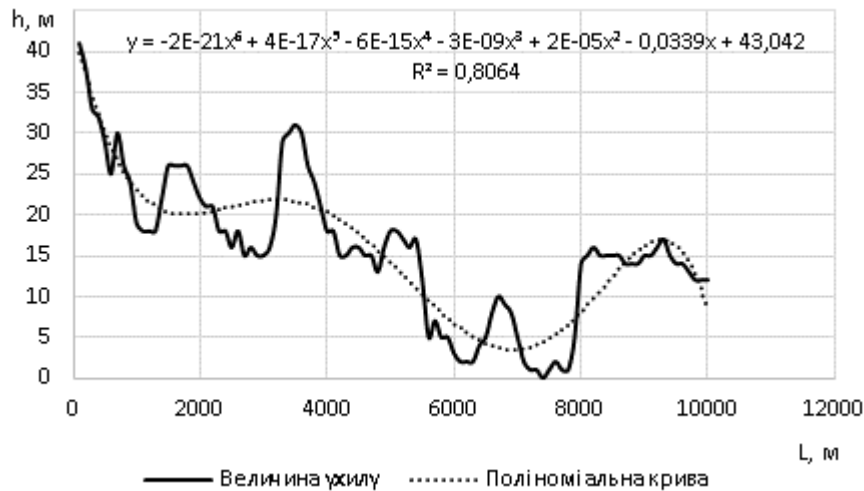


Рисунок 1 – Значення позовжнього ухилу дороги на маршруті тролейбуса № 12 м. Луцьк

За отриманими значеннями позовжнього ухилу дорожнього полотна, за залежністю, наведеною на рисунку 1, визначено витрату електричної енергії транспортним засобом категорії МЗ. Під час моделювання витрат електричної енергії використано методику, елементарний їздовий цикл, а також технічні характеристики транспортного засобу, наведені в роботі [4]. Результати моделювання наведено на рисунках 2 та 3.

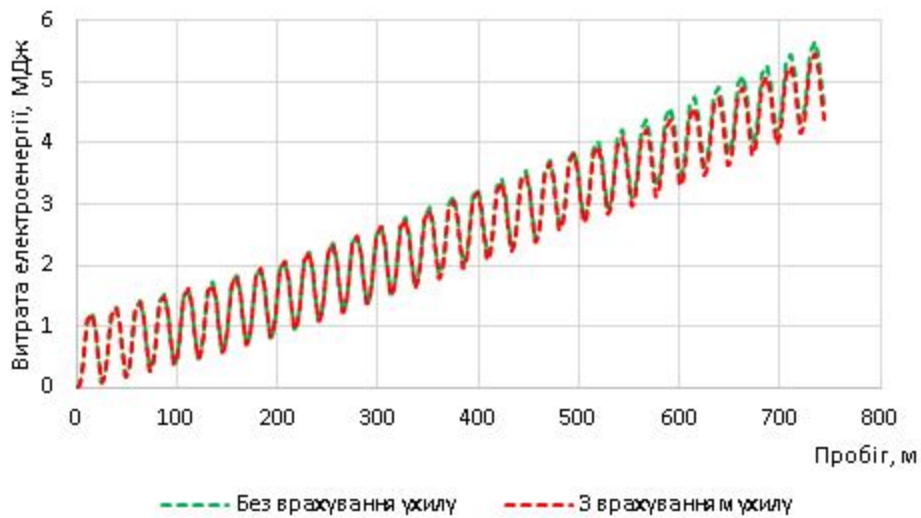


Рисунок 2 – Вплив позовжнього ухилу дороги на витрату електричної енергії транспортним засобом

Аналізуючи рисунок 3, встановлено, що витрати електричної енергії, визначені за математичною моделлю з врахуванням величини ухилу позовжнього профілю дороги та без врахування відрізняються в межах 4...10 %. Разом з тим, спостерігається чітка тенденція до збільшення даної різниці зі збільшенням пробігу транспортного засобу. Окрім цього, необхідно враховувати, що значний вплив на витрату електричної енергії має комбінація факторів: величини ухилу, його напрямку, режиму в якому рухається транспортний засіб.

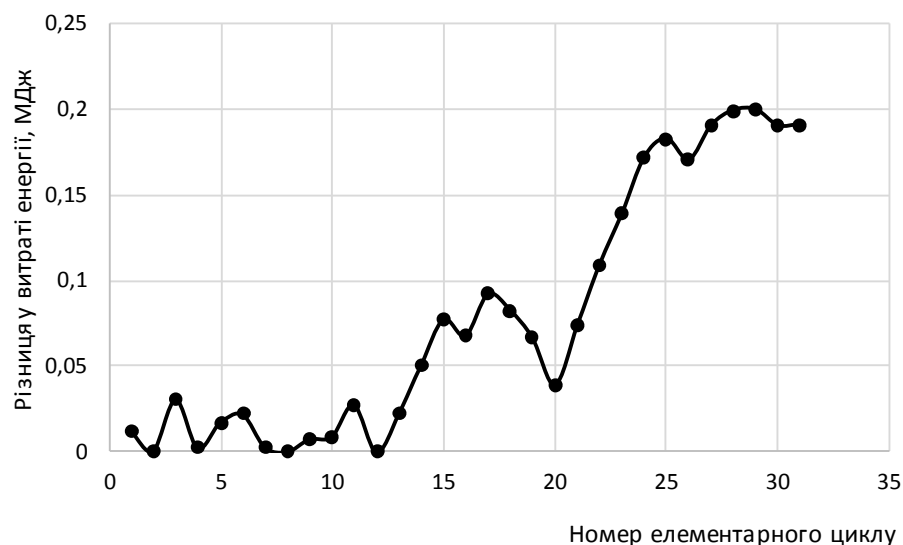


Рисунок 3 – Динаміка зміни різниці між витратами електричної енергії, оціненої без врахування впливу поздовжнього ухилу дорожнього полотна та з врахуванням впливу

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень оцінено вплив поздовжнього ухилу опорної поверхні на витрату електричної енергії електробусом, за усіх інших ідентичних умов. Експериментальним методом визначено величину поздовжнього ухилу дороги для маршруту тролейбуса № 12. Здійснено моделювання витрат електричної енергії на даному маршруті з врахуванням впливу сили опору підйому (спуску) та без врахування. При цьому встановлено, що на пробігу близько 3500 м, різниця між отриманими значеннями витрат електричної енергії становить 4...6 %, однак, зі збільшенням пробігу спостерігається чітке збільшення різниці між витратами електричної енергії, для випадків врахування впливу поздовжнього ухилу дороги та без такого врахування.

ЛІТЕРАТУРА

1. M. E. Bruni, O. Jabali and S. Khodaparasti, "The Electric Vehicle Route Planning Problem with Energy Consumption Uncertainty," 2020 Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS), Delft, South Holland Province, Netherlands, 2020, pp. 224-229, doi: 10.1109/FISTS46898.2020.9264881.
2. Pelletier, S., Jabali, O., & Laporte, G. (2019). The electric vehicle routing problem with energy consumption uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 126, 225-255.
3. Vepsäläinen J, Ritari A, Lajunen A, Kivekäs K, Tammi K. Energy Uncertainty Analysis of Electric Buses. *Energies*. 2018; 11(12):3267.
4. Dembitskyi V., Grabovets V. (2023) Modeling of a power consumption by bus in the real operating conditions. *Transportation Engineering*. Volume 14. December 2023 Article number 100216 <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100216>.
5. Laurencas Raslavičius, Artūras Keršys, Rolandas Makaras, Management of hybrid powertrain dynamics and energy consumption for 2WD, 4WD, and HMMWV vehicles, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 68, Part 1, 2017, Pages 380-396, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.109>.
6. Jazar, Reza N. *Vehicle dynamics: theory and application*. Springer, 2017.
7. Short, Michael, Michael J. Pont, and Qiang Huang. "Simulation of vehicle longitudinal dynamics." *Safety and Reliability of Distributed Embedded Systems* (2004): 04-01.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Буряківський В.А.¹, Barudov S.²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Technical University of Varna, Болгарія

ВСТУП

З розвитком технологій електричних транспортних засобів зростають вимоги до їх потужності та запасу ходу, відповідно, збільшуються енергетичні характеристики силових енергетичних установок електромобілів та систем зберігання енергії – акумуляторних батарей. Одночасно набувають важливості системи регулювання температури акумуляторних блоків, які відіграють ключову роль у забезпеченні їх ефективності та безпеки. Одним з основних застань систем регулювання температури є підтримка оптимальної температури батареї, що забезпечує їх максимальну продуктивність та довговічність. В умовах змінних кліматичних умов, зокрема при низьких температурах, важливим завданням є розробка ефективних засобів для охолодження та нагріву елементів батареї, що зменшує втрати енергії та підвищує автономність транспортних засобів. У цьому контексті важливими є дослідження нових матеріалів та рідин, а також застосування інноваційних технологій, що сприяють покращенню теплопередачі та зниженню енергетичних витрат на підтримку оптимальної температури. Дана робота зосереджена на огляді сучасних систем регулювання температури для електромобілів та перспектив їх подальшого розвитку.

Технології регулювання температури акумуляторів електромобілів

У розробці систем регулювання температури для електромобілів важливими є нові технології, зокрема стосовно способів нагріву та охолодження акумуляторних блоків. Серед найбільш розвинених технологій на сьогоднішній день слід вказати системи повітряного охолодження та непрямого рідинного охолодження, які були застосовані електромобілях. Наприклад, електромобілі, випущені на початку 2000-х років і нині зняті з виробництва, такі як Honda Insight або Nissan Leaf, використовували здебільшого системи повітряного охолодження. Однак з часом повітряні системи були замінені на рідинні, як, наприклад, у Nissan Ariya, де система охолодження використовує технологію непрямого рідинного охолодження. Як показано у таблиці 1, більшість нових електромобілів на ринку оснащені саме такими системами через їх вищу ефективність, зокрема завдяки вищому коефіцієнту теплопередачі між охолоджувальною рідиною та акумулятором [1,2].

Сучасні дослідження у галузі систем охолодження повинні зосереджені на кількох важливих аспектах, пов'язаних з фазами охолодження та нагріву. Перший з них – тепловий вибіг, що може призвести до пожеж або вибухів батарей через високі температури або механічні пошкодження. Другим важливим питанням є виділення тепла під час заряду та розряду, коли частина хімічної енергії в акумуляторі перетворюється на теплоту через поляризаційні втрати. Системи охолодження мають забезпечити підтримання температурного режиму батареї в оптимальному діапазоні за будь-яких умов навколишнього середовища, зменшуючи енергоспоживання та зберігаючи автономність автомобіля.

У холодну погоду важливою є здатність електромобіля запускатися в екстремальних умовах, особливо за температури нижче $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для цього система регулювання температури повинна мати здатність нагрівати елементи батареї, щоб зменшити характерну неефективність літій-іонних батарей при низьких температурах. Хоча багато виробників заявляють про можливість експлуатації своїх автомобілів при температурах від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, одним з основних аспектів є час розігріву, який досі є

не достатньо швидким. Наприклад, для того щоб підвищити температуру акумулятора з -15°C до 0°C , системі потрібно близько 20 хвилин [3].

Таблиця 1 – Огляд систем охолодження електромобілів

Модель	Тип авто	Загальна ємність акумулятора	Потужність силового агрегату	Технологія охолодження та обігріву	Заявлений діапазон робочих температур
Audi e-tron GT quattro	Спортивний автомобіль	93 кВт/год	390 кВт	Непряме рідинне	Від -30°C до 50°C
McLaren Speedtail	Спортивний автомобіль	1647 кВт/год	790 кВт	Імерсивне рідинне	-
Porsche Taycan	Спортивний автомобіль	93.4 кВт/год	350 кВт	Непряме рідинне	-
BMW i4 eDrive 40	Автомобіль седан	84 кВт/год	250 кВт	Непряме рідинне	-
Mercedes EQS	Автомобіль седан	90 кВт/год – 107.8 кВт/год	245 кВт – 385 кВт	Непряме рідинне	-
Tesla Model Y	Кросовер	60 кВт/год	220 кВт	Непряме рідинне	-
Nissan Leaf	Позашляховик	66 кВт/год – 87 кВт/год	160 кВт – 178 кВт	Непряме рідинне	-
Toyota bZ4X	Позашляховик	71.4 кВт/год	150 кВт – 160 кВт	Непряме рідинне	Від -30°C до 60°C
Volkswagen ID.4	Позашляховик	55 кВт/год – 82 кВт/год	109 кВт – 150 кВт	Непряме рідинне	Від -28°C до 60°C

З метою подолання цих проблем, дослідники та автомобільні компанії працюють над новими системами регулювання температури акумуляторних батарей, які визначають новий напрямок вдосконалення електромобілів. Прогнозується, що технології активного охолодження та обігріву (повітряне, рідинне) залишатимуться домінуючими на ринку, при цьому важливим нововведенням буде застосування нових матеріалів елементів та радіаторів, а також використання нових рідин з поліпшеними теплопередавальними властивостями.

Серед таких нововведень є діелектричне масло, яке поки що використовується рідше через високий коефіцієнт в'язкості, але має значно кращу ефективність теплопередачі, ніж повітряна система. Іншими перспективними теплоносіями є нанофлюїди – рідини, до складу яких входять тверді частинки, що підвищують теплопровідність, та рідкі метали, які мають вищу теплопровідність і меншу в'язкість, ніж традиційні охолоджувальні рідини.

Також важливими є нові розробки в області систем з холодоагентами, як це реалізовано в BMW i3, де використовувався холодоагент системи кондиціонування салону для керування температурою акумулятора за будь-яких погодних умов. Розвиток таких технологій має значний потенціал для підвищення ефективності систем охолодження та обігріву батарей.

Окрім того, однією з нових концепцій є використання термоелектричних модулів, які можуть активно перетворювати електроенергію в теплоту для керування температурою акумулятора. Ці пристрої характеризуються компактністю, відсутністю рухомих частин і здатністю швидко перемикатися між режимами охолодження та нагріву,

що робить їх перспективними для подальших розробок в галузі керування температурним режимом батарей [4-6].

ВИСНОВКИ

Системи регулювання температури є критично важливими для забезпечення ефективної роботи акумуляторних батарей електричних транспортних засобів. Найбільш ефективними на сьогоднішній день є системи на основі рідинного охолодження, які поступово замінили повітряні системи завдяки вищій теплопередачі. Проте, існують певні проблеми, такі як повільний процес нагріву та охолодження батарей за екстремальних температур, що спонукає до подальших розробок у цій галузі. Перспективними напрямками є використання нових теплоносіїв, таких як нанофлюїди та рідкі метали, а також впровадження термоелектричних модулів, які дозволяють ефективно контролювати температурний режим без великих енергетичних втрат. Подальше вдосконалення систем температурного регулювання є необхідним для забезпечення стабільної роботи електричних автомобілів у будь-яких погодних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664.
2. A review on thermal management of battery packs for electric vehicles // Матеріали сайту – 2024. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431123020641>.
3. A Critical Review of Thermal Issues in Lithium-Ion Batteries // Матеріали сайту – 2011. – Режим доступу: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1.3515880>.
4. 6. Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Ульянец. Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорті його інфраструктура. Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2. – С. 18–27.
5. Гнатов 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.
6. 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. Przegląd Elektrotechniczny. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БАТАРЕЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Куравська Н.М., Панченко А.М., Заречняк Є.М., Мусаїрова Ю.Д.
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Україна

Процес переходу на електричний транспорт неминучий, невідворотний і всеосяжний: покращується інфраструктура, збільшується представництво як «електричних» брендів, так і окремих моделей. Але чим більше інтересу та занурення в тему, електрокарів, тим більше запитань. Більшість їх пов'язані з експлуатацією батарей для електромобілів: як зберегти ресурс, продовжити термін життя тощо.

Для початку слід розібратися, якими бувають батареї, що використовуються в автомобільному виробництві.

Як у середовищі смартфонів ніяк не можуть розібратися, що крутіше, Android або iOS, так і в питанні джерел живлення для електромобілів «територія поділена» в основному між літій-іонними (Li-ion) і літій-фосфат-залізними акумуляторами (LFP). У кожного їх є свої переваги.

Літій-іонний акумулятор типу нікель-марганець-кобальт (NMC) – на даний момент найпоширеніший тип акумуляторів (Таблиця 1). Його основна перевага в тому, що за рахунок високої щільності енергії (до 250 Втч / кг) така батарея забезпечує більшу дальність поїздки. Вона компактна та ефективна, але в порівнянні з літій-фосфат-залізним конкурентом має менший термін служби – різні виробники називають від 1000 до 2000 циклів повної зарядки (від 0 до 100%).

Таблиця 1 – Виробники NMC акумуляторів для автокарів

Компанія	Примітка
Panasonic	Відома своїми високоякісними NMC акумуляторами
LG Chem	Провідний виробник батарей для електромобілів, включаючи NMC технології.
Samsung SDI	Виробляє NMC акумулятори для різних пристроїв, включаючи автокари.
BYD	Китайська компанія, яка також виробляє NMC акумулятори для електротранспорту

Також на репутацію NMC акумулятора може вплинути "слід з минулого": напевно пам'ятаєте що в електрокарах, що самозаймалися - виною ставали акумулятори NMC. Займання пов'язували з низькою термічною стабільністю осередків батареї, що призводило до перегріву. Але це справи минулих днів: виробники доклали всіх зусиль для вдосконалення цього типу батареї. Більш серйозним недоліком все ж таки був і залишається більш менший термін служби, ніж у літій-фосфат-залізних батареї.

Акумулятори типу нікель-кобальт-алюміній (NCA) мають фактично такі ж переваги і недоліки, як NMC; щільність енергії, що впливає на збільшенні запасу ходу, однак популярні автомобільні бренди, як NMC: в даний час вони використовуються в основному на деяких моделях Tesla.

Популярність літій-залізо-фосфатних акумуляторів (LFP) обумовлена нижчою вартістю їх виробництва, при цьому у них довше термін служби (понад 2000 циклів зарядки), для них не страшний перегрів, що є додатковою перевагою при аварії або короткому замиканні. При цьому такі батареї сильно поступаються конкурентам за щільністю енергії (в основному до 160 Втч / кг), що істотно знижує запас ходу, і такі акумулятори в основному використовуються в моделях, які вважають міськими. Простий приклад: якщо досягти у LFP такого ж об'єму заряду, як літій-іонних батареї, вона

повинна бути вдвічі більшою за розміром. Також літій-залізо-фосфатні акумулятори менш пристосовані до низьких температур – у холодну пору року електрокари з такими батареями заряджаються довше.

Розглянемо нікель-металогідридні акумулятори (NiMH), які широко поширені в гібридних (HEV) моделях. Вони не мають «ефекта пам'яті», через що регулярні розрядки-зарядки не впливають на ємність батареї. Також вони досить екологічні. З мінусів – низька щільність батареї, більша вага та триваліша зарядка, ніж у інших батареї.

Питання які повинен задати собі користувач електрокаром щодо продовження терміну експлуатації батареї наведено на рисунку 1.

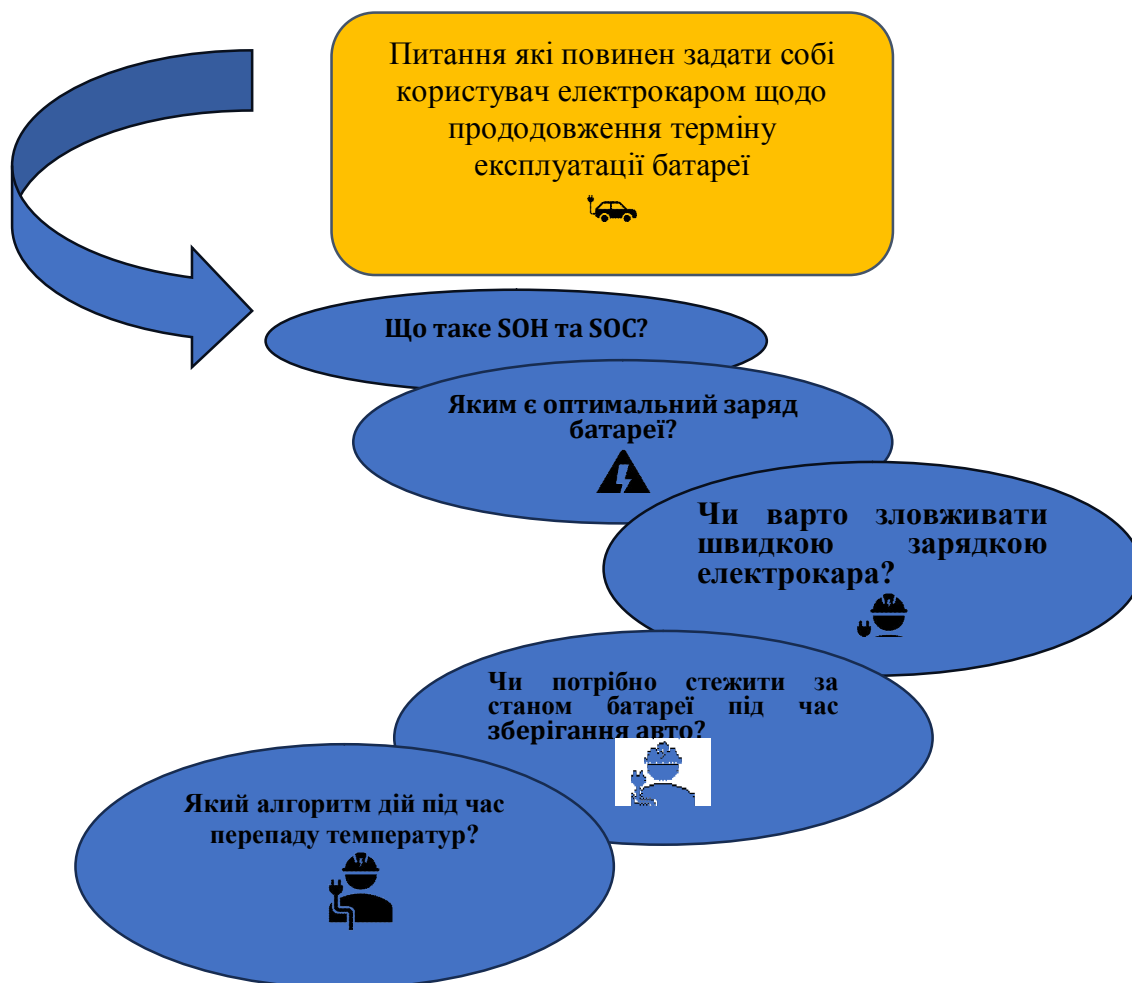


Рисунок 1 – Питання які повинен задати собі користувач електрокаром щодо продовження терміну експлуатації батареї

SoH (State of Health) – це так званий стан здоров'я батареї, показник також відомий, як ступінь зносу. Він дає знати, скільки ємності зараз залишилося в порівнянні з початковою. Звичайно, чим вище SoH, тим краще продуктивність акумулятора. Тому дуже важливо звертати увагу на цей показник в оцінці продуктивності. Якщо ви купуєте не новий електромобіль, перевірити SoH – одне з першочергових завдань.

У джерел живлення електрокара є два механізми старіння. Перший - циклічне старіння, воно безпосередньо пов'язане з експлуатацією, тому важливо правильно витримувати цикл зарядки та розрядки (про це нижче). Другий механізм - календарне старіння: руйнування при стані спокою. Тому звертайте увагу на умови зберігання авто.

SoC (State of Charge) – безпосередньо показник заряду, який вимірюється у відсотках та дає знати, кількість наявного заряду для використання. Від нього залежить ємність та тривалість роботи. При низькому SoC акумулятор може вимкнутись, а це,

швидше за все, призведе до втрати даних або неправильної роботи пристрою. Але це не означає, що рівень заряду треба постійно тримати високим: навпаки, це призведе до зношування та втрати ємності. Необхідно підтримувати оптимальний рівень SoC : це допоможе збільшити його термін служби та забезпечить надійну роботу пристроїв, які він живить.

Яким є оптимальний заряд батареї?

Ви напевно хоч раз знайомилися з технічними характеристиками якогось електрокара і повинні були звернути увагу на один із показників: час поповнення заряду від 20 до 80%. Це оптимальний діапазон, що позитивно впливає на продуктивність та продовження життєвого циклу. Повністю заряджати батарею рекомендують переважно перед тривалою поїздкою. У будь-якому випадку дотримуйтесь рекомендацій виробників. Деякі виробники, щоб уберегти водіїв, що сумніваються, від некоректних кроків при досягненні 80% заряду на приладовій панелі позиціонують його як повний. Але є й інші ситуації: скажімо, Tesla не рекомендує, а наполягає, щоб її моделі, в яких використовується батарея LFP, заряджали виключно до 100%.

Що стосується мінімального заряду, слідкуйте щоб його рівень не був нижчим за озвучені 20%.

Чи варто зловживати швидкою зарядкою електрокара?

Дуже важливе питання, яке найближчим часом ризикує увійти до найпопулярніших риторичних. Відповідь на нього є, але в ряду експертів вона різна, і кожен із них переконаний у своїй правоті.

Противники частого використання станцій швидкого заряджання постійним струмом не сперечаються, що підвищити рівень заряду до 80% за півгодини – це зручно. Але, на їхню думку, ця зручність дає небажане навантаження на систему автомобіля, тому для оптимального терміну служби батареї швидку зарядку рекомендують використовувати тільки в необхідних ситуаціях (наприклад, у тривалій поїздки).

Представники іншого табору не бачать нічого крамольного у швидкій зарядці великими струмами. Їхній аргумент такий: якщо виробник дає можливість приймати 150 кіловат, а зарядна станція з цією умовою справляється, то чому б не скористатися шансом скоротити час заряду. Такі експерти вважають, що термін служби батареї це впливає.

Як же вчинити, коли отримуєш дві протилежні по суті поради? Є третій – періодичність швидкої та повільної зарядки. Але оптимальний варіант – враховувати рекомендації виробника, на продукції якого ви зупинили вибір. Це також наголошує на важливості покупки у офіційних постачальників: тільки вони можуть надати коректну інформацію по вашому автомобілю.

Чи потрібно стежити за станом батареї під час зберігання авто?

Якщо ви вирішили, що якийсь період часу обходитиметеся без електрокара, пам'ятайте, що при тривалому зберіганні рекомендується доводити заряд до рівня не менше 50%.

Який алгоритм дій під час перепаду температур?

Це питання актуальне як взимку, так і влітку, оскільки акумулятор однаково негативно ставиться до екстремальних плюсових та мінусових температур. Оптимальний варіант – відмовитись від поїздок у такі періоди. Якщо не виходить, намагайтеся не паркувати авто на вулиці в холодну погоду – гараж чи крите паркування вирішать цю проблему. Оптимальною температурою для будь-якої техніки з акумулятором вважається температура від 15 до 20 градусів.

Ще не забувайте взимку стежити за тиском у шинах. Це, до речі, універсальна порада для власників транспортних засобів як на електротязі, так і з ДВЗ. Через низькі температури повітря стискається, що призводить до втрати тиску. А чим менше тиску, тим більше знадобиться енергії електрокару та палива для машин із ДВЗ. Порада проста - користь очевидна.

Якщо узагальнити все вищесказане, поради будуть корисними для свого авто під час несприятливих кліматичних умов.

ВИСНОВКИ

Запропаноавані пропозиції щодо продовження терміну експлуатації батареї електромобіля є дієвими та життєвонеобхідними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bob Braint, Sat Laytman. Your Own Electric Vehicle, Third Edition. 200 McGraw-Hill (2023).
2. Tom Dentom. Automobile Electrical and Electronic Systems, Fifth Edition 230. McGraw-Hill (2017).
3. Tom Dentom. Automobile Mechanical and Electrical Systems, Third Edition.224 McGraw-Hill (2022).

АВТОМОБІЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА – СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Білаш І.О., Гнатов А.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Сучасні автомобілі стали справжніми технічними витворами, в яких електроніка відіграє критично важливу роль. Системи управління, безпеки, комфорту та зв'язку є невід'ємною частиною кожного нового автомобіля. Зі збільшенням використання електронних компонентів, такі технології не тільки полегшують водіння, але й підвищують загальний рівень безпеки на дорогах.

Системи безпеки

Системи безпеки в автомобілях можна розділити на активні та пасивні. Активні системи, такі як ABS (антиблокувальна система гальм), запобігають блокуванню коліс під час різкого гальмування, що дозволяє водієві зберігати контроль над автомобілем. Це особливо важливо на слизьких дорогах. ESC (електронний контроль стабільності) аналізує дані з датчиків про швидкість, кут повороту та нахил автомобіля, допомагаючи запобігти заносам.

Дослідження Ейго NCAP показують, що автомобілі, оснащені системами ABS і ESC, можуть зменшити ризик серйозних аварій на 30% [1-3]. Це робить їх критично важливими для сучасної автомобільної безпеки.

Інформаційно-розважальні системи

Сучасні інформаційно-розважальні системи стали важливими елементами автомобільного досвіду. Вони забезпечують інтерактивність і зручність, дозволяючи водіям підключати свої смартфони через платформи, такі як Apple CarPlay та Android Auto. Це дозволяє отримувати доступ до навігаційних програм, музики та дзвінків, не відволікаючись від дороги.

Згідно зі статистикою Statista, більше 60% водіїв використовують ці системи для покращення комфорту під час їзди [4]. Наприклад, GPS-навігація не тільки допомагає знайти найшвидший маршрут, але й враховує поточні умови трафіку, пропонуючи альтернативні шляхи.

Автономні автомобілі

Технології автономного водіння є одними з найзначніших інновацій в автомобільній промисловості. Автономні автомобілі використовують комбінацію лідарів, камер та радарів, щоб орієнтуватися в навколишньому середовищі. Ці технології дозволяють машинам "бачити" і розуміти об'єкти на дорозі, включаючи пішоходів, інших водіїв і перешкоди.

Компанії, такі як Tesla і Waymo, активно тестують свої системи. Наприклад, Waymo вже має функціональні автономні таксі, які працюють у певних містах. Згідно з дослідженням MIT Technology Review, технології автономного водіння можуть знизити кількість дорожньо-транспортних пригод на 90%, що свідчить про величезний потенціал для покращення безпеки [5].

Електромобілі та гібридні технології

Електромобілі (ЕМ) та гібридні автомобілі здобувають популярність через їхню екологічність і зменшення витрат на паливе. Гібридні автомобілі поєднують традиційні двигуни з електричними, що дозволяє зменшити споживання пального та викиди CO₂. Згідно з прогнозами BloombergNEF, до 2040 року електромобілі можуть становити до 50% нових продажів автомобілів [6-12].

Електромобілі, такі як Tesla Model 3 та Nissan Leaf, демонструють вражаючі показники дальності ходу та швидкості зарядки, що робить їх привабливими для споживачів. Крім того, багато країн запроваджують програми для стимулювання переходу на електричні автомобілі, що ще більше підвищує їх популярність.

Технології обслуговування та діагностики

Системи діагностики, такі як OBD-II (On-Board Diagnostics), дозволяють автомобілям самостійно контролювати свій стан і виявляти технічні несправності. Ця технологія забезпечує доступ до інформації про роботу двигуна, системи викидів і багато інших параметрів. Водії можуть отримувати попередження про необхідність обслуговування, що допомагає уникнути серйозних поломок.

Впровадження Інтернету речей (IoT) в обслуговування автомобілів дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг. Наприклад, автопарки можуть отримувати дані про стан своїх автомобілів у режимі реального часу, що дозволяє зменшити витрати на обслуговування на 20% [13-15]. Це особливо важливо для компаній, що використовують великі автопарки.

Екологічні технології

Системи управління викидами, такі як каталізатори та фільтри часток, сприяють зменшенню забруднення повітря. Автомобілі стають більш екологічними завдяки розвитку нових технологій, таких як водневе паливо та біопаливо. Водневі автомобілі, наприклад, викидають лише водяну пару, що робить їх дуже привабливими з екологічної точки зору.

Дослідження World Economic Forum підкреслює, що перехід на чисті технології є критично важливим для збереження навколишнього середовища [8,17,18]. Стратегії, спрямовані на зменшення викидів парникових газів, можуть суттєво покращити якість повітря в містах і зменшити ризики, пов'язані зі зміною клімату.

ВИСНОВКИ

Сучасні технології в автомобільній електроніці не лише підвищують безпеку та комфорт, але й зменшують негативний вплив на навколишнє середовище. Інтеграція новітніх технологій в автомобільну промисловість обіцяє ще більше інновацій у майбутньому. Це, в свою чергу, може суттєво змінити наше уявлення про транспорт та мобільність, роблячи автомобілі більш ефективними, безпечними та екологічними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Euro NCAP. (2023). Safety Ratings. Retrieved from [Euro NCAP](<https://www.euroncap.com>).
2. Коростельов М.В., Гнатов А. В. Дослідження активних систем безпеки для автотранспортних засобів // Автомобільний транспорт. - Х.: ХНАДУ. 2020. Вип. 46. – С. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2020.46.0.40>.
3. Товстокорий, М., & Гнатов, А. (2023). Аналіз та вплив принципів роботи систем активної безпеки автомобіля на безпеку руху. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (24), 41–49. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2023.24.0.8>.
4. Statista. (2023). Use of GPS Navigation Systems. Retrieved from [Statista](<https://www.statista.com>).
5. MIT Technology Review. (2023). The State of Autonomous Vehicles. Retrieved from [MIT Technology Review](<https://www.technologyreview.com>).
6. BloombergNEF. (2023). Electric Vehicle Outlook. Retrieved from [BloombergNEF](<https://about.bnef.com>).
7. 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.

8. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master's degree program under the Erasmus project Cybphys. *Automobile Transport*, (51), 85–95. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.09>.

9. Гнатів А. В., Аргун Ш. 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>.

10. 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. DOI: <https://doi.org/10.2478/lpts-2020-0017>.

11. 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. *Przegląd Elektrotechniczny*. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50. DOI: 10.15199/48.2020.10.08.

12. Zabasta A., Peuteman J., Kunicina N., Kazymyr V., Hvesenya S., Hnatov A., Paliyeva T., Ribickis L. Research on Cross-Domain Study Curricula in Cyber-Physical Systems: A Case Study of Belarusian and Ukrainian Universities // *Education Sciences*. – 2020. – Т. 10. – №. 10. – С. 282. <https://doi.org/10.3390/educsci10100282>.

13. Arhun Shch., Migal V., Hnatov A., Ponikarovska S., Hnatova A., Novichonok S. Determining the quality of electric motors by vibro-diagnostic characteristics // *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*. – 2020. – Т. 7. – №. 29.

14. Mygal, V., Arhun, S., Shuliak, M., Hnatov, A., Kalinin, E., & Mysiura, M. (2021). Functional and Engineering Methods of Upgrading the Quality of Induction Traction Electric Motors. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, e20. <http://eprints.eudl.eu/id/eprint/4901>.

15. Мигаль, В., Аргун, Ш., Гнатів, 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>.

16. McKinsey. (2023). Trends in Automotive Diagnostics. Retrieved from [McKinsey](<https://www.mckinsey.com>).

17. World Economic Forum. (2023). Future of Mobility. Retrieved from [World Economic Forum](<https://www.weforum.org>).

18. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.

19. Гнатів А. В. Сонячна енергія – основні види та типи сонячних електростанцій / А. В. Гнатів, Ш. В. Аргун, В.О. Череватий, О. А. Ульянець // *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання*. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 12. – С. 12-21.

ЛІТІЙ-ІОНІ БАТАРЕЇ ПЕРЕВАГИ, ПРОБЛЕМИ ТА УТИЛІЗАЦІЯ

Багач Р.В., Ященко М.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Літій-іонні батареї (Li-ion) сьогодні займають центральне місце в багатьох галузях, починаючи з електротранспорту і завершуючи побутовою електронікою та системами енергозбереження. Висока енергетична щільність, ефективність та довговічність роблять ці батареї одним із ключових компонентів у переході до стійкої енергетики. З їх допомогою реалізуються амбітні плани щодо розвитку електромобільного транспорту, інтеграції відновлюваних джерел енергії та забезпечення стабільності електромереж [1,2].

Однак разом з перевагами Li-ion батарей виникають і серйозні екологічні виклики. У міру збільшення кількості батарей, що виходять з ладу, зростає й потреба в ефективних методах їхньої утилізації та переробки. В роботі висвітлюються як технічні переваги літій-іонних батарей, так і методи їхньої переробки, які мають допомогти зменшити вплив цього процесу на навколишнє середовище. Враховуючи актуальність теми у зв'язку з глобальною екологічною кризою, розробка та впровадження технологій екологічної переробки стають пріоритетом для досягнення сталого розвитку [3-5].

Актуальність дослідження. Літій-іонні батареї (Li-ion) займають ключове місце в енергетичній сфері, забезпечуючи живлення для електромобілів, портативної електроніки та систем зберігання відновлюваної енергії. Зі зростанням попиту на електротранспорт і потребою у стабільних мережах на базі екологічно чистих джерел, актуальним стає не лише вдосконалення їхніх технічних характеристик, а й розробка ефективних методів утилізації. Масове впровадження літій-іонних батарей потребує створення екологічно безпечної системи їхньої переробки для зменшення шкідливого впливу на довкілля.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є аналіз переваг літій-іонних батарей та сучасних технологій переробки, що сприяють зменшенню екологічного впливу, а також висвітлення викликів, з якими стикається галузь під час впровадження технологій утилізації.

Основні матеріали досліджень

1. Переваги літій-іонних батарей. Літій-іонні батареї стали основним вибором для електромобілів завдяки високій енергетичній щільності та здатності забезпечувати тривалий пробіг на одному заряді. Наприклад, автомобіль Tesla Model 3 має батарею ємністю 82 кВт·год, що дозволяє долати до 500 км без потреби у підзарядці. Висока щільність енергії та невелика вага роблять ці батареї придатними для широкого застосування у транспортуванні та мобільних пристроях [6].

Крім того, літій-іонні батареї забезпечують стабільність енергетичних мереж завдяки можливості зберігати надлишки енергії, виробленої відновлюваними джерелами, такими як сонячні панелі та вітряки. Наприклад, у Австралії батарея Tesla Hornsdale Power Reserve, яка є найбільшою літій-іонною батареєю у світі, зберігає до 150 МВт·год енергії, що дозволяє забезпечувати стабільне електропостачання навіть під час пікових навантажень або перебоїв [6,7].

2. Виклики масового впровадження. Хоча літій-іонні батареї мають численні переваги, вони також створюють виклики, пов'язані з утилізацією. Основна проблема полягає у токсичності деяких матеріалів, що використовуються у батареях, зокрема, важких металів, таких як кобальт, нікель та літій. Неправильна утилізація таких батарей може призвести до забруднення ґрунтів і водних ресурсів, а також до виділення токсичних газів під час згоряння.

За оцінками аналітиків, до 2030 року кількість відпрацьованих літій-іонних батарей може досягти сотень тисяч тонн щорічно. Тому питання утилізації та переробки є критичним для забезпечення стійкості цього сектору [8].

3. Технології переробки літій-іонних батарей. Зростання кількості відпрацьованих літій-іонних батарей стимулює розвиток технологій їх переробки, зокрема гідрометалургії, пірометалургії, вторинного використання та механічної переробки.

Гідрометалургія розчиняє метали (кобальт, нікель, літій) за допомогою хімічних розчинників, відновлюючи до 95% матеріалів. Компанія Umicore у Бельгії використовує цей метод для зменшення видобутку нових ресурсів.

Пірометалургія передбачає високотемпературне плавлення для виділення металів, але є енерговитратною. Glencore у Європі переробляє батареї на своїх заводах.

Вторинне використання батарей зниженої ємності дозволяє їх застосування у стаціонарних системах. Nissan і Renault використовують старі батареї для зберігання енергії в житлових та комерційних об'єктах.

Механічна переробка подрібнює батареї з мінімальним використанням хімікатів, зменшуючи ризик забруднення. Redwood Materials у США застосовує цей метод для виготовлення нових батарей [9].

4. Інноваційні підходи до переробки. Окрім традиційних методів, з'являються нові екологічно безпечні технології. Біовилучення металів. Використання мікроорганізмів для вилучення металів з батарей значно зменшує потребу в енергії та хімікатах. Електрохімічна переробка. Електрохімічні процеси дозволяють відновлювати чистий літій і кобальт, як це робить Li-Cycle у Канаді, забезпечуючи ресурс для нових батарей.

5. Важливість переробки літій-іонних батарей для стійкого майбутнього. Розвиток ефективних технологій утилізації та переробки літій-іонних батарей є важливим елементом у забезпеченні стійкого розвитку електротранспортної та енергетичної галузей. Переробка дозволяє значно зменшити потребу у видобутку нових ресурсів, таких як літій, кобальт і нікель, які є обмеженими й часто видобуваються з великим екологічним слідом. Замість того, щоб видобувати ці матеріали з надр землі, їх можна отримувати з відпрацьованих батарей, що вже відслужили свій термін.

6. Економічні переваги переробки для бізнесу та споживачів. Переробка літій-іонних батарей є економічно вигідною, знижуючи вартість нових батарей завдяки повторному використанню металів. Наприклад, Redwood Materials забезпечує виробників електромобілів відновленими матеріалами, що знижує витрати на виробництво. Також переробка зменшує залежність від нестабільних постачальників сировини, підвищуючи енергетичну безпеку. ЄС, у рамках Green Deal, активно підтримує розвиток переробної інфраструктури, створюючи нові робочі місця та посилюючи економічну стабільність у регіоні.

7. Суспільна свідомість та розвиток інфраструктури для переробки. Розвиток переробної інфраструктури для літій-іонних батарей залежить від підтримки урядів та рівня суспільної свідомості. У країнах, як Японія та Південна Корея, існують програми збору відпрацьованих батарей, що спрощують їх переробку. Наприклад, компанія Honda в Японії пропонує знижки на нові моделі авто за повернення старих батарей, сприяючи відповідальному ставленню до утилізації та розвитку циркулярної економіки [10].

8. Виклики на шляху до масової переробки. Незважаючи на значний прогрес у розвитку технологій переробки, існує низка викликів, які необхідно вирішити для масового впровадження переробки літій-іонних батарей [11].

Економічна ефективність. Переробка батарей на ранніх етапах розвитку технологій є витратною і без державної підтримки може бути невігідною для малих підприємств.

Складність дизайну батарей. Різні конструкції батарей ускладнюють переробку, вимагаючи універсальних технологій для обробки різних типів.

Недостатня інфраструктура. Брак розвиненої інфраструктури ускладнює збір і обробку відпрацьованих батарей, особливо у віддалених районах, де потрібні логістичні рішення для безпечного транспортування.

ВИСНОВКИ

Літій-іонні батареї стали важливим елементом енергетичної революції, забезпечуючи можливість розвитку електротранспорту та відновлюваних джерел енергії. Проте їхнє масове впровадження ставить нові виклики у сфері утилізації та переробки. Інноваційні технології, такі як гідрометалургія, вторинне використання та нові методи переробки, відкривають можливості для створення більш екологічно сталого ланцюга постачання. Успішне впровадження цих технологій не лише знижує екологічний слід, а і створює економічні переваги для бізнесу та споживачів.

Розвиток інфраструктури для переробки літій-іонних батарей є важливим завданням для урядів, виробників та суспільства. Спільні зусилля дозволять зменшити навантаження на природні ресурси та зробити електротранспорт ще більш привабливим та доступним для всіх. Це, у свою чергу, сприятиме досягненню кліматичних цілей та створенню стійкого майбутнього для наступних поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Багач Р. В., Гнатова Г. А., Тарасова В. В., Ручка О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електрон. наук. спеціаліз. вид. – 2021. – № 20. – С. 17–26. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.02>.
2. Багач Р. В., Гнатов А. В. Енергозбереження у секторі міського електротранспорту // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2022: матеріали тринадцятої міжнар. наук.-практ. конф., 2022 р. – Херсон: ХДМА, 2022. – С. 105–108.
3. Багач, Р. В. Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів // Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців: матеріали наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 жовт. 2021 р. – Харків: Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, 2021. – С. 346–349.
4. Багач Р. В., Кальченко О. О. Перспективи та розвиток літійових акумуляторів в Україні // Світові тенденції ресурсозбереження на електричному транспорті: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 25–27 жовт. 2023 р. — 2023. — С. 31–34.
5. Латвинський В. Д., Багач Р. В. Дослідження літій-іонних батарей для експлуатації електромобілями при різних температурних умовах // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика». – 2024. – № 1(30). – С. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.31474/2074-2630-2024-1-58-64>.
6. 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. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>.
7. Hornsdale Power Reserve: інформація про проєкт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hornsdalepowerreserve.com.au/> (дата звернення: [05.11.2024]).
8. Umicore: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.umicore.com/> (дата звернення: [05.11.2024]).
9. Redwood Materials: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.redwoodmaterials.com/> (дата звернення: [05.11.2024]).
10. Honda: програми збирання батарей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.honda.com/> (дата звернення: [05.11.2024]).
11. Li-Cycle: технології електрохімічної переробки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.li-cycle.com/> (дата звернення: [05.11.2024]).

ТЕНДЕНЦІЇ ТА МАЙБУТНЄ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЛІТІЙ-ІОННИХ БАТАРЕЙ

Багач Р.В., Нетребенко О.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Літій-іонні батареї стали основою для багатьох сучасних технологій, що охоплюють широкий спектр застосувань, від мобільних пристроїв до електромобілів та стаціонарних систем зберігання енергії. В умовах глобального переходу до відновлювальних джерел енергії та зростаючого попиту на електричну енергію, системи контролю літій-іонних батарей набувають критичного значення. Ці системи не лише забезпечують оптимізацію роботи батарей, але й грають важливу роль у запобіганні аварійним ситуаціям, що можуть виникнути внаслідок неправильного управління. У цій статті розглядаються основні тенденції у розвитку систем контролю літій-іонної батареї, приклади їх застосування, а також прогнози щодо майбутнього цих технологій [1-3].

Актуальність дослідження. З огляду на збільшення використання електричних транспортних засобів, енергетичних систем на основі відновлювальних джерел та потребу у високоякісному зберіганні енергії, системи контролю літій-іонних батарей стали невід'ємною частиною сучасних технологій. Згідно з прогнозами, до 2030 року глобальний ринок електромобілів зросте до понад 30 мільйонів одиниць на рік, що безпосередньо вплине на попит на нові, більш ефективні та безпечні системи управління батареями. Актуальність цього дослідження підкреслюється необхідністю зменшення ризиків, пов'язаних із використанням літій-іонних батарей, а також потребою у підвищенні їхньої продуктивності і терміну служби [4,5].

Мета дослідження. Метою даного дослідження є вивчення сучасних тенденцій у системах контролю літій-іонних батарей, їхній вплив на продуктивність і безпеку, а також прогнозування їхнього розвитку в найближчому майбутньому. Зокрема, ми проаналізуємо інноваційні технології, що впливають на управління батареями, розглянемо приклади успішного впровадження нових рішень, а також обговоримо виклики, що стоять перед індустрією.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Системи управління батареями (BMS).

Системи управління батареями (BMS) є важливим компонентом літій-іонних батарей. Вони виконують різноманітні функції, включаючи:

- моніторинг параметрів. BMS контролює напругу, струм, температуру та стан заряду (SOC) кожного з елементів батареї. Це дозволяє виявляти проблеми ще до того, як вони призведуть до серйозних наслідків;
- управління зарядом і розрядом. Оптимізація процесів зарядки та розрядки дозволяє подовжити термін служби батареї. Системи BMS можуть визначати оптимальний режим зарядки, виходячи з температури та стану елементів;
- захист від небезпечних умов. BMS забезпечує захист від перевантаження, короткого замикання, перегріву та інших небезпечних умов експлуатації.

У Tesla Model S реалізовано одну з найсучасніших BMS, яка контролює напругу та температуру кожного з елементів батареї, данна плата представлена на рисунку 1. Це забезпечує оптимальний режим роботи батареї, що продовжує її термін служби. Система також здатна передбачати потреби в зарядці на основі стилю водіння, що підвищує ефективність.

BMS у BMW i3 включає в себе функцію прогнозування стану здоров'я батареї (SOH). Це дозволяє водіям отримувати точні дані про залишкову ємність батареї та її термін служби, що підвищує довіру до автомобіля [6,7].



Рисунок 1 – Плата (BMS) керування основної батареї REV03 Tesla model S

Інтелектуальні системи контролю. Системи контролю літій-іонних батарей також використовують новітні технології штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН). Вони забезпечують аналіз великих даних для адаптації управління та прогнозування терміну служби батарей, полегшуючи планування обслуговування.

Компанія Sila Nanotechnologies використовує ШІ для оптимізації зарядки батарей залежно від умов експлуатації, що покращує їх продуктивність і безпеку. Китайський виробник NIO впроваджує ШІ в батарейних станціях для автоматичної діагностики стану батареї, що зменшує час простою авто та підвищує його доступність [8].

Інновації в матеріалах та конструкції батарей. Розвиток нових матеріалів, таких як тверді електроліти і графенові аноди, має значний вплив на ефективність систем контролю:

- тверді електроліти. Тверді електроліти пропонують кращу безпеку і вищу енергетичну щільність, проте їхня інтеграція в BMS потребує нових підходів до управління;

- графенові аноди. Графенові аноди забезпечують більшу ємність і швидшу зарядку. Системи контролю повинні враховувати нові хімічні реакції, які можуть виникати в таких батареях, для забезпечення стабільності і безпеки.

Solid Energy Systems компанія розробила батареї на основі твердих електролітів, які забезпечують більшу ємність і швидку зарядку. Системи контролю в таких батареях повинні адаптуватися до нових характеристик, забезпечуючи безпеку і ефективність.

Ampricus Technologies компанія створює батареї на основі графенових анодів, які представлені на рисунку 2, які забезпечують вищу енергетичну щільність. Їхня система контролю та дозволяє адаптувати алгоритми управління до нових фізичних властивостей батарей.

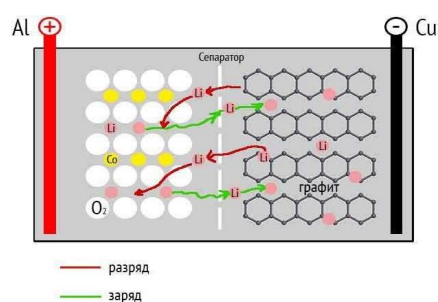
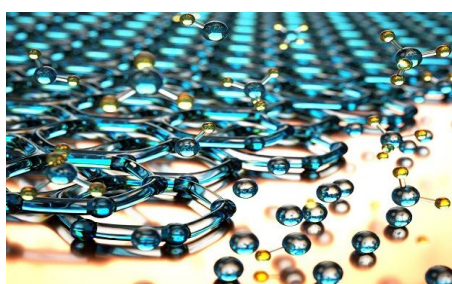


Рисунок 2 – Графенові аноди

Системи моніторингу стану батарей. Сучасні системи контролю також використовують різноманітні технології для моніторингу стану батарей, включаючи:

- IoT-технології. Використання інтернет речей (IoT) дозволяє віддалено контролювати стан батарей. Наприклад, компанія Samsara пропонує платформи для моніторингу енергетичних систем у реальному часі, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів;

- блокчейн. Використання технології блокчейн у системах контролю може забезпечити прозорість і безпеку даних. Проект Energy Web працює над інтеграцією блокчейн-рішень у системи енергетичного моніторингу, включаючи контроль батарей.

ВИСНОВКИ

Системи контролю літій-іонних батарей є ключовими елементами, що забезпечують ефективність, безпеку та довговічність цих батарей. Тенденції, такі як впровадження інтелектуальних систем управління, нових матеріалів і технологій моніторингу, відкривають нові можливості для оптимізації експлуатації батарей.

Дослідження показують, що інтеграція штучного інтелекту та IoT у системи контролю може значно підвищити їхню продуктивність та безпеку. Однак важливо також враховувати потребу в дотриманні стандартів безпеки та екологічності, що є критично важливим для сталого розвитку індустрії.

У найближчому майбутньому можна очікувати подальший розвиток систем контролю літій-іонних батарей, включаючи:

- впровадження технологій на основі ШІ та великих даних, що дозволять автоматизувати та оптимізувати управлінські процеси;
- розробку нових матеріалів для батарей, які можуть підвищити їхню продуктивність і безпеку, а також зменшити вплив на навколишнє середовище;
- впровадження нових стандартів безпеки, які забезпечать надійність і безпечність літій-іонних батарей у всіх сферах застосування.

Таким чином, системи контролю літій-іонних батарей продовжать еволюціонувати, стаючи ще більш інноваційними та ефективними в умовах швидко змінюючогося технологічного ландшафту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багач Р. В., Кальченко О. О. Перспективи та розвиток літійових 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, Р. В. Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів//Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців: матеріали наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 жовт. 2021 р. – Харків: Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, 2021. – С. 346–349.
3. Багач Р. В., Гнатов А. В. Енергозбереження у секторі міського електротранспорту// Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2022: матеріали тринадцятої міжнар. наук.-практ. конф., 2022 р. – Херсон: ХДМА, 2022. – С. 105–108.
4. Латвинський В. Д., Багач Р. В. Дослідження літій-іонних батарей для експлуатації електромобілями при різних температурних умовах // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика». – 2024. – № 1(30). – С. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.31474/2074-2630-2024-1-58-64>.
5. 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. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>.
6. Chen, X., Li, J., Zhang, J., Jiang, H. A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, challenges, and future trends // Energy Technology. 2020. Vol. 8, No. 9. P. 2000634.
7. Wang, L., Zhang, Z., Wang, Z., Zhang, Y. Deep learning approaches for battery management: A review on model-based methods // Applied Energy. 2022. Vol. 311. P. 118677.
8. Xiong, R., Ma, S., Li, H., Sun, F. Towards a smarter battery management system: A critical review on battery state of health monitoring methods // Journal of Power Sources. 2020. Vol. 482. P. 228616.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЙНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОСЛІДОВНОГО ГІБРИДНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Заховаєв Д.С., Нечаус А.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

У гібридних електромобілях, побудованих за послідовною схемою, двигун внутрішнього згоряння використовується виключно як джерело механічної енергії для генератора, який забезпечує заряд тягової акумуляторної батареї. Як один з варіантів покращення питомих та надійніших характеристик генераторної установки було запропоновано застосування двигуна внутрішнього згоряння з вільним поршнем [1]. Двигуни внутрішнього згоряння з вільним поршнем забезпечують кращі динамічні характеристики порівняно з традиційними двигунами внутрішнього згоряння з колінчастим валом, можуть працювати зі змінним ступенем стиснення та при обмеженні температури всередині камери згоряння, виробляють менше шкідливих викидів. Усунення кривошипно-шатунного механізму значно зменшує кількість деталей і складність двигуна, і це потенційно дає ряд переваг.

1. Низькі втрати на тертя. Менша кількість рухомих частин у двигуні з вільним поршнем зменшує втрати на тертя. Крім того, відсутність колінчастого вала виключає втрати тертя підшипників колінчастого вала, а чисто лінійний рух приводить до дуже низьких бічних навантажень на поршень. Це також зменшує вимоги щодо змащування циліндрів.

2. Зниження витрат на виробництво. Зменшена кількість деталей у двигуні з вільним поршнем приводить до зниження витрат на виробництво.

3. Компактність. Завдяки зменшеній кількості деталей можна зменшити розмір і вагу двигуна, що дасть більш компактний агрегат.

4. Низькі витрати на обслуговування та збільшений термін служби. Зменшена кількість деталей і зменшені втрати на тертя зменшують витрати на обслуговування двигуна з вільним поршнем.

Для використання у складі силової установки гібридного електромобіля були досліджені різні варіанти побудови лінійних генераторів. Однак більш прийнятною слід вважати простішу конструкцію, яка б мала високу технологічність та надійність.

До розрахунку запропоновано конструкцію лінійного генератора, наведену на рисунку 1. На циліндричному статорі генератора 1 розміщено фазні обмотки, які являють собою паралельно і послідовно з'єднані котушки 2. На трансляторі генератора розміщено кільцеві постійні магніти з радіальним намагніченням 3, які чергуються за намагніченістю.

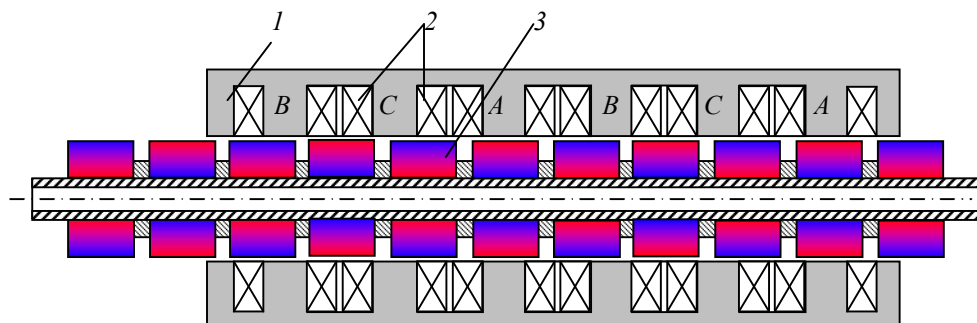


Рисунок 1 – Модель лінійного генератора до розрахунку

Попередньо було досліджено вплив взаємного розміщення обмоток статора та постійних магнітів транслятора на форму та величину ЕРС генератора. Результати дослідження наведено на рисунку 2 та у таблиці 1.

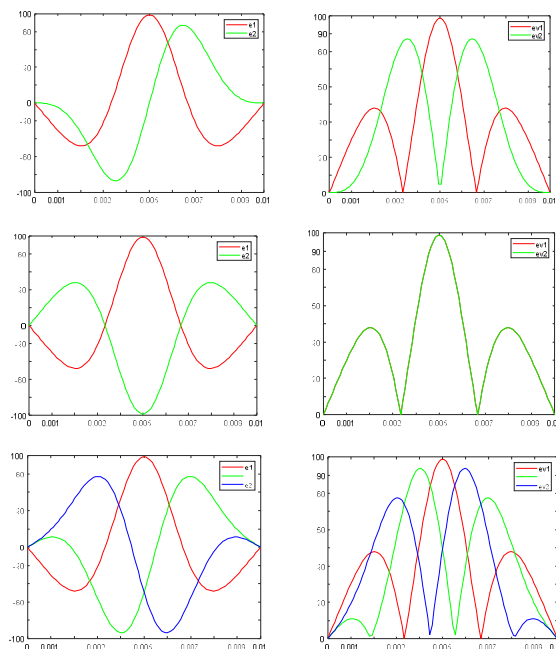


Рисунок 1 – Форма ЕРС генератора та її модуля залежно від взаємного розміщення обмоток статора та постійних магнітів транслятора

Таблиця 1 – Результати розрахунку параметрів ЕРС для виконань статорної обмотки генератора

Варіант	1 ф	2 ф ($\pi/2$)	2 ф (π)	3ф
E_1 , В.О.	33.6942	33.6942	33.6942	33.6942
E_2 , В.О.	-	36.0545	33.6942	35.4792
E_3 , В.О.	-	-	-	35.4792
E_{m1} , В.О.	98.5611	98.5611	98.5611	98.5611
E_{m2} , В.О.	-	87.0693	47.9048	77.4377
E_{m3} , В.О.	-	-	-	77.4377
$K_{в1}$	0.3419	0.3419	0.3419	0.3419
$K_{в2}$	-	0.4141	0.7034	0.4582
$K_{в3}$	-	-	-	0.4582
$E_{ср.в.}$, В.О.	33.6942	63.3422	67.3884	94.2476

На підставі результатів математичного моделювання, зроблено висновок про доцільність використання трифазної обмотки статора при цьому, згідно прийнятих геометричних та конструктивних рішень, величина випрямленої вихідної напруги генератора достатня для заряду тягової акумуляторної батареї 400 В.

Також було досліджено залежність напруги генератора від частоти руху транслятора f , результати дослідження наведені на рисунку 2.

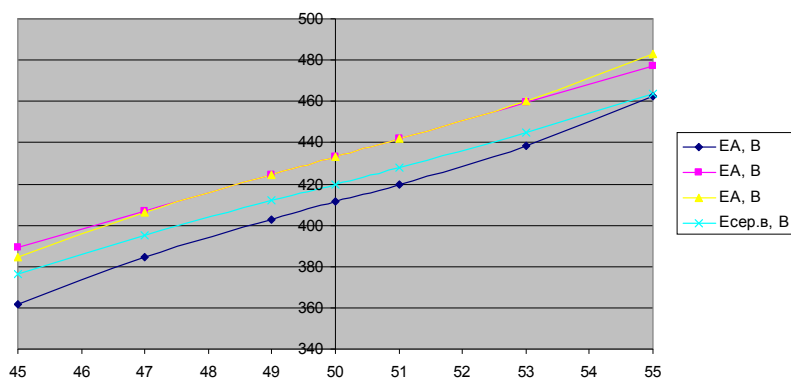


Рисунок 2 – Залежність напруги генератора від частоти руху транслятора

При русі, транслятор відчуває притягання до магнітопроводу статора за рахунок взаємодії магнітів транслятора з феромагнітними зубцями статора (ефект магнітного залипання). Розрахунок сил магнітної протитягання, а також реакції якоря, дозволяє попередньо визначити коефіцієнт корисної дії генератора. У визначених умовах він складає 95,8 %.

ВИСНОВКИ

Отримані дані в цілому відповідають як по енергетичним так і по масо-габаритним параметрам відомим експериментальним зразкам та прототипам подібного роду пристроїв, описаних в літературі. Слід відзначити, що при визначенні коефіцієнту корисної дії генератора не враховані втрати на тертя у опорах транслятора, а також втрати супротиву повітря.

ЛІТЕРАТУРА

1. R. Mikalsen, A.P. Roskilly, A review of free-piston engine history and applications, Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issues 14–15, 2007, Pages 2339-2352, ISSN 1359-4311, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.03.015>.
2. C. A. Oprea, L. Szabó and C. S. Martiş, "Linear permanent magnet Electric Generator for Free Piston Engine applications," 2012 XXth International Conference on Electrical Machines, Marseille, France, 2012, pp. 691-696, doi: 10.1109/ICEIMach.2012.6349946.
3. Oprea, Claudiu Alexandru et al. "Permanent magnet linear generator for renewable energy applications: Tubular vs. four-sided structures." 2011 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP) (2011): 588-592.
4. Tajdiny, Arman & Monsef, Hassan & Lessani, Hamid. (2021). Design and analysis of a novel yokeless mover permanent magnet linear generator for free piston engine converter. IET Electric Power Applications. June 2021 15(3). DOI:10.1049/elp2.12101.
5. I. I. Abdalla, T. Ibrahim and N. M. Nor, "Analysis of Tubular Linear Motors for Different Shapes of Magnets," in IEEE Access, vol. 6, pp. 10297-10310, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2775863.
6. No crankshaft, no problem: Toyota's free piston engine is brilliant. Електронний ресурс. Режим доступу - <https://www.roadandtrack.com/car-culture/a6326/out-of-turn-toyota-engine>.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЯГОВИМ ДВИГУНОМ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Нечаус А.О., Хілевський В.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Вважаючи, що електромобіль, як транспортний засіб, може мати різні масові характеристики, які обумовлені ступенем його завантаження, а також керується людиною, яка має індивідуальні навички щодо принципів та характеру водіння, система керування електричним двигуном повинна мати певну гнучкість, тобто здатність підлаштовуватися до потреб водія, умов руху та поточних характеристик електромобіля.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі проведено аналіз різних методів та алгоритмів керування синхронними двигунами зі збудженням від постійних магнітів, як найбільш прийнятних на теперішній час для використання в якості тягових двигунів електромобілів [1-3]. Найбільш поширеними є пряме керування моментом та поле-орієнтоване керування. У першому випадку керуючими змінними є потік та крутний момент, а головними перевагами методу є простота, швидкий динамічний відгук та залежність від меншої кількості параметрів порівняно зі схемами поле-орієнтоване керування. Тим не менш, основною проблемою методу є визначення оптимальних заданих значень потоку та крутного моменту відносно оптимального ККД та врахування обмежень струму і напруги.

Основними перевагами поле-орієнтованого керування є його високі динамічні характеристики, помірне обчислювальне навантаження та постійна частота перемикавання, яка не залежить від швидкості машини. Цей метод забезпечує розв'язане керування крутним моментом та потоком під час перехідних процесів та у стаціонарному стані.

Загальна схема керування двигуном з використанням поле-орієнтованого керування наведена на рисунку 1. Фіолетовим кольором показані вхідні сигнали, червоним кольором показано сигнали зворотного зв'язку від реальної системи, синім кольором зображені проміжні розрахунки.

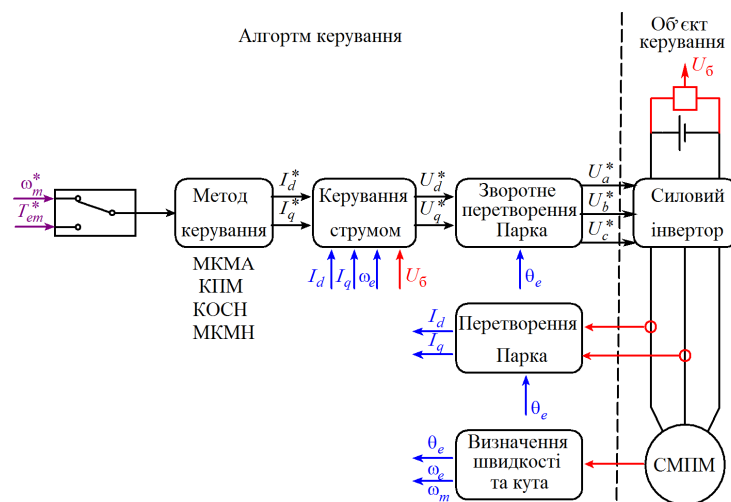


Рисунок 1 – Загальна блок-схема поле-орієнтованого керування синхронним двигуном з збудженням від постійних магнітів

Методи керування можна поділити на кілька груп [4-8].

До методів прямого зв'язку відносять:

- метод аналітичного прямого розрахунку;
- метод прямого розімкненого циклу з експериментальними ПТ;

- метод одиночного регулятора струму.

До методів зворотного зв'язку відносять:

- метод керування крутним моментом і потоком з ПТ;
- метод уніфікованого прямого керування вектором потоку в магнітопроводі статора;
- метод векторного керування струмом;
- метод регулювання величини напруги.

Кожен з перелічених методів має свої особливості і, відповідно, переваги та недоліки, які проаналізовано у роботі.

Виходячи з аналізу розглянутих матеріалів, можна зробити висновок, що регулятор двигуна є, по суті, регулятором по відхиленню. Основними вхідними сигналами, які визначають алгоритм його роботи, за виключенням запиту водія та напруги акумуляторної батареї, є значення струмів двигуна та його швидкість, які з'являються після подачі на двигун керуючого впливу. Тобто основні робочі параметри системи керування визначаються та розраховуються після того, як двигун починає працювати. Для регуляторів по відхиленню характерна висока точність керуючих впливів, оскільки вже відоме відхилення робочих параметрів від заданих значень. При цьому звісно є певна затримка між моментом подачі керуючого впливу до моменту його корегування, якщо це потрібно, оскільки потрібний час для аналізу реакції системи на попередній керуючий вплив.

Підвищити швидкодію системи керування можна застосувавши регулятор по збуренню, який починає роботу на підставі вхідних збурюючих впливів, не чекаючи реакції на них об'єкту керування. Ми вважаємо, що основним збурюючим чинником для електромобіля, який змінюється від одного транспортного циклу до іншого, є саме маса, яку визначає кількість пасажирів та наявність вантажу. При застосуванні відповідних датчиків, маса електромобіля, а також її розподіл між колесами, може бути визначена до початку руху і врахована системою керування тяговим двигуном.

Маса електромобіля опосередковано враховується при формуванні керуючих впливів регулятора через момент інерції на валу двигуна. Однак, у всіх проаналізованих випадках ця величина є константою для системи керування, яка визначена для певної системи виходячи з узагальнених результатів ходових випробувань певного автомобіля. Ми пропонуємо, вважати цю змінну залежною від вихідного значення маси електромобіля на початку їздового циклу, і передбачити корегування алгоритму роботи регулятора залежно від неї.

Дослідження регулятора двигуна та його модифікованої версії було проведене у програмному середовищі Matlab/Simulink. Одним з основних напрямів дослідження було визначення впливу маси автомобіля на роботу системи керування енергетичною установкою електромобіля. Робота системи керування оцінена опосередковано через доступні для аналізу параметри моделі.

На рисунку 2 наведено вікно візуалізації результатів дослідження. На шести осцилограмах зображено графіки зміни деяких параметрів електромобіля. Зокрема на першій осцилограмі (рисунок 2, а) показано швидкість автомобіля. При цьому, жовта крива показує швидкість, яку вимагає водій. Тут реалізовано дослідний цикл з максимальним прискоренням, починаючи з 1 секунди після початку циклу. Звісно, що електромобіль не може миттєво досягти заданої швидкості, синя крива показує її поступове зростання. Для визначення часу розгону електромобіля, слід відняти від часу t_p 1 секунду. На 30 секунд дослідного циклу, водій здійснює екстрене гальмування, вимагаючи повної зупинки електромобіля, однак, звісно, що процес гальмування також відбувається не миттєво, а займає певний час. Для визначення часу гальмування електромобіля, слід відняти від часу t_r 30 секунд.

На рисунку 2, б показано зміну ступеня заряду акумуляторної батареї електромобіля, крива зміни швидкості двигуна, зображена на рисунку 2, в, зміна струму

аккумуляторної батареї наведена на рисунку 2, г, остання осцилограма на рисунку 2, е показує умовну економію палива за рахунок використання електричної енергії.

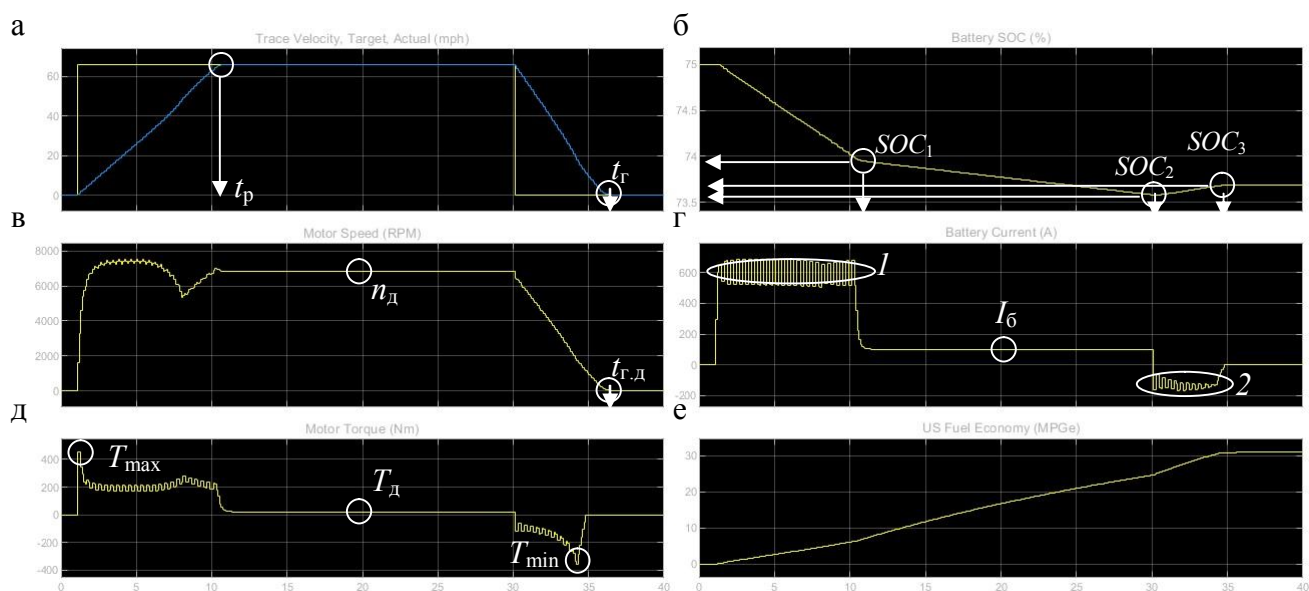


Рисунок 2 – Вікно візуалізації результатів дослідження

ВИСНОВКИ

Якщо узагальнити результати досліджень, можна зробити висновок, що запропонована модифікація системи керування тяговим електричним двигуном електромобіля, дає позитивний результат щодо підвищення динамічних та економічних показників електромобіля при врахуванні ступеня його завантаженості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Miguel-Espinar, Carlos & Heredero-Peris, Daniel & Villafafila-Robles, Roberto & Montesinos-Miracle, Daniel. (2023). Review of Flux-Weakening Algorithms to Extend the Speed Range in Electric Vehicle Applications With Permanent Magnet Synchronous Machines. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2023.3252360.
2. S. Wang and M. Ge. (Oct. 2019). Everything You Need to Know About the Fastest-Growing Source of Global Emissions: Transport. [Online]. Available: <https://www.wri.org/blog/2019/10/everything-you-need-know-about-fastest-growing-source-global-emissions-transport>.
3. I. Lopez, E. Ibarra, A. Matallana, J. Andreu, and I. Kortabarria, "Next generation electric drives for HEV/EV propulsion systems: Technology, trends and challenges," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 114, pp. 1-23, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.109336.
4. Z. Q. Zhu, W. Q. Chu, and Y. Guan, "Quantitative comparison of electromagnetic performance of electrical machines for HEVs/EVs," CES Trans. Electr. Mach. Syst., vol. 1, no. 1, pp. 37-47, 2020, doi: 10.23919/tems.2017.7911107.
5. A. Karki, S. Phuyal, D. Tuladhar, S. Basnet, and B. P. Shrestha, "Status of pure electric vehicle power train technology and future prospects," Appl. Syst. Innov., vol. 3, no. 35, pp. 1-28, Aug. 2020, doi: 10.3390/asi3030035.
6. YASA. (Jan. 2023). YASA Motors. [Online]. Available: <https://www.yasa.com/>.
7. H. C. Idoko, U. B. Akuru, R. J. Wang, and O. Popoola, "Potentials of brushless stator-mounted machines in electric vehicle drives – A literature review," World Electr. Veh. J., vol. 13, no. 5, p. 26, May 2022, doi: 10.3390/wevj13050093.
8. J. Edmondson, D. Wyatt, and L. Gear, "Electric motors for electric vehicles 2022-2032 (sample pages)," IDTechEx, Cambridge, U.K., Tech. Rep., 2022.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДАТЧИКІВ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ У СКЛАДІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Нечаус А.О., Добродецький К.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Електронні системи керування сучасних автомобілів здійснюють безперервний контроль безлічі параметрів, які визначають алгоритми роботи систем, вузлів, агрегатів та окремих пристроїв автомобіля. Впровадження сучасних систем допомоги водію, включаючи систему автопілоту, реалізація складних систем керування ґрунтується на інформації, яка отримується від різноманітних датчиків фізичних величин, при цьому вимоги до точності, швидкодії та достовірності датчиків постійно зростають.

Приводні електричні двигуни сучасних електромобілів мають складні системи керування, які містять зворотні зв'язки і ґрунтуються на досить складних алгоритмах обробки інформації. Наприклад, поле-орієнтоване керування синхронним двигуном зі збудженням від постійних магнітів. Застосування бездатчикових систем керування, які виділяють корисну інформацію з параметрів напруги та струму електричного двигуна, має певні обмеження через наявність похибок, які виникають при динамічних змінах режиму роботи двигуна, що характерно саме для транспортних засобів. В такому разі застосування саме датчиків частоти є більш прийнятним рішенням, яке забезпечує задану точність та надійність при відносно низькій вартості.

Положення ротора електричного двигуна можна вимірювати шляхом вимірювання магнітних полів за допомогою лінійних датчиків Хола. Ці магнітні поля можуть створюватися як магнітними полями полюсів ротора, так і спеціальними додатковими магнітами розміщеними на роторі або його валу. Одним з головних недоліків такого рішення є сильна нелінійність, яка обумовлена складною формою магнітних полів, а також параметричними невизначеностями у геометрії та властивостях матеріалів. Тому у науковій періодиці [1-4] відмічається потреба у застосуванні додаткових заходів обробки сигналів датчиків Хола, що ускладнює систему керування.

Пропонується як альтернативне рішення використовувати при вимірюванні частоти та положення обертових частин та механізмів електромобіля магніторезистивні датчики. Поняття МР-ефектів поєднує ефект Гауса у напівпровідниках та ще декілька магніторезистивних ефектів у різних матеріалах. Ці ефекти мають узагальнену назву XMR. Перша літера X позначає тип МР-ефекту:

AMR (Anisotropic magnetoresistance) – анізотропний магніторезистивний ефект;

GMR (Giant magnetoresistance) – гігантський магніторезистивний ефект;

TMR (Tunnel magnetoresistance) – тунельний магніторезистивний ефект;

CMR (Colossal magnetoresistance) – колосальний магніторезистивний ефект;

EMR (Extraordinary magnetoresistance) – екстраординарний магніторезистивний ефект.

Перші три з перелічених ефектів на даний час були впроваджені у виробництво і досить широко використовуються у новітніх системах контролю та керування. Інші – перебувають на стадії дослідження.

XMR-ефекти мають порівняно з датчиками Хола вищу чутливість та надійність, здатні працювати при високих температурах. Крім того, вони здатні працювати при більших повітряних зазорах та мають менший рівень власних шумів [5-7].

Принцип дії датчиків на базі XMR-ефектів ґрунтується на залежності електричного опору у різних матеріалах та структурах від величини магнітного поля.

AMR-ефект виникає у феромагнітних матеріалах, опір яких змінюється залежно від напрямку магнітного поля (рис. 1, а). Зміна опору складає порядку декількох відсотків, що дозволяє детектувати слабкі магнітні поля.

GMR-ефект спостерігається у багатошарових системах, які складаються з шарів феромагнітних матеріалів, розділених немагнітними прошарками (рис. 1, б). За

відсутності зовнішнього магнітного поля феромагнітні шари мають антипаралельне намагнічення і характеризуються великим електричним опором. За наявності зовнішнього магнітного поля феромагнітні шари намагнічуються паралельно, при цьому опір датчика зменшується на 10 – 50 % залежно від інших чинників.

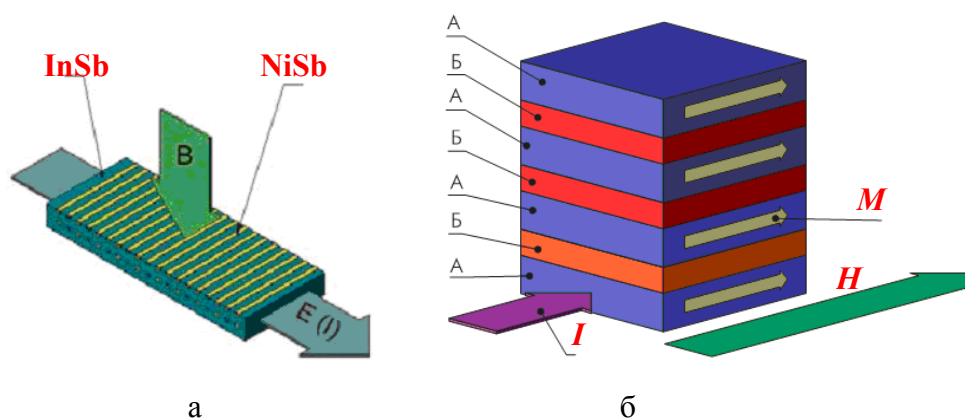


Рисунок 1 – До пояснення AMR- та GMR-ефекту

TMR-ефект має місце у шаруватих системах, які складаються з шарів феромагнітних матеріалів, розділених ізоляційними прошарками (у GMR – немагнітні). Ізоляційні шари виступають як тунельний бар'єр, крізь який відбувається тунелювання електронів між шарами під дією зовнішнього магнітного поля. Опір датчика чутливий до напрямку зовнішнього магнітного поля.

Решту XMR-ефектів можна віднести до технологій, що розвиваються. На теперішній час вони реалізовані в лабораторних умовах і датчики на їх основі поки не виробляються.

ВИСНОВКИ

Виходячи з аналізу промислових зразків датчиків слід відмітити, що сучасні зразки виготовляються у інтегральному виконанні, при чому поєднують декілька чутливих елементів, системи обробки вхідних сигналів, а також мають можливість програмування. До переваг магніторезистивних датчиків відносять: високу чутливість, точність та роздільну здатність, надійність та низьку енергоємність. Ціновий діапазон вважається прийнятним.

ЛІТЕРАТУРА

1. D. Reigosa, D. Fernandez, C. Gonzalez, S. B. Lee, and F. Briz, "Permanent Magnet Synchronous Machine Drive Control Using Analog Hall-Effect Sensors," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 54, no. 3, pp. 2358-2369, 2018.
2. J. Kim, S. Choi, K. Cho, and K. Nam, "Position Estimation Using Linear Hall Sensors for Permanent Magnet Linear Motor Systems," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 63, no. 12, pp. 7644-7652, 2016.
3. M. Morse, "Linear Hall Effect Sensor Angle Measurement Theory, Implementation and Calibration," Texas Instruments, Tech. Rep., 2018.
4. AS5047P-ATSM ams. Board Mount Hall Effect Magnetic Sensors 14 bit core res Up to 28krpm. Електронний ресурс. Режим доступу - <https://www.xonelec.com/mpn/ams/as5047patsm>.
5. Tianlin Li, Le Zhang, Xia Hong; Anisotropic magnetoresistance and planar Hall effect in correlated and topological materials. J. Vac. Sci. Technol. A 1 January 2022; 40 (1): 010807.
6. Ritzinger, Philipp & Výborný, Karel. (2023). Anisotropic magnetoresistance: materials, models and applications. Royal Society Open Science. 10. 10.1098/rsos.230564.
7. Rifai D, Abdalla AN, Ali K, Razali R. Giant Magnetoresistance Sensors: A Review on Structures and Non-Destructive Eddy Current Testing Applications. Sensors. 2016; 16(3):298. <https://doi.org/10.3390/s16030298>.

DEVELOPMENT OF ENERGY GENERATING SYSTEM FOR TRANSPORT AND ITS INFRASTRUCTURE

Hanna Hnatova

KIOS Research and Innovation Center of Excellence, University of Cyprus (Cyprus)

The rapid advancement in sustainable energy solutions has intensified the search for effective methods to meet the growing energy demands in transportation infrastructure. As urbanization and vehicle usage continue to rise, the need for renewable, low-emission energy sources has become more critical. Many countries, including Ukraine and Latvia, are actively integrating renewable energy to enhance energy security and reduce their dependence on fossil fuels. In Ukraine, legislation such as the Green Tariff law supports renewable energy by offering favorable tariffs for electricity generated from alternative sources. Similarly, Latvia's National Energy and Climate Plan sets ambitious renewable energy goals, aiming for 60% renewable electricity consumption by 2030. These initiatives underline the importance of sustainable infrastructure in achieving national energy objectives [1-4].

This study introduces a novel approach to address energy demands within transport infrastructure by developing an energy-generating system that utilizes kinetic energy from both pedestrian and vehicular movement. This system, employing stepper motors and piezoelectric elements, is designed to convert kinetic energy into electrical energy, which can be stored and used to power low-energy applications within the infrastructure. The modularity and scalability of the proposed system allow for seamless integration into existing infrastructure, making it a promising solution for urban areas with high traffic flow.

This article outlines the system's architecture, including mechanical and electrical components optimized for energy conversion. Experimental results confirm its effectiveness, showing potential for energy savings and environmental sustainability in transport infrastructure. The work demonstrates the feasibility of converting kinetic energy into usable electricity, offering a practical step toward sustainable urban energy solutions.

The methodology for the development and testing of the energy-generating system focuses on three major stages: system design, energy conversion mechanisms, and experimental evaluation.

1. System design and component configuration. The design process began with the selection of core components, including stepper motors (SMs) and a three-stage speed multiplier, to maximize energy conversion from kinetic to electrical energy. The electric energy generation system utilizes a modular structure allowing flexibility in component arrangement. The key design elements include:

- three-stage multiplier: the multiplier plays a critical role in amplifying rotational speed, enabling efficient energy conversion even with small movements [5];
- stepper motors (DSHI200 Type): two stepper motors were employed in generator mode to capture kinetic energy and convert it to electrical output. Configurations were tested with single and dual SMs to assess performance under different load conditions [6];
- return springs and platform structure: to ensure repeated use and reset, return springs were positioned to return the platform to its initial position after each activation. The platform movement was limited to avoid excessive displacement while still activating the multiplier for optimal energy output.

2. Energy conversion mechanism. The system operates by translating the vertical force of each step into rotational energy. As users step on the platform, the upper cover compresses, transmitting force to a crank mechanism connected to the multiplier. This design ensures that the linear motion of the cover translates into the rotational movement required by the stepper motors:

- multiplier functionality: the three-stage multiplier system uses meshing cylindrical helical gears with a total transmission ratio of 9.8, carefully chosen to balance torque and speed to optimize power generation. This setup significantly enhances the SMs' output by increasing

the shaft's angular velocity.

- current regulation: after energy conversion, the generated current is regulated and stored. The system includes a rectifier that converts the alternating current produced by SMs into direct current for storage in a capacitor.

3. Experimental evaluation. The system underwent extensive experimental testing to assess its power generation capabilities, efficiency, and durability under real-world load scenarios. Key elements of the experimental evaluation include:

- load testing: the system was activated under varying weights and frequencies, simulating pedestrian and vehicular load conditions. Each trial involved ten consecutive steps per test configuration, measuring the energy output of configurations with one or two SMs;

- power output measurement: voltage and current were measured across a set load resistance of 18 Ohm to calculate power using Ohm's Law. The voltage-time profiles obtained during testing were analysed through the trapezoidal integration method, enabling an accurate estimation of the total energy generated per step cycle;

- durability assessment: to ensure reliability, the system was subjected to multiple activation cycles. Results indicated consistent performance across tests, showing less than a 5 % decrease in power output after extensive use, demonstrating the system's durability and applicability in high-traffic areas.

This methodology provides a detailed approach to system configuration and testing, ensuring that the energy-generating system achieves high efficiency, durability, and practicality for urban transport applications.

RESULTS

The experimental results obtained for the energy-generating system provide insights into the system's efficiency, output, and suitability for practical applications in urban environments.

1. Energy output. The experiments demonstrated that each step on the energy-harvesting tiles could generate an average of 1.16 W of electricity. This output is influenced significantly by the speed and force of the step rather than the user's weight, indicating that faster, sharper steps yield more energy. This finding is crucial for determining optimal locations for deployment, as areas with brisk pedestrian movement or repetitive steps (such as transit stations) could maximize energy yield.

Table 1 – Value of generated power

	Series of 10 steps									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 SM, W	2878	1667	3644	3126	2114	3542	4214	2886	3564	3226
2 SM, W	13845	5551	11403	12124	9856	13245	13856	9876	13541	12385
Amplification factor, k	4.8	3.3	3.2	3.9	4.6	3.7	3.3	3.4	3.8	3.8

2. Efficiency improvement with stepper motor configuration. Testing with different configurations of stepper motors revealed that incorporating two stepper motors in the system significantly boosted power output. Compared to a single motor configuration, the dual motor setup achieved a nearly fourfold increase in electricity generation, with a gain factor averaging 3.9. This enhancement aligns with electromechanical principles, where parallel motor configurations can increase current and consequently boost power output exponentially.

3. Durability and operational viability. Durability assessments indicated that the system maintained stable performance even after repeated loading cycles. Over multiple activation steps, the output power remained consistent with minimal degradation, showing less than a 5% decrease in output after extended use. This durability supports the system's suitability for high-traffic urban environments where frequent and continuous usage is expected.

4. Simulation results and scalability. Simulations performed on similar configurations showed that, when integrated into road infrastructure like speed bumps, the system could

generate rotational speeds of approximately 1350 RPM in the stepper motor's rotor as a vehicle traverses the bump. This rotational energy was successfully converted into electrical power, demonstrating the potential for scaling the technology to accommodate vehicular traffic. The system could store generated energy in batteries, providing a consistent source of power suitable for low-demand applications such as LED streetlights and traffic sensors.

5. Practical applications and environmental impact. The results underscore the feasibility of using the system as a decentralized power source in high-footfall or vehicle-heavy areas. By capturing kinetic energy from pedestrian or vehicular movement, the system can contribute to sustainable urban energy solutions. This technology offers a viable method for generating electricity in an environmentally friendly way, supporting urban lighting, signage, and other small infrastructure needs with minimal additional energy demand.

This data confirms that the energy-harvesting tiles, with the optimized stepper motor configuration, provide a scalable, durable, and efficient solution for renewable energy generation in urban infrastructure.

CONCLUSIONS

This research demonstrates the potential of stepper motor-based systems for energy generation in transport infrastructure. Key findings include: the DSh 200-1 motor was identified as particularly efficient for power generation at specific rotation frequencies; connecting two stepper motors increased power output by about 3.9 times, averaging 1.16 W per step; energy output depends more on step speed and sharpness than user weight, with brisk movement maximizing yield; as a road bump, the system could generate around 22.471 Wh per vehicle, making it viable for high-traffic urban areas.

These results provide insights into designing sustainable urban power sources, highlighting the system's efficiency, durability, and broad application potential.

REFERENCE

1. Kharkiv national automobile and highway university. Device for generating electric energy. Andrii Hnatov, Shchasiana Arhun, Hanna Hnatova (inventors). Int. CL.: B 21 D 26/14. Submission date 2015-11-30. Patents and Trademarks. Patent No. u 2015 11854, Ukraine. Publication date 2016-04-25.
2. Ionica, Ioana; Modreanu, Mircea; Morega, Alexandru. Design and Modeling of a Hybrid Stepper Motor [online]. Bucharest, ROMANIA: 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), March 23-25, 2017 [viewed 2 June 2024]. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7905081>
3. Skofic, Jan; Boltezar, Miha. Numerical modeling of the rotor movement in a permanent-magnet stepper motor [online]. Place: IET Electric Power Applications, 2014 [viewed 2 June 2024]. Available from: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/iet-epa.2013.0274>.
4. National Energy and Climate Plan for 2021-2030 [online]. [viewed 2 June 2024]. Available from: <https://www.em.gov.lv/en/national-energy-and-climate-plan-2021-2030>.
5. A Hnatov, A., Arhun, S., Dziubenko, O., Ponikarovska, S. A Device for Converting Kinetic Energy of Press Into Electric Power as a Means of Energy Saving [online]. J. Korean Soc. Precis Eng., Vol. 34, No. 1, pp. 1-3. January 2019 (submitted) [viewed 2 June 2024]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/330762331_A_Device_for_Converting_Kinetic_Energy_of_Press_Into_Electric_Power_as_a_Means_of_Energy_Saving
https://www.researchgate.net/publication/330762331_A_Device_for_Converting_Kinetic_Energy_of_Press_Into_Electric_Power_as_a_Means_of_Energy_Saving.
6. Arhun, S., Hnatov, A., Dziubenko, O., Ponikarovska, S. Choice of Electric Engines Connection Circuits in Electric Machine Unit of Electric Power Generation Device [online]. Majlesi Journal of Electrical Engineering, Vol. 12, No. 4, Dec 2018 [viewed 2 June 2024]. Available from: <http://mjee.iaumajlesi.ac.ir/index/index.php/ee/article/view/2760>.

SMART CITY: СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ОСВІТЛЕННЯ ВУЛИЦЬ

Неділько Я.О., Дзюбенко О.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Війна в Україні сильно послабила енергетичну інфраструктуру країни, що призвело до дефіциту електроенергії та необхідності її економії, в тому числі і за рахунок знеструмлення вулиць та об'єктів управління дорожнім рухом. В свою чергу повна відсутність освітлення вулиць в темну пору доби призводить до збільшення дорожньо-транспортних пригод.

МЕТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Мета роботи – підвищення рівня безпеки та комфорту громадян в умовах воєнного стану і забезпечення енергозбереження та оптимізації витрат на освітлення вулиць. Вирішенням даної проблеми може бути система інтелектуального освітлення вулиць - це комплексна система, що включає в себе ряд різноманітних компонентів, що співпрацюють між собою, щоб забезпечити ефективне та економне освітлення вулиць.

Ідея роботи системи полягає в тому, щоб освітлення вулиць і об'єктів дорожньої інфраструктури було динамічним і відбувалось у місцях де, в поточний момент, відбувається дорожній рух. Така система може бути як локальною, так і включеною в загальну мережу керування містом і повинна мати можливість масштабування.

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Система освітлення вулиць в Україні має багато проблем, що впливають на безпеку громадян та рівень комфорту життя. Однією з головних проблем є застарілість обладнання та його низька енергоефективність. Часто вулиці освітлюються застарілими ліхтарями з низькою світловою віддачею, що призводить до недостатньої освітленості вулиць та підвищує ризик виникнення небезпеки для жителів та транспортних засобів [1].

Крім того, існує проблема недостатньої кількості світлофорів та їх відсутності на деяких ділянках доріг, що ускладнює рух транспорту та пішоходів і підвищує ризик виникнення аварій.

Іншою проблемою є нерівномірність розташування світильників на вулицях та їх неправильна орієнтація. Це призводить до того, що деякі ділянки доріг залишаються недостатньо освітленими, тоді як інші – переосвітлюються, що збільшує витрати на електроенергію.

Також є проблема низької якості електроживлення, що викликає непередбачувані вимкнення світла та порушення нормального режиму роботи обладнання. Важливо також зазначити, що багато міст в Україні не мають централізованої системи управління освітленням, що призводить до витрати енергії та забруднення довкілля.

Розробка та впровадження інтелектуальної системи освітлення вулиць у воєнний час в Україні може допомогти підвищити енергоефективність, знизити навантаження на і без того ослаблену енергосистему та підвищити безпеку дорожнього руху та комфорт проживання.

Основні компоненти системи інтелектуального освітлення вулиць: сенсори руху та освітлення - вони реагують на рух транспорту та пішоходів та забезпечують автоматичне включення світла; камери відеоспостереження – дозволяють виявляти проблемні ділянки вулиці, небезпеку для пішоходів, дорожні затори тощо; керуючий пристрій – система керування освітленням на вулиці. Керуючий пристрій обробляє інформацію від сенсорів та камер та відповідно регулює роботу освітлення; комунікаційні мережі – дозволяють передавати інформацію між різними компонентами системи.

У світі інтелектуальне освітлення вулиць є поширеним явищем [2]. В розвинених країнах, таких як Німеччина, Швеція, Японія, США та Канада, системи інтелектуального освітлення вулиць вже впроваджуються на різних рівнях. Ці системи передбачають автоматичне управління освітленням, залежно від рівня світла та погодних умов, а також можливість моніторингу та дистанційного управління.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ SMART CITY

Концепція системи інтелектуального освітлення вулиць полягає в тому, щоб забезпечити оптимальний рівень освітлення на вулицях в залежності від потреби та умов. Для цього система використовує різні типи сенсорів, такі як датчики руху, датчики освітленості, датчики температури тощо. Ці сенсори забезпечують автоматичне регулювання яскравості освітлення в залежності від того, чи є на вулиці люди, транспорт, які погодні умови, яка пора доби.

В роботі пропонується декілька варіантів модернізації системи вуличного освітлення що забезпечують підвищення безпеки руху пішоходів та водіїв. До таких систем відносяться:

- система динамічного освітлення доріг: така система складається з ліхтарів оснащених системою управління з датчиками руху, що фіксують рух транспорту і його швидкість в залежності від чого вулиця освітлюється на 150 – 200 м у напрямку руху транспорту. По мірі проїзду транспорту, якщо подальший рух не фіксується ліхтар вимикається. Усі ліхтарі об'єднані в єдину мережу і передають інформацію від одного до іншого, попереджаючи заздалегідь про наближення транспорту і режим руху;

- система динамічного освітлення тротуарів: система передбачає додаткову підсвітку тротуарів світлодіодними стрічками або ліхтарями оснащених датчиками руху, що фіксують рух пішоходів і їх швидкість в залежності від чого вулиця освітлюється на 20 – 50 м у напрямку руху, при цьому основні ліхтарі, що освітлюють дорожнє полотно не задіяні;

- система динамічного включення світлофорів: така система складається з регулюємих перехресть з датчиками руху, що фіксують рух транспорту і його швидкість в залежності від чого світлофори переходять у робочий режим при наближенні транспорту на 150 – 200 м до перехрестя. За відсутності транспортних засобів в межах перехрестя світлофори переходять у енергозберігаючий режим, знижуючи яскравість до мінімально можливої;

- система динамічного підсвічення пішохідних переходів: така система складається з пішохідних переходів оснащених датчиками руху і трафаретним або проектором. При фіксації пішохода, що наближається до переходу вмикається проекція розмітки пішохідного переходу «зебра», та знаків 1.32 на дорожнє полотно.

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи, система інтелектуального освітлення вулиць є інноваційним технологічним рішенням, яке дозволяє знизити витрати на електроенергію та покращити якість освітлення вулиць, забезпечуючи при цьому безпеку та комфорт мешканців міста.

В роботі запропонована концепція розбудови системи інтелектуального освітлення, що складається з чотирьох підсистем зв'язаних в єдину мережу смарт міста, що дозволяє забезпечувати ефективне освітлення вулиць при мінімальному енергоспоживанні та широких можливостях керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Салтиков В.О. Освітлення міст: Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 221 с.
2. Інтелектуальні системи освітлення. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://electro-market.com.ua/uk/article/intelektualni-sistemi-osvitlennya.html>.

ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ У ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛЯХ

Латвинський В.Д., Мохонько Р.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Актуальність цієї теми зумовлена тим, що одним із головних пріоритетів технічного розвитку України є перехід на екологічно чисту та ресурсозберігаючу енергетику, яка базується на відновлюваних джерелах енергії. Цей напрям є надзвичайно важливим з огляду на необхідність зниження впливу на навколишнє середовище та підвищення енергонезалежності країни. Сьогодні транспортна галузь відіграє значну роль у споживанні паливних ресурсів і забрудненні довкілля, оскільки більшість транспортних засобів працюють на нафтопродуктах, використовуючи двигуни внутрішнього згоряння. З кожним роком це стає менш рентабельним, оскільки паливні ресурси дорожчають, а екологічні вимоги посилюються. Тому питання переходу до нових технологій у транспорті, таких як електромобілі або гібридні авто, які зменшують залежність від традиційних палив, набуває все більшої актуальності [1,2].

Зокрема, одним з перспективних варіантів є використання автомобілів з електродвигунами та фотоелектричними панелями, що дозволяють використовувати сонячну енергію як додаткове джерело живлення. Такий підхід особливо актуальний для регіонів, де сонячна інсоляція є достатньою для часткового забезпечення потреб електромобіля. Проте одним із чинників, що стримують розвиток електромобілів, залишається недостатній рівень інфраструктури зарядних станцій, що ускладнює їхнє повсюдне використання [3,4].

Водночас, залишається відкритим питання доцільності та ефективності використання електромобілів та гібридних авто з фотоелектричними панелями в регіонах з низькою інсоляцією, зокрема в середній смузі України. У цій роботі розглянуто можливість використання гібридного легкового автомобіля, обладнаного фотоелектричними панелями на даху, для умов середньої інсоляції. Дослідження спрямоване на оцінку ефективності таких систем у забезпеченні автомобіля додатковою енергією в умовах обмеженого сонячного випромінювання, що особливо актуально для країн з помірним кліматом [4,5].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як і гібридний автомобіль з акумуляторами, які можна підзаряджати від мережі, автомобіль з фотоелектричними панелями здатний працювати як у режимі електромобіля, так і в комбінованому режимі, залучаючи двигун внутрішнього згоряння. На рисунку 1 представлено конструктивну схему такого гібридного автомобіля.

Автомобіль приводиться в рух за допомогою передніх коліс, які обертаються завдяки двигуну внутрішнього згоряння, керованому спеціальним блоком управління. Двигун функціонує відповідно до команд, які отримує через блок керування, що дозволяє оптимізувати його роботу для зменшення споживання пального та зниження викидів шкідливих речовин у довкілля. Важливу роль у цій системі відіграє протокольний шлюз системи бортової діагностики (EOBD), який безперервно контролює ключові параметри стану автомобіля. Завдяки EOBD можна відстежувати положення педалі акселератора, швидкість руху, оберти двигуна, тиск у впускному колекторі та інші важливі показники. Такий комплексний контроль забезпечує ефективне керування силовою установкою, що сприяє підвищенню ефективності роботи автомобіля.

Заряджання акумулятора здійснюється як від задніх коліс, що працюють у режимі генерації під час гальмування або руху накатом, так і від фотоелектричних панелей, розташованих на даху автомобіля. Фотоелектричні панелі перетворюють сонячну енергію

в електричну, що дозволяє збільшити загальний запас енергії, зменшивши залежність від двигуна внутрішнього згоряння [5,6].

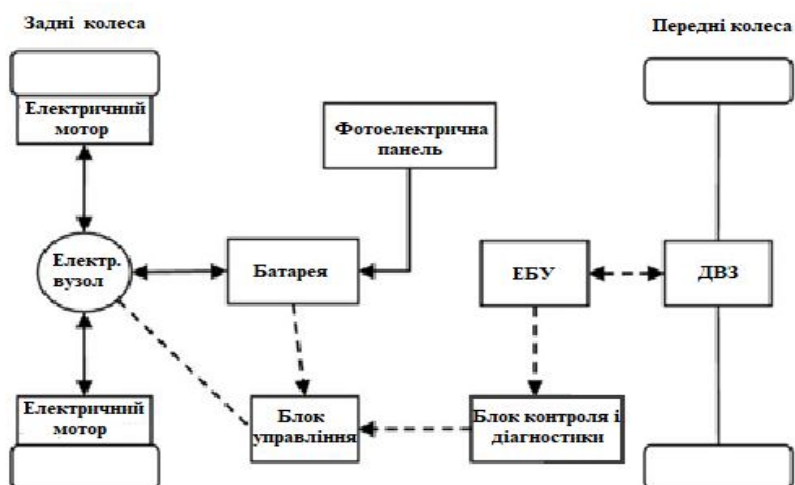


Рисунок 1 – Схема конструкції гібридного автомобіля з фотоелектричними панелями

Така двостороння система зарядки не лише покращує енергоефективність автомобіля, але й створює додаткові можливості для зниження витрат на паливе та зменшення впливу на навколишнє середовище, що особливо важливо у контексті сучасних екологічних стандартів та потреб у зниженні викидів.

Дослідження процесу заряджання гібридного автомобіля з фотоелектричними панелями проводилося за допомогою імітаційного моделювання в Matlab/Simulink для легкового автомобіля довжиною 4 метри та масою 1750 кг, з урахуванням середнього рівня сонячної радіації для умов середньої смуги України, який становить 5282 МДж/м² за середньої хмарності.

Було розроблено схему імітаційної моделі для аналізу процесу заряджання. У моделі контролера вхідний ланцюг імпульсного перетворювача енергії представлений керованим джерелом струму, а вихідний ланцюг – керованими джерелами струму та напруги. Контролер PDS SB у процесі моделювання вимірює вхідний струм і напругу ($I_{\text{вхідний}}$ та $V_{\text{вхідний}}$) і вихідний струм і напругу ($I_{\text{вихідний}}$ та $V_{\text{вихідний}}$). На основі цих даних розраховується вихідна потужність

$$P_{\text{вихідний}} = V_{\text{вихідний}} I_{\text{вихідний}} \quad (1)$$

І вхідна потужність

$$P_{\text{вхідний}} = P_{\text{вихідний}} / \eta, \quad (2)$$

де η – коефіцієнт корисної дії імпульсного перетворювача енергії.

Результати моделювання, представлені на рисунку 2, показали, що час заряджання акумулятора від фотоелектричних панелей становить 570 хвилин, при цьому батарея заряджається на 92,59%, а потужність батареї складає 6,801 Вт. Також було виявлено, що час заряджання збільшується з зростанням маси автомобіля.

ВИСНОВОК

Проведене дослідження продемонструвало, що для середньостатистичного легкового автомобіля довжиною 4 м та масою 1750 кг використання гібридного авто з

фотоелектричними панелями в кліматичних умовах середньої смуги України є цілком реальним. Для досягнення майже повного заряду за 570 хвилин потужність сонячної батареї має становити не менше 6,8 Вт.

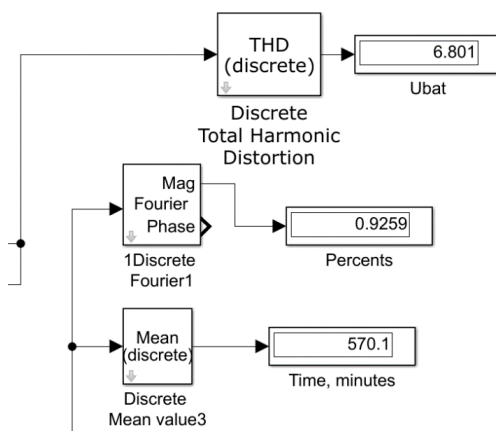


Рисунок 2 – Результати моделювання

ЛІТЕРАТУРА

1. Hnatova, A., Bagach, R., Sokhin, P. Economic and environmental impact of electric vehicles. Proceedings of the Fourth International Scientific and Practical Conference "Automotive Transport and Infrastructure", 2021 (pp. 215-217). Kyiv.
2. Bagach, R. V. Community safety issues of modern Electric Vehicles in Ukraine. KhNAHU. Студентство. Наука. Іноземна мова: Збірник наукових праць студентів, аспірантів та молодих науковців 2021 (Vol. 13, No. 2, pp. 125-128). Харків: ХНАДУ.
3. Багач Р. В. (2024). Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет). <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>.
4. Павлов В. Б., Будько В. І., Кириленко В. М., Будько М. О., Кириленко К. В. Особливості роботи автономних зарядних станцій електромобілів з використанням фотоелектричних установок та буферних акумуляторів енергії. Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України, (53), 2019. с 117-117.
5. Гнатов А. В., Аргун Щ. В. Аналіз схем сонячних електростанцій на фотоелектричних модулях для зарядних станцій електромобілів. "Автомобільний транспорт" 41. 2017. с 163-169.
6. Нерубацький В. П., Гордієнко Д. А. Дослідження системи перетворення енергії на сонячних електростанціях за рахунок використання розподіленого відстеження максимальної потужності фотоелектричної панелі. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту, 2023 (205), с 111-122. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.205.2023.288833>.

RESEARCH OF ENERGY-SAVING POTENTIAL IN HYBRID VEHICLES USING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Trunova I., Filiarskyi O.

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The modern automotive industry is undergoing significant transformations driven by global environmental challenges and rapid technological advancements. The increasing emissions from vehicles compel governments and international organizations to implement stricter ecological standards and requirements for automakers. Consequently, traditional internal combustion engine (ICE) vehicles are gradually losing relevance, being replaced by more sustainable solutions such as electric vehicles and hybrid vehicles. Hybrid vehicles, combining the advantages of both conventional and electric transport, offer an effective solution to reducing emissions and fuel consumption.

The relevance of this research lies in the urgent need to develop and implement innovative technologies to enhance the energy efficiency of vehicles. A promising area of focus is the integration of photovoltaic systems into the design of hybrid vehicles. Solar panels installed on the roofs of cars can serve as an additional energy source to power auxiliary systems, reducing fuel consumption and dependency on traditional energy sources [1].

In Ukraine, the importance of this topic is heightened by the significant potential for solar energy across most regions. This, combined with the need to reduce energy dependence and fossil fuel costs, creates favorable conditions for the active adoption of such solutions. Additionally, the development of photovoltaic hybrid technologies can contribute significantly to the establishment of sustainable transportation and energy independence in the country.

Global climate change and the imperative to reduce carbon footprints underscore the necessity of utilizing renewable energy sources, particularly solar energy. Integrating photovoltaic systems into hybrid vehicles improves their autonomy, economic efficiency, and environmental performance. Research into the application of such technologies opens new prospects for the automotive industry, particularly in the context of sustainable transport development and minimizing environmental impact.

The advancement of hybrid vehicles equipped with photovoltaic systems is a key focus area for the contemporary automotive industry. Research findings confirm the importance of this technology in reducing carbon footprints, optimizing energy efficiency, and enhancing vehicle autonomy.

Hybrid vehicles with integrated photovoltaic systems, also known as Vehicle-Integrated Photovoltaics (VIPV), combine the benefits of traditional ICEs, electric motors, and renewable energy sources. The core concept involves harnessing solar energy to support vehicle operation and reduce fossil fuel consumption.

Photovoltaic modules integrated into the car body (roof, hood, wings) convert solar radiation into electricity. This process uses semiconductor materials in solar cells that excite electrons under light exposure (photoelectric effect), generating an electric current. The generated electricity charges the onboard battery or supercapacitors. The stored energy powers the electric motor and auxiliary systems, such as climate control, multimedia, and lighting. During vehicle operation, the battery supplies energy to the electric motor, which propels the vehicle or supports hybrid operation, reducing the load on the ICE. Some hybrid models feature regenerative braking, where the electric motor acts as a generator, returning kinetic energy as electricity to the battery, enhancing overall energy efficiency. Depending on lighting conditions, photovoltaic systems supply energy to reduce fuel consumption, enabling the vehicle to operate partially independently of external energy sources [2].

In August 2019, Hyundai announced the release of its Sonata Hybrid with integrated solar panels. The vehicle can operate on gasoline, electricity, and self-generated solar energy from its roof-mounted solar panels [2].

Modern manufacturers such as Aptera Motors and Lightyear are actively incorporating photovoltaic systems into their vehicles. These developments demonstrate significant progress in energy saving and vehicle autonomy. Aptera vehicles can travel over 60 km per day using only solar energy. As of 2019, the American company Aptera has received over 40,000 reservations for its solar electric vehicles from clients in over 100 countries, with prices starting at \$33,200 USD. Lightyear One emphasizes aerodynamics and enhanced efficiency of photovoltaic panels to optimize energy generation [2]. This vehicle is now available to the public, albeit with a waiting list, with prices starting at \$50,000 USD.



Figure 1 – Examples of cars with solar panels: a – Aptera Motors; b – Lightyear

A review of scientific publications [1, 3, 4] revealed modern challenges and opportunities for integrating photovoltaic systems into vehicles. Special attention was given to optimizing solar panel placement, improving materials, and utilizing multifunctional systems that combine energy generation with cooling. These aspects are critical for further enhancing the efficiency and reliability of the technology.

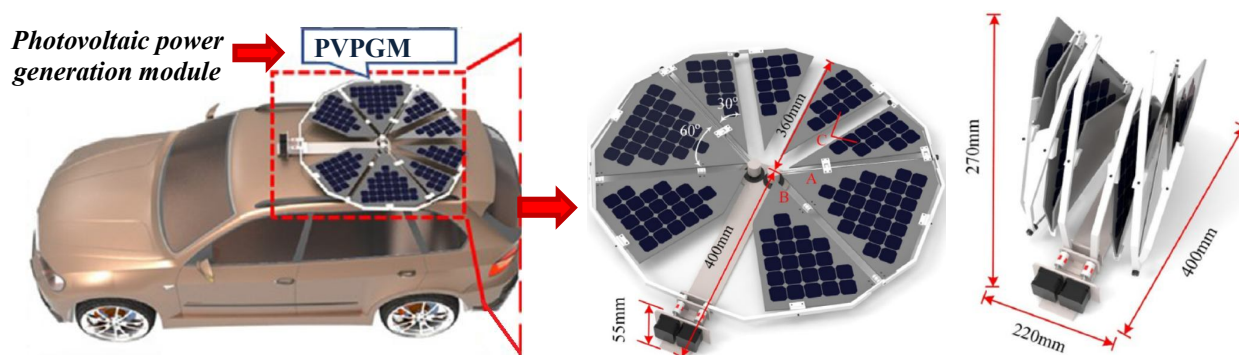


Figure 2 – Photovoltaic power supply system for EV based on the scissor mechanism [4]

The proposed portable auxiliary photovoltaic power supply system for electric vehicles, built on a scissor-like folding mechanism, demonstrates significant potential for practical application. The system includes an energy generation module and a transmission module, the latter employing wireless energy transfer technology. Experimental results confirmed the system's high efficiency, with a maximum output power of 1.736 W and an energy transfer efficiency of 57.7% under load resistances of 5 Ω and 10 Ω . The energy generation rate of 2.033 GWh per year highlights the substantial potential for improving the autonomy of electric vehicles.

At the same time, the findings of the presented studies underscore several aspects that require further development. Specifically, the photovoltaic module area, limited, is insufficient for significantly impacting the energy balance of an electric vehicle, given the available vehicle body area. Thus, one direction for improvement is expanding the module area to increase energy output. Further research should also address the long-term reliability of the system under natural solar radiation conditions, allowing for an assessment of resistance to climatic variations and material degradation.

The presented studies confirm the technical feasibility of integrating portable photovoltaic systems into modern electric vehicles, which could significantly contribute to the development of autonomous transportation. At the same time, identified limitations open up opportunities for further research to ensure even more efficient and reliable functioning of such systems.

CONCLUSIONS

The research demonstrated the prospects of integrating photovoltaic systems into hybrid vehicles as a means of reducing energy consumption and increasing the environmental sustainability of automotive transport. Global experience shows that using solar energy in the automotive industry contributes to energy consumption optimization, reducing dependence on fossil fuels, and providing additional autonomy. Improvements in photovoltaic materials and panel placement technologies enable effective use of the available vehicle space, increasing energy generation.

Currently, in Ukraine, the integration of photovoltaic systems into hybrid vehicles is also feasible. Thanks to the significant potential of solar energy in most regions of the country and the growing interest in sustainable transport solutions, this technology could become an effective tool for developing ecological transportation. In the context of rising energy costs and the need to reduce oil imports, photovoltaic hybrids can contribute to the country's energy independence.

REFERENCES

1. Keshri, R., Bertoluzzo, M., & Buja, G. (2014). Integration of a Photovoltaic Panel with an Electric City Car. *Electric Power Components and Systems*, 42(5), 481–495. <https://doi.org/10.1080/15325008.2013.871374>.
2. Beyond the Plug: Discover the Potential of Solar Electric Cars. Becky McKay 19 September 2024. <https://www.greenmatch.co.uk/blog/potential-of-solar-electric-cars#what>.
3. Kiran Raut, Asha Shendge, Jagdish Chaudhari, Ravita Lamba, Nahar F. Alshammari, Modeling and simulation of photovoltaic powered battery-supercapacitor hybrid energy storage system for electric vehicles, *Journal of Energy Storage*, Volume 82, 2024, 110324, ISSN 2352-152X, <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.110324>.
4. Zhou Jin, Dongyang Li, Daning Hao, Zutao Zhang, Liang Guo, Xiaoping Wu, Yanping Yuan. A portable, auxiliary photovoltaic power system for electric vehicles based on a foldable scissors mechanism, *Energy and Built Environment*, Volume 5, Issue 1, 2024, Pages 81-96, ISSN 2666-1233, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.08.002>.

НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Ручка О.О., Богданов Р.В., Павлюк Е.О., Малинович О.О.

Інститут цивільної авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна

ВСТУП

Для своєї життєдіяльності людина повинна використовувати відповідну кількість енергії. Ця енергія необхідна для забезпечення життя, роботи, потреби в харчах, житлі, одязі, комфорті та ін. Енергетика являється головним ресурсом промислового і сільськогосподарського виробництва, яке забезпечує комфортне існування людини. Енергетикою прийнято вважати галузь господарства, що містить у собі енергетичні ресурси, вироблення, перетворення, передачу та розподіл різних видів енергії. У своїй повсякденній діяльності людство використовує різні види енергії: механічну енергію води, теплову, електричну, електромагнітну, хімічну і ядерну. За останній час все більшого значення набувають так звані нетрадиційні джерела електричної енергії, принцип дії яких заснований на використанні відновлюваних джерел енергії (енергія сонячного випромінювання, енергії вітру, біогазові установки і т.д.)

Метою роботи є вирішення питання можливості та ефективності використання нетрадиційних джерел енергії.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Найбільш поширеним є використання сонячного випромінювання для отримання електричної енергії. Сонце є практично невичерпним джерелом теплової і світлової енергії, яку при правильному використанні можна перетворювати в будь-який інший вид енергії. Для вирішення цього питання існує цілий ряд технологічних рішень, таких як: сонячні батареї, з допомогою яких сонячна енергія перетворюється в електричну; геліокухні та геліопечі, з допомогою яких підігрівається холодна вода і в подальшому може використовуватися як для опалення, так і для інших потреб в тепловій енергії; сонячні опріснювачі; геліотеплиці з акумулюванням тепла та ін. Установка з прямим перетворенням сонячної енергії в електричну повинна виконуватися відповідно до екологічних та економічних критеріїв. При створенні сонячних насосних та електричних установок передбачається їх роботи спільно з системами акумулювання енергії. Для побутових потреб достатньо 5 – 10 кВт (рисунк 1), тому можливе використання теплового акумулятора.

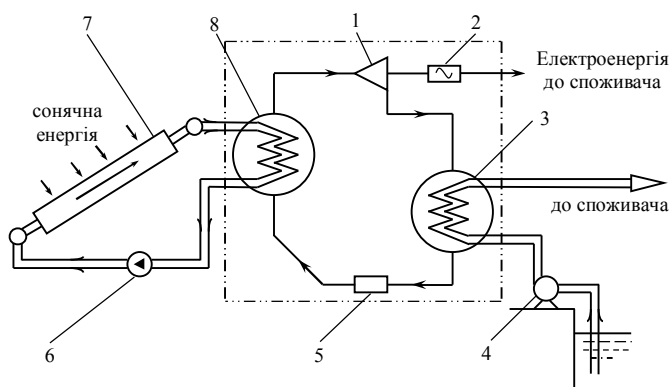
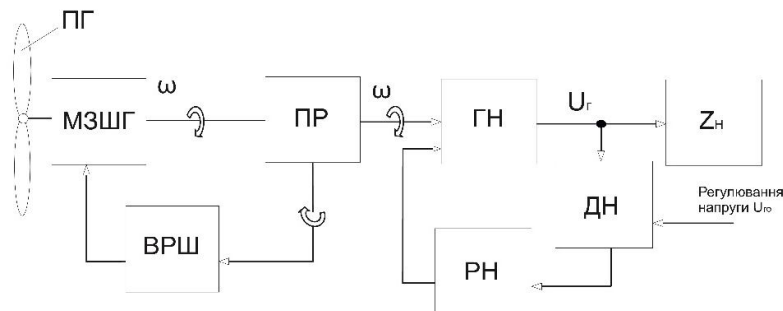


Рисунок 1 – Принципова схема сонячної енергетичної станції середньої потужності:
1 – турбіна; 2 – генератор змінного струму; 3 – конденсатор; 4 – водопідіймний насос;
5 – живлячий насос; 6 – циркуляційний насос; 7 – сонячний колектор; 8 – випарувач

Джерелом тепла є гаряча вода, яка циркулює в першому контурі колектора від насоса 6. У випарувачі 8 знаходиться фреон під тиском 0,3... 0,4 МПа. Пери фреону

розширюються та потрапляють на турбіну 1, яка обертає електрогенератор 2, виробляючи електроенергію. Після турбіни пари фреону конденсуються в конденсаторі 3, при цьому нагрівається піднята вода. Потім за допомогою насоса 5 конденсат знову подається до випарувача 8. При цьому рідинний контур герметично замкнутий.

Подальший розвиток отримали вітроенергетичні установки (рисунок 2). Економічна оцінка використання вітру стосовно до енергосистем складається в порівнянні загальної вартості вітро-енергоустановки (ВЕУ) для енергосистем із сумарною грошовою економією, одержуваної в результаті заміщення енергії теплових електростанцій. При оцінці ефективності вітрової енергетики потрібно, щоб окрім визначення грошової економії, одержуваної внаслідок зменшення витрати палива, була також підрахована додаткова економія, що може бути досягнута в результаті зміни витрат на придбання генеруючого устаткування теплових електростанцій.



Функціональна схема ВЕУ з відцентровим регулятором швидкості обертів вала генератора:

ПГ - повітряний гвинт, МЗШГ - механізм зміни шагу гвинта, ВРШ - відцентровий регулятор швидкості, ПР - підвищуючий редуктор, ГН - генератор напруги (асинхронний або синхронний), Zн - опір навантаження (користувачі змінного струму), ДН - датчик напруги, РН - регулятор напруги.

Співвідношення
номінальних потужностей
та розмірів ВК

Горизонтальна вісь обертання		Вертикальна вісь обертання	
$P_{ном}, кВт$	$D, м$	$P_{ном}, кВт$	$D, м$
5	5	5	6,5
10	6,5	10	7,5
50	13	50	15
100	18	100	21
200	24	200	28

Рисунок 2 – Структурна схема та параметри вітроенергетичної установки

Значну частку в нетрадиційних джерелах енергії займають біогазові установки (рисунок 3). Для отримання електричної енергії. Відбувається поступове заміщення традиційних енергетичних ресурсів відповідними аналогами рослинного і тваринного походження. Основною сировиною для виробництва біопалив в нашій країні виступає сільськогосподарська продукція. Відбувається поступове заміщення традиційних енергетичних ресурсів відповідними аналогами рослинного і тваринного походження. Основною сировиною для виробництва біопалив є сільськогосподарська продукція.

Рациональне використання біомаси може забезпечити не менш 10 % споживання енергоносіїв. Однак подібний розвиток біоенергетики можливий лише за умов забезпечення:

- технічної бази (забезпечення розробки, виготовлення та експлуатації нових більш досконалих біоустановок);
- економічної бази (надання безпроцентних позик, стимулів у вигляді пільгового оподаткування, виділення дотацій на будівництво біоустановок);
- правової бази (розробки відповідної законодавчої бази та чіткої державної політики в області нетрадиційних джерел енергії.

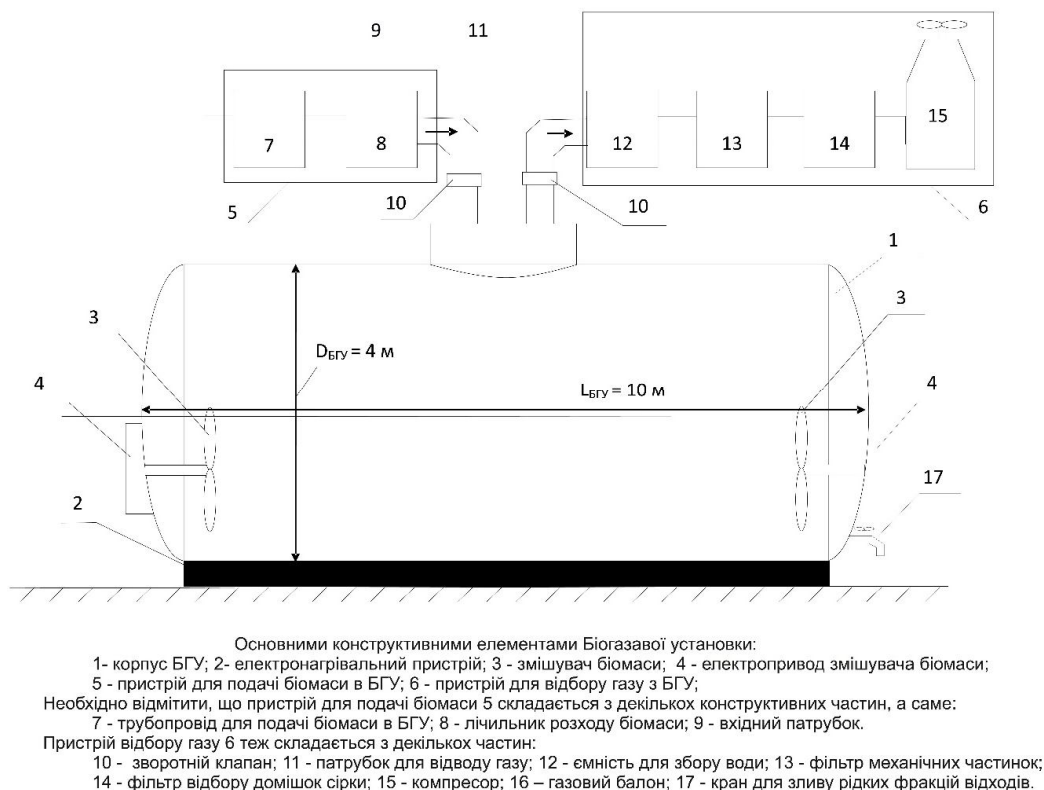


Рисунок 3 – Будова біогазової установки

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуті питання, пов'язані з походженням, економічністю, технічним освоєнням і способами використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії. При розгляді принципів виробництва і споживання енергії цих джерел особлива увага приділялася аналізу техніко-економічних показників генеруючих пристроїв, з метою оптимізації за критерієм мінімальної вартості одної кіловат-години виробленої електроенергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. В.Є. Шестеренко Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. – Вінниця: «Нова книга», 2004 – 712 с.
2. В.С. Дегтярьов. Сучасні принципи побудови АСКОЕ. – Електропанорама. – №10, 2006. – С.74-77
3. Концепція Державної енергетичної політики України на період до 2020 р. Національна безпека і оборона, №2, 2001 р.
4. Закон України «Про енергозбереження».
5. Основні положення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року. Мін. Палива та енергетики України, 2007. - 21 с.
6. С.М. Новічонок, В.В. Тарасова, В.М. Комаров. Основи енергозбереження. – ХВУ, 2004 – 214 с.
7. В.Дубровін та ін. Біопалива (Технології, машини і обладнання) – Київ.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004, - 253 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПОЛІПШЕННЯМ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ

Таращенко О.С., Алексєєнко І.Д., Баранов І.О.

Державний вищий навчальний заклад

«Приазовський державний технічний університет», Україна

ВСТУП

Основним завданням транспорту є задоволення потреб держави та населення в різних видах перевезень. До основних характеристик транспортного процесу входять: якість, собівартість, вартість та швидкість перевезень. Такі ж вимоги відносяться і до міських автобусних перевезень [1,2]. Пасажирський транспорт виконує різні функції для задоволення потреб населення в пересуванні, відіграє значну роль у житті людей. Якість перевезень впливає на загальний стан людей, продуктивність їх праці, відпочинок. Виходячи з цього, підвищення ефективності автобусних перевезень має важливе державне та соціальне значення особливо для умов України, де в загальній більшості міст використовуються лише автомобільні перевезення пасажирів. Система міського пасажирського транспорту є динамічною та здатною до саморозвитку. Для підвищення ефективності її функціонування потрібно розглядати загальний вплив факторів (технічні, економічні, соціальні, природні), та оцінювати їх параметри за допомогою відповідних кількісних критеріїв. Новітніми заходами має реалізовуватися ефективне використання місткості автобусів, а також модернізація характеристик і параметрів рухомого складу для різних автотранспортних підприємств. На сьогоднішній день значна увага досліджень має бути приділена розробкам, які спрямовані на задоволення вимог екологічної безпеки міст з тим, щоб мінімізувати шкідливі викиди автотранспортних засобів, підвищити ефективність їх роботи на маршрутах міста.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У сучасних ринкових умовах при здійсненні автобусних перевезень автотранспортними підприємствами (АТП) з різними формами власності і господарювання докорінно має бути вдосконалена методика вибору типів та моделей автобусів [3]. Муніципальні АТП вже звільнені від централізованого, нерідко примусового постачання рухомим складом, а для немуніципальних підприємств однією з умов успішної комерційної діяльності є оптимальне формування автобусного парку.

За існуючими методиками надавалося завдання забезпечити мінімальні витрати АТП на експлуатацію автобусів. За результатами, проведених у роботі [4] теоретичних та експериментальних досліджень, складена концепція оцінки якості перевезень, розвиваючи яку, визнано доцільним поширити на вибір типу рухомого складу принцип задоволення інтересів не тільки перевізників (АТП), але і пасажирів та всього населення міста.

Для вибору типу автобусів оцінюючим результатним параметром приймається мінімальне значення сумарної собівартості перевезення одного пасажирів:

$$S_n = S_{соц} + S_{екс} + S_{екол} \rightarrow \min \quad (1)$$

де $S_{соц}$ – собівартість перевезень одного пасажирів з погляду соціальних затрат, грн/пас, визначених чисельно, виходячи з річних витрат часу пасажирів на пересування і вартість однієї години;

$S_{екс}$ – собівартість перевезення одного пасажирів з погляду експлуатаційних витрат, грн/пас, з боку автотранспортного підприємства;

$S_{\text{екол}}$ – собівартість перевезення одного пасажирів з погляду належного відшкодування збитків від екологічного забруднення міста при перевезенні пасажирів, грн/пас.

З кожної із складових частин наведеного виразу проведено розрахункове дослідження з метою оцінки впливу на неї використання різних типів автобусів при умові їх роботи на маршрутах з пасажиропотоками P від 0,2 до 3,0 тисяч пас/год, заданих з рівномірним кроком 0,2 тис. пас/год.

Розгляд існуючих розрахункових формул надає підстави зробити висновок про те, що необхідно всемірно сприяти скороченню часу поїздки і для цього оптимізувати, в першу чергу, роботу рухомого складу на лінії, бо час на пересування залежить від експлуатаційної швидкості V_e руху автобусів і взагалі від швидкості V_c сполучення. На останню впливають сумісно міжзупинкові відстані, пасажирообмін зупиночних пунктів, дальність підходу (відходу) до зупинки, форми руху і тип автобусів.

Для переведення абсолютного часу поїздки у грошовий вигляд його помножують на адміністративно визначений норматив. Ним є вартість B_m однієї години, умовно прирівненої до вартості того національного продукту, який створює для держави за одну годину кожен працездатний громадянин. У даний момент в Україні відчутно зменшилася як загальна кількість працюючих людей, так і продуктивність їх праці у порівнянні з минулими роками [4,5]. Зараз в Україні співвідношення між побутовими і робочими поїздками суттєво відрізняється від інших країн, бо складає відповідно 49 та 51% від загальної кількості поїздки.

Крім розгляду показника соціальних витрат пасажирів, рівень якості автобусних перевезень оцінюється з точки зору безпеки людей. При цьому залежні від неї негативні наслідки бажано умовно показувати в грошовому обчисленні. Загалом виробничі втрати через смерть, травми, каліцтва людей можна підрахувати на основі національної статистики. Для розгляду цього показника користувалися методом контингенту. Таким чином, організовуючи автобусні перевезення, постійну і значну увагу належить приділяти безпеці дорожнього руху автобусів. Обов'язково це стосується підтримання їх у належному технічному стані, а також передбачення контраварійної підготовки кваліфікованого складу водіїв з обов'язковим їх контролем перед виїздом та під час діяльності на лінії. З іншого боку, на соціальні витрати пасажирів постійно впливатиме адміністративне вирішення міських тарифів на проїзд в автобусах та окремих пільгових питань. Враховуючи те, що останні дві вищезазначені витрати не залежать від величини пасажиропотоку та типу рухомого складу, в розрахунку соціальних витрат надалі визначалися лише витрати, пов'язані з часом пересування пасажирів.

ВИСНОВКИ

На підставі результатів проведеного дослідження встановлено, що для оптимізованої організації руху автобусів по мережі міста є раціональним ширше впровадити різні форми руху та їх поєднання. Поряд із звичайною формою руху, раціонально впроваджувати експресні рейси в години “пік”. Навпаки, на деяких маршрутах застосовані сумісно звичайна та скорочена форми руху автобусів. Одночасно досягнуто розосередження пасажиропотоків (за годинами доби), що дозволило зменшити на 5 автобусів задіяний рухомий склад на 6 маршрутах. З урахуванням форм руху проаналізовано типи автобусів та їх кількість на маршрутах. У середньому досягнуто скорочення часу пересування пасажирів на 8...10%.

Встановлено, що існуючі методи обґрунтування автобусів не враховують сутність процедур та процесів створення продукту транспорту та його форми і, отже, можуть бути використані лише для вирішення організаційних задач. За допомогою методів теорії енергоресурсної ефективності автомобіля можна комплексно аналізувати та обґрунтовувати автобусні парки різних автотранспортних підприємств з урахуванням технічної новизни рухомого складу та впливу дорожніх умов. Запропонована методика

удосконалення існуючого порядку проведення конкурсу по вибору перевізника на маршрут яка дозволить серед транспортних підприємств обрати те підприємство, парк автобусів якого буде відповідати характеристикам маршруту та забезпечить технологічно-якісне обслуговування пасажирів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Пасажирські перевезення. Київ: НТУ, 2017. 265 с.
2. Транспортна стратегія України на період до 2030р. розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. N 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.09.2019).
3. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. URL: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm.
4. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Полтава : ПолтНТУ, 2014. Вип. 2 (41), С. 156-164.
5. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430. К. : КМУ, 2018.

РОЛЬ АКУМУЛЯТОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Гнатів А.В., Недбайло І.Ю.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Сучасний світ де більше зосереджується на проблемах енергоефективності та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище. Однією з ключових технологій, що сприяють вирішенню цих завдань, є акумуляторні системи. Розвиток і впровадження ефективних акумуляторів дозволить забезпечити стабільність енергопостачання, оптимізувати використання ресурсів і сприяти переходу до відновлюваних джерел енергії. У цій рефераті розглядається значення акумуляторних технологій у контексті підвищення енергоефективності, їх різного впливу на галузі та основні перспективи розвитку [1,2].

Акумуляторні технології стали основою для розвитку електромобільності. Електричні автомобілі, оснащені сучасними батареями, не лише знижують залежність від викопного палива, а й мінімізують викиди парникових газів. Рекуперація енергії під час гальмування дозволяє додатково підвищити енергоефективність та без того, акумулятори активно використовуються в інших транспортних засобах - електричних велосипедах, дронах, автобусах, що також сприяє екологічно чистій мобільності та енергії.

Зниження втрат енергії

Сучасні акумуляторні технології значно знижують втрати енергії під час її передачі та зберігання завдяки високій ефективності перетворення та збереження енергії. Акумулятори дозволяють накопичувати надлишок енергії в моменти низького попиту, запобігаючи її втратам, і використовувати її під час пікового навантаження. Використання локальних систем зберігання зменшує потребу у передачі енергії на великі відстані, що мінімізує втрати через опір електромереж. Акумуляторні установки допомагають згладжувати коливання напруги і частоти в мережі, що сприяє більш ефективному використанню енергії, рис.1 [3-6].

Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії

В автономних електроустановках акумуляторні системи відіграють ключову роль у забезпеченні стабільного енергопостачання. Їхнім основним завданням є накопичення згенерованої енергії, що генерується відновлюваними джерелами, і забезпечення її безперебійного споживання в періоди, коли генерація неможлива або недостатня. Правильний вибір та експлуатація АКБ є критичними для ефективної роботи системи. Необхідно враховувати такі параметри, як ємність батарей, термін їхньої служби, ефективність заряджання та розряджання, а також умови експлуатації. Якісні акумулятори здатні забезпечувати високу надійність і довговічність автономної системи, мінімізуючи при цьому втрати енергії та витрати на технічне обслуговування, рис.1 [7,8].

Роль у транспорті

Енергоефективні акумулятори відіграють центральну роль у трансформації транспорту, роблячи його більш екологічним, економічним і доступним. Вони дозволяють транспорту залишатися гнучким і технологічно прогресивним, формуючи основу для сталого міського життя [9-12].

Акумуляторні технології для домогосподарств і підприємств

Акумуляторна система є ключовим елементом у забезпеченні стабільної подачі електроенергії споживачеві, особливо в нічний час, коли фотовольтаїчні системи не генерують енергію. Для підтримки надійної роботи автономних електроустановок важливо суворо дотримуватися експлуатаційних норм 75 акумуляторів і контролювати рівень їхнього заряду, уникаючи глибокого розряду та перевантажень. Регулярне підтримання ємності акумуляторів на встановлених рівнях у різних режимах роботи значно підвищує енергоефективність системи, запобігаючи швидкому вичерпанню

енергетичних запасів і забезпечуючи надійне енергопостачання в умовах змінного споживання [13-15].



Рисунок 1 – Приклади акумуляторних систем зберігання енергії

ВИСНОВОК

Сучасний світ перебуває на порозі енергетичної революції, основою якої є зростаюча потреба в енергоефективних рішеннях. В теперішніх умовах, пов'язаних зі зміною клімату, нестабільністю традиційних джерел енергії та зростанням попиту на електроенергію, акумуляторні технології стали ключовим інструментом у забезпеченні ефективності енергетичних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рибак, О. В. (2024). Підвищення рівня енергоефективності автономної електроустановки.
2. Лябах, М. В. (2024). Підвищення енергоефективності системи електропостачання громадських та житлових будівель на основі відновлюваних джерел.
3. МІЙ Суберу та ін. "Системи накопичення енергії для інтеграції сектору відновлюваної енергетики та пом'якшення перебоїв", *Renew Sustain Energy Rev*, (2014).
4. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master's degree program under the Erasmus project Cybphys. *Automobile Transport*, (51), 85–95. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.09>.
5. Zabasta A., Peuteman J., Kunicina N., Kazymyr V., Hvesenya S., Hnatov A., Paliyeva T., Ribickis L. Research on Cross-Domain Study Curricula in Cyber-Physical Systems: A Case Study of Belarusian and Ukrainian Universities // *Education Sciences*. – 2020. – Т. 10. – №. 10. – С. 282. <https://doi.org/10.3390/educsci10100282>.
6. 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.
7. Розробка комбінованої енергетичної установки на базі пневмодвигуна з використанням поновлюваних джерел енергії для міського автотранспорту. Заключний: науково-дослідна робота / [А. В. Гнатів, Щ. В. Аргун та ін.] – Харків : ХНАДУ, 12.2022. – № держреєстрації 0121U109611. – 321 с.
8. S. Arhun, A. Hnatov, O. Dziubenko, S. Ponikarovska. A Device for Converting Kinetic Energy of Press into Electric Power as a Means of Energy Saving. *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 36, No. 1, pp. 105-110. January 2019. Doi:<http://doi.org/10.7736/KSPE.2019.36.1.105>.

9. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Сохін П. А., & Ульянець О. А. (2024) Дослідження автономного джерела живлення для електромобілів та їх зарядної інфраструктури. Вісник ХНАДУ, (104), 130–139. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.130.
10. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
11. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Ульянець О. А. Енергозберігаючі технології на транспорті //Наукові нотатки. – 2016. – №. 55. – С. 80-86.
12. Аргун Щ.В. Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорт і його інфраструктура / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Ульянець // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
13. Гнатов А. В., Аргун Щ. В. Гнатова Г. А, Тарасов К. С. Сонячна зарядна електростанція – комплекс для проведення лабораторних та практичних занять // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Х.: ХНАДУ. – 2020. – Вип. 17. – С. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2226-9266.2020.17.0.19>.
14. S. Arhun, A. Hnatov, O. Dziubenko, S. Ponikarovska. A Device for Converting Kinetic Energy of Press into Electric Power as a Means of Energy Saving. J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 36, No. 1, pp. 105-110. January 2019. Doi:<http://doi.org/10.7736/KSPE.2019.36.1.105>.
15. 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, 2022. 391 p. DOI 10.7250/9789934226762.

Секція II

ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА, РОЗВИТОК МЕРЕЖІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕКОМОБІЛІВ. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

IMPROVING THE EFFICIENCY AND RELIABILITY OF LITHIUM IRON PHOSPHATE BATTERIES BY OPTIMIZING THE BMS

Arhun Shchasiana¹, Dvadnenko Vladimir¹, Hnatov Andrii¹, Kunicina Nadezhda²,
Caiko Jelena², Zhiravetska Anastasia², Ribickis Leonids²

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine,

²Riga Technical University, Latvia

INTRODUCTION

Lithium iron phosphate (LiFePO₄) batteries have emerged as a preferred choice for electric vehicles (EVs), renewable energy storage, and numerous consumer applications due to their high thermal stability, long cycle life, and superior safety. However, to harness the full potential of LiFePO₄ batteries, the optimization of the Battery Management System (BMS) is essential. The BMS plays a critical role in monitoring, controlling, and protecting battery cells, thereby enhancing both the efficiency and reliability of LiFePO₄ batteries. This work explores how BMS optimization strategies can improve LiFePO₄ battery performance and longevity [1-3].

The Role of the BMS in LiFePO₄ Battery Systems/

The Battery Management System is a sophisticated control mechanism tasked with maintaining battery health by managing charge/discharge cycles, monitoring cell voltages and temperatures, balancing cells, and ensuring safe operation. For LiFePO₄ batteries, which are sensitive to overcharging and deep discharging, the BMS is indispensable. Unlike some other lithium-ion chemistries, LiFePO₄ batteries do not typically suffer from thermal runaway, but they require precise control to prevent overvoltage, which can degrade cell performance over time [4-8].

A well-designed BMS enhances a LiFePO₄ battery system in several ways, Fig. 1 [9-12]:

Protecting Battery Health: The BMS prevents scenarios such as overcharging and excessive discharge, which can irreversibly damage LiFePO₄ cells.

Improving Efficiency: By optimizing charge cycles and monitoring real-time energy requirements, the BMS reduces energy losses, thereby increasing battery efficiency.

Enhancing Reliability: By ensuring uniform cell usage and preventing imbalances, the BMS minimizes the risk of cell failure, thereby increasing the reliability of the battery pack.

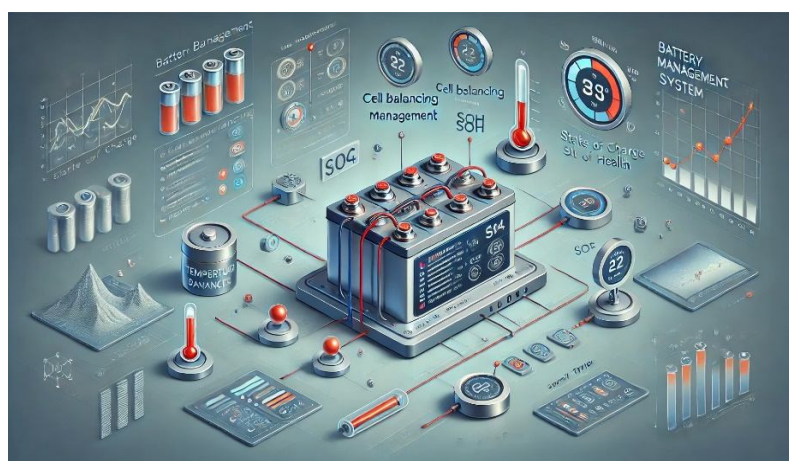


Fig. 1 - BMS functions for lithium iron phosphate batteries

KEY STRATEGIES FOR BMS OPTIMIZATION

Advanced Cell Balancing Techniques.

Cell balancing is critical for maintaining uniform performance across all cells in a LiFePO₄ battery pack. If certain cells have significantly higher or lower charges, the efficiency

and lifespan of the battery pack can be compromised. Traditional passive balancing methods dissipate excess energy as heat but do not address energy imbalances effectively. However, advanced active balancing techniques transfer energy between cells, maintaining an even state of charge (SOC) without energy loss. By implementing active balancing, the BMS can extend battery life and optimize energy use, which is especially beneficial for large LiFePO₄ battery systems in EVs and grid storage [13-17].

Thermal Management and Temperature Control.

Temperature fluctuations can adversely affect LiFePO₄ battery efficiency and reliability. An optimized BMS continuously monitors cell temperatures and activates thermal management features, such as cooling or heating systems, to keep cells within an optimal temperature range. Integrating thermal sensors with real-time feedback helps prevent overheating and ensures efficient charging and discharging. Enhanced thermal management is particularly important in environments with extreme temperatures, where LiFePO₄ batteries might be prone to performance degradation.

Enhanced State of Charge (SOC) and State of Health (SOH) Estimation.

Accurate estimation of SOC and SOH is essential for reliable battery performance. SOC represents the remaining capacity of a battery, while SOH indicates the battery's overall health and aging status. Traditional estimation methods, like Coulomb counting, may lack precision over time. Modern BMS solutions employ algorithms based on machine learning or Kalman filters to improve the accuracy of SOC and SOH estimation. By accurately tracking battery health, the BMS can adapt to changing battery conditions and suggest optimal usage patterns, thereby prolonging battery life.

Dynamic Power Management and Load Distribution.

For LiFePO₄ batteries in EV applications, optimizing power management is essential to handle sudden load changes effectively. A well-optimized BMS dynamically adjusts power output to balance performance demands with battery longevity. By distributing the load across cells and preventing rapid discharge cycles, the BMS can improve both efficiency and reliability, enabling the battery pack to deliver consistent power without experiencing rapid degradation.

Data Analytics and Predictive Maintenance.

Advanced BMS solutions utilize data analytics to monitor trends and predict potential failures. By analyzing operational data, the BMS can detect signs of wear or imbalance before they lead to cell failure, enabling preemptive maintenance. Predictive maintenance supported by machine learning algorithms can identify patterns in battery behavior and optimize performance based on real-time usage patterns. This proactive approach helps reduce downtime and extends the battery life by addressing issues before they impact reliability.

Benefits of BMS Optimization for LiFePO₄ Batteries

Extended Battery Lifespan: Effective BMS optimization minimizes stresses such as overvoltage, temperature extremes, and capacity imbalances, which are major causes of degradation in LiFePO₄ batteries. With enhanced cell balancing and thermal control, the BMS helps extend the usable lifespan of the battery pack.

Increased Energy Efficiency: By reducing energy losses during charge and discharge cycles and optimizing power output, a BMS can significantly improve the energy efficiency of LiFePO₄ batteries. This efficiency boost is particularly valuable in EVs and renewable energy storage, where every watt saved translates to extended range and better resource utilization.

Enhanced Safety and Reliability: A BMS ensures that each LiFePO₄ cell operates within safe parameters, reducing the risk of failures and enhancing system reliability. With precise SOC and SOH estimations, the BMS can detect and prevent issues like overcharging or deep discharging, which improves the overall safety and dependability of the battery pack.

Optimized Performance in Diverse Applications: Optimizing the BMS allows LiFePO₄ batteries to perform consistently in various conditions and applications, from the high demands of EVs to the steady requirements of grid storage systems. With predictive maintenance

capabilities, the BMS further supports long-term reliability, adapting performance based on environmental and usage factors.

CONCLUSION

Optimizing the BMS is a key approach to unlocking the full potential of lithium iron phosphate batteries. As LiFePO_4 batteries gain popularity for their safety and stability, a well-optimized BMS can improve their efficiency, reliability, and longevity. Through strategies such as advanced cell balancing, enhanced thermal management, precise SOC and SOH estimation, dynamic power management, and predictive maintenance, the BMS becomes an integral component of an eco-friendly and sustainable energy solution. In conclusion, investing in BMS optimization not only extends the life of LiFePO_4 batteries but also contributes to advancing energy efficiency in diverse applications, making it a crucial step toward a greener and more reliable energy future.

By focusing on the limitations of individual cells, we simplified the BMS design, which allowed us to achieve faster charging times, reduce energy losses, and minimize heat generation. Accounting for the battery's capacity constraints based on the weakest cell led to significant improvements. A single relay was used for both charging and discharging, further enhancing the system's reliability and simplifying its design. These enhancements were proven effective during an 18-month trial, where the system consistently provided power to household appliances, even during frequent and prolonged outages.

REFERENCE

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."; IEEE: Riga, Latvia, November 5: 1–6.
2. Purwasih, H.D.; Sidabutar, Y.F.; Suciati, H.; Fauzan, F. 2023. Modernization of "Transport" As Public Transportation to Reduce Personal Vehicle Ownership in the City of Tanjungpinang. JMKSP J. Manaj. Kepemimp. Dan Supervisi Pendidik. 8: 153–163.
3. Bogajevskiy, A.; Arhun, S.; Hnatov, A.; Dvadenko, V.; Kunicina, N.; Patlins, A. 2019. Selection of Methods for Modernizing the Regulator of the Rotation Frequency of Locomotive Diesels. In Proceedings of the 2019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON); IEEE: Riga, Latvia, October 7 2019.
4. Gritsuk, I.; Pohorletskyi, D.; Mateichyk, V.; Symonenko, R.; Tsiuman, M.; Volodarets, M.; Bulgakov, N.; Volkov, V.; Vychuzhanin, V.; Grytsuk, Y. 2020. Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems); SAE Technical Paper: 2020-01-2031.
5. Teichert, O.; Chang, F.; Ongel, A.; Lienkamp, M. 2019. Joint Optimization of Vehicle Battery Pack Capacity and Charging Infrastructure for Electrified Public Bus Systems. IEEE Trans. Transp. Electrification 5: 672–682.
6. 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. Latv. J. Phys. Tech. Sci., 57: 3–11, doi:10.2478/lpts-2020-0017.
7. 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. Przegląd Elektrotechniczny, 96: 47–50, doi:10.15199/48.2020.10.08.

8. Hnatov, A.; Arhun, S.; Dziubenko, O.; Ponikarovska, S. 2018. Choice of Electric Engines Connection Circuits in Electric Machine Unit of Electric Power Generation Device. *Majlesi J. Electr. Eng.*, 12: 85-93.
9. Hnatov, A.; Patlins, A.; Arhun, S.; Kunicina, N.; Hnatova, H.; Ulianets, O.; Romanovs, A. 202. Development of an Unified Energy-Efficient System for Urban Transport. In *Proceedings of the 2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon)*; IEEE: Gammarth, Tunisia, 2020: 248–253.
10. Patlins, A.; Hnatov, A.; Arhun, S. 2018. Using of Green Energy from Sustainable Pavement Plates for Lighting Bikeways.; Kaunas University of Technology: Lithuania, Trakai, 2018; 2018-Octob-3–5: 574–579.
11. Hnatov, A., Ribickis, L., Hnatova, H., Zabasta, A., Kunicins, K. Study of the Operation of the Energy Generating Platform on the Basis of a Multiplier with Spur Gears //2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon). – IEEE. – pp. 231-237.
12. 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. – C. 1-6.
13. Zabasta A., Peuteman J., Kunicina N., Kazymyr V., Hvesenya S., Hnatov A., Paliyeva T., Ribickis L. Research on Cross-Domain Study Curricula in Cyber-Physical Systems: A Case Study of Belarusian and Ukrainian Universities //Education Sciences. – 2020. – T. 10. – №. 10. – C. 282.
14. Hnatov, A., Arhun, S., Sokhin, P., & Ulianets, O. (2024). Research of the main electromagnetic parameters during the operation of an AC charging station for electric vehicles. *Automobile Transport*, (54), 42–50.
15. Гнатов А. В., Аргун І. В., Сохін П. А., & Ульянець О. А. (2024) Дослідження автономного джерела живлення для електромобілів та їх зарядної інфраструктури. *Вісник ХНАДУ*, (104), 130–139.
16. 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.
1. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master’s degree program under the Erasmus project Cybphys. *Automobile Transport*, (51), 85–95.

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ СХОДИНКИ, ЯК ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Гнатов А.В.¹, Сулейманов Д.В.¹, Beșliu Vitalie², Pînzaru Natalia², Ojegov Alexandr²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Alecu Russo Balti State University, Молдова

ВСТУП

Сучасний розвиток інфраструктури електротранспорту потребує нових джерел енергії для забезпечення зростаючих енергетичних потреб. Одним із інноваційних способів генерації електроенергії є використання енергогенеруючих сходинок. Ці системи перетворюють кінетичну енергію руху людей на електричну енергію, яка може використовуватися для живлення елементів інфраструктури електротранспорту, таких як зарядні станції, освітлення та інформаційні табло. Енергогенеруючі сходинки мають потенціал зробити інфраструктуру більш екологічною, знизити залежність від традиційних джерел електроенергії та сприяти сталому розвитку міської мобільності [1, 2].

Зростання популярності електротранспорту ставить перед містами завдання створення додаткових джерел енергії для підтримки зарядної інфраструктури. Використання енергогенеруючих технологій у місцях із високою пішохідною активністю, таких як транспортні вузли, залізничні станції, аеропорти та торговельні центри, дозволяє генерувати електроенергію без шкоди для навколишнього середовища. Такі рішення відповідають глобальним тенденціям щодо зниження викидів парникових газів і підвищення енергоефективності [1, 3, 4].

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ СХОДИНКИ, ЯК ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Принцип роботи енергогенеруючих сходинок

Енергогенеруючі сходинки базуються на п'єзoeлектричних елементах або механічних системах, які здатні конвертувати механічний тиск у електричну енергію. Під час кожного кроку пішохода виникає тиск на поверхню сходинки, який перетворюється в електричний сигнал. Зібрана енергія акумулюється в накопичувачах або передається для безпосереднього використання у міській інфраструктурі (рисунк 1). Кількість виробленої енергії залежить від інтенсивності пішохідного руху, конструкції системи та використовуваних матеріалів [5 - 13].



Рисунок 1 – Енергогенеруючі сходинки, як джерела електроенергії

Використання енергії для інфраструктури електротранспорту

Зарядні станції для електротранспорту: Зібрану енергію можна використовувати для живлення зарядних станцій для електричних скутерів, велосипедів або навіть

автомобілів. Це особливо ефективно у місцях із високою концентрацією пішоходів, де енергогенерація може покривати частину енергетичних потреб.

Освітлення та інфраструктура: Енергія від сходинок може використовуватися для живлення вуличного освітлення, інформаційних табло, Wi-Fi станцій та інших інфраструктурних елементів, що сприяє підвищенню комфорту і безпеки міської мобільності.

Інформаційні та навігаційні системи: Системи навігації та інформаційні табло, які надають інформацію про маршрути або станції зарядки, також можуть працювати на енергії від сходинок, що підвищує зручність користування електротранспортом.

Переваги енергогенеруючих сходинок

Екологічність та зменшення викидів: Використання кінетичної енергії дозволяє генерувати електроенергію без шкідливих викидів, зменшуючи залежність від викопного палива та сприяючи зниженню впливу на навколишнє середовище.

Енергоефективність: Енергогенеруючі сходинок не потребують постійного технічного обслуговування та мають високу тривалість експлуатації. Вони працюють автономно, забезпечуючи безперервний процес генерації енергії.

Інтеграція в міське середовище: Сходинок легко інтегруються в існуючу міську інфраструктуру і можуть бути встановлені у місцях, де висока пішохідна активність дозволяє максимально ефективно використовувати їх можливості для генерації енергії.

Економічна вигода: Завдяки автономній роботі та зниженню витрат на електроенергію, енергогенеруючі сходинок допомагають зекономити кошти для муніципальних бюджетів, що може бути важливо для міських програм сталого розвитку.

Виклики та обмеження

Висока вартість встановлення: Первинні витрати на встановлення та інтеграцію енергогенеруючих сходинок можуть бути досить високими, що вимагає залучення додаткових фінансових ресурсів.

Нерівномірність енергопотоків: Генерація енергії залежить від інтенсивності пішохідного руху, що означає можливі перебої у виробництві енергії у години низької активності.

Навантаження на матеріали: Інтенсивне використання сходинок призводить до швидкого зношування матеріалів, що може потребувати частішого обслуговування та заміни елементів.

Перспективи розвитку

З розвитком технологій, таких як більш ефективні п'єзоелектричні матеріали та акумуляторні системи, можна очікувати підвищення ефективності енергогенеруючих сходинок. Майбутні дослідження можуть сприяти збільшенню енергоефективності цих систем, що зробить їх більш привабливими для великих міст з інтенсивним пішохідним рухом. Удосконалення дизайну та матеріалів може також підвищити тривалість експлуатації та зменшити витрати на обслуговування.

ВИСНОВКИ

Енергогенеруючі сходинок є перспективною технологією для створення екологічно чистої енергії, яка може бути використана для підтримки інфраструктури електротранспорту. Завдяки здатності перетворювати кінетичну енергію на електричну, такі системи допомагають знизити навантаження на енергомережі та зменшити шкідливий вплив на довкілля. Впровадження енергогенеруючих сходинок у громадські місця сприяє сталому розвитку міст та підвищує їх енергоефективність, роблячи електротранспорт більш доступним та зручним для мешканців.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розробка системи енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів. Заключний: науково – дослідна робота / [А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Дзюбенко та ін.] – Харків : ХНАДУ, 12.2018. – № 0219U100696. – 144 с.
2. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Ульянец О. А. Енергозберігаючі технології на транспорті // Наукові нотатки. – 2016. – №. 55. – С. 80-86.
3. Гнатов А. В. Енергогенеруюча плитка як альтернативне малопотужне джерело електричної енергії / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Автомобильный транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вып. 40. – С. 167-172.
4. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / [А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова]. – Х.: ХНАДУ, 2016 – 292 с.
5. Мехатронні системи автомобіля. Частина 1. Силовий привід: підручник / Ю.М. Борошенко, А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун. – Харків: Мачулін, 2023. –300с.
6. Гнатов А. В. Вибір схеми технічного рішення енергогенеруючої сходинки / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Дзюбенко // Вісник ХНАДУ. – 2018. – № 81. – С. 29-38. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2018.81.0.29>.
7. Аргун Щ.В. Енергогенеруюча плитка з електромашинним вузлом на базі крокових двигунів / Щ.В.Аргун, А.В. Гнатов, О.А. Дзюбенко, С.В. Понікаровська // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – №. 14 (1339). – С. 20 – 25.
8. Пат. 121492 України, Н02К 7/00, Н02К 7/12, Н02К 35/00, Н02К 35/02, Н02N 2/18, Н01L 41/04. Електромеханічний спосіб перетворення кінетичної енергії в електричну з використанням мультиплікатора / Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Дзюбенко О. А.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А. В. – № u 2017 05466; заявл. 02.06.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23.
9. Пат. 121493 України, Н02К 35/00. Електромеханічний спосіб перетворення кінетичної енергії в електричну / Гнатов А. В., Аргун Щ. В.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А. В. – № u 2017 05467; заявл. 02.06.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23.
10. Аргун, Щ., Гнатов, А., & Сохін, П. (2024). Ефективність енергогенеруючих плиток з різними типами мультиплікаторів. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (25), 42–52. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2024.25.0.5>.
11. S. Arhun, A. Hnatov, O. Dziubenko, S. Ponikarovska. A Device for Converting Kinetic Energy of Press into Electric Power as a Means of Energy Saving. J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 36, No. 1, pp. 105-110. January 2019.
12. Гнатов А.В., Аргун Щ. В., Дзюбенко О.А. Понікоровська С.В. Вибір схеми підключення електродвигунів у електромашинному вузлі пристрою генерації електричної енергії. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2018. – № 13. – С. 13-21.
13. Hnatov, A., Arhun, S., Dziubenko, O., & Ponikarovska, S. (2018). Choice of Electric Engines Connection Circuits in Electric Machine Unit of Electric Power Generation Device. Majlesi Journal of Electrical Engineering, 12(4), 87-95.

ЗАРЯДНА СТАНЦІЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ L1, ЩО ОТРИМУЮТЬ ЕНЕРГІЮ ВІД СПЕЦІАЛЬНОГО ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ

Гнатов А.В.¹, Козлов О.В.¹, Ульянець О.А.¹, Тодор Тодоров², Любомир Богданов²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Софійський технічний університет, Болгарія

ВСТУП

На сьогодні, впровадження відновлюваних джерел енергії в міську інфраструктуру є одним з ключових напрямків сталого розвитку. В умовах зростання популярності електротранспорту, особливо електровелосипедів (транспортний засіб категорії L1), виникає потреба в пошуку нових рішень для їх екологічного і доступного заряджання. Одним з таких рішень є інтеграція фотоелектричних панелей у дорожнє покриття, що дозволить не лише виробляти електроенергію з сонячного світла, але й забезпечити зручне та безперервне живлення для електротранспорту на велодоріжках та спеціалізованих маршрутах [1-6].

Такі системи можуть значно зменшити залежність від традиційних джерел енергії, підвищити енергоефективність інфраструктури, що не аби як актуально у теперішніх умовах в Україні, та сприяти зниженню викидів парникових газів. Крім того, впровадження фотоелектричних панелей у дорожнє покриття сприятиме розвитку «зеленої» мобільності, покращить якість міського середовища та створить додаткові можливості для підтримки сталої енергетики. Така інновація відповідає сучасним глобальним цілям щодо боротьби зі зміною клімату, і її розвиток особливо актуальний у містах, де підвищений попит на електротранспорт і де важливо мінімізувати негативний вплив транспорту на довкілля.

Для живлення електричних транспортних засобів категорії L1 потрібна електрична енергія, отже, разом з розвитком даного виду транспорту потрібно розвивати і його зарядну інфраструктуру [7-12].

ЗАРЯДНА СТАНЦІЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ L1

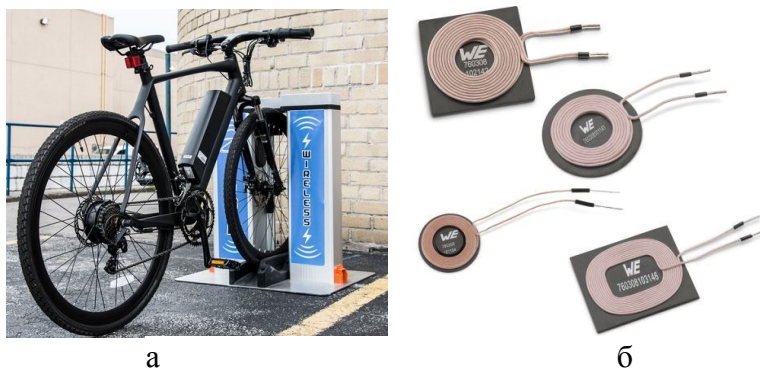
Для обміну електроенергією між електричним транспортним засобом категорії L1 та електрогенеруючим дорожнім покриттям пропонується використовувати електричні зарядні станції, (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема зарядної станції для транспортних засобів категорії L1

Акумуляторні батареї, що накопичують енергію від електрогенеруючого дорожнього покриття знаходяться у технологічному відсіку збоку доріжки. Для розвантаження загальної електричної мережі електрогенеруючого дорожнього покриття велодоріжки пропонується встановлювати подібні пункти заряду (обміну електроенергією між електричного транспортного засобу категорії $L1$ з електрогенеруючим дорожнім покриттям) через кожні 5 км (~3 милі). Це дасть змогу зменшити ємність акумуляторних батарей АКБ) на транспортних засобах категорії $L1$ (електровелосипеди), а отже, здешевити їх та зменшити їх вагу. Бо не має потреби комплектувати електровелосипеди АКБ великої ємності з запасом автономного ходу на від 62 км до 161 км. Достатньо буде ємності АКБ на до 50 км автономного ходу. Після розряду АКБ його можна підключити до зарядної станції (дивись рисунок 1).

При побудові бездротових зарядних станцій, (дивись рисунок 2, а), потрібно лише поставити транспортний засіб категорії L_1 в спеціальне місто на станції і заряд почнеться автоматично. Для побудови подібних зарядних станцій потрібно, щоб, щоб пристрій що передає електроенергію та пристрій, що її приймає були обладнанні спеціальними індукційними котушками рисунок 2, б.



а – зовнішній вигляд зарядної станції; б – індукційні котушки для бездротової передачі енергії

Рисунок 2 – Бездротова зарядна станція для електричних транспортних засобів категорії $L1$

Вибір одного з двох запропонованих варіантів залежить від початкових інвестицій (індукційна технологія дорожча, десь на 10 % - 30 %, в залежності від обладнання і його потужності) та наявних умов щодо потужності електричних мереж та визначених умов комфорту і простоти використання електричних для електричних транспортних засобів категорії $L1$ та їх інфраструктури [13-15].

Для того щоб розібратися і обґрунтувати відстань між подібними зарядними станціями, потрібно дослідити такі параметри, як швидкість і дальність пробігу транспортних засобів категорії $L1$ на одній зарядці та конструкційними особливостями тягових електричних двигунів.

ВИСНОВКИ

Запропоновано концептуальне рішення дорожнього покриття для побудови велодоріжок, що складається з багатофункціональних панелей. З урахуванням виявлених недоліків розглянутих аналогів, розширено функціонал дорожньої панелі.

Досліджено процес заряду електричного транспортного засобу категорії $L1$ з електрогенеруючим дорожнім покриттям. Запропоновано два варіанти побудови зарядних станцій для електричних транспортних засобів категорії $L1$: контактну та бездротову (індукційну).

Проведено розрахунок генерації електроенергії багатофункціональними панелями дорожнього покриття для велодоріжок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розробка системи енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів. Заключний: науково – дослідна робота / [А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Дзюбенко та ін.] – Харків : ХНАДУ, 12.2018. – № 0219U100696. – 144 с.
2. Гнатов А. В. Сонячна енергія – основні види та типи сонячних електростанцій / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, В.О. Череватий, О. А. Ульянець // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 12. – С. 12-21.
3. Гнатов А. В., Аргун Щ. В. Гнатова Г. А, Тарасов К. С. Сонячна зарядна електростанція – комплекс для проведення лабораторних та практичних занять // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Х.: ХНАДУ. – 2020. – Вип. 17. – С. 19-26.
4. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Ульянець О. А. Енергозберігаючі технології на транспорті //Наукові нотатки. – 2016. – №. 55. – С. 80-86.
5. Гнатов А. В. Енергогенеруюча плитка як альтернативне малопотужне джерело електричної енергії / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Автомобільний транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вип. 40. – С. 167-172.
6. Hnatov, A., Arhun, S., Dziubenko, O., & Ponikarovska, S. (2018). Choice of Electric Engines Connection Circuits in Electric Machine Unit of Electric Power Generation Device. *Majlesi Journal of Electrical Engineering*, 12(4), 87-95.
7. Гнатов А. В. Сучасні дороги та дороги майбутнього, їх види та перспективи використання / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О.Р. Киценко // Вісник ХНАДУ. – 2017. – № 76. – С. 66–73.
8. Пат. 110810 Україна, МКИ E01C 5/00, E01C 17/00, H01L 31/00. Спосіб перетворення сонячної та кінетичної енергії в електричну за допомогою дорожнього покриття / Гнатов Андрій Вікторович, Аргун Щасяна Валіковна, Гнатова Ганна Андріївна, Киценко Олег Русланович ; власники : Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, Гнатов Андрій Вікторович, Аргун Щасяна Валіковна. - N u 2016 03337 ; заявл. 31.03.2016 ; опубл. 25.10.2016, Бюл. N 20. - 2 с.
9. Аргун Щ. В. Енергозберігаючі технології на основі п'єзоелектричного ефекту для автомобільної техніки / Щ. В. Аргун // Автомобіль та електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 11. – 13-19.
10. Гнатов А. В. Властивості та способи застосування п'єзоелектричних елементів, як генераторів електроенергії / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Автомобільний транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вип. 41. – С. 178–187.
11. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
12. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Дзюбенко О. А., Тарасова В. В., Левенець А. О., Пілявець О. О. Енергозбереження в системах електропостачання. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання.– Х.: ХНАДУ, 2018. – № 13. – С. 80-89.
13. Гнатов А. В. Спосіб виконання дорожньої розмітки та автоматичного керування рухом автотранспортних засобів. / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, Г. А. Гнатова // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ. – 2018. – Вип. 43. – С. 106-110. DOI: 10.30977/AT.2219-8342.2018.43.0.106.
14. Zabasta A., Peuteman J., Kunicina N., Kazymyr V., Hvesenya S., Hnatov A., Paliyeva T., Ribickis L. Research on Cross-Domain Study Curricula in Cyber-Physical Systems: A Case Study of Belarusian and Ukrainian Universities // *Education Sciences*. – 2020. – Т. 10. – №. 10. – С. 282. <https://doi.org/10.3390/educsci10100282>.
15. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master's degree program under the Erasmus project Cybphys. *Automobile Transport*, (51), 85–95. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.09>.

ВІДНОВЛЕННЯ ПІСЛЯВОЄННОЇ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Аргун Щ.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Україна зіштовхнулася з масштабними руйнуваннями інфраструктури через війну, яка триває. Відновлення дорожньої мережі стає важливим етапом післявоєнного відбудування країни. На кінець 2023 року за оцінками Мінінфраструктури України, зруйновано понад 24000 км доріг та 310 мостів [1]. Ці цифри відображають глибокі наслідки бойових дій для транспортної мережі країни, і підкреслюють нагальну потребу у відновленні та модернізації критичної інфраструктури.

Відновлення дорожньої інфраструктури України після війни – завдання величезної складності та масштабу, що потребує як значних фінансових ресурсів, так і детального планування. Першочерговим викликом є точне оцінювання обсягів пошкоджень. На основі попередніх підрахунків, вартість повного відновлення пошкоджених доріг та мостів може досягти близько \$30 млрд. Точне планування витрат і стратегічне залучення ресурсів залишаються ключовими для реалізації цієї масштабної відбудови.

Щоб ефективно розподілити ресурси, необхідно провести ґрунтовний аудит усіх пошкоджень із застосуванням геоінформаційних систем (GIS), які допоможуть створити детальні карти руйнувань. Це дозволить пріоритетно визначити найкритичніші ділянки та планувати роботи, враховуючи потреби регіонів та логістику. Однак масштаби руйнувань виходять за рамки наявних у країні ресурсів. Україна потребує приблизно \$60 млрд для відновлення всієї інфраструктури, з яких половина буде спрямована саме на дорожнє будівництво [2]. Хоча іноземні партнери, зокрема Європейський Союз, США та Світовий банк, вже висловили готовність надати значну фінансову допомогу, цього, найімовірніше, буде недостатньо. Як показано в таблиці 1, основними джерелами фінансування можуть стати міжнародні донори, державні інвестиції та приватний сектор, що дозволить суттєво наблизитися до необхідного обсягу коштів.

Таблиця 1 – Основні джерела та потенційні обсяги фінансування відновлення дорожньої інфраструктури

Джерело фінансування	Очікуваний внесок (\$ млрд)
Європейський Союз	20
США	15
Світовий банк	10
Приватні інвестиції	8
Інші міжнародні організації та донори	7

Можливості та перспективи відновлення дорожньої інфраструктури

Процес відбудови дорожньої інфраструктури в Україні створює унікальні можливості для поліпшення економічного та соціального клімату в країні. Залучення новітніх технологій, інтеграція у світову транспортну мережу та стимулювання зайнятості є лише частиною позитивних аспектів цього масштабного проекту. Нижче наведено основні можливості та їхній потенціал для довгострокового розвитку України.

1. Інтеграція в міжнародні транспортні коридори:

- інтеграція з мережею Trans-European Transport Network (TEN-T);
- підвищення стратегічного значення України в Європі;
- спрощення доступу українського бізнесу до європейських ринків.

Оновлення та реконструкція доріг дозволяє Україні інтегруватися в міжнародні транспортні коридори, такі як Trans-European Transport Network (TEN-T) [3]. Це значно посилить економічні зв'язки з Європейським Союзом і полегшить рух товарів та людей.

Для України це означає не лише покращення внутрішніх транспортних умов, але й доступ до європейських ринків для бізнесу, що створить нові економічні можливості для малого та середнього підприємництва. Інтеграція також підвищить стратегічне значення України як логістичного хабу для торгівлі між Європою та Азією, залучаючи додаткові інвестиції.

2. Впровадження новітніх технологій [4-8]:

- використання асфальтобетону з полімерними домішками;
- застосування фотокаталітичних матеріалів для зменшення забруднення;
- встановлення датчиків моніторингу стану покриття;
- впровадження розумного освітлення для енергозбереження.

Реконструкція інфраструктури надає Україні унікальну можливість впроваджувати новітні технології. Наприклад, використання асфальтобетону з полімерними домішками підвищить довговічність дорожнього покриття та його стійкість до температурних коливань. Фотокаталітичні матеріали здатні знижувати рівень забруднення, що покращить екологічну ситуацію на жвавих автомагістралях. Датчики моніторингу дозволять вчасно виявляти пошкодження дорожнього покриття, що зменшить витрати на його ремонт і продовжить термін експлуатації. Також «розумне» освітлення, яке регулюється автоматично, забезпечить енергозбереження та підвищить рівень безпеки на дорогах.

3. Створення робочих місць, рисунок 1:

- створення нових робочих місць для будівельників та технічних спеціалістів;
- залучення фахівців у сфері інноваційних технологій та екологічної інженерії;
- підтримка економічного зростання в постраждалих регіонах.

Відновлення інфраструктури сприяє створенню значної кількості нових робочих місць, що особливо важливо для економічно постраждалих регіонів. В рамках відбудови будуть залучені не лише будівельники, але й спеціалісти з проєктування, архітектури, інформаційних технологій, а також інженери у сфері екології та стійкості. Масштабні проєкти інфраструктурного відновлення допоможуть знизити рівень безробіття та сприятимуть зростанню економіки.

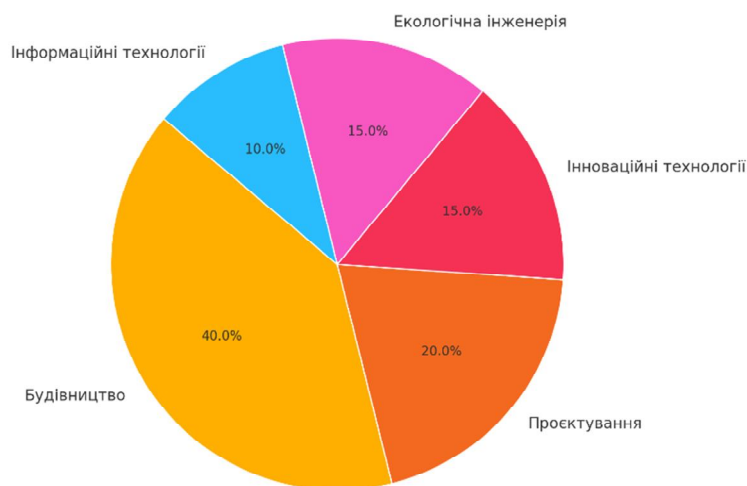


Рисунок 1 – Розподіл створення робочих місць у проєктах відновлення інфраструктури

На рисунку 1 представлено кругову діаграму, яка ілюструє розподіл зайнятості у проєктах відновлення інфраструктури за різними секторами: будівництво, проєктування, інноваційні технології, екологічна інженерія та інформаційні технології. Такий графік підкреслює соціально-економічний вплив, показуючи, як відновлення інфраструктури сприяє створенню робочих місць і підтримці економіки.

ВИСНОВКИ

Відновлення дорожньої інфраструктури України після війни є масштабним завданням, яке потребує значних ресурсів та планування. Це відкриває можливості для інтеграції в європейську транспортну мережу TEN-T, створюючи нові економічні перспективи для країни. Застосування сучасних технологій і стандартів (Єврокодів) підвищить якість і довговічність інфраструктури.

Відновлювальні проєкти створять робочі місця, сприяючи зайнятості, особливо в постраждалих регіонах. Міжнародна підтримка та ініціативи, як bridgeUkraine, допоможуть Україні побудувати транспортну систему, що відповідає сучасним стандартам, сприяючи економічному розвитку й інтеграції з Європою.

ЛІТЕРАТУРА

1. У Міністерстві інфраструктури розповіли, скільки через війну в Україні зруйновано доріг та мостів – Delo.ua. (2022, June 18). <https://delo.ua/uk/economy/u-ministerstvi-infrastrukturi-rozpovili-skilki-cerez-viinu-v-ukrayini-zruinovano-dorig-ta-mostiv-399863>.
2. BrandVoice, F. (2024, October 29). Виклики та стійкість: Як війна трансформувала дорожнє будівництво в Україні. Юрій Шумахер, RDS про стратегії компанії та ключові проєкти – Forbes.ua. <https://forbes.ua/leadership/vikliki-ta-stiykist-yak-viyna-transformovala-dorozhne-budivnitstvo-v-ukraini-yuriy-shumakher-rds-pro-strategii-kompanii-ta-klyuchovi-proekti-29102024-24354>.
3. Trans-European Transport Network (TEN-T) – European Commission. (n.d.). Retrieved November 4, 2024, from https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en.
4. Arhun, S., Hnatov, A., Mygal, V., Khodyriev, S., Popova, A., & Hnatova, H. (2020). An Integrated System of Alternative Sources of Electricity Generation for Charging Urban Electric Buses. 619-624. <https://doi.org/10.1109/ELNANO50318.2020.9088911>.
5. Paulus, A., Arhun, S., Hnatov, A., Dziubenko, O., & Ponikarovska, S. (2018). Determination of the best load parameters for productive operation of PV panels of series FS-100M and FS-110P for sustainable energy efficient road pavement. <https://doi.org/10.1109/RTUCON.2018.8659829>.
6. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S. C., Bogdan, D., & Dzyubenko, O. (2019). Development of an energy generating platform for converting kinetic energy into electrical energy using the kinematic synthesis of a three-stage multiplier. Transport Means 2019: Proceedings of the 23rd International Scientific Conference, 2019-Octob, 403–408.
7. Hnatov, A., Patlins, A., Arhun, S., Kunicina, N., Hnatova, H., Ulianets, O., & Romanovs, A. (2020). Development of an unified energy-efficient system for urban transport. 2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon), 248–253. <https://doi.org/10.1109/ENERGYCon48941.2020.9236606>.
8. Hnatov, A., Arhun, S., & Ponikarovska, S. (2017). Energy saving technologies for urban bus transport. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 14(4), 4649–4664. <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.

ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В УКРАЇНІ

Гнатов А.В., Сохін П.А., Ульянець О.А., Верховодов І.А.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

ВСТУП

Зростаюча популярність електромобілів в Україні вимагає розвитку інфраструктури зарядних станцій, що здатні забезпечити швидке і зручне заряджання автомобілів. Одним з ключових факторів, що впливають на розповсюдження електротранспорту, є наявність потужних зарядних станцій постійного струму (DC) високої напруги до 800 В, які дозволяють скоротити час заряджання до 15-30 хв. Це особливо важливо для великих міст та міжміських маршрутів, де швидкість заряджання визначає зручність використання електромобіля. У даній роботі розглянуто переваги, технічні особливості та виклики впровадження таких станцій в Україні [1-9].

Основна мета впровадження потужних зарядних станцій постійного струму напругою до 800 В - забезпечити швидке заряджання електромобілів і скоротити час перебування на зарядці. Це сприяє популяризації електротранспорту, зменшенню викидів парникових газів і забруднення повітря, а також знижує залежність від викопних видів палива. Високовольтні станції також можуть обслуговувати нові моделі електромобілів, які підтримують технологію швидкої зарядки на напрузі до 800 В, що відповідає сучасним вимогам виробників електротранспорту [10-12].

Технічні особливості зарядних станцій напругою до 800 В

1. Потужність та швидкість заряджання: Такі станції можуть досягати потужності від 150 кВт до 350 кВт, що значно скорочує час заряджання, дозволяючи електромобілям долати сотні кілометрів після короткої зупинки.
2. Здатність підтримувати різні стандарти: Більшість станцій обладнані роз'ємами CCS (Combined Charging System), що дозволяє заряджати більшість сучасних електромобілів.
3. Інтелектуальні системи управління: Високовольтні станції обладнані системами контролю температури і потужності для запобігання перегріву батарей та підтримання стабільного енергоспоживання.
4. Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії: Багато з таких станцій можуть використовувати енергію з відновлюваних джерел, таких як сонячні або вітрові електростанції, що робить їх екологічнішими.

Переваги впровадження високовольтних зарядних станцій в Україні

1. Зменшення часу заряджання: Потужні зарядні станції дозволяють скоротити час зарядки електромобіля, що особливо зручно для водіїв на далеких маршрутах та в умовах міського трафіку [13-16].
2. Підвищення інтересу до електромобілів: Швидка зарядка робить електромобілі привабливішими для користувачів, що підвищує інтерес до переходу на екологічний транспорт.
3. Стимулювання економіки: Впровадження зарядних станцій сприяє розвитку ринку електротранспорту та створює нові робочі місця в галузі обслуговування інфраструктури.
4. Екологічна безпека: Зменшення кількості автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння сприяє поліпшенню екологічної ситуації та якості повітря в містах.

Виклики впровадження високовольтних зарядних станцій

1. Високі початкові витрати: Встановлення зарядних станцій з потужністю до 800 В потребує значних інвестицій як на інфраструктурні, так і на електроенергетичні витрати.
2. Навантаження на електричні мережі: Високовольтні станції створюють значне навантаження на електричні мережі, що може вимагати модернізації електромереж та використання додаткових джерел енергії.
3. Відсутність регуляторних стандартів: Для ефективного розвитку мережі потужних зарядних станцій необхідно розробити стандарти, що визначають технічні вимоги, місця розташування та безпеку експлуатації таких станцій.
4. Питання безпеки та охорони праці: Високовольтні станції потребують спеціальних умов для забезпечення безпеки під час заряджання, а також висококваліфікованого персоналу для обслуговування.

Перспективи розвитку зарядної інфраструктури в Україні

Впровадження потужних зарядних станцій напругою до 800 В в Україні є перспективним кроком для інтеграції електромобілів у повсякденне життя. Розробка та впровадження відповідної інфраструктури можуть бути реалізовані завдяки державним програмам підтримки, співпраці з міжнародними організаціями та залученню приватних інвесторів. Особливо перспективним є встановлення зарядних станцій на основних автомагістралях, у великих містах та біля транспортних вузлів, що дозволить створити мережу, здатну задовольнити потреби користувачів електромобілів по всій території України.

ВИСНОВКИ

Впровадження високовольтних зарядних станцій постійного струму напругою до 800 В є стратегічно важливим для розвитку електротранспорту в Україні. Це сприятиме популяризації екологічно чистого транспорту, покращенню екологічної ситуації та зменшенню залежності від викопних видів палива. Вирішення технічних і регуляторних викликів, а також розвиток партнерств із міжнародними організаціями допоможе створити ефективну інфраструктуру зарядки, що відповідатиме сучасним стандартам та задовольнить потреби користувачів у швидкісному заряджанні електромобілів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hnatov, A., Arhun, S., Sokhin, P., & Ulianets, O. (2024). Research of the main electromagnetic parameters during the operation of an AC charging station for electric vehicles. *Automobile Transport*, (54), 42–50. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2024.54.0.05>.
2. *Cyber-Physical Systems for Clean Transportation: підручник* / [Nadezhda Kunicina, Anatolijs Zabasta, Jelena Pečerska, Andrej Romanov, Andrii Hnatov, Arhun Shchasiana Dziubenko Oleksandr, Kateryna Danylenko, Joan Peuteman, Natalia Morkun, Iryna Zavsiehdashnia, Vladimir Sistuk, Yurii Monastyrskyi, Sergey Ruban, Vitaliy Tron]. – Riga: RTU, 2021 – 370 p.
3. 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.
4. Гнатів А. В., Аргун І. В., Сохін П. А., & Ульянець О. А. (2024) Дослідження автономного джерела живлення для електромобілів та їх зарядної інфраструктури. *Вісник ХНАДУ*, (104), 130–139. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.130.
5. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master's degree program under the Erasmus project Cybphys. *Automobile Transport*, (51), 85–95. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.09>.
6. Гнатів А. В., Аргун І. 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>.

7. Hnatov A.V., Arhun S.V., Hnatova H.A., Sokhin P.A. Technical and economic calculation of a solar-powered charging station for electric vehicles. *Автомобільний транспорт*, Вип. 49, 2021, С. 71-78. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2019-8342.2021.49.0.05>.
8. Гнатов А. В., Аргун Щ. В. Гнатова Г. А, Тарасов К. С. Сонячна зарядна електростанція – комплекс для проведення лабораторних та практичних занять // *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. – Х.: ХНАДУ. – 2020. – Вип. 17. – С. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2226-9266.2020.17.0.19>.
9. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 2017. – №14(4). – Р. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
10. Гнатов А. В. Визначення оптимальних параметрів навантаження для ефективної роботи кремнієвих сонячних батарей / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О.А. Дзюбенко // - *Харків : Вісник ХНАДУ*. – 2018. – № 80. – С. 53–58.
11. Гнатов А. В. Аналіз схем сонячних електростанцій на фотоелектричних модулях для зарядних станцій електромобілів / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // *Автомобільний транспорт*. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вип. 41. – С. 163-169.
12. Гнатов А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 2 / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // - *Харків : Вісник ХНАДУ*. – 2017. – № 78. – С. 116–124.
13. Гнатов, А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 1 / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. - *Харьков : ХНАДУ*, 2017. – №. 77. – С. 68–74.
14. 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.
15. Гнатов А. В. Електробус на суперконденсаторах для міських перевезень / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О.В. Бикова, О.В. Підгора // *Вісник ХНАДУ*. – 2016. – № 72. – С. 29–34.
16. Аргун Щ.В. Екологічний та енергоефективний атомобільний транспорті його інфраструктура / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Ульянець // *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. – 2016. – № (77) 2. – С. 18–27.

ПОРІВНЯННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІЗНИХ ТИПІВ ЛІНІЙНИХ ІЗОЛЯТОРІВ

Рикун В.Г., Камишинський О.М., Васильєв М.С.

Інститут цивільної авіації Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, Україна

На початку ХХІ століття на повітряних лініях електропередач України широко використовувались скляні та фарфорові ізолятори, а кількість полімерних ізоляторів була досить незначною. Але в останні роки застосування полімерних ізоляторів на повітряних лініях електропередавання значно зросло і набирає значних обсягів. Це пояснюється швидким розвитком промисловості, створенням нових технологій виробництва та науковими дослідженнями, що проводиться з метою вдосконалення характеристик полімерних ізоляторів [1,2].

Метою роботи є аналіз переваг та недоліків полімерних ізоляторів і виявлення доцільності їх використання на повітряних лініях електропередавання.

Найбільш поширеними ізоляторами є фарфорові та скляні, до того ж ізоляторів із загартованого скла в сучасних умовах виготовляється більше, ніж фарфорових. Це пояснюється тим, що ізолятори з загартованого скла мають ряд переваг по відношенню до фарфорових: технологічний процес їх виготовлення може бути повністю автоматизованим та механізованим; прозорість скла дозволяє легко виявити при зовнішньому огляді незначні дефекти; застосування скляних ізоляторів дозволяє відмовитися від проведення в процесі експлуатації періодичних профілактичних випробувань гірлянд під напругою, тому що кожне пошкодження загартованого скла призводить до руйнування ізолюючої тарілки, це у свою чергу можна легко виявити при систематичних оглядах.

Найбільшу механічну міцність мають полімерні (склопластикові) ізолятори, що робить їх застосування достатньо перспективним. До переваг полімерних ізоляторів можна віднести – високу стійкість до атмосферних забруднень, гідрофобність, зручність монтажу, високу стійкість до перенапруг, високу вандалостійкість, а також меншу вагу в порівнянні зі скляними та фарфоровими ізоляторами.

Однак полімерні ізолятори мають істотний недолік – технологія їх виготовлення ще недостатньо стандартизована та відсутня загальноприйнята система виробництва. Крім того, відсутній матеріал, який у достатній мірі задовільнив би всі вимоги до цього матеріалу. Також відсутній досвід тривалої експлуатації цього виду ізолятора.

Іншою і досить суттєвою проблемою, що стосується полімерної ізоляції, виявились колонії грибів. Мікологічна експертиза виявила три різновиди мікроскопічних грибів. Дані мікроорганізми спочатку розвиваються на поверхні матеріалу, в процесі життєдіяльності гриби виділяють органічні кислоти, що веде до інтенсифікації процесу руйнації матеріалів і проникненню грибів всередину поверхні [2].

Ще однією істотною проблемою являється фактор старіння. Можливими причинами цього явища можуть бути:

- вплив сонячної радіації;
- руйнація склопластика і контактних зон тривало існуючими частковими розрядами;
- багаторазові температурні коливання в поєднанні із значним механічним навантаженням;
- механічна руйнація тіла ізолятора в результаті виникнення мікротріщин (особливо в поєднанні з кислотним середовищем та електричним полем) [3].

Також на сьогоднішній день нема рішення стосовно конструкції опорних стержневих полімерних ізоляторів, а саме використання склопластикового стержня чи труби.

Стержень має пружну і залишкову деформацію при дії механічних навантажень, що призводить до порушення геометрії і функціонування обладнання [2].

Аналіз та зроблені висновки закордонних фахівців свідчать про те, що до широкого використання полімерних ізоляторів слід ставитись достатньо обережно. У багатьох спеціалістів найбільш актуальним питанням є довготривалість експлуатації полімерного ізолятора.

Сьогодні в країнах Євросоюзу здійснюються дослідження в цьому напрямку. З цих дослідів стало зрозумілим те, що довготривалість експлуатації напряму пов'язана зі ступенем забрудненості поверхні ізоляторів, тобто, для продовження терміну експлуатації необхідно очищувати поверхню ізоляторів. Очищення ізоляторів здійснюється різними засобами, наприклад, застосовують мийку під високим тиском суцільнолитих та модульних полімерних ізоляторів. Крім того, велика частина конструкції полімерних ізоляторів дозволяє застосовувати періодичне сухе очищення (матеріалом для очистки може бути звичайна дроблена кукурудза). У випадку сильного забруднення поверхні захисної оболонки ізолятора можна застосувати м'яку щітку та воду.

Однією з переваг полімерних ізоляторів є надійність та зручність при транспортуванні. Але й тут є свої особливості. Деякі з них: тривале знаходження ребер у деформованому стані може привести до втрати ізолятором геометричної конфігурації, проникнення на захисну оболонку ізолятора агресивних та забруднюючих речовин, які не характерні для експлуатаційних забруднень, можуть призвести до часткової або повної втрати експлуатаційних якостей, механічні впливи на захисну оболонку можуть стати причиною її розгерметизації або пошкоджень, а також руйнування стрижня ізолятора.

Тому необхідно використовувати спеціальну тару, яка б виключала вплив агресивних речовин, а також забруднення і пошкодження складових елементів ізоляторів.

З досвіду експлуатації та лабораторних випробувань полімерних ізоляторів, демонтованих після різної тривалості експлуатації, зроблені наступні висновки:

- ізолятори зберігають високі значення питомого поверхневого опору, показники в 3 – 4 рази вищі, ніж у скляних ізоляторів в однакових умовах;
- вологорозрядні напруги ізоляторів, що були в експлуатації від 5 до 12 років, майже вдвічі вищі, ніж у гірлянд скляних ізоляторів, з тією ж довжиною шляху витоку, що експлуатувалися в тих же умовах;
- полімерні ізолятори зберігають високу електричну міцність при впливі грозових і комутаційних перенапруг;
- механічна міцність полімерних ізоляторів перевищує нормовану величину;
- напруги запалювання корони на кінцівках і захисних екранах перевищує робочу напругу ПЛ.

Також до основних переваг полімерних ізоляторів можна віднести більш низький у порівнянні з аналогами рівень радіоперешкод, менша вага, ніж у фарфорових та скляних, гідрофобність оболонки та зручність транспортування і простий монтаж.

Однією з проблем застосування полімерних ізоляторів є явище «ламкого зламу» стрижня ізолятора. «Ламкий злам» – явище, при якому відбувається хімічна реакція між склопластиком та активними хімічними речовинами, особливо з кислотними розчинами. Ламке руйнування відбувається при обміні іонами скляної ґратки з іонами кислот у поєднанні з дією механічного навантаження.

Слід відзначити й те, що активні речовини в різній концентрації завжди присутні в повітрі. Ці речовини активно вступають у реакцію при звичайному атмосферному впливі. Так, наприклад, внаслідок проходження електричних розрядів у зволоженому повітрі (струми витоку), створюється азотна кислота, яка вступає у реакцію з іонами скляної ґратки полімерного ізолятора.

При введенні в експлуатацію полімерних ізоляторів відмічалися випадки перекриття цих ізоляторів. Тому рекомендується здійснювати випробування полімерних ізоляторів перед введенням в експлуатацію напругою у 1,5 рази більшою за експлуатаційну напругу [3.4].

В умовах підштовхування виробниками полімерних ізоляторів до більш масового

використання їх продукції, у споживачів склалося хибне уявлення про полімерні ізолятори, що начебто полімерний ізолятор є універсальним та область його використання є необмеженою, а керамічні та скляні ізолятори є застарілими і вже не відповідають сучасним вимогам. У зв'язку з цим необхідно зазначити, що відмова від керамічних та скляних ізоляторів, експлуатація яких здійснюється десятиліттями, може призвести до тяжких наслідків.

Таким чином полімерні ізолятори так само, як і фарфорові, мають ряд недоліків. При цьому позитивних ознак є все-таки більше у керамічних ізоляторів.

Порівнюючи полімерні ізолятори зі скляними та керамічними ізоляторами у відношенні знаходження в експлуатації, можна зробити наступні висновки:

- полімерні ізолятори використовуються в основному в електроустановках класів напруг не вище 35 та 110 кВ (90 %), а скляні – на всі класи напруг;
- кількість скляних ізоляторів, що експлуатуються, набагато більша у порівнянні з полімерними, а це зумовлює й більшу кількість відмов. Тому створюється уява про підвищену аварійність скляних ізоляторів;
- досвід експлуатації полімерних ізоляторів набагато менший у порівнянні зі скляними та керамічними ізоляторами, тому впевнено говорити про їх експлуатаційні переваги неможливо.

На підставі вище наведеного, можна сказати, що в сучасних умовах та в близькій перспективі полімерні, керамічні та скляні ізолятори будуть застосовуватися паралельно, враховуючи їх переваги та недоліки.

ВИСНОВКИ

Полімерні ізолятори мають ряд переваг у порівнянні зі скляними та фарфоровими ізоляторами. Але існують і проблеми, наведені вище, що виникають під час експлуатації, які суттєво впливають на надійність полімерних ізоляторів.

Також потрібно відмітити, що на сьогодні відсутні достовірні методи діагностики полімерних ізоляторів. Тепловізійний та ультрафіолетовий методи перевірки можуть визначити тільки ізолятори, що вже вийшли з ладу. Жодний із існуючих методів контролю не дозволяє прогнозувати робочий ресурс полімерних ізоляторів і, як наслідок, планувати ремонтні роботи.

На даний момент широке застосування полімерних ізоляторів на повітряних лініях електропередавання не є доцільним, адже виникає питання про їх надійність і ефективність. Але разом з тим, подальше вдосконалення і модернізація полімерних ізоляторів зможе створити кращий варіант ізолятора для повітряних ліній електропередавання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Високовольтні вводи. Конструкція, експлуатація, діагностика і ремонт : монографія / О. Є. Рубаненко, О. І. Гуменюк ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2011. - 182 с.
2. A methodology to design an overhead line (2024). Soukayna Jermouni, Álvaro Benito Oliva, Ignacio Álvarez Iberlucea, Meyer Montagner Murcian, Félix Pérez Cicala, Álvaro Pajares Barroso. – Rated Power / Updating Tngeneering – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://go.ratedpower.com/hubfs/CS-Knowledge%20Base/Methodologies/Overhead%20Line%20Methodology.pdf>.
3. Аналіз впливу ступеня забрудненості ізоляторів на надійність функціонування електричних мереж / О. Ю. Єгорова, Д.О. Рабокоровка // Системи упр., навігації та зв'язку. – 2011. – Вип. 2. – С. 98 – 101.
4. Підвищення ефективності експлуатації високовольтних вводів за рахунок зниження технічних ризиків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.02 / Загайнова О.А.; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". - Харків, 2021. - 24 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ

Рикун В.Г., Камишинський О.М., Гризодуб П.В.
Інститут цивільної авіації Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, Україна

ВСТУП

На початку електрифікації тягові підстанції комплектувалися баковими масляними вимикачами високої напруги, де масло служило ізоляційним та дугогасильним середовищем. З розвитком комутаційної техніки ці вимикачі замінювалися на маломасляні, де масло служить тільки дугогасильним середовищем.

В сучасних умовах масляні вимикачі, не рекомендується застосовувати в РУ-110(220) кВ. При реконструкції та новому будівництві рекомендується застосовувати елегазові та вакуумні вимикачі. При цьому через невеликий номінальний струм та струм вимикання у вакуумних вимикачів їх рекомендовано встановлювати в РУ-10-35кВ.

Метою роботи є аналіз переваг та недоліків елегазових вимикачів, виявлення доцільності їх використання в пристроях електропостачання залізниць.

Принцип роботи елегазових вимикачів заснований на гасінні електричної дуги потоком елегазу або газової суміші, який створюється за рахунок перепаду тиску, що створюється автогенерацією, тобто тепловою енергією дуги та поршневим пристроєм в дугогасильній камері [1].

Елегаз (SF_6 – шестифториста сірка) являє собою інертний газ, щільність якого перевищує у 5 разів щільність повітря. Електрична міцність елегазу у 2 – 3 рази перевищує міцність повітря. При тиску 0,4 МПа його електрична міцність перевищує міцність трансформаторного масла. При атмосферному тиску у елегазі дуга може бути ліквідована зі струмом, який у 100 разів перевищує струм, що вимикається у повітрі при тих же умовах.

Елегаз є «електронегативним» газом. Його молекули мають властивість захоплювати електрони. При цьому створюються малорухомі важкі негативні іони, які з малою швидкістю пересуваються в електричному полі. Така властивість елегазу пояснюється його хімічними властивостями. Втрата електронів робить дугу нестійкою і вона легко погасає. У струменю елегазу, тобто при газовому дутті, поглинання електронів з дугового стовбура здійснюється ще більш інтенсивно. Висока діелектрична міцність елегазу забезпечує необхідний ступінь ізоляції при мінімальних відстанях.

В елегазових вимикачах застосовують автопневматичні дугогасні пристрої, у яких газ в процесі відключення стискається поршневим пристроєм та прямує до зони дуги. Елегаз досить дорогий, тому гасіння дуги у його струмені з вихлопом в атмосферу нерентабельне. Елегазовий вимикач є замкнутою системою без викиду газу назовні.

Принципова схема дугогасного автокомпресійного пристрою елегазового вимикача наведено на рисунку 1.

При відключенні циліндр 3 разом з контактом 2 переміщається в корпусі 5 вниз, утворюючи розрив між рухомим 2 та нерухомим 1 контактами, в результаті чого через центральний отвір, що відкрився, загоряється дуга. Поршень 4 залишається нерухомим, тому при русі циліндра вниз елегаз над поршнем стискається, створюється дуття в об'єм камери та порожнистий контакт 1. Стовп дуги інтенсивно охолоджується і потік газу гасить дугу. При включенні циліндр 3 переміщається вгору, контакт 1 опиняється у верхній камері циліндра і коло замикається.

Горіння дуги в елегазі при вимиканні будується на генерації дугою високотемпературного проводжучого середовища (плазми). Для гасіння дуги необхідно мати дугогасильну камеру, яка забезпечує одночасно охолодження та видування плазми елегазом під високим тиском. У зв'язку з цим, сучасні дугогасильні камери елегазових вимикачів мають складну конструкцію, що має більш ніж 20 рухомих механічних частин.

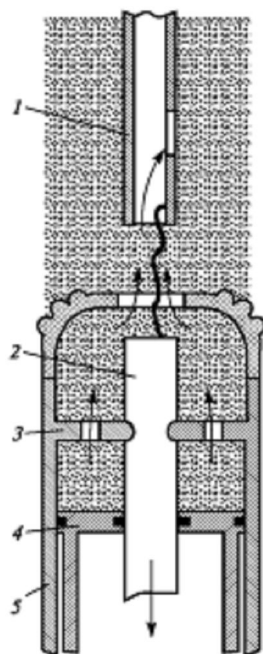


Рисунок 1 – Схема дугогасильного пристрою елегазового вимикача

Персонал, який обслуговує вимикачі повинен знати конструкцію та принцип дії цих апаратів. Крім того експлуатація елегазових вимикачів повинна здійснюватися персоналом, який пройшов спеціальну підготовку та ознайомився з додатковими заходами безпеки, що викладені в керівництві з експлуатації для кожного типу елегазових вимикачів.

Під час експлуатації вимикачів параметри, що визначають режим роботи не повинні перевищувати допустимих значень.

Технічне обслуговування вакуумних вимикачів не проводиться протягом комутаційного ресурсу та терміну експлуатації не більше 25 років з моменту відвантаження вимикача підприємством-виробником. Не рідше одного разу в два роки необхідно перевіряти спрацювання вакуумного вимикача від релейного захисту.

Нагляд за показниками сигналізатора тиску в елегазових вимикачах здійснюється з періодичністю, яка вказана в керівництві з експлуатації елегазового вимикача.

Сигналізатор тиску з термокомпенсуючим пристроєм показує величину тиску елегазу у колоні, яка приведена до 20 °С. Зважаючи на те, що температура газу в колоні та корпусі сигналізатора з термокомпенсуючим пристроєм може суттєво відрізнятися при різкій зміні температури оточуючого повітря, можливі невеликі періодичні коливання показань приладу, навіть при відсутності витoku елегазу. З урахуванням цього зняття показань приладу рекомендується здійснювати в умовах, коли температура повітря протягом кількох годин стабільна, а на корпус сигналізатора не попадають прямі сонячні промені.

В елегазових вимикачах необхідно контролювати тиск елегазу. При витіканні елегазу та зменшенні тиску понад певного значення вимикач відключається автоматично, а подальші операції блокуються. Контроль тиску здійснюється сигналізатором тиску, встановленому на кожному полюсі.

Електроконтактний сигналізатор тиску вказуючого типу оснащений пристроєм температурної компенсації, що приводить показання тиску до температури 20 °С, і двома парами нормально замкнутих контактів. Перша пара контактів розмикається при зниженні тиску до 0,34 МПа, подаючи сигнал про необхідність поповнення полюса, друга пара розмикається при тиску 0,32 МПа для блокування подачі команди на електромагніти керування.

Для виключення помилкових сигналів при можливому спрацьовуванні контактів від вібрації при комутації вимикача, а також через їхню малу потужність, у колі контактів повинно бути включене проміжне реле часу з витримкою часу від 0,8 с до 1,2 с [2].

При зниженні тиску в колоні до 0,35 МПа колону необхідно поповнити до номінального тиску. Контролюючи тиск елегазу в колонах слід мати на увазі наступне:

- вимикач забезпечує додержання всіх номінальних параметрів при тиску газу в колонах не менше 0,32 МПа;
- при тиску нижче 0,32 МПа вимикач здатний вимикати номінальний струм, за виключенням вимкнення струму холостої лінії та індуктивного струму;
- при тиску елегазу нижче 0,32 МПа забезпечується необхідна електрична міцність внутрішньої ізоляції колон;
- при повній відсутності надлишкового тиску опорна ізоляція витримує 1,15 найбільшої фазної напруги, а ізоляція між розімкнутими контактами – найбільшу лінійну напругу.

Тривале знаходження вимикача під напругою при повній відсутності надлишкового тиску елегазу не рекомендується.

Елегаз для заповнення вимикача повинен відповідати нормам, які наведені в керівництві з експлуатації. В експлуатації параметром, що контролюється, є температура конденсації вологи. Вона повинна бути не вище – мінус 45°C при атмосферному тиску.

Відомості про роботу елегазових вимикачів при виконанні комутаційних режимів, а також результати періодичних оглядів заносяться до журналу:

- надлишковий тиск (за сигналізатором тиску) та температуру оточуючого повітря;
- значення струму короткого замикання або струму навантаження, що комутується;
- вид короткого замикання (одно-, дво-, трифазне);
- вид комутації (вимикання, вмикання на коротке замикання, АПВ);
- характер відмов та їх причини, прийняті заходи з профілактики порушень у роботі.

Під час експлуатації необхідно періодично проводити технічні огляди вимикачів та вимірювання їх параметрів.

При оглядах вимикачів необхідно перевіряти:

- відсутність витікання елегазу в приміщеннях елегазових розподільчих пристроїв за допомогою течешукача;
- показання приладів контролю тиску елегазу або цілісність мембран у герметичних (нерозбірних) елегазових вимикачів;
- зовнішній стан вимикача і його привода;
- відсутність забруднень, видимих відколів, тріщин і слідів перекриття ізоляції;
- справність заземлень.

ВИСНОВКИ

Елегазові вимикачі поряд з вакуумними розглядаються як найбільш перспективні особливо на напругу 110 та 220 кВ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Камишинський О. М., Овчинников В. Є. Електричні станції та підстанції залізниць. Видання друге перероблене та доповнене. [Текст] — Харків: Центр 29, 2015. — 586 с.
2. Плешков П. Г. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання. [Текст] Центральнотехн. ун-т. — Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2019. — 272 с.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА СТІЙКІСТЬ ВИСОКОПОТУЖНИХ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Багач Р.В., Стельмах Є.І.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

З розвитком електротранспорту виникає потреба в розширенні мережі зарядних станцій, особливо високопотужних, які забезпечують швидку зарядку, знижуючи час очікування для користувачів. Високопотужні зарядні станції для електромобілів (ЗСЕ) мають істотне енергоспоживання, і забезпечення їхньої стабільної та економічної роботи є критичним завданням для індустрії. У цьому контексті енергоефективність і стійкість таких систем відіграють важливу роль у формуванні інфраструктури, яка сприятиме переходу на електротранспорт і зменшенню вуглецевого сліду [1,2].

Актуальність дослідження. За прогнозами Європейської комісії, до 2030 року кількість електромобілів у Європі зросте до 30 мільйонів, що створить надмірне навантаження на енергетичну мережу. Водночас стратегія ЄС спрямована на скорочення викидів на 55% до 2030 року, що підвищує попит на зарядні станції з високим коефіцієнтом енергоефективності та інтеграцію відновлюваних джерел енергії. Наприклад, у проектах Tesla, Fastned, ABB та інших компаній застосовуються передові технології, такі як перетворювачі з карбіду кремнію, накопичувальні системи, сонячні панелі та динамічний контроль потужності, що допомагає знизити експлуатаційні витрати та підвищити стійкість зарядних станцій [3,4].

Мета дослідження. Метою даного дослідження є аналіз сучасних підходів до підвищення енергоефективності та стійкості високопотужних зарядних станцій. Також розглядаються технічні рішення для зниження енергоспоживання, адаптації до змінних умов та інтеграції з відновлюваними джерелами енергії [5,6].

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Енергоефективність зарядних станцій та використання карбіду кремнію та моніторингових систем (ABB Terra HP, Німеччина). У проекті Terra HP компанії ABB застосовуються інноваційні перетворювачі на основі карбіду кремнію (SiC), які досягають ефективності перетворення енергії до 97%, знижуючи енергетичні втрати. Дослідження показали, що використання матеріалів з SiC зменшує нагрівання обладнання, підвищує стійкість та знижує потребу в охолодженні, що додатково знижує енерговитрати. У дослідженні, проведеному Fraunhofer ISE, було виявлено, що такі перетворювачі дозволяють знизити витрати на підтримку температурного режиму на 25%, що є вагомим внеском у підвищення енергоефективності систем. Крім того, станції Terra HP оснащені системами моніторингу температури та напруги, які оптимізують роботу обладнання, забезпечуючи стабільність у різних умовах експлуатації та запобігаючи перегріву та іншим пошкодженням [7].

2. Стійкість до зовнішніх впливів та оптимізація кліматичних рішень для зарядних станцій (Siemens). Siemens реалізувала ряд інженерних рішень, що підвищують стійкість зарядних станцій до суворих кліматичних умов, таких як температури від -40°C до +55°C. У дослідженнях Siemens показано, що покриття станцій спеціальними антикорозійними матеріалами, розробленими на основі досвіду нафто та газовидобувної промисловості, може подовжити строк служби обладнання на 15-20%. Крім того, температура всередині станції контролюється спеціальними термостатами, що дозволяє уникнути заморожування чи перегріву компонентів. Дані, отримані в ході польових випробувань у Канаді та країнах Північної Європи, підтверджують, що ці рішення значно знижують витрати на технічне обслуговування [8].

3. Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії та проект Fastned (Нідерланди) Мережа Fastned інтегрує відновлювані джерела енергії, такі як сонячні панелі, безпосередньо на дахах своїх зарядних станцій, що дозволяє використовувати відновлювану енергію для зарядки електромобілів. Дослідження, проведені Fastned у 2020 році, показали, що такі рішення дозволяють знизити викиди CO₂ на 25 – 30% у порівнянні з зарядними станціями, що працюють від мережі. Компанія розробила механізм для передачі надлишку енергії до центральної мережі, що сприяє балансу електроспоживання. В Нідерландах фотоелектричні станції збільшили кількість зарядок і знизили енергетичне навантаження на мережу в пікові години [9].

4. Системи зберігання енергії та динамічне управління потужністю, мережа Ionity в Європі яка представлена на рисунку 1. Мережа Ionity розробляє високопотужні зарядні станції з інтегрованими системами зберігання енергії для зменшення пікових навантажень на центральну мережу. У 2022 році інститут Fraunhofer ISE дослідив використання суперконденсаторів у складі станцій Ionity, що дозволяє зберігати надлишкову енергію під час низького навантаження та використовувати її під час пікових періодів. Дослідження підтвердили, що такі системи допомагають підвищити ефективність зарядних станцій на 15-20% за рахунок зменшення потреби у прямому споживанні з мережі, а також забезпечують стабільну роботу навіть під час високого навантаження. EnBW у Німеччині також впроваджує HyperNetz із динамічним контролем потужності, що дозволяє автоматично знижувати чи збільшувати рівень потужності зарядки залежно від попиту та поточного стану мережі, знижуючи тим самим ризик перевантаження [10].



Рисунок 1 – Система накопичення енергії



Рисунок 2 – Зарядні станції

5. Сонячна енергія як ключовий елемент автономних зарядних станцій, Tesla Solar Supercharger (Каліфорнія) яка представлена на рисунку 2. Tesla розробила Solar Supercharger у Каліфорнії, де використовує сонячні панелі для забезпечення автономної зарядки електромобілів. Станція використовує накопичувальні батареї Powerwall, які зберігають енергію для пікового використання, дозволяючи заряджати електромобілі навіть під час високих навантажень без прямого споживання електроенергії з мережі. У дослідженні, проведеному Tesla у співпраці з Каліфорнійським центром досліджень сталого розвитку (CSRC), було встановлено, що впровадження Powerwall дозволяє зменшити залежність від мережі на 60% та знизити експлуатаційні витрати на 20%. У межах цього проекту Tesla також впровадила нову систему управління енергією, яка аналізує поточні дані про зарядки та регулює споживання з метою забезпечення стабільності роботи станцій навіть у критичних ситуаціях [11].

ВИСНОВКИ

Підвищення енергоефективності та стійкості високопотужних зарядних станцій для електромобілів є ключовим напрямом у створенні надійної інфраструктури для електротранспорту. Розробки компаній ABB, Fastned, Tesla, Ionity та EnBW підтверджують що впровадження інноваційних рішень, таких як використання напівпровідників з карбіду кремнію, інтеграція відновлюваних джерел енергії та систем зберігання енергії, а також динамічне управління потужністю, дозволяють суттєво підвищити енергоефективність і стабільність роботи зарядних станцій.

Досвід АВВ з використанням карбиду кремнію у станціях Terra HP демонструє, як нові матеріали можуть знизити теплові втрати і підвищити загальну ефективність енергетичних перетворювачів. Такі технології сприяють не лише економії електроенергії, але і зниженню експлуатаційних витрат на охолодження. Дослідження Siemens показують, що зарядні станції можуть бути ефективними та стабільними навіть у суворих кліматичних умовах, якщо використовується спеціальний захист від корозії та температурно - регульовані системи.

Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії, як у випадку Fastned у Нідерландах, демонструє потенціал сонячної енергії для сталого функціонування зарядних станцій і зниження навантаження на енергомережу. Використання систем зберігання енергії в мережі Ionity дозволяє зберігати надлишкову енергію для пікових навантажень. Проекти Tesla з Solar Supercharger та Powerwall підтверджують, що автономні зарядні станції можуть знизити залежність від центральної енергомережі, особливо в районах з високими рівнями інсоляції.

Отже, майбутнє інфраструктури зарядних станцій стане у впровадженні інноваційних технологій та відновлених джерел енергії, що забезпечить надійність та економічність для підтримки зростання електромобілів та досягнень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багач, Р. В. Використання зарядних станцій для електромобілів у Харківській області // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон, 2023. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2023. С. 323–327.
2. Багач Р. В., Гнатов А. В. Енергозбереження у секторі міського електротранспорту // Тринадцята Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2022», Херсон, 2022. С.105–108.
3. Багач, Р. Підвищення електромагнітної сумісності і енергоефективності зарядної станції електромобілів // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2024. – № 25. – С. 53–62. — DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2024.25.0.6>.
4. Гнатов, А. В., Аргун, Щ. В., Багач, Р. В., Гнатова, Г. А., Тарасова, В. В., Ручка, О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2021. – № 20. – С. 17–26. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.02>.
5. 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. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>.
6. Багач, Р. Дослідження акумуляторних блоків електромобілів та зарядних станцій на основі активного трифазного випрямляча струму // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2023. – № 24. – С. 62–71. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2023.24.0.2>.
7. ABB. ABB unveils new Terra HP electric vehicle chargers // ABB Website. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://new.abb.com>.
8. Siemens. Siemens high-powered EV chargers resilient to extreme temperatures // Siemens Website. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.siemens.com>.
9. Fastned. Fastned's solar-powered charging stations // Fastned Website. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fastnedcharging.com>.
10. Ionity. Energy storage solutions in Ionity's fast charging stations // Ionity Website. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ionity.eu>.
11. Tesla Inc. Tesla Solar Supercharger and Powerwall solutions for energy storage // Tesla Website. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tesla.com>.

РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОМ У ШВИДКІСНИХ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЯХ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Багач Р.В., Козаченко Є.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

З розвитком електричної мобільності та збільшенням популярності електричних транспортних засобів (ЕТЗ), потреба в ефективних, швидких та надійних зарядних станціях стає особливо актуальною [1]. Швидке заряджання акумуляторів великих потужностей потребує застосування технологій, які здатні ефективно управляти теплом, яке генерується під час зарядки. Потужні зарядні станції, здатні забезпечити швидке поповнення енергії для електричних автомобілів, працюють при високих навантаженнях, що може призводити до значного нагрівання. Для уникнення перегріву та забезпечення стабільної роботи таких станцій, необхідно впроваджувати новітні методи охолодження та управління теплом [2,3].

Актуальність дослідження. Зважаючи на зростаючі потоки електричних автомобілів та значний розвиток інфраструктури зарядних станцій, питання теплового управління стає критичним для забезпечення їх безперебійної роботи. Якщо не буде належним чином контролюватися тепловий режим, може виникнути загроза перегріву елементів, що призведе до зниження ефективності зарядки, пошкодження обладнання, а також скорочення терміну його служби. Задоволення цієї проблеми шляхом розробки ефективних технологій охолодження є основною метою досліджень у цій галузі [4,5].

Мета дослідження. Метою цієї роботи є вивчення сучасних технологій охолодження та управління теплом, що використовується для високошвидкісних зарядних станцій, а також аналіз новітніх розробок у сфері охолодження для швидких зарядних станцій.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Повітряне охолодження. Повітряне охолодження є найпростішим і найпоширенішим методом, особливо для зарядних станцій середньої потужності. Однак для високошвидкісних зарядних пристроїв, де потужність досягає значних значень, цей метод не завжди достатній. Такі станції часто вимагають вдосконалення, наприклад, використання додаткових вентиляторів чи кондиціонерів, щоб підтримувати температуру в межах норми. Прикладом є станції, що використовують традиційне повітряне охолодження, як у багатьох зарядних станціях Tesla Supercharger, де ефективно поєднуються декілька вентиляторів для покращення тепловідведення (Tesla, 2022). Згідно з дослідженням Tesla, використання вентиляційних систем з підвищеною ефективністю забезпечує зниження температури на 10-15% порівняно з традиційними методами [6].

2. Рідинне охолодження. Рідинне охолодження є більш ефективним способом управління теплом, ніж повітряне, і вважається оптимальним для високошвидкісних зарядних станцій. Це забезпечує значно кращу теплопередачу, що дозволяє знизити температурні коливання при інтенсивному заряджанні. Наприклад, система охолодження Hypercharger використовує спеціальні охолоджувальні рідини для ефективного відведення тепла від інверторів та акумуляторів (Siemens, 2023). Рідинне охолодження застосовується і для компонентів, які працюють при високих струмах, таких як перетворювачі постійного струму в змінний струм. Останні дослідження показують, що рідинні системи здатні знизити температуру на 20-30% порівняно з повітряними [7].

3. Матеріали з фазовим переходом (PCM). Одним із найсучасніших підходів є використання матеріалів з фазовим переходом (PCM). Вони ефективно регулюють температуру шляхом поглинання та вивільнення тепла під час переходу з одного агрегатного стану в інший (з рідкого в твердий або навпаки). Наприклад, матеріали з

фазовим переходом застосовуються в нових моделях зарядних пристроїв, таких як ультрашвидкісні зарядні станції Hyundai, де PCM інтегровані в систему охолодження для поглинання надмірного тепла (Hyundai, 2023). Дослідження показали, що завдяки використанню PCM можна знизити коливання температури в кілька разів і забезпечити стабільну роботу навіть при великих навантаженнях [8].

4. Гібридні системи охолодження. Використання комбінованих систем, які поєднують різні методи охолодження, наприклад, рідинне охолодження та теплові трубки, дозволяє створювати більш ефективні системи для швидких зарядних станцій. Такі системи дозволяють максимально ефективно знижувати температуру навіть при найвищих навантаженнях, що є особливо важливим для новітніх станцій, що підтримують потужність понад 350 кВт. Наприклад, вчені розробили гібридну систему для зарядних станцій на основі рідинного охолодження та теплових трубок, що застосовується в деяких нових моделях EVgo і Iionity (MDPI, 2024). Це дозволяє значно покращити ефективність відведення тепла в умовах інтенсивної зарядки [9].

5. Новітні технології охолодження. Новітні методи контролю температури, розроблені та мають потенціал значно покращити процес заряджання електричних автомобілів, що може прискорити впровадження електромобільності. Ця нова технологія не лише підвищує ефективність теплообміну, забезпечуючи підтримку оптимальних температур для систем, але й дозволяє зменшити розміри та вагу апаратного забезпечення. Окрім цього, вона може зробити заряджання сучасних електромобілів більш надійним. Команда під керівництвом професора Іссама Мудавара з Університету Пердью розробили експеримент з кипінням та конденсацією двофазного потоку, щоб проводити дослідження теплопередачі в умовах мікрогравітації, що відкриває нові можливості для інноваційних технологій у сфері охолодження.

Модуль потоку кипіння FCBE складається з теплогенеруючих пристроїв, розташованих по периметру проточного каналу, через який подається охолоджуюча рідина в рідкому стані. Коли пристрої нагріваються, температура рідини в каналі збільшується, і рідина, що знаходиться в безпосередньому контакті з стінками, починає кипіти. У процесі кипіння утворюються маленькі бульбашки, які швидко відриваються від стінок каналу, що сприяє постійному переміщенню рідини з внутрішньої частини каналу до його стінок. Цей процес ефективно передає тепло, використовуючи як температуру рідини, так і фазову зміну з рідини на пару. Теплопередача зростає, коли рідина подається в переохолодженому стані (нижче температури кипіння). Такий метод «кипіння в переохолодженому потоці» представлений на рисунку 1 який підвищує ефективність теплопередачі і може бути використаний для більш точного контролю температури.



Рисунок 1– Кипіння в переохолодженому потоці

Нещодавно команда Мудавара застосувала принципи "кипіння переохолодженого потоку", отримані під час експериментів NASA FBCE, до процесу заряджання електромобілів. Завдяки цій новій технології, діелектричний рідкий охолоджувач циркулює через зарядний кабель, поглинаючи тепло, яке виділяється провідником під час проходження струму. Кипіння рідини в переохолодженому стані дозволяє передавати на 4,6 рази більше струму, ніж у найшвидших доступних зарядних пристроях для електромобілів, відводячи до 24,22 кіловата тепла. Зарядний кабель Purdue здатний забезпечити 2400 ампер, що набагато більше, ніж 1400 ампер, які потрібні для скорочення часу зарядки електромобіля до п'яти хвилин. Впровадження цієї технології дозволило значно скоротити час заряджання та може стати вирішальним кроком впровадження швидкісних зарядних станцій для електромобілів у майбутньому [10].

ВИСНОВОК

Основною проблемою є підтримка стабільної температури компонентів зарядних станцій при різких змінах температурного навантаження, зокрема, при високій температурі навколишнього середовища або інтенсивній роботі. Для цього важливо використовувати прогностичні алгоритми для передбачення зміни температури та коригування зарядних параметрів у реальному часі. Дослідження показують, що новітні системи можуть знизити ризики перегріву на 30% і оптимізувати ефективність заряджання (SAME SKY DEVICES, 2024). У майбутньому розвиток інтелектуальних систем, включаючи штучний інтелект, дозволить створювати «розумні» зарядні станції, які автоматично знімають параметри залежно від температурних змін (MIT, 2024). Також гібридні системи охолодження з PCM та рідинними системами забезпечують ефективне відведення тепла для стабільної роботи при високих температурах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багач, Р. В. Використання зарядних станцій для електромобілів у Харківській області // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон, 2023. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2023. С. 323–327.
2. Багач, Р. Синтез математичної моделі зарядної станції для електромобілів /Р. Багач // Стале виробництво та споживання у ланцюгах створення вартості : монографія / за заг. ред. А. В. Павличенка, Л. Л. Палехової. – Дніпро-Дрезден, 2024. – С. 205-238. – 245 с. – URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/167974>.
3. Bahach R. Study of the efficiency of a charging station for electric vehicles using an active rectifier in a micro-grid system / Ruslan Bahach // Sustainable production and consumption in industry: challenges and opportunities : collection of scientific articles. – Dresden, 2024. – Pp. 126-133 <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/167810>.
4. Багач, Р. Підвищення електромагнітної сумісності і енергоефективності зарядної станції електромобілів // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. — 2024. — № 25. — С. 53–62. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2024.25.0.6>.
5. 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. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>.
6. Huynh, Van-Tinh, Kyoungsik Chang, and Sang-Wook Lee. "Numerical Investigation of the Thermal Performance of a Hybrid Phase Change Material and Forced Air Cooling System for a Three-Cell Lithium-Ion Battery Module." *Energies* 16.24 (2023): 7967. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/24/7967>.
7. Zhang, Zhaopu, et al. "An optimal thermal management system heating control strategy for electric vehicles under low-temperature fast charging conditions." *Applied Thermal Engineering* (2022) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431122000874>
8. Al Hallaj, Said, and J. R. Selman. "A novel thermal management system for electric vehicle batteries using phase change material." *Journal of the Electrochemical Society* 147.9 (2000): 3231. <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1.1393888/meta>.
9. Behi, Hamidreza, et al. "Advanced hybrid thermal management system for LTO battery module under fast charging." *Case Studies in Thermal Engineering* 33 (2022): 101938. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X22001848>.
10. Mudawar, Issam, Steven J. Darges, and V. S. Devahdhanush. "Prediction technique for flow boiling heat transfer and critical heat flux in both microgravity and Earth gravity via artificial neural networks (ANNs)." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 220 (2024): 124998. <https://doi.org/10.1/j.ijheatmastransfer.2023.124998>.

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ВПРОВАДЖЕННЯМ СИСТЕМИ КОМУНІКАЦІЙ МІЖ АВТОМОБІЛЯМИ

Болдовський В.М.

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна

ВСТУП

Зростання кількості автомобілів на дорогах та складність транспортних потоків висувають нові вимоги до безпеки дорожнього руху [1]. Використання сучасних інформаційних технологій, зокрема Vehicle-to-Vehicle, (V2V-комунікації), дозволяє забезпечити ефективну взаємодію між транспортними засобами, зменшуючи ризики виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП). В роботі розглянуто перспективи впровадження в умовах України систем комунікації між автомобілями як одного з ключових інструментів підвищення безпеки дорожнього руху. Аналізується вплив таких систем на зменшення кількості ДТП, підвищення ефективності управління трафіком та інтеграцію з іншими технологіями "розумного міста".

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Системи комунікації між автомобілями базуються на принципах обміну даними у реальному часі: передача інформації про швидкість, місце розташування, напрямку руху та інші параметри транспортних засобів. Крім цього використовуються спеціалізовані протоколи зв'язку: наприклад, DSRC (Dedicated Short-Range Communication) або C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything). Також виконується інтеграція з іншими системами безпеки: адаптивний круїз-контроль, системи екстреного гальмування тощо [2].

На даний момент в умовах України впровадження системи комунікації між транспортними засобами знаходиться на початковому етапі впровадження. З метою підвищення безпеки дорожнього руху транспортних засобів та покращення трафіку в містах необхідно все частіше використовувати систему комунікацій, що в свою чергу дозволить зменшити кількість ДТП завдяки попередженню водіїв про небезпечні ситуації, наприклад, різке гальмування або появу перешкод на дорозі.

Важливим є те, що впровадження системи комунікації допоможе оптимізувати транспортні потоки завдяки координації руху транспортних засобів, уникнення заторів на дорогах та зменшення часу перебування в дорозі.

Не слід забувати і про постійно зростаючі вимоги до екологічності транспортних засобів, відповідно до цього наявність системи комунікацій між транспортними засобами дозволить зменшити об'єми шкідливих викидів за рахунок руху без зупинок у заторах [3].

Для ефективного впровадження системи комунікацій між транспортними засобами необхідно забезпечити всі необхідні умови та засоби, а саме створити технічну інфраструктуру для якої необхідно розвивати мережі передачі даних та стандартизації технологій.

Окрім цього потрібно забезпечити конфіденційність даних, тобто забезпечення захисту інформації від кіберзагроз.

Суттєвою причиною для стримування швидкого впровадження системи комунікацій між транспортними засобами є висока вартість, як обладнання автомобілів, так і модернізації дорожньої інфраструктури.

Поєднання V2V-систем із такими інноваціями, як автономні автомобілі (V2X-комунікація) та "розумні" дороги, створює передумови для побудови значно безпечнішого транспортного середовища в наслідок цього будуть спостерігатись покращення в режимах руху транспортних засобів в першу чергу для міських умов [4].

ВИСНОВКИ

Системи V2V-комунікації є перспективним напрямком розвитку транспортної інфраструктури, що має потенціал суттєво підвищити безпеку дорожнього руху та покращити показники екологічності при експлуатації транспортних засобів. Для їх ефективного впровадження необхідно вирішити низку технічних, економічних та етичних питань та намагатись все частіше застосовувати в умовах дорожнього руху системи комунікацій між автомобілями, а також з іншими транспортними засобами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розпорядження Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. Документ 430-2018-р. Редакція від 07.04.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 16.11.2024).
2. Team E. What Is V2X and The Future of Vehicle to Everything Connectivity. www.emqx.com. URL: <https://www.emqx.com/en/blog/what-is-v2x-and-the-future-of-vehicle-to-everything-connectivity> (дата звернення: 16.11.2024).
3. V2X Communication Technologies and Service Requirements for Connected and Autonomous Driving / E. Cinque et al. 2020. URL: <https://doi.org/10.23919/aeitautomotive50086.2020.9307388> (дата звернення: 16.11.2024).
4. V2X Network Architecture and Standards System / S. Chen et al. Wireless networks. 2023. P. 81 – 116. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-19-5130-5_3 (дата звернення: 16.11.2024).

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Шабан В.Є.¹, Фомін О.В.², Баранов І.О.¹, Мірошникова М.В.³

¹Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,
м. Дніпро, Україна,

²Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, Україна,

³Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ, Україна

ВСТУП

Актуальність цього дослідження зумовлена тим, що основним завданням системи надання послуг з міжнародних вантажних перевезень автомобільним транспортом є підвищення ефективності її роботи шляхом подальшої оптимізації структури, впровадження сучасних організаційних форм і технологій, удосконалення правових норм та посилення ролі керівних органів системи, які повинні краще відповідати вимогам ринку послуг. З кожним роком у країнах світу прискореними темпами поширюється перевезення з використанням вантажних модулів. Основою таких перевезень є термінальна система, ключовим елементом якої є термінал. Для підвищення ефективності роботи митного терміналу та підвищення ефективності міжнародних вантажних автомобільних перевезень в цілому, пропонується використання змінних вантажних модулів. Такі технології, які забезпечують можливість обслуговування одним автомобілем-шасі кількох змінних вантажних модулів різного призначення.

Можливість завантаження змінного кузова, коли сам вантажний автомобіль-шасі не перебуває на завантаженні, сприяє економії ресурсів і зменшенню витрат, зокрема щодо чисельності персоналу, часу виконання операцій та обсягу автомобільного парку. Значні технологічні переваги забезпечує багатоваріантність використання кузовів різного призначення на одному шасі (наприклад, контейнер, вантажна платформа для перевезення техніки, цистерна, тощо) та можливість застосування одного кузова на різних однотипних шасі. Крім того, технології використання змінних кузовів у автомобільних перевезеннях дозволяють впроваджувати ефективні логістичні рішення, такі як «Just In Time» та «Lean».

Головним критерієм при оцінці роботи митного терміналу є їх пропускна спроможність, під якою розуміється «можливість одночасного розміщення транспортних засобів на майданчику, призначеному для транспортних засобів з товарами, що розміщені на тимчасове зберігання, а також транспортних засобів з товарами, що знаходяться під митним контролем. До інших критеріїв оцінки роботи митного терміналу належать обсяг товаропотоку, площа складських приміщень, площа стоянок для транспортних засобів, а також загальний час, необхідний для виконання митних операцій [1, с. 245].

Одним із головних чинників, що впливають на підвищення ефективності роботи митного терміналу є удосконалення нормативно-правового регулювання. У свою чергу, це призводить до полегшення документообігу за рахунок формування універсального передавального документа та скорочує час на оформлення необхідних документів. Скорочення часу на оформлення документів дає можливість терміналу вивільнити додаткові ресурси, що опосередковано впливає на зростання пропускної та провізної здатності митного терміналу [2, с. 100].

У ролі наступного чинника, що впливає на підвищення ефективності роботи митного терміналу є оптимізація витрат часу, яка може бути здійснена кількома шляхами. Перший спосіб оптимізації є найбільш очевидним – це перерозподіл доступних резервів часу у межах мережевої моделі. Коли немає необхідності у розвантаженні товару, звільняються значні тимчасові резерви, які доцільно рівномірно розподілити між іншими завданнями або використовувати для роботи з іншим товаром.

Другий спосіб полягає у збільшенні можливостей для одночасного виконання кількох операцій та робіт з одним товаром, а також у розширенні можливостей роботи з

кількома товарними партіями одночасно. Однак це вимагає залучення додаткових співробітників, забезпечення терміналу великою кількістю технічних засобів та збільшення площ терміналу, зокрема розширення зон для огляду [3, с. 7].

Третій підхід полягає у застосуванні сучасних технологій, які допоможуть скоротити часові витрати. Особливо актуальним є використання таких технологій у процесі роботи складу та виконання складських операцій з товарами. В даний час однією з найперспективніших технологій у галузі складських послуг є використання інфрачервоних міток, які дозволяють за лічені секунди закодувати товар, визначити його місцезнаходження на складі та передати цю інформацію до бази даних. Безліч сучасних складів активно впроваджують технології штучного інтелекту для оптимізації чисельності персоналу, що, своєю чергою, дозволяє скоротити витрати на оплату праці. Крім того, такі технології значно прискорюють процес пошуку товарів на складі, так і процес їх розміщення на зберігання. Усі операції з визначення місць зберігання товарів виконуються комп'ютерною програмою, яка генерує коди для самих товарів та місць їх зберігання [4, с. 127].

Основним показником прийняття рішень щодо перспективних заходів удосконалення перевезень є економічна ефективність, яка характеризується зменшенням витрат на доставку вантажів, прискоренням часу доставки, підвищенням рівня обслуговування. При роботі митного терміналу характерні деякі складові економічного ефекту:

- зменшення витрат термінальної системи, які пов'язані з інтенсивним використанням технічних та людських ресурсів;
- зменшення трудовитрат за рахунок оптимального розподілу вимог, які виникають в роботі митного терміналу;
- збільшення прибутку внаслідок підвищення пропускної здатності митного терміналу.

Показники витрат по доставці вантажу з використанням перевантажувальної ділянки на митному терміналі залежать від кількості автомобілів на ділянках і кількості вантажних модулів, які застосовуються.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведене дослідження показало, що в даний час основними факторами, що перешкоджають розвитку транспортного забезпечення у сфері міжнародних перевезень України, є: неструктурованість системи державного регулювання, особливо у правовій галузі щодо контролю на кордоні та збору; висока вартість послуг, що надаються митними брокерами та транспортними терміналами; низька швидкість доставки вантажів; брак комплексного, включаючи інформаційне обслуговування для організації міжнародних перевезень; а також брак і відсутність нормативно-правових актів, що регулюють міжнародні перевезення та їх обслуговування.

Дослідження актуального стану організації міжнародних вантажних автомобільних перевезень виявило, що підвищення їх ефективності та якості може бути досягнуто шляхом впровадження новітніх технологій, серед яких важливу роль відіграє використання термінальних систем доставки вантажів із змінними вантажними модулями.

Загальним питанням ефективного функціонування терміналів та термінальних систем присвячені роботи Воркута А.І., Четверухіна Б.М., Поліщука В.П., Яцківського Л.Ю., Прокудіна Г.С., Коцюка О.Я., Лебідь І.Г., Шарай С.М., Кунди Н.Т., Єрєсова В.І., Кирпи Г.Н., Зайончика Л.Г. та інших. В їх наукових працях зазначені основні алгоритми функціонування транспортних систем, розроблені методи формування систем і принципи ефективно організації виробництва. Проблеми раціональної взаємодії транспортних та виробничих систем вирішуються в межах логістичного підходу.

Математичні методи оптимізації роботи термінальних систем з вибором технології організації перевезень із застосуванням програмного забезпечення використовуються,

фактично, тільки науковими кадрами. Методи, які використовуються, трудомісткі, і зазвичай доступні лише розробникам.

ВИСНОВКИ

У рамках цієї роботи визначено основні критерії ефективності функціонування митного терміналу в міжнародних вантажних автомобільних перевезеннях, які полягають у зменшенні часу митних процедур, що, в свою чергу, призводить до зниження загальних витрат у ланцюгу доставки вантажів, при дотриманні встановлених стандартів якості обслуговування. Використання запропонованих критеріїв у практичній діяльності сприяє оптимізації обсягів перевезень вантажів та термінів доставки.

В роботі визначені підходи щодо вдосконалення структури митного терміналу. Функціонування роботи митного терміналу представлене в якості багатоканальної системи масового обслуговування з використанням новітніх комп'ютерних програм. За результатами розрахунків рекомендоване оптимальне значення кількості пунктів обслуговування в системі масового обслуговування, яке дорівнює п'яти. Представлений алгоритм визначення параметрів роботи митного терміналу забезпечує їх оптимальний вибір за критерієм мінімізації часу обслуговування вимог, що дозволить зменшити витрати при виконанні міжнародних перевезень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костюченко Л. М. Автомобільні перевезення у міжнародному сполученні / Л.М. Костюченко, М.Р. Наапетян. - К.: Слово, 2007. - 656 с.
2. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху: навч. посіб. / В.М. Герзель, М.М. Марчук, М.А. Фабрицький, О.П. Рижий. – Рівне: НУВГП, 2008. - 200 с.
3. Основні напрями розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на майбутнє // Транспортні інновації. - 2010. - №3. - С. 9.
4. Правове регулювання сфери транспорту в Європейському Союзі та в Україні: у 2-х т. / Ред. В. Г, Дідик; М-во юстиції України, Державний департамент з питань адаптації законодавства. - К.: Ніка-Прінт, 2006.
5. Основні напрями розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на майбутнє // Транспортні інновації. - 2010. - №3. - С. 9.
6. Правове регулювання сфери транспорту в Європейському Союзі та в Україні: у 2-х т. / Ред. В. Г, Дідик; М-во юстиції України, Державний департамент з питань адаптації законодавства. - К.: Ніка-Прінт, 2006.
7. Matthes E. Python Crash Course: A Hands-On, Project-Based Introduction to Programming [Lingua Inglese] / E. Matthes. – San Francisco, 2015. – 672 p.
8. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування: навч. посібник / А. Л. Литвинов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.

ЗАСТОСУВАННЯ РЕКЛОУЗЕРІВ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Шимук Д.С., Кирпенко С.О.

Інститут цивільної авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна

ВСТУП

Серед повітряних ліній електропередачі найбільш велику протяжність мають лінії напругою 6 – 35 кВ. І саме на повітряні лінії цих класів напруги припадає до 70 відсотків випадків аварій і ненормальних режимів, що потребують відключення споживачів від електропостачання з наступним недовипуском продукції. Тому вжиття заходів щодо скорочення терміну відключення споживачів є актуальною науково-технічною задачею.

Одним з рішень цієї задачі є застосування секціонування протяжних електричних мереж за допомогою спеціальних автоматичних комутаційних пристроїв, логіка спрацювання яких дозволяє відключати пошкоджену ділянку. Таким специфічними вимикачами є реклоузери, які останнім часом все більше використовуються в електричних мережах.

Мета роботи. Метою роботи є можливостей щодо підвищення надійності електропостачання споживачів за рахунок використання реклоузерів на повітряних лініях електропередачі.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перші реклоузери з'явилися ще в 40-х роках 20 сторіччя в США. Там же в середині 1980-х років виникла ідея поділу мереж на секції з метою підвищення надійності за допомогою реклоузерів на базі швидкодіючих компактних вакуумних вимикачів, які встановлюються просто на опори повітряних ліній електропередачі. Комплектування цих вимикачів первинними засобами протиаварійної автоматики (наприклад, автоматикою повторного включення) дозволило відразу зменшити перерви в електропостачанні. В теперішній час завдяки застосуванню мікропроцесорних засобів автоматики реклоузери здатні виконувати наступні функції: оперативні перемикання в розподільній мережі, автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне підключення лінії, автоматичне виділення пошкодженої ділянки, автоматичне відновлення живлення на непошкоджених ділянках мережі, збір, обробку та передачу інформації про параметри режимів роботи мережі та стан власних елементів на верхні рівні ієрархічного керування відповідного ПАТ «Обленерго».

Здатність реклоузерів реалізувати вказані вище функції проілюстрована таблицею 1.

Локалізація місця пошкодження на радіальній лінії, зі встановленим реклоузером ілюструється рис 1, ..., 4.

Тут автоматика реклоузерів здатна реалізувати максимальний струмовий захист (МСЗ), захист від однофазних замикань на землю (ОЗЗ), автоматичне повторне включення (АПВ).

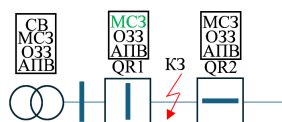


Рис. 1. Вимкнення реклоузера QR1 при КЗ на лінії

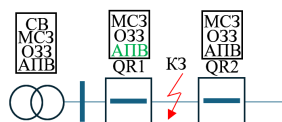


Рис. 2. Вмикання реклоузера QR1 від АПВ

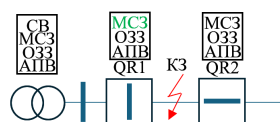


Рис. 3. Повторне вимкнення реклоузера QR1 при КЗ на лінії після АПВ



Рис. 4. Стан реклоузера QR1 після АПВ на КЗ, що самоусунулося

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики реклоузера моделі РВА/TEL [2].

Найменування параметру	Значення параметра
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм відключення, кА	12,5
Ресурс з комутаційної стійкості, не менше:	
- при номінальному струмі, циклів «ВО»	30000
- при номінальному струмі відключення, циклів	100
Власний час включення комутаційного модуля, мс, не більше	60
Власний час відключення комутаційного модуля, мс, не більше	15
Повний час відключення від функцій РЗІА (без урахування часу роботи алгоритму), мс, не більше	50
Максимальна похибка датчика струму, %	1
Максимальна похибка датчика напруги, %	5
Маса комутаційного модуля, кг	62,5
Маса шафи управління, кг	35
Термін служби, років	25

На рис. 1 показано, що при короткому замиканні (КЗ) на лінії за реклоузером QR1 відбувається селективне відключення QR1, далі відбувається спроба включення реклоузера автоматикою АПВ. В разі невдалого АПВ QR1 знову відключає лінію, а у випадку самоусунення КЗ QR1 остається ввімкненим.

Дещо іншим чином реалізується секціонування кільцевих ліній (ліній з двобічним живленням) (рис. 5, ..., 10). При номінальному режимі реклоузер QR2 вимкнено. При появі КЗ спрацьовує MC3 на реклоузері QR1 (рис. 6). Через безструмову паузу відбувається ввімкнення реклоузера QR2 від АПВ (рис. 7). В разі нестійкого КЗ нормальний режим роботи лінії відновиться, а в іншому випадку MC3 знову відключить реклоузер QR1 (рис. 8). Але при цьому автоматика повторного включення за напругою реклоузера QR2 виявить факт однобічного пропадання напруги і здійснить спробу вмикання (рис. 9). В разі наявності КЗ відбудеться спрацювання MC3 на реклоузері QR2 і схема прийме вигляд, наведений на рис. 10.

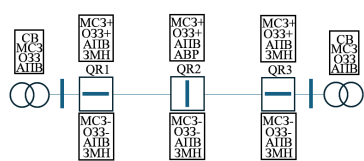


Рис. 5. Стан кільцевої схеми при відсутності пошкоджень

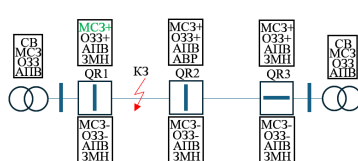


Рис. 6. Стан кільцевої схеми при КЗ

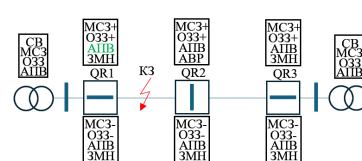


Рис. 7. Стан кільцевої схеми при спробі АПВ на стійке КЗ

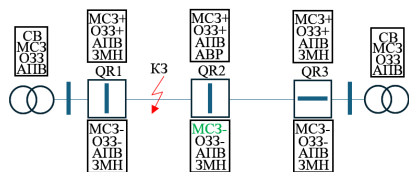


Рис. 8. Стан кільцевої схеми після спроби АПВ на стійке КЗ

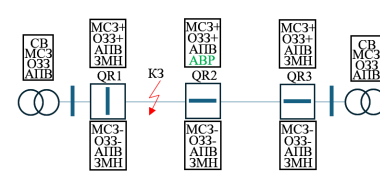


Рис. 9. Стан кільцевої схеми при спробі АПВ від зникнення напруги на стійке КЗ

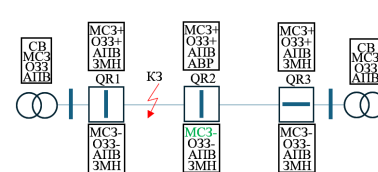


Рис. 10. Стан кільцевої схеми після спроб АПВ на стійке КЗ

Відомо, що за статистикою не менше ніж 60% коротких замикань на повітряних лініях електропередачі є такими, що самоусуваються. Тому сам факт оснащення реклоузерів засобами автоматики повторного включення забезпечує зменшення часу знеструмлення споживачів (показник *Saidi*) і частоти відключення споживачів (показник *Saifi*).

Для оцінки ефективності застосування реклоузерів при секціонуванні електричних мереж необхідно мати статистику числа відключення кожної i -ї ділянки протягом року (ω_i , рік⁻¹), тривалість відновлення одного пошкодження T , годин, а також коефіцієнт $k_{нс}$, що відображає долю нестійких КЗ. В [3] показано, що завдяки застосуванню реклоузерів вдається підвищити надійність електропостачання споживачів за показниками *Saifi* і *Saidi*.

ВИСНОВКИ

Показано, що оснащення реклоузерів засобами релейного захисту дає змогу здійснювати селективну локалізацію коротких замикань на повітряних лініях електропередачі.

Показано, що оснащення реклоузерів засобами автоматики повторного включення дає змогу запобігти відключенню споживачів при виникненні несталих пошкоджень.

Наявність на реклоузерах інформаційної системи надає широкі можливості для дистанційного керування та передачі інформації про стан ліній електропередач як по провідних, так і бездротових каналах.

Доцільне проведення досліджень що до вивчення можливостей визначення числа і місць встановлення реклоузерів відповідно до наявних умов і особливостей електропостачання конкретних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васи́лега П. О. Електропостачання. Підручник – Сумський державний університет, 2019. – 520 с.
2. Реклоузер вакуумний серії РВА/TEL. Режим доступу <https://etec1020.com/uk/about/articles/reklouzer-vakuumnij-seriyi-rvatel/>.
3. Показники надійності 2017-2020 р. ДТЕК Київські Електромережі. Режим доступу <https://www.dtek-kem.com.ua/ua/our-performance>.
4. Рішення задачі оптимального секціонування повітряних розподільних мереж в умовах нормування показників надійності / А.Ф. Жаркин, В.А. Попов, В.В. Ткаченко // Технічна електродинаміка. – 2013. – № 5. – С. 61-69. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/100651>.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТАНЦІЙ ШВИДКОЇ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Латвинський В.Д., Багач Р.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Зростання проблеми забруднення повітря стимулювало автомобільну промисловість до розробки транспортних засобів на екологічно чистих і ефективних видах палива, зокрема електромобілів, які є оптимальною альтернативою традиційним двигунам. Для широкого поширення електромобілів необхідні швидкі зарядні станції, адже час заряджання є критичним фактором для зручного використання таких автомобілів [1,2].

Розглядаються різні стратегії розміщення зарядних станцій у громадських місцях з акцентом на якість електропостачання та управління навантаженням при зарядці. У роботі представлено схему швидкої зарядної станції для електромобілів[3].

Зарядні станції, підключені до мережі, забезпечують стабільну передачу електроенергії та мінімізують гармонійні спотворення. Станція включає перетворювач, що з'єднує мережу з шиною постійного струму, до якої підключаються електромобілі. Система дозволяє децентралізовано керувати окремими процесами заряджання, а також забезпечує контроль потужності, що передається від мережі змінного струму до шини постійного струму [4].

Додатково пропонується інтеграція сонячної фотоелектричної енергії для підвищення екологічності системи. Вона дозволяє зменшити залежність від мережі завдяки використанню відновлюваних джерел енергії. Принципова схема передбачає застосування лише одного AC-DC перетворювача, що працює з шиною постійного струму, підключаючи електромобілі через простий DC-DC перетворювач до систем ВДЕ. Така схема значно зменшує втрати енергії у порівнянні з AC-системою – з приблизно 32% до менше ніж 10% [5,6].

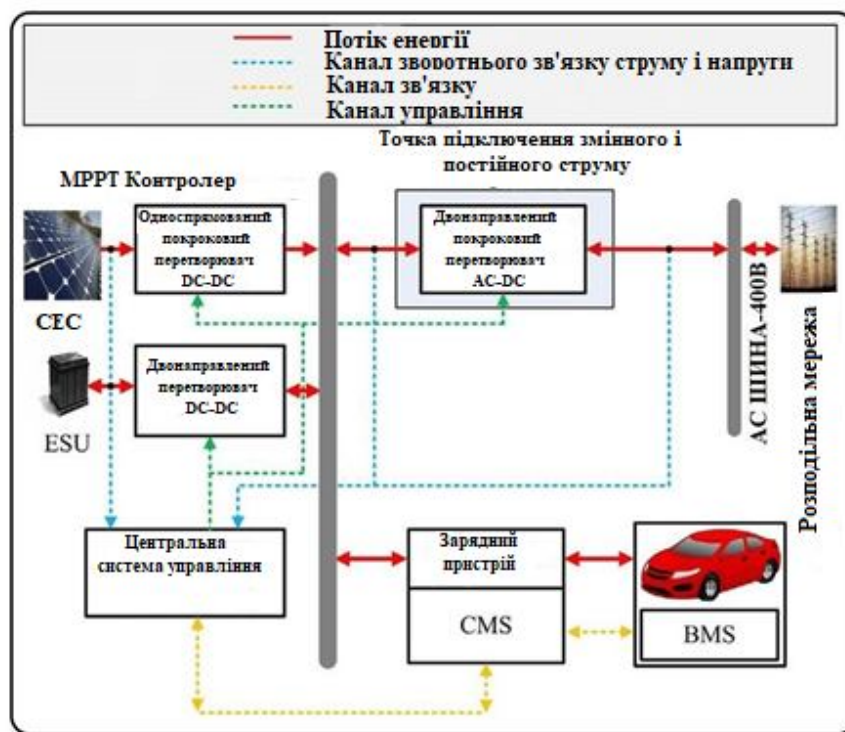


Рисунок 1– Схема швидкої зарядної станції для електротранспорту

Підключення великої кількості електромобілів до мережі може погано вплинути на її баланс, спричиняючи коливання напруги та частоти. Це вимагає постійного моніторингу системи та застосування стратегій керування попитом. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна електростанція (СЕС), а також двостороннього потоку енергії – наприклад, V2G (передача від авто до мережі) і V2V (заряджання між автомобілями), може значно знизити навантаження на мережу. Робота пропонує схему, яка інтегрує енергопотоки між мережею, СЕС і швидкою зарядною станцією [5,6].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розрахунку необхідної потужності сонячної фотоелектричної установки враховується попит зарядної станції, виходячи з того, що в середньому за добу на зарядку повертається близько 100 автомобілів. Передбачається, що рівень заряду акумулятора (SOC) у транспортних засобів при в'їзді становить 0–10%, а після зарядки – 90–100%. Аналіз проводиться на п'яти типах автомобілів з різними характеристиками споживання енергії [7,8].

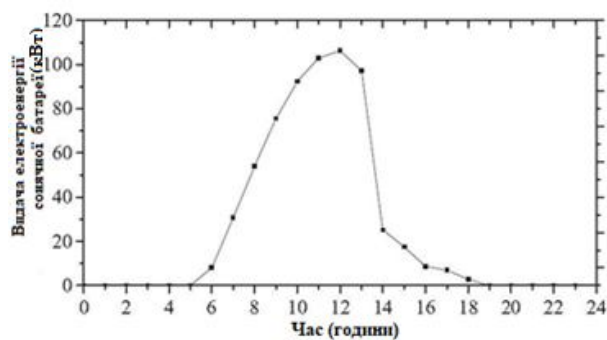


Рисунок 2 – Електроенергія, отримана від СЕС за добу

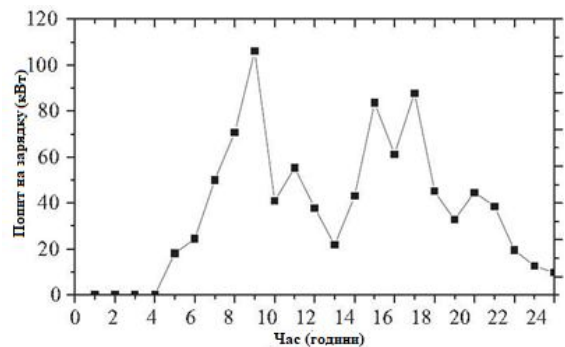


Рисунок 3 – Потреба в зарядній станції у будній день

Вихідна потужність сонячної установки обчислюється з урахуванням сонячного випромінювання та параметрів фотоелектричної системи. Розрахункова потужність СЕС для забезпечення споживання станції становить 110 кВт. Добова динаміка вихідної потужності сонячних елементів показана на малюнку 2. Графік попиту на заряджання протягом доби рисунок 3 показує, що пікові роки заряджання збігаються з максимальним навантаженням у мережі, що збільшує загальне навантаження системи. Однак сонячна фотоелектрична установка може частково покрити цей попит, оскільки її продуктивність дозволяє забезпечити навантаження під час пікових годин. У періоди низького попиту надлишкова енергія може постачатися в мережі, що забезпечує ефективність роботи систем.

Крім енергії від СЕС і мережі, надлишок енергії може забезпечуватись електромобілями, для розрядки. Зарядка з одного автомобіля на інший дозволяє уникнути перетворення змінного струму в постійний, що знижує втрати при передачі енергії [7,8].

На рисунку 4 показана характеристика доступної енергії для електромобілів на зарядній станції в будній день.

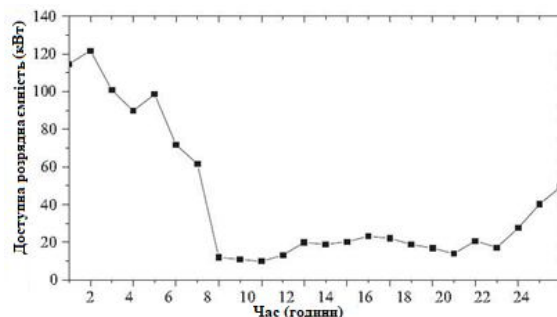


Рисунок. 4 – Доступна ємність для заряджання на зарядній станції

ВИСНОВОК

У роботі представлено проект швидкої зарядної станції для електротранспорту, де використовується шина постійного струму, що підключена до мережі через AC/DC перетворювач. Сонячна електростанція (СЕС) живить систему через DC-DC перетворювач, що дозволяє знизити втрати енергії у порівнянні з використанням шини змінного струму – з приблизно 32% до 10%.

Для запобігання дисбалансу напруги та потужності через зростаюче енергоспоживання електромобілями передбачено двонаправлений потік електроенергії: від транспортного засобу до мережі (V2G) та зарядка між автомобілями (V2V). Це дає можливість ефективніше розподіляти навантаження на мережу.

У пікові години, коли попит на заряд збігається з піковим навантаженням мережі, встановлена СЕС може покрити додатковий попит завдяки достатній потужності в ці періоди. Якщо попит на зарядження знижується, надлишкова енергія від СЕС може передаватися в мережу, що підвищує загальну ефективність системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багач Р. В. Використання зарядних станцій для електромобілів у Харківській області // «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2023» : матеріали 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон: Херсонська державна морська академія, 2023. С. 323–327.

2. Багач Р. В., Гнатов А. В. Енергозбереження у секторі міського електротранспорту// «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2022» : матеріали 13-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон: Херсонська державна морська академія, 2022. С.105–108.

3. Багач Р. Підвищення електромагнітної сумісності і енергоефективності зарядної станції електромобілів // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. — 2024. — № 25. — С. 53–62. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2024.25.0.6>.

4. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Багач Р. В., Гнатова Г. А., Тарасова В. В., Ручка О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2021. – № 20. – С. 17–26. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.02>.

5. 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. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>.

6. Ковалевський М. В. "Електромагнітні процеси в сонячній електростанції для зарядки електромобілів." 2024. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/64157>.

7. Шевченко А. А., Гаєвський О. Ю. "Режими роботи автономної фотоелектричної станції заряджання електромобілів" Міжнародний науково-технічний журнал "Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики" 2020. с392-395. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63388>.

8. Галько С. В. "Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій." Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень 2020.с 83-90. <https://core.ac.uk/download/pdf/553645748.pdf>.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Латвинський В.Д. Сербінов І.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Проблема екології та автомобілів вже багато років розглядається суспільством та науковою спільнотою, при цьому з приходом електромобілів у масове виробництво та споживання ця проблема стала не менш актуальною [1,2].

Одним із варіантів подальшого розвитку електромобілів є застосування сонячних панелей на кузові рисунок 1.



Рисунок 1 – Електромобіль з сонячними батареями

В принципі, фотоелектрика та електромобілі – ідеальне поєднання. Якщо вдома є фотогальванічна система на даху, то можна заряджати електромобіль майже на 100% екологічно чистою сонячною енергією протягом більшої частини року – і таким чином використовувати енергію, що виробляється економічно розумним способом.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Електромобілі також частково вирішують проблему зберігання енергії, оскільки сонячна енергія не доступна постійно. Увечері та вночі згенеровану енергію необхідно десь накопичувати. Це можна зробити за допомогою традиційних енергозберігаючих систем або використати акумулятор електромобіля. Технологія Vehicle-to-Home (V2H) забезпечує двосторонню зарядку, що дозволяє не лише заряджати автомобіль, а й передавати енергію назад до будинку. Ще один крок вперед робить Vehicle-to-Grid (V2G): ця технологія інтегрує електромобілі в енергосистему як децентралізовані батареї, що накопичують надлишкову енергію з відновлюваних джерел і постачають її за потреби. Проте обидві технології, V2H і V2G, поки що обмежені через технічні та нормативні труднощі [3-5].

Водночас тривають дискусії щодо інтеграції сонячних панелей безпосередньо в кузов електромобілів, особливо коли мова йде про серійне виробництво. Наприклад, компанія Sono Motors активно рекламувала Sion як "автомобіль на сонячній енергії." Однак Sion, по суті, залишається електромобілем, здатним заряджатися від сонячних панелей лише на кілька кілометрів. За заявами Sono Motors, за ідеальних умов автомобіль може отримувати в середньому до 112 кілометрів запасу ходу на тиждень завдяки сонячній енергії. Проте реальні тести показали, що цей показник становив лише 28 кілометрів на тиждень, тобто близько 4 кілометрів на день.

Згодом було уточнено, що з квітня по серпень Sion може заряджатися на 150 кілометрів на тиждень завдяки вбудованим сонячним модулям, якщо автомобіль перебуває весь день на сонці. Це еквівалентно близько 20 кілометрів на день, чого достатньо для коротких поїздок. Але ефективність різко знижується, якщо авто знаходиться в гаражах чи на критих паркувальних майданчиках.

Однак це не означає, що через кілька років електромобілі не будуть оснащуватися сонячними панелями. Но, до цього часу ще потрібно зробити велику роботу, щоб витрати і прибутковість перебували у розумному співвідношенні [6-8].

Тому в даний момент краще розглянути інший варіант використання сонячних панелей, а саме у вигляді зарядних станцій для електромобілів.

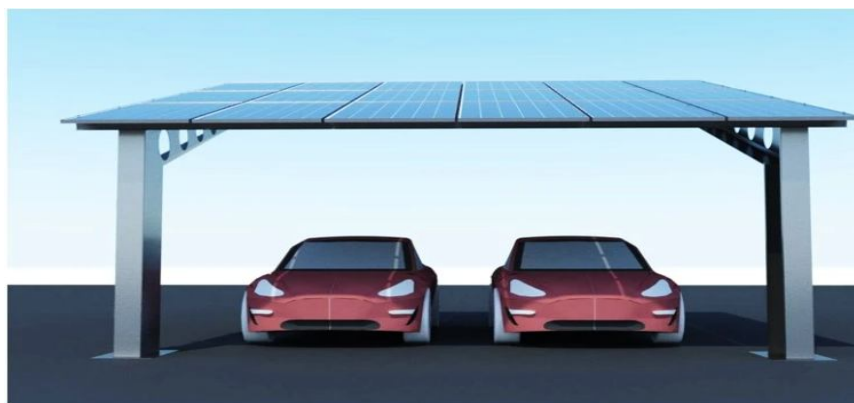


Рисунок 2 – Сонячна зарядна станція

Сонячна зарядна станція для електромобілів складається з кількох основних компонентів: сонячних панелей, гібридного сонячного інвертора, акумуляторного блоку, розміщеного всередині колон навісу, зарядного пристрою потужністю 11 або 22 кВт. У денний час панелі генерують електричну енергію, яка потім перетворюється інвертором з постійної напруги в змінну. Ця енергія використовується для заряджання автомобіля, якщо він підключений. Якщо автомобіль не заряджається, згенерована енергія зберігається в акумуляторному блоці. У нічний час електромобіль заряджається саме від цих акумуляторів [9-12].

У дослідженні розглянуто кілька моделей сонячних панелей від провідних виробників. Важливою технічною вимогою для експлуатації є здатність блоку з 12 панелей забезпечувати напругу приблизно 550 В (по 45,8 В на кожен панель). Усі отримані дані систематизовано в таблиці 1 для полегшення аналізу.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика сонячних панелей

Модель	P, Вт	P, Вт/кг	P, Вт/м ²	U _{мрр} , В	Деградація, %/рік
EVPV410H	410	20	221,6	42,7	0,25
JKM610N-78HL 4-BDV	610	17,6	218,2	45,6	0,4
TSM-DEG21C.20	665	17,2	214,1	38,2	0,45
CS7N-665MB-AG	665	17,5	214,1	38,5	0,45
SIL-490 HN	490	19	208,8	45,2	0,45
Q.PEAK DUO XL-G11.3/BFG 570-585	585	17	213,5	45,1	0,45

У таблиці введено такі позначення: P, Вт – потужність панелі, P, Вт/кг – потужність панелі на одиницю маси, P, Вт/м² – потужність на одиницю площі, U_{мрр}, В – напруга в точці максимальної потужності. Слід зазначити, що представлені моделі можуть видавати

потужність на 10 – 20% вище за заявлену в таблиці за оптимальних погодних умов і розташування.

ВИСНОВОК

З таблиці 1 можна побачити, що модель JKM610N-78HL4-BDV є найбільш оптимальним вибором для розв'язання поставленого завдання. Ця панель серед інших двосторонніх варіантів вирізняється найкращими показниками потужності на одиницю маси та площі, а також має найвищу напругу в точці максимальної потужності.

Однак варто зауважити, що тестові умови, за якими проводилася оцінка, є ідеалізованими, тому передбачити точну поведінку панелей в реальних умовах експлуатації складно. Не враховуються фактори впливу м'якої тіні, а також якість матеріалів, зокрема загартованого скла, яке захищає осередки від пилу і механічних пошкоджень. Це слід враховувати при остаточному виборі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багач Р. В. Використання зарядних станцій для електромобілів у Харківській області // «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2023» матеріали 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон, 2023.: Херсонська державна морська академія, 2023. С. 323–327.
2. Багач Р. В., Гнатов А. В. Енергозбереження у секторі міського електротранспорту // «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2022» матеріали 13-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон, 2022.: Херсонська державна морська академія 2022. С.105–108.
3. Багач Р. Підвищення електромагнітної сумісності і енергоефективності зарядної станції електромобілів // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2024. – № 25. – С. 53–62. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2024.25.0.6>.
4. Гнатов А. В., Аргун І. В., Багач Р. В., Гнатова Г. А., Тарасова В. В., Ручка О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2021. – № 20. – С. 17–26. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.02>.
5. 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. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343>.
6. Багач Р. Дослідження акумуляторних блоків електромобілів та зарядних станцій на основі активного трифазного випрямляча струму // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2023. – № 24. – С. 62–71. – DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2023.24.0.2>
7. Arhun, Shch. Проекти та моделі сонячних зарядних станцій для електромобілів // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2018. – № 80. – С. 45–45. DOI:10.30977/BUL.2219-5548.2018.80.0.45.
8. Смирнов О.П., Борисенко А.О. Стан та перспективи розвитку технології від електромобіля до електричної мережі. 2024.
9. Колесніков В. О., Стадник Л. Д. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів. – 2018.
10. Сікора Д. В. Зарядка автомобільних акумуляторів від сонячних панелей. – 2024.
11. Сонячна батарея для автомобільного акумулятора [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://solpower.com.ua/ua/i/сол-бата-dl-автомобільного-акк>.
12. Ribeiro P. F., Johnson B. K., Crow M. L., Arsoy A., Liu Y. Energy Storage Systems for Advanced Power Applications // Proceedings of the IEEE, 2001. – Vol. 89. – No. 12. – P. 1744–1756.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕСУВНИХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК

Андрєєва А.Д., Уваров В.М., Чернокульський А.О.
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Україна

Для забезпечення споживачів електричною енергією із заданою надійністю та якістю у більшості випадків передбачається використання резервних джерел живлення. Часто в якості резервних джерел живлення застосовують або дизель-електричні агрегати (станції), або бензоагрегати.

Для забезпечення надійності роботи дизель-електричних станцій, прискорення реакції на зміни режимів роботи, виключення помилок обслуговуючого персоналу та підвищення живучості системи електропостачання електричні станції оснащують системами автоматики, які забезпечують виконання заданих функцій.

Автоматизовані системи довели свою ефективність і повністю виправдали сподівання, що очікувались від їх впровадження. Однак на теперішній час, використовуючи розвиток техніки та технологій, більшість виробників енергетичного обладнання, з метою підвищення конкурентоспроможності своєї продукції, оснащують її передовими технологічними рішеннями, які ґрунтуються на мікропроцесорній техніці [1-5], включаючи навіть технології штучного інтелекту. Дані рішення, звісно, є привабливими для споживачів продукції, однак, відповідно, мають свою ціну, яка впливає на вартість обладнання. Деякі системи керування коштують тисячі доларів.

В той же час, автоматика такої електроустановки, як дизельна електростанція, може бути реалізована на більш доступних за вартістю та потребами у налаштуванні та технічному супроводженні рішеннях. Зокрема, мова йде про програмовані логічні контролери, для яких виробники пропонують, в деяких випадках, безкоштовне спеціалізоване або універсальне програмне забезпечення [6], яке дозволяє інженеру за фахом здійснювати самостійну прошивку та налаштування контролера для виконання заданих алгоритмів.

Якщо говорити про дизель-генераторну установку, слід відзначити, що система автоматичного керування електростанцією забезпечує:

- місцеве та дистанційне керування електростанцією;
- пуск та зупинення агрегатів, вмикання та вимикання контактів вводу мережі;
- перехід живлення з агрегатів на промислову мережу без перерви в постачанні електроенергії з наступним автоматичним зупиненням працюючих агрегатів та зворотній перехід;
- автоматичну синхронізацію агрегатів між собою та промисловою мережею;
- автоматичний пуск агрегатів при аварійному вимиканні промислової мережі;
- захист агрегатів та устаткування електростанції при виникненні несправностей аварійних режимів.

Подібна система керування реалізується у вигляді, так званих, функціональних та автономних блоків. Функціональними блоками прийнято називати елементарні пристрої, які реалізують часткові алгоритми. Автономним блоком прийнято називати пристрій, який складається з групи функціональних блоків і реалізує загальний алгоритм роботи, пов'язаний з виконанням самостійного завдання автоматизації.

Етапи синтезу функціонального блоку полягають в наступному.

Крок 1. Формулювання умов роботи функціонального блоку в словесній формі.

Умови роботи функціонального блоку можуть формулюватися словами. Вони повинні точно відбивати специфіку роботи функціонального блоку, на підставі якого формулюється алгоритм його роботи. Складання алгоритму функціонування завершується точним словесним його описом.

Крок 2. Подавання умов роботи в стандартній формі.

За сформульованими умовами роботи дискретного пристрою складається таблиця станів, яка є стандартною формою запису умов роботи. Для формалізації алгоритму функціонування зручно використовувати мову логічних схем алгоритмів (ЛСА). Мовою ЛСА легко сформулювати правила переробки вихідної інформації, сформульованої у словесному описі алгоритму.

На базі логічних функцій переходу складають матричну схему алгоритму (МСА). Матрична схема алгоритму являє собою квадратну матрицю, кожен рядок і кожен стовпець якої зіставлений з оператором. Членами матриці є логічні функції логічних умов. МСА можна інтерпретувати як матрицю переходу автомата Мура, у якого внутрішні стани відзначені операторами, а логічні умови є входами автомата. Синтез дискретного пристрою при цьому зводиться до синтезу логічної мережі автомата Мура.

Крок 3. Складання початкових структурних формул.

Інтерпретуючи дискретний пристрій як автомат Мура, знаходять його функції виходу. Функціями виходу будуть диз'юнкції, які визначають спосіб утворення стовпців МСА. Від функцій виходу переходять до так званих власних функцій виходу.

Крок 4. Мінімізація власних функцій виходу.

Далі власні функції для кожного виходу повинні бути мінімізовані або оптимізовані, якщо потрібно використати певний набір базисних логічних елементів. Завдання мінімізації власних функцій виходу здійснюється на основі застосування відомих методів, які приводять до аналітичного запису функції мінімальної довжини. Після того, як власні функції виходу мінімізовані, складається розширена (повна) таблиця власних функцій виходу. На базі цієї таблиці складається стисла таблиця, яка відрізняється від першої тим, що в ній виходи, які мають однакові власні функції, ототожнюються.

Крок 5. Складання структурної (функціональної) схеми.

За стислою таблицею виконується побудова логічної мережі дискретного пристрою. Як базисні елементи для побудови логічної мережі доцільно використати логічні елементи І, АБО, НЕ. Синтез закінчується вибором типу використаних промислових елементів і складанням схеми логічної мережі функціонального блоку.

Як приклад, розглянемо синтез системи автоматичного дистанційного керування силовими колами електростанцій при зупинці агрегату.

Перший етап синтезу полягає у формалізації алгоритму. Алгоритм зупинки агрегату заданий у формі відображень на рисунку 1.



Рисунок 1 – Функціональна схема алгоритму зупинки агрегату

Узагальнений сигнал зупинки агрегату формується на платі ПЗ:

- за командою оператора з ПУ (ПДУ) або з БРУ;
- при КЗ на фідері – за сигналом із БР агрегату;
- при переведенні живлення на мережу – за сигналом із БР агрегату;
- при перегріві агрегату – за сигналом із БР агрегату;
- при пожежі – за сигналом із ЩОП.

Узагальнений сигнал зупинки надходить на плату П5, запам'ятовується й формує сигнал «ВІДКЛЮЧЕННЯ КОНТАКТОРІВ АГРЕГАТУ», який надходить у ЩША. Пам'ять зупинки через РЧ 180 с. формує сигнал «ВІВЕСТИ РЕЙКУ У min», який надходить у БР агрегату. Для контролю виведення рейки в положення нульової подачі палива служить РЧ 20 с. на платі П5. При спрацьовуванні цього реле на платі П5 формується сигнал «НЕЗАВЕРШЕНИЙ ПУСК-ЗУПИНКА». Цей сигнал надходить на П6, де формується сигнал «НЕСПРАВНІСТЬ АГРЕГАТУ».

Функціональна схема реалізації алгоритму зупинки агрегату, яка отримана після виконання операцій, наведених вище, зображено на рисунку 2.

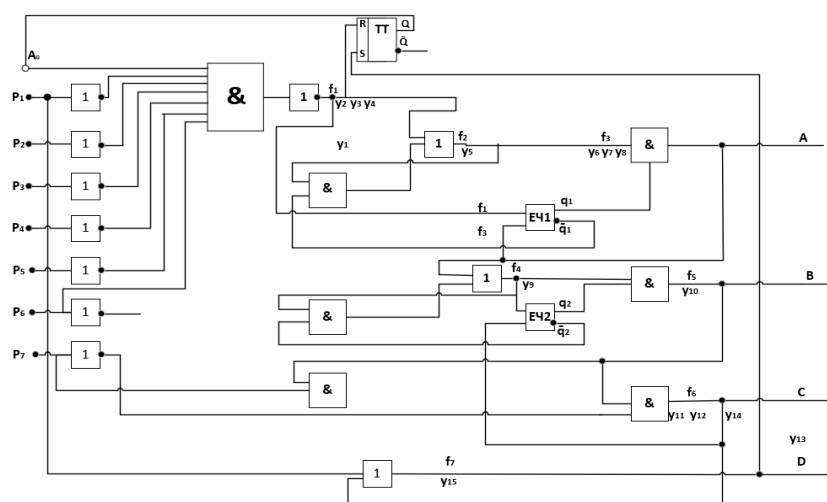


Рисунок 2 – Функціональна схема реалізації алгоритму зупинки агрегату

ВИСНОВОК

Використання базових знань, які здобувачі освіти за спеціальністю Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка отримують в рамках програми підготовки, дозволяє самостійно опанувати та застосувати на практиці програмування програмованих логічних контролерів на підставі методики розробки функціональних схем алгоритмів та за допомогою відповідного програмного забезпечення. Реалізація інженерних знань та навичок дозволяє суттєво скоротити фінансові витрати на впровадження та технічне супроводження експлуатації автоматизованих систем керування відповідального промислового обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Diesel Generator Control Panels. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vitalpower.co.uk/blog/diesel-generator-control-panels/>.
2. What is the Controller of a Diesel Generator Set. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.aggpower.com/news/what-is-the-controller-of-a-diesel-generator-set>.
3. Generator Control Panel. - What it is and How it's Used – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.generatorsource.com/Generator_Control_Panel.aspx.
4. DEIF 2911500030 05 PPM-3 Marine Variant 05 PPM-3 EDG Emergency Diesel Generator controller. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://instru-measure.com/deif-2911500030-05-ppm-3-marine-variant-05-ppm-3-edg-emergency-diesel-generator-controller/?srsltid=AfmBOoqvSkRiRIfj8DcbAK2jgytHXchdnR4B7YXcFCZmfBfvnT_irP8o.
5. PPM 300 Genset controller. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.deif.com/products/ppm-300-genset-controller/>.
6. CODESYS Store International. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://store.codesys.com/en/>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА МЕРЕЖУ ЖИВЛЕННЯ

Нечаус А.О., Петрачков В.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Зарядна станція електромобілів, відносно мережі живлення, відіграє роль досить потужного споживача електричної енергії. Крім того, виходячи з функцій, які вона виконує, містить у своєму складі силові напівпровідникові перетворювачі. Таким чином, при своїй роботі, вона має значний вплив на режим роботи мережі живлення. Розрізняють декілька основних впливів з боку зарядної станції на електричну мережу [1,2]:

- втрати потужності, які обумовлені перетіканням великої кількості електричної енергії у силових елементах мережі;
- коливання напруги, які обумовлені підключенням та відключенням споживачів великої потужності;
- несиметрія напруги, яка виникає при використанні потужних однофазних зарядних станцій;
- викривлення форми напруги та струму у мережі, які обумовлені роботою силових напівпровідникових перетворювачів.

Перша, друга і, частково, третя проблеми, повинні вирішуватися енергопостачальними компаніями, які забезпечують обслуговування електричних мереж. Зокрема, вони повинні забезпечити модернізацію мереж та їх основного обладнання, впроваджувати засоби регулювання та відповідні резерви потужності для забезпечення кінцевого споживача електричною енергією заданої якості у відповідній кількості. З боку розробників зарядних станцій, повинні вирішуватися четверта та, частково, третя проблеми. Третя вирішується шляхом використання трифазних схем перетворювачів з боку мережі живлення, а четверта – являє собою досить великий перелік питань, пов'язаних з розробкою силових перетворювачів та їх супутнього обладнання, які забезпечують узгодження параметрів електричної енергії мережі живлення з вимогами електричної системи електромобілів, забезпечують якісні показники електричної енергії, а також заданий рівень електробезпеки користувачів.

Спрощена схема зарядної станції електромобілів наведена на рисунку 1.

До схеми входять: вхідний ($\Phi 1$) та вихідний ($\Phi 2$) фільтри, перший каскад перетворення змінної напруги (AC/DC), другий каскад регулювання постійної напруги (DC/DC). Побудова та схемні рішення щодо подібного роду пристроїв наведені у [2-3]. Застосування електричних фільтрів $\Phi 1$ та $\Phi 2$ дозволяє забезпечити задані рівні якості електричної енергії як з боку тягової акумуляторної батареї електромобіля для забезпечення її довговічності, так і з боку енергопостачальної компанії з точки зору задоволення інших споживачів.

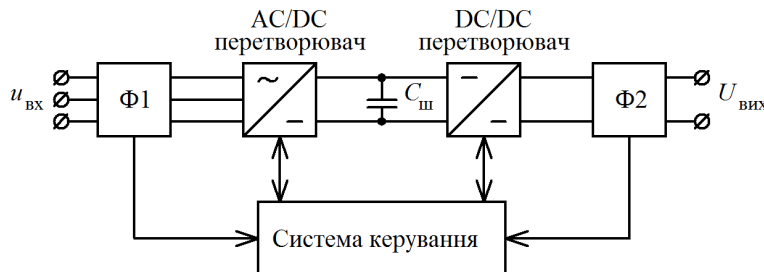


Рисунок 1 – Спрощена схема зарядної станції електромобілів

Перспективними рішеннями щодо побудови каскаду регулювання постійної напруги зарядної станції є її двонаправлене виконання із застосуванням високочастотного трансформатора у трифазному виконанні з підвищеними значеннями індуктивності витоків,

яка відіграє роль індуктивної складової системи фільтрації напруги [4]. Збільшення цієї індуктивності досягається збільшенням ізоляційної відстані між первинною та вторинною обмотками трансформатора, що, своєю чергою, зменшує його ефективність. В такому разі задача проектування набуває ознак багатокритеріальної оптимізаційної задачі, яка вимагає додаткових досліджень.

Для підвищення ККД всієї установки слід вжити заходів щодо зниження втрат у перетворювачах та трансформаторі. Проведений аналіз свідчить, що визначальними чинниками, з точки зору енергетичних характеристик, є частота перемикання перетворювачів, максимальна густина магнітного потоку в осерді трансформатора, коефіцієнт трансформації та індуктивність виток. Якщо означені параметри відомі, то решту параметрів можна визначити. Одним з індикаторів втрат енергії можна вважати температурний режим трансформатора та перетворювачів, оскільки саме теплові втрати є необоротними. В такому разі задачу оптимізації полягає у підборі комбінації параметрів перелічених раніше, таким чином щоб мінімізувати активні втрати. Для цього доцільне застосування сучасних евристичних методів, таких як генетичний алгоритм (GA), диференційна еволюція (DE), рою часток (PSO) [5]. У своїй роботі ми обрали метод GA, оскільки він відзначається простотою та може бути реалізований у програмному середовищі Matlab/Simulink.

ВИСНОВКИ

Застосування спеціальних схем напівпровідникових перетворювачів, а також спеціальних конструкцій трансформаторів у їх складі, дозволяє знизити вимоги до вхідного та вихідного фільтрів зарядних станцій електромобілів, водночас підвищуючи їх ефективність та масо-габаритні показники. Оцінка прийнятих технічних рішень повинна ґрунтуватися на результатах аналізу технологічної та економічної доцільності їх впровадження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Srivastava, Abhinav & Manas, Munish & Dubey, Rajesh. (2023). Electric vehicle integration's impacts on power quality in distribution network and associated mitigation measures: a review. *Journal of Engineering and Applied Science*. 70(1), doi: 10.1186/s44147-023-00193-w.
2. M. R. Khalid, I. A. Khan, S. Hameed, M. S. J. Asghar and J. Ro, "A Comprehensive Review on Structural Topologies, Power Levels, Energy Storage Systems, and Standards for Electric Vehicle Charging Stations and Their Impacts on Grid," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 128069-128094, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3112189.
3. Musavi, Fariborz. (2014). Fundamentals of Chargers. In book: *Advanced Electric Drive Vehicles* (pp.439-464). doi: 10.1201/b17506-14.
4. Nguyen D-D, Bui N-T, Yukita K. Design and Optimization of Three-Phase Dual-Active-Bridge Converters for Electric Vehicle Charging Stations. *Energies*. 2020; 13(1):150. <https://doi.org/10.3390/en13010150>.
5. Kachitvichyanukul, Voratas. (2012). Comparison of three evolutionary algorithms: GA, PSO, and DE. *Industrial Engineering and Management Systems*. 12. 215-223. 10.7232/iems.2012.11.3.215.

РОЗВИТОК ЗАРЯДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Бондаренко Д.І., Дзюбенко О.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Національна економічна стратегія визнає необхідність досягнення кліматичної нейтральності не пізніше 2060 р. Також, зменшення сумарного обсягу викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від пересувних джерел, умовно приведеного до оксиду вуглецю з урахуванням відносної агресивності основних забруднювачів, до 70 % (від рівня 2015 р.) є одним із пріоритетів Національної транспортної стратегії на період до 2030 р. [1].

Що стосується електрифікації автопарку, останніми роками в Україні спостерігається зростання обсягів продажу електромобілів, чому сприяли стимулюючі заходи державної політики. У 2016 р. мито на електротранспорт було скасоване, а з 2018 р. скасували акциз і ПДВ на імпорт електромобілів. Як наслідок, у 2014 р. було продано лише 62 електромобілі (0,07 % від загальної кількості продажів), у 2016 р. – 1148 електромобілів (1,5 %), у 2019 р. – 7012 (7,2 %). Наразі Україна серед топ-12 європейських країн за загальною кількістю електромобілів і демонструє один із найвищих темпів електрифікації автопарку [1].

За даними Інституту дослідження авторинку, лише в серпні (2024 р. – прим. авт.) українці придбали майже 9,4 тис. нових та вживаних електромобілів. Це стало абсолютним місячним рекордом від 2014 р., за увесь час продажів електроавтомобілів в Україні. Якщо рахувати з початку року, то за вісім місяців було придбано понад 54,8 тис. електрокарів, що вже більше, ніж за увесь 2023 р. [2].

Технічні аспекти

Більшість автомобілів, які імпортуються, це вживані автомобілі з Європи, Азії та США. Попри зростання попиту, зарядна інфраструктура в Україні розвинена недостатньо. Станом на кінець 2021 р. налічується операторів зарядних станцій – більше 15, зарядних станцій – 3244, точок зарядки/конекторів – 7661, з них «повільних» AC ≤ 22 кВт (Type 1, Type 2, J 1772) - 5826 – 76 %; «швидких» DC ≥ 22 кВт (CCS 1, CCS 2, CHAdeMO, GB/T) - 1835 - (24 %) [3].

При цьому, основну кількість зарядних станцій зосереджено в великих містах (Київ, Львів, Харків, Одеса) та вздовж центральних трас [4]. Наявний дисбаланс в бік «повільних» станцій (до 22 кВт). Цього недостатньо для забезпечення потреб поточного парку електромобілів, особливо з урахуванням темпів його зростання. Різноманіття використовуваних стандартів зарядки теж ускладнює ситуацію.

Економічні та екологічні аспекти

Розвиток зарядної інфраструктури створить нові робочі місця, залучить інвестиції у транспортний сектор; поширення електромобілів, як один з наслідків, зниження забрудненості повітря в містах з великим рухом автомобільного транспорту та скорочення викидів CO₂.

Таким чином, розвиток зарядної інфраструктури є не лише необхідною умовою для популяризації електромобілів, але й важливим фактором екологічної та економічної стабільності країни.

МЕТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою дослідження є розробка пропозицій для уніфікації процесу заряджання електроавтомобілів в Україні, враховуючи світовий досвід.

Це дозволить:

- забезпечити сумісність різних моделей електромобілів із зарядними станціями;

- прискорити адаптацію інноваційних технологій у сфері зарядної інфраструктури;
- сприяти інтеграції України в глобальну мережу екологічно чистого транспорту.

Визначена мета потребує вирішення наступних завдань під час виконання дослідження:

- проведення аналізу існуючих стандартів зарядки електромобілів у світі та в Україні;
- оцінку переваг та недоліків кожного стандарту;
- розробку рекомендації для покращення зарядної інфраструктури та уніфікації стандартів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На сьогодні існує декілька стандартів зарядних станцій електромобілів.

Стандарт IEC 62196, початково запроваджений у 2003 р. Міжнародною електротехнічною комісією, отримавши з часом низку змін, є глобальним та передбачає всі наявні конфігурації зарядних автомобілів.

В цей стандарт входить роз'єм Тип 1, введений стандартом Американського товариства інженерів SAE J1772 у 2012 р., який розповсюджений в США. Він має п'ять контактів («фаза», «нуль», заземлення, контакт «Proximity Pilot» для запобігання руху автомобіля під час заряджання та контакт «Control Pilot», що забезпечує комунікацію між автомобілем та зарядною станцією, відслідковуючи наявність транспортного засобу, початок-закінчення зарядки, рівень заряду, максимально допустимий струм заряджання, тощо), механічну систему блокування для запобігання випадковому відключенню та передбачає зарядку однофазним змінним струмом напругою 120 або 240 В, потужністю 1,92 або 7,68 кВт., відповідно [5].

Роз'єм Тип 2, введений доповненням до стандарту IEC 62196, став обов'язковим в Європі для всіх нових електрокарів з 2017 р. Має сім контактів (три фазних контакти, «нейтраль», заземлення, контакт «Proximity Pilot», контакт «Control Pilot»), електромагнітне автоматичне блокування запобігання випадковому відключенню та забезпечує зарядку змінним однофазним струмом напругою до 250 В, потужністю від 5 до 17,5 кВт або трифазним струмом напругою до 480 В, потужністю від 7,60 до 30,24 кВт [6].

Стандартам IEC 62196 та SAE J1772 відповідає стандарт GB/T 20234, переглянутий та оновлений у 2015 р. Управлінням стандартизації Китаю, який підтримує заряджання змінним однофазним струмом з напругою до 250 В потужністю від до 2,5 до 8 кВт або з напругою до 440 В потужністю від 7,2 до 27,7 кВт. Конструкція роз'єму схожа на Тип 2 по стандарту IEC 62196.2 але має інше розташування контактів [7].

Третю частину стандарту IEC 62196 було опубліковано у 2014 р. аж з часом доповнено та переопубліковано у 2024 р. Пов'язано це з доступністю заряджання електромобілів постійним струмом, що дозволило зробити процес заряджання більш ефективним, через можливість використання струму більшої потужності без його конвертації агрегатами автомобіля – перетворення перемінного струму на постійний відбувається безпосередньо в зарядній станції.

Роз'єм типу AA (за стандартом IEC 62196), відомий також як система CHAdeMO (від «Charge de move») було розроблено в 2010 р. японською асоціацією автовиробників. Роз'єми CHAdeMO першого покоління забезпечують до 62,5 кВт при 500 В. Специфікація другого покоління дозволяє до 400 кВт на 1 кВ, 400 А.

Роз'єм має 10 контактів (два потужних контакти «+» та «-» розташовано в центральній частині роз'єму, та дві групи по чотири контакти меншої потужності, серед яких заземлення, «Proximity Pilot», два контакти «Start/stop charging», контакт включення заряджання, два контакти для під'єднання до CAN-шини автомобіля та резервний

контакт). Автоматичне блокування для запобігання випадкового відключення роз'єму під час заряджання також присутнє.

В перспективі розробка третього покоління системи, яке має робочу назву «ChaoJi» та має на меті забезпечити заряджання струмом потужністю до 900 кВт. Роз'єм ChaoJi буде сумісним з системою CHAdeMO та стандартом GB/T [8].

Роз'єм типу BB за стандартом IEC 62196 відповідає роз'єму, наведеному в третій частині китайського стандарту GB/T 20234 та призначений для використання із зарядними станціями постійного струму з підтримкою зв'язку по CAN-шині. Заряджання здійснюється постійним струмом напругою однофазним струмом з напругою від 750 до 1000 В, потужністю до 250 кВт. Роз'єм має дев'ять контактів (основні зарядні контакти «+» та «-», два контакти для підключення до CAN-шини, два контакти для передачі низьковольтного постійного струму, два контакти «Start/stop charging» та заземлення) та автоматичне блокування від випадкового відключення.

Впроваджені стандартом IEC 62196 роз'єми типу EE та типу FF, ще відомі під назвами «Combo 1» та «Combo 2» або CCS 1 та CCS 2 (від Combined Charging Standard), відповідно, є комбінованими та дозволяють заряджання як змінним так й постійним струмом. Роз'єм EE («Combo 1», CCS 1) використовується в Північній Америці, тоді як стандарт CCS 2 запроваджено як глобальний.

Конструктивно обидва види роз'ємів виконано як комбіновані з верхньої частини яка забезпечує заряджання змінним струмом та відповідають роз'ємам Типу 1 та Типу 2 за стандартом IEC 62196 та нижньої частини, яка служить для заряджання постійним струмом – силові контакти «+» та «-».

Стандарти CCS підтримують зарядку однофазним змінним струмом аналогічно роз'єму Тип 1 та Тип 2 та постійним струмом при напрузі від 200 до 920 В та потужністю до 350 кВт за технологією надшвидкого заряджання (HPC).

Частину роз'єму стандарту CCS 2, яка знаходиться на кабелі зарядної станції (конектор) позбавлено контактів для заряджання змінним струмом. Так рішення (а також рішення щодо відсутності можливості заряджання трифазним змінним струмом через роз'єм CCS 1) пояснюється тим, що заряджання змінним струмом зараз розглядається лише для побутового використання, тоді як інфраструктурні зарядні станції пропонуватимуть в майбутньому лише швидке заряджання постійним струмом високої потужності. Отже, роз'єм CCS 1 має сім контактів (п'ять контактів аналогічних роз'єму Тип 1 та додатково два силових контакти «+» та «-»), а роз'єм CCS 2 – дев'ять контактів (сім контактів аналогічних роз'єму Тип 2 та додатково два силових контакти «+» та «-»). При цьому конектор зарядної станції стандарту CCS 2 має лише п'ять контактів (заземлення, контакт «Proximity Pilot»; контакт «Control Pilot», та два силових контакти «+» та «-»). Роз'єми стандартів CCS автоматично блокуються при заряджанні для запобігання випадкового від'єднання [9].

Автовиробник Tesla оснащує свої фірмові станції Tesla Supercharger унікальним роз'ємом, завдяки заряджання було доступне лише для автомобілі цього виробника. Однак з 2001 року стандарт був відкритий для використання іншими виробниками і зараз Tesla Supercharger можуть використовуватися електроавтомобілями «Ford», крім того, роз'єм є зворотно сумісним з комбінованим CCS 1, який розповсюджений в Північній Америці. Нові автомобілі Tesla Model 3 обладнуються комбінованим CCS 2 для використання з зарядними станціями в Європі. Технічні характеристики Tesla Supercharger: потужність зарядки до 250 кВт (залежить від моделі), напруга до 480 В постійного струму. Роз'єм має п'ять контактів: два силових «+» та «-», заземлення, контакт «Proximity Pilot», контакт «Control Pilot». Автомобілі Tesla розпізнають підключення до Tesla Supercharger, що запускає заряджання в режимі, оптимізованому для силової батареї [10].

ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих стандартів, типів роз'ємів, що регламентуються ними, та зарядних пристроїв показує, що їх різноманіття створює певні проблеми для масового впровадження електромобілів та розвитку інфраструктури. Таким чином, на меті дослідження має бути оцінка перспектив впровадження інноваційних технологій у сфері зарядних станцій, розробка рекомендацій для покращення зарядної інфраструктури, вивчення діючих світових стандартів та формування висновку щодо їх імплементації в Україні з метою уніфікації процесів. Досягнення визначеної мети потребує проведення додаткових досліджень. Також слід приділити увагу критеріям, на підставі яких можна визначити необхідність розміщення зарядних станцій відповідних стандартів за територіальним розподілом, які відповідають потребам автотранспортної мережі, а також вирішенню питань «дотаційних» станцій – в розміщенні яких існує потреба але не має комерційної складової.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіс ефективного регулювання BRDO. Зелена книга "Реалізація Європейського зеленого курсу в транспорті та формування сталої мобільності" - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/07/ZK-Realizatsiya-YEvropeyskogo-zelenogo-kursu-v-transporti-ta-formuvannya-staloi-mobilnosti.pdf>.
2. Електромобілів в Україні більше - попри відключення світла. Олександр Куницький, Анна Пшемиська 10.09.2024, Deutsche Welle - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.dw.com/uk/elektromobiliv-v-ukraini-bilsae-popri-vidklucenna-svitla/a-70121705>.
3. РБК Україна. В Україні вперше розкрита інформація про кількість зарядних станцій для електромобілів. Автор: Олександр Мороз. 16.11.2021 - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.rbc.ua/ukr/auto/ukraine-vpervye-raskryta-informatsiya-zaryadnoy-1637051605.html>.
4. Портал PlugShare - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.plugshare.com>.
5. Basics of SAE J1772 - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://openev.freshdesk.com/support/solutions/articles/6000052074-basics-of-sae-j1772>.
6. IEC 62196 Electric Vehicle Charge Connector Assembly - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.dalroad.com/wp-content/uploads/2016/08/Type-II-connector-product-spec.pdf>.
7. GB/T 20234.1-2015 (GB/T 20234.1-2023 Newer Version) - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT20234.1-2015>.
8. Protocol Development - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.chademo.com/technology/protocol-development>.
9. ACEA position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.acea.auto/files/charging_20110511.pdf.
10. SAE J3400 Charging Connector- [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://driveelectric.gov/charging-connector>.

Секція III

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧЕ ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ З ФУНКЦІЄЮ АДАПТИВНОЇ ЗМІНИ РОЗМІТКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ДОРОЖНЬОЇ ОБСТАНОВКИ

Гнатів А.В.¹, Лойко С.О.¹, Christos Manasis², John Konstantaras², Dimitris Enea Mele²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²National and Kapodistrian University of Athens, Греція

ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку дорожньої інфраструктури спрямовані на інтеграцію новітніх технологій для підвищення безпеки, енергоефективності та комфорту. Одним з перспективних напрямків є розробка інтелектуального дорожнього покриття, що поєднує функції енергогенерації та динамічної зміни світлодіодної розмітки відповідно до змін дорожньої обстановки. Така технологія здатна адаптувати дорожню розмітку в режимі реального часу, що може значно знизити кількість аварійних ситуацій і полегшити навігацію для водіїв в умовах поганої видимості або підвищеного трафіку [1,2].

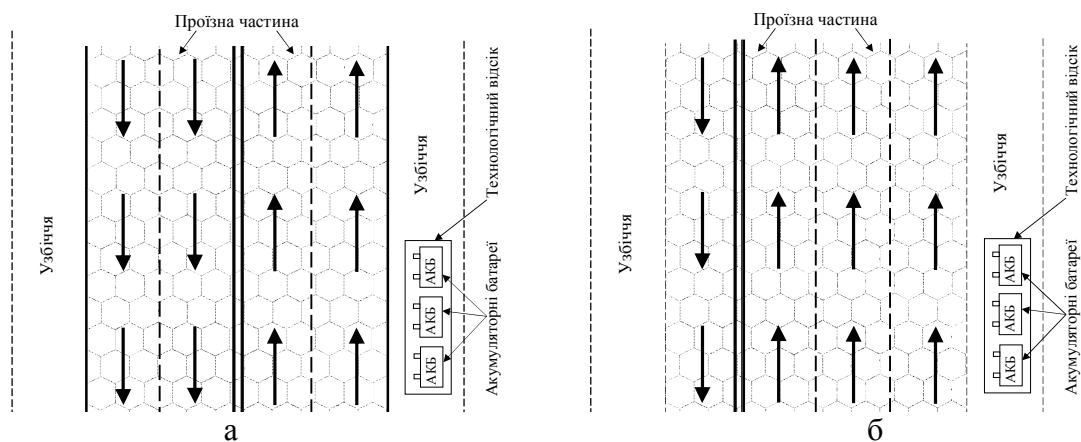
Розвиток інтелектуальних транспортних систем та енергозберігаючих технологій є одним з пріоритетів сучасної дорожньої інфраструктури. Динамічна дорожня розмітка з можливістю адаптивної зміни є актуальним рішенням для густонаселених міських районів та трас з інтенсивним рухом, оскільки вона здатна забезпечувати додаткову безпеку для водіїв і пішоходів, а також знижувати енергоспоживання за рахунок використання відновлюваної енергії[3-5].

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧЕ ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ З ФУНКЦІЄЮ АДАПТИВНОЇ ЗМІНИ РОЗМІТКИ

Основні функції та принцип роботи енергогенеруючого дорожнього покриття, що самостійно може змінювати світлодіодну дорожню розмітку в залежності від дорожньої обстановки [6-8]:

- енергогенерація. Дорожнє покриття інтегрується з фотоелектричними панелями або п'єзоелектричними генераторами, які здатні виробляти електроенергію. Сонячна енергія або механічний вплив автомобілів на п'єзоелектричні матеріали дозволяє накопичувати енергію, яка потім використовується для живлення світлодіодної розмітки;

- інтелектуальна зміна розмітки (рис. 1) [6-11]. Завдяки використанню світлодіодів, вбудованих у дорожнє покриття, можливе динамічне відображення розмітки в реальному часі. Система може змінювати розмітку в залежності від різних факторів, таких як інтенсивність руху, погодні умови, інформація про аварії або ремонтні роботи на дорозі;



а – дорожня розмітка до зміни; б - дорожня розмітка після зміни

Рисунок 1 – Схема способу виконання дорожньої розмітки та її адаптивної зміни

– датчики та автоматизація. Інтелектуальне покриття оснащується датчиками руху, температури, вологості та інфраструктурою для підключення до системи управління дорожнім рухом. Це дозволяє розпізнавати ситуацію на дорозі та автоматично змінювати розмітку, наприклад, при заторах, небезпечних умовах руху або аваріях.

Переваги впровадження такого енергогенеруючого дорожнього покриття:

- безпека на дорозі. Динамічна розмітка, що змінюється відповідно до умов, забезпечує чітке та зрозуміле водіям керування смугами, що особливо важливо в умовах недостатньої видимості або екстрених ситуацій;
- енергоефективність. Енергогенеруюче покриття дозволяє значно скоротити витрати на електроенергію для підсвічування розмітки, знижуючи залежність від зовнішнього електропостачання;
- екологічність. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, дозволяє зменшити викиди парникових газів і підтримати розвиток екологічно чистих технологій;
- гнучкість і адаптивність: Інтелектуальна система може оперативно реагувати на зміну обстановки, забезпечуючи гнучке керування рухом в залежності від часу доби, погодних умов та інших факторів.

Виклики та обмеження щодо впровадження зазначеного енергогенеруючого дорожнього покриття:

- висока вартість. Впровадження таких систем є досить дорогим і вимагає значних початкових інвестицій. Необхідно забезпечити стабільну роботу покриття в умовах високих навантажень та інтенсивного руху;
- надійність і довговічність. Інтегровані електронні компоненти повинні бути захищені від пошкоджень, погодних впливів і зношування, що є важливим аспектом для забезпечення тривалого терміну служби;
- необхідність технічного обслуговування: Впровадження такої системи потребує регулярного технічного обслуговування для забезпечення її надійної роботи, що може збільшити експлуатаційні витрати.

Впровадження енергогенеруючого дорожнього покриття з адаптивною розміткою є важливим кроком до створення більш безпечної та енергоефективної дорожньої інфраструктури. Подальший розвиток цієї технології може бути пов'язаний з інтеграцією штучного інтелекту для більш точного прогнозування та адаптації до умов руху, а також зі збільшенням ефективності енергогенерації. Технологія має великий потенціал для поширення у великих містах та на магістралях з високим навантаженням [12].

ВИСНОВКИ

Розробка енергогенеруючого дорожнього покриття з можливістю динамічної зміни світлодіодної розмітки є інноваційним підходом до модернізації дорожньої інфраструктури. Це не тільки дозволяє підвищити безпеку та енергоефективність, але й відкриває нові перспективи для розумного керування транспортними потоками. Незважаючи на виклики та високі витрати, така технологія має великий потенціал для впровадження у містах майбутнього та може стати важливим елементом сталого розвитку міської мобільності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гнатов А. В. Сучасні дороги та дороги майбутнього, їх види та перспективи використання / А. В. Гнатов, І. В. Аргун, О.Р. Киценко // Вісник ХНАДУ. – 2017. – № 76. – С. 66–73.
2. Andrey Gnatov. Smart Road as a Complex System of Electric Power Generation / Andrey Gnatov, Shchasyana Argun, Natalia Rudenko // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) – May 29 – June 2, 2017. – Kyiv, Ukraine – P. 457–461.

3. 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.
4. Гнатів А. В., Аргун І. В. Гнатова Г. А., Тарасов К. С., Понікаровська С. В. Пристрій примусового зниження швидкості з функцією генерування електроенергії // Автомобільний транспорт. - Х.: ХНАДУ. 2019. Вип. 45. – С. 70-78. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2019.45.0.70>.
5. Гнатів А. В. Енергогенеруюча плитка як альтернативне малопотужне джерело електричної енергії / А. В. Гнатів, І. В. Аргун // Автомобільний транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вип. 40. – С. 167-172.
6. Аргун І. В. Енергозберігаючі технології на основі п'єзоелектричного ефекту для автомобільної техніки / І. В. Аргун // Автомобіль і електроніка. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 11. – 13-19.
7. Пат. 110808 України, E01C5/00, E01C17/00. Автоматична дорожня розмітка для керування рухом транспортних засобів / Гнатів А.В., Аргун І.В., Гнатова Г.А., Киценко О.Р.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатів А.В., Аргун І.В. – № у 2016 03334; заявл. 31.03.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. №20.
8. Гнатів А. В. Спосіб виконання дорожньої розмітки та автоматичного керування рухом автотранспортних засобів. / А. В. Гнатів, І. В. Аргун, Г. А. Гнатова // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ. – 2018. – Вип. 43. – С. 106-110.
9. A. Patlins, A. Hnatov, S. Arhun, H. Hnatova, V. Migal. Study of Load Characteristics of Various Types of Silicon PV Panels for Sustainable Energy Efficient Road Pavement. Electrical, Control and Communication Engineering. 2019, vol. 15, no. 1, pp.30-38. DOI: <https://doi.org/10.2478/ecce-2019-0005>.
10. Patlins A., Hnatov A., Kunicina N., Arhun S., Zabasta A., Ribickis L. Sustainable pavement enable to produce electricity for road lighting using green energy. 2018 Energy and Sustainability for Small Developing Economies (ES2DE). 9-12 July, 2018. – Funchal, Portugal. – P.1–2. doi: 10.1109/ES2DE.2018.8494236.
11. Patlins, A., Arhun, S., Hnatov, A., Dziubenko, O., Ponikarovska, S. Determination of the Best Load Parameters for Productive Operation of PV Panels of Series FS-100M and FS-110P for Sustainable Energy Efficient Road Pavement. In: 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON): E-Proceedings, Latvia, Riga, 12-14 November, 2018. Riga: Riga Technical University, 2018, pp.#7-1-#7-6. e-ISBN 978-1-5386-6902-0.
12. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S. Safety of Pedestrian Crossings and Additional Lighting Using Green Energy. No: Transport Means 2018: Proceedings of 22nd International Scientific Conference, Lietuva, Trakai, 3-5. October, 2018. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2018, 527-531.lpp. ISSN 1822-296X. e-ISSN 2351-7034.

АЛГОРИТМ КОНТРОЛЮ РЕДУКТОРА МОТОР-КОЛЕСА НА ОСНОВІ ВІБРАЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Аргун Щ.В., Скляренко В.Ю.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Контроль технічного стану редуктора мотор-колеса є критично важливим для забезпечення надійності та безпеки експлуатації сучасного електротранспорту, який набуває все більшої популярності у зв'язку зі зростаючою увагою до екологічної сталості та енергоефективності. Надійність роботи таких транспортних засобів значною мірою залежить від стабільності і працездатності ключових компонентів, зокрема редуктора, який передає і перетворює механічну енергію на колеса.

Завдяки використанню методів вібраційної діагностики можна не тільки оперативно виявляти несправності на ранніх етапах, але й зменшувати витрати на ремонт, що робить цей метод надзвичайно актуальним для галузі. Раптові поломки можуть призводити до значних фінансових втрат і простоїв у роботі електротранспорту, що є небажаним як для операторів транспортних компаній, так і для користувачів. Вібраційна діагностика, як ефективний інструмент попереджувального обслуговування, дозволяє уникнути непередбачуваних зупинок, забезпечити триваліший термін служби обладнання та оптимізувати графіки технічного обслуговування.

Актуальність теми обумовлена також тим, що електротранспорт стає основою сучасних міських і промислових транспортних систем, і, отже, питання ефективного моніторингу та обслуговування його компонентів є невід'ємною складовою розвитку транспортної інфраструктури та забезпечення високих стандартів безпеки і надійності. Алгоритм контролю редуктора за допомогою вібраційної діагностики містить дев'ять послідовних блоків, кожен з яких спрямований на детальний аналіз і діагностику основних компонентів редуктора, рисунок 1.

Розглянемо детально кожний з блоків.

1. Початок діагностики. На першому етапі визначаються ключові параметри, які будуть відстежуватися під час діагностики. Основними показниками є амплітуда, частота, спектр вібрацій та стабільність коливань у часі. Для цього використовуються різні типи датчиків, такі як акселерометри, датчики швидкості, лазерні та оптичні датчики, які встановлюються на критичні точки редуктора (підшипники, зубчасті передачі, вали).

2. Встановлення обладнання. На цьому етапі датчики монтуються на редуктор, перевіряється правильність їх встановлення та проводиться калібрування для забезпечення точності вимірювань.

3. Проведення вимірювань. Вимірювання вібрацій проводяться у різних режимах роботи редуктора: під час запуску (пусковий режим), у звичайному режимі експлуатації (номінальний режим) та при імітації стресових умов (режим перевантаження). Це дозволяє виявити поведінку редуктора при різних навантаженнях.

4. Збір та аналіз даних. Отримані вібраційні сигнали обробляються методами швидкого перетворення Фур'є (FFT) для розбиття на частотні компоненти, вейвлет-аналізу для одночасного оцінювання частоти і часу, аналізу огинаючої сигналу для виявлення короткотривалих дефектів та аналізу амплітуд і частот піків для визначення критичних коливань.

5. Оцінка результатів. На основі отриманих параметрів визначається, чи відповідають вібраційні характеристики допустимим значенням для конкретної моделі редуктора. Якщо значення в межах норми, редуктор вважається справним.

6. Ідентифікація дефектів. При перевищенні допустимих значень вібрацій ідентифікуються можливі дефекти, такі як зношення підшипників, дефекти зубчастих передач, дисбаланс валів та неправильне змащення.

7. Прийняття рішень. Якщо виявлено дефекти, приймається рішення про ремонт або заміну пошкоджених компонентів (підшипників, валів, зубчастих передач). Якщо дефекти відсутні, редуктор вважається справним і може продовжувати експлуатацію.

8. Прогнозування. Для прогнозування використовується історичний набір даних і методи машинного навчання, що дозволяє оцінити можливий розвиток дефектів і визначити терміни обслуговування.

9. Рекомендації з технічного обслуговування. На останньому етапі, якщо прогнозування вказує на можливість розвитку дефекту, планується технічне обслуговування або заміна компонентів.

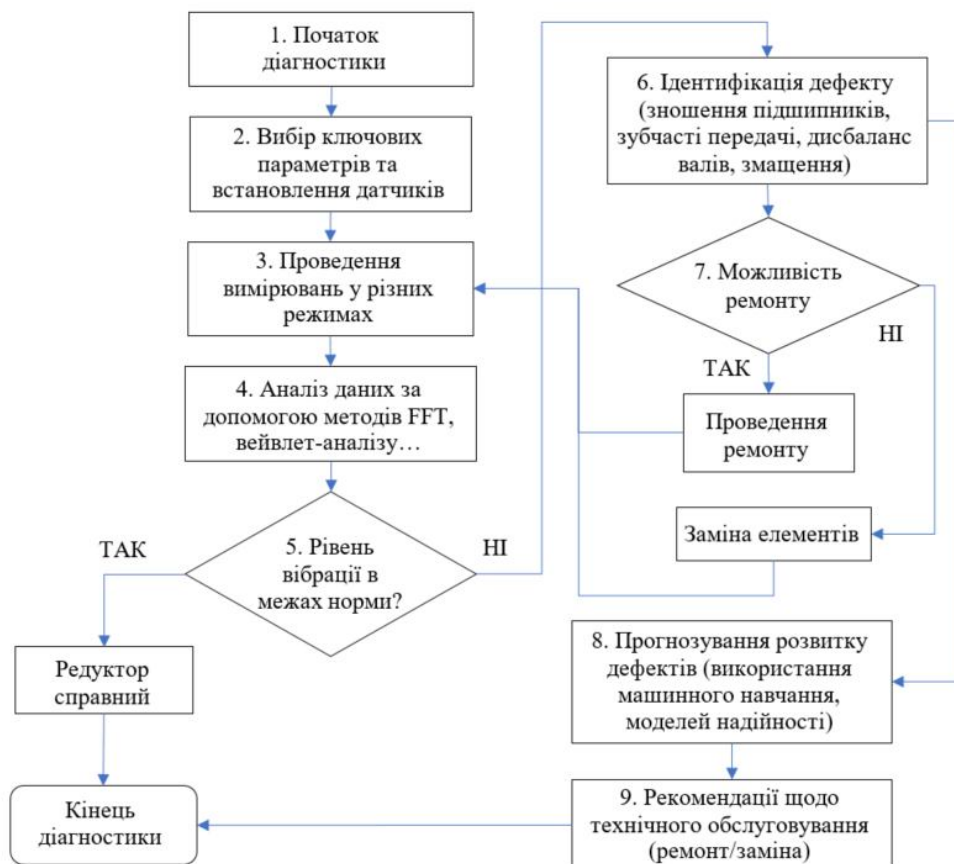


Рисунок 1 – Алгоритм контролю технічного стану редуктора мотор-колеса

Варто відмітити, що існують деякі труднощі реалізації алгоритму, а саме:

- складність калібрування датчиків;
- висока вартість обладнання та обслуговування;
- складність аналізу даних;
- нестабільність вібраційних характеристик.

До переваг використання алгоритму можна віднести:

- раннє виявлення дефектів;
- прогнозування та планування технічного обслуговування;
- зменшення простоїв обладнання;
- можливість автоматизації процесу.

Недоліками даного алгоритму є:

- залежність від умов експлуатації;
- необхідність у кваліфікованому персоналі;
- відносна складність впровадження в малих підприємствах.

Таким чином, при впровадженні алгоритму важливо враховувати як його переваги, що сприяють підвищенню надійності обладнання, так і можливі недоліки, які можуть вимагати додаткових ресурсів і адаптації до умов експлуатації.

ВИСНОВКИ

Запропонований алгоритм вібраційної діагностики для контролю технічного стану редуктора мотор-колеса має численні переваги, зокрема раннє виявлення дефектів, можливість прогнозування і планування обслуговування, а також зниження простоїв обладнання. Однак для його впровадження потрібні значні ресурси, як фінансові, так і людські, що може бути проблематичним для малих підприємств. Незважаючи на труднощі, цей підхід відкриває нові можливості для підвищення надійності та ефективності роботи електротранспорту, роблячи його важливим інструментом для забезпечення безпеки і економічності експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Migal, V., Arhun, S., Shuliak, M., Hnatov, A., Trunova, I., & Shevchenko, I. (2023). Assessing design and manufacturing quality of tractor gearboxes by their vibration characteristics. *Journal of Vibration and Control*, 29(5–6), 1218–1228.
2. Migal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Dvadenko, 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. <https://doi.org/10.7736/KSPE.2019.36.10.989>.
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. Arhun, S., Migal, V., Hnatov, A., Ponikarovska, S., Hnatova, A., & Novichonok, S. (2020). Determining the quality of electric motors by vibro-diagnostic characteristics. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, 7(29). <https://doi.org/10.4108/EAI.13-7-2018.164101>.

ТЕХНОЛОГІЇ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Богаєвський О.Б., Тищенко Д.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

У сучасних автомобілях активно використовуються сучасні технології освітлення, які значно підвищують безпеку і комфорт під час дорожнього руху. Освітлення відіграє важливу роль у забезпеченні гарної видимості в будь-який час доби та за будь-яких погодних умов (дивись табл. 1).

Однією з найпопулярніших технологій є система адаптивного освітлення, яка забезпечує автоматичне регулювання світла залежно від умов на дорозі. Ця система використовує датчики, які визначають рівень освітленості та відстань до інших транспортних засобів, що дає змогу автоматично перемикає світлові режими для найкращої видимості та запобігання засліплення інших водіїв.

Іншою важливою технологією є система динамічного освітлення, яка дає змогу автомобілям адаптувати світлові пучки залежно від руху та поворотів. Це забезпечує ширше освітлення на поворотах і вужче освітлення на прямих ділянках дороги, що допомагає водієві краще орієнтуватися і запобігає засліпленню інших учасників руху.

Ще однією цікавою технологією є система автоматичного увімкнення та вимкнення дальнього світла, яка дає змогу автомобілю самостійно перемикає світло на дальній або ближній режим залежно від виявлених транспортних засобів. Завдяки цій системі водій освітлює дорогу максимально ефективно, не засліплюючи інших водіїв.

Таблиця 1 – Сучасні технології освітлення

Технологія	Опис
Адаптивне освітлення	Автоматичне регулювання світла залежно від умов дороги
Динамічне освітлення	Адаптація світлових пучків відповідно до руху автомобіля
Автоматичне вмикання та вимкання дальнього світла	Система, що перемикає світло на дальній або ближній режим автоматично

До переваг автоматичного адаптивного управління слід віднести наступні функції:

- збільшення видимості: однією з головних переваг автоматичного управління світлом є можливість максимально поліпшити видимість на дорозі в різних умовах освітлення. Технологія автоматичного управління здатна адаптуватися до різних погодних і дорожніх умов, включно з дощем, туманом або сутінками. Це дає змогу водієві бачити дорогу та виявляти перешкоди завчасно, зменшуючи ризик аварійних ситуацій;

- комфортне водіння: завдяки автоматичному управлінню освітлення водій може насолоджуватися комфортним водінням у будь-який час доби. Система автоматично регулює яскравість і напрямок світла, забезпечуючи оптимальне освітлення дороги. Це особливо корисно в умовах нічних поїздок або поганої видимості, що дає змогу водієві залишатися бадьорим і зосередженим на дорозі;

- економія енергії: ще однією перевагою автоматичного управління світлом для водія та оточуючих є можливість зниження енергоспоживання. Технологія дає змогу автоматично вимикати фари або перемикає на більш економні режими світла в разі відсутності інших транспортних засобів або руху на дорозі. Це корисно для економії заряду акумулятора та зниження навантаження на електричну систему автомобіля.

- підвищення безпеки: автоматичне управління світлом сприяє збільшенню безпеки водія та оточуючих учасників дорожнього руху. Система може автоматично вмикати

дальнє світло в разі виявлення відсутності інших автомобілів у певному радіусі, що дає змогу водієві мати кращу видимість на великих відстанях. Це також допомагає знизити потрапляння світла в очі водія інших автомобілів, що сприяє зменшенню дорожніх конфліктів та більшій безпеці на дорозі [1].

Загалом, автоматичне адаптивне управління світлом в автомобілі представляє різнобічні переваги для водіїв і оточуючих. Воно сприяє поліпшенню видимості, забезпечує комфортне водіння та економить енергію, а також підвищує безпеку на дорозі. Така технологія є важливим фактором у сучасних автомобілях, спрямованих на забезпечення найвищого рівня безпеки та комфорту для всіх учасників дорожнього руху.

Значна кількість автомобільних транспортних засобів, як нових, так і випусків попередніх років, з метою підвищення безпеки їх експлуатації потребує з оглядом на сучасні вимоги до безпеки і конструкції удосконалення такої електротехнічної системи як система освітлення. Останнім часом все частіше почали комплектувати автомобілі системами адаптивного світла.

Механічне перенесення конструкції адаптивного світла на будь-який автомобіль з метою модернізації системи освітлення представляє собою непростий і вартісний процес.

Але якщо обмежити модернізацію додаванням однієї або двох додаткових функцій до штатних можливостей традиційної системи, то процес удосконалення можна значно спростити.

В роботі запропонований варіант удосконалення шляхом розширення освітлення бокової зони (узбіччя) при поворотах транспортного засобу вліво або вправо. Ця додаткова опція досягається встановленням на передньому бампері автомобіля зліва і справа додаткових малогабаритних фар на світлодіодах. Конструктивне рішення представлено на рисунку 1.

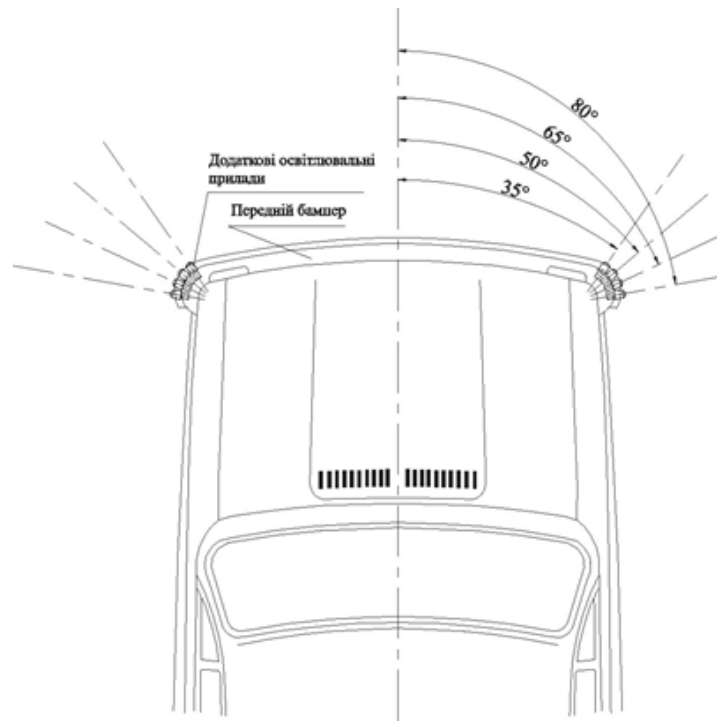


Рисунок 1 – Приклад встановлення додаткових освітлювальних приладів

Алгоритм роботи модернізованої системи наступний. При кутах повороту передніх коліс до 10° в обидві сторони працює тільки штатне освітлення. Водій може здійснювати невеликі повороти, наприклад, перебудовуватися на іншу смугу, об'їжджати припарковані автомобілі, здійснювати обгін.

При повороті передніх коліс на кут понад 10° вмикається перша додаткова фара у бік повороту. Сектор освітлення збільшиться приблизно на 15° . При великих кутах

повороту коліс через кожні 10° включатиметься наступна додаткова фара, збільшуючи сектор освітлення на 15° . На схемі вказана можливість збільшення сектора освітлення узбіччя до 45° .

Слід звернути увагу, що мікропроцесорний блок управління отримує інформацію від датчика повороту, встановленого на рульовій колонці. Для коректного обчислення кута повороту передніх коліс потрібно врахувати коефіцієнт передачі рульового редуктора і конструкцію рулевих тяг моделі автомобіля, який проходить модернізацію. Всі ці моменти враховуються програмно, налаштування мають певні особливості, що визначаються маркою авто.

Крім того, з метою зниження енергоспоживання до локальної системи включено датчик освітлення, що дозволяє регулювати ще й яскравість свідчення додаткового обладнання в залежності від пори доби (сутінки, вечір, ніч). Технологія дає змогу автоматично вимикати фари або перемикатися на більш економні режими світла в разі відсутності інших транспортних засобів або руху на дорозі. Це корисно для економії заряду акумулятора та зниження навантаження на електричну систему автомобіля.

Важливо відмітити, що запропонована ідея застосування жорстко закріплених на бампері додаткових освітлювальних приладів у вигляді матриці, де кожен прилад має свій кутовий сектор освітлення, дає змогу реалізувати завдяки лише управлінню «поворот» світлового променя в бік узбіччя без застосування привідного двигуна – актуатора. Тобто отримали поворот світлового променя без фізичного повороту додаткового освітлювального обладнання.

Додавання цієї опції (адаптивне розширення освітлення узбіччя) до системи штатного традиційного управління освітленням авто безперечно є актуальним не лише для транспортних засобів цивільного призначення, а й для військового колісного транспорту, оскільки прямо впливає на підвищення безпеки руху в темну пору доби. А використання запропонованої ідеї на думку авторів значно спростить процес модернізації і вносить певний вклад в розвиток методів і засобів електричної інженерії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автомобільне освітлення – робота автоматичної системи управління. - <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/sistema-osveshcheniya>.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПРИСУТНОСТІ ВОДІЯ В АВТОМОБІЛІ З АВТОНОМНИМ УПРАВЛІННЯМ

Богаєвський О.Б.¹, Осічев О.В.², Абоатхбах Маджед³

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна,

³Приватний підприємець, Республіка Ліван

Робота стосується галузі дорожніх транспортних засобів з автономним управлінням, і відповідно до заходів контролю присутності водія на водійському сидінні у випадку, коли управління рухом здійснюється в автоматичному режимі.

У відповідності до вимог безпечності руху автономних автомобілів присутність оператора – водія на водійському сидінні є обов'язковою. При цьому водій повинен тримати руки на рульовому колесі, щоб в разі виникнення реальної загрози пасажиром транспортного засобу під час дорожнього руху в автономному режимі, перебрати управління на себе з метою запобігання аварійної ситуації, з якою в тих чи інших конкретних умовах не змогли поки що впоратись системи автономного управління. Зрозуміло, що в якості оператора – водія, може бути лише відповідно підготовлений спеціаліст з досвідом.

Найбільш близькою за технічною суттю до системи, що пропонується, є система контролю присутності водія і моніторингу його фізіологічного стану [1]. Існуюча система є частиною транспортного засобу з системою автономного автоматичного управління, що функціонує в режимах настройки, активного водіння, безпечної зупинки і реагування на надзвичайні ситуації. У режимі активного водіння транспортний засіб автоматично рухається по маршруту, заданому в режимі настройки. Система виявлення водія виявляє присутність водія на водійському сидінні і контролює його фізіологічний стан. Режим активного водіння не запускається до тих пір, поки на водійському сидінні не буде виявлений водій і його фізіологічний стан не співпадатиме із заздалегідь заданим нормальним станом. У режимі активного водіння робиться відлік часу, впродовж якого не виявлено присутність водія. У разі перевищення першого порогового значення часу водієві направляють повідомлення про те, що режим активного водіння може бути завершений. При перевищенні другого порогового значення часу завершують режим активного водіння і запускають режим безпечної зупинки. У режимі активного водіння отриману інформацію про фізіологічний стан водія порівнюють із заздалегідь заданим критичним станом і у разі збігу даних значень завершують режим активного водіння з подальшим запуском режиму реагування на надзвичайну ситуацію. Головними вимогами до системи виявлення водія є забезпечення безвідмовності, простоти використання, підвищення надійності і ефективності руху в автономному режимі. Існуюча система має функцію контролю як присутності водія, так і стану його здоров'я.

Для виявлення водія на водійському сидінні і визначення фізіологічного стану водія передбачена спеціальна система датчиків. У режимі налаштування система автоматичного управління порівнює отримане за допомогою датчиків фізіологічний стан водія із заздалегідь заданим нормальним станом.

Для виявлення водія на водійському сидінні і контролю його фізіологічного стану в автоматично керованому транспортному засобі використовується один або декілька датчиків. Для виявлення водія на водійському сидінні можна використати відому систему датчиків класифікації пасажирів, що входить в систему пасивної безпеки і пристосовану для виявлення пасажирів на передніх сидіннях.

Також можуть бути використані і інші датчики присутності, наприклад інфрачервоний детектор наближення. Попередження виводиться кожного разу за відсутності водія, коли автоматично керований транспортний засіб не припаркований.

Якщо і після цього водій не буде виявлений, транспортний засіб акуратно спрямовується у безпечне місце, наприклад на узбіччя, і зупиняється.

Для контролю фізіологічного стану, стану здоров'я і самопочуття водія (наприклад, частоти серцевих скорочень, інтенсивності дихання, температури тіла, рівня цукру в крові, артеріального тиску і так далі) використовують різні відомі біометричні датчики. До них можна віднести вбудовані датчики (наприклад, ємнісні датчики, вбудовані у водійське сидіння, які призначені для виміру частоти серцевих скорочень (ЕКГ) і інтенсивності дихання, або електроди на рульовому колесі, які призначені для виміру частоти серцевих скорочень, з датчиком дихання на ремені безпеки) або особисті облаштування водія, які контролюють особливі умови і обмінюються даними з транспортним засобом.

Також для виявлення водія на сидінні і контролю його фізіологічного стану можуть бути використані внутрішньосалонні датчики зображення, що виробляють спостереження за біометрією особи, станом очей, частотою пульсу і інтенсивністю дихання за допомогою технологій аналізу міміки обличчя і пульсової оксиметрії. Існують пропозиції, щоб присутність водія, його частоту серцевих скорочень і інтенсивність дихання можна було б контролювати за допомогою електромагнітних датчиків дистанційного виявлення, наприклад за допомогою радіолокаційних і лідарних датчиків. Під час руху робиться безперервний контроль фізіологічного стану. У разі виявлення будь-якого серйозного стану/відхилення у біологічних сигналах можуть бути вжиті відповідні заходи, що коригують, наприклад перенаправлення транспортного засобу з автономним управлінням на узбіччя, після чого в екстрену службу може бути спрямоване автоматичне сповіщення про надзвичайну ситуацію з вказівкою місця розташування транспортного засобу і стану водія.

Головним елементом автомобіля з автономним управлінням є система автоматичного управління, що з'єднана з множиною підсистем і координує їх роботу, що дозволяє забезпечити автономне управління транспортним засобом. Серед цих підсистем знаходиться локальна система виявлення водія в салоні автомобіля, яка включає один або декілька датчиків, встановлених на водійському сидінні та рульовому колесі, власне блок виявлення водія, який обробляє сигнали датчиків і передає інформацію в систему автоматичного управління автономного автомобіля, що дозволяє виявити присутність або відсутність водія на водійському сидінні і контролювати його фізіологічний стан, і на підставі чого дозволити або заборонити режим автономного руху.

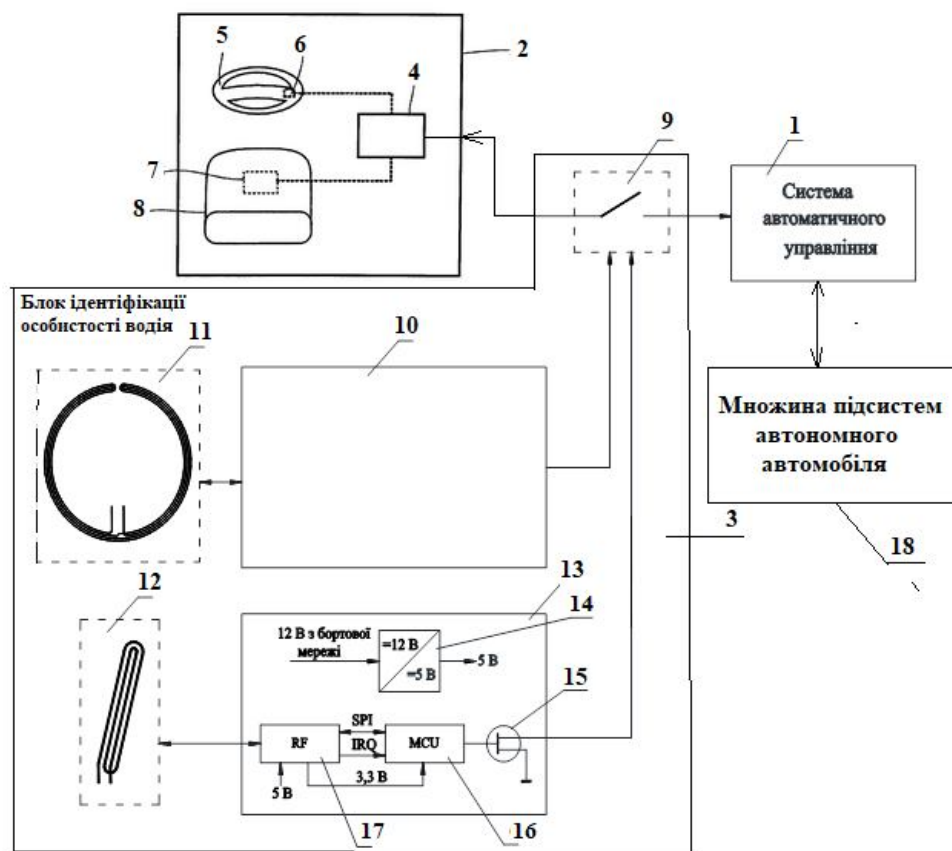
Розглянута існуюча система виявлення водія в салоні автомобіля з автономним управлінням є досить досконалою, а система контролю присутності водія на водійському сидінні буде обов'язковою складовою системи автономного управління найближчими роками.

Проте існуюча система ніяким чином не може завадити потраплянню на водійське сидіння людини, що не має необхідної професійної підготовки. Це важливо як з технічної, так і юридичної точок зору. Тому що водій в салоні безпілотного транспортного засобу є важливим засобом страхування від виникнення непередбачених ситуацій в процесі дорожнього руху, то відповідно цей водій повинен мати необхідний досвід водіння, кваліфікацію і пройти відповідний цикл навчання експлуатації та водінню конкретного типу безпілотного автомобіля, або декількох типів, якщо такі будуть у відповідному автопарку. Подібний підхід дозволить істотно підняти рівень безпеки руху за рахунок недопущення до управління випадкових водіїв.

В роботі поставлено задачу вдосконалення системи контролю присутності водія у транспортному засобі з автономним управлінням, підвищення ефективності та надійності її роботи.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що до складу існуючої системи контролю присутності водія у транспортному засобі з автономним управлінням додається блок ідентифікації особистості водія (рисунок 1), що включається між основною

системою автоматичного управління і існуючою системою виявлення присутності водія в салоні автомобіля з автономним управлінням з мінімальним втручанням в електричну схему і без втручання в програмне забезпечення автомобіля з автономним управлінням. Запропонований блок ідентифікації особистості водія функціонує незалежно від роботи існуючої системи. Через блок ідентифікації особистості водія буде відбуватись обмін сигналами між основною системою автоматичного управління і існуючою системою виявлення водія в салоні автомобіля з автономним управлінням.



- 1 - система автоматичного управління; 2 - існуюча локальна система контролю присутності водія і моніторингу його фізіологічного стану; 3 - блок ідентифікації особистості водія; 4 - блок виявлення водія; 5 - рульове колесо; 6, 7 – датчики; 8 - водійське крісло; 9- вузол управління (комутації) каналу обміну сигналами між елементами 2 і 1; 10, 13 - пристрої читання NFC-міток рульового колеса і крісла водія відповідно; 11, 12 - антенні модулі відповідно рульового колеса і крісла водія; 14 - імпульсний перетворювач напруги; 15 - вихідний силовий ключ; 16 - мікроконтролер управління; 17 - NFC комунікаційний контролер

Рисунок 1 – Склад блоку ідентифікації особистості водія і його включення до існуючої системи автоматичного управління автономного автомобіля

Для ідентифікації особистості водія використовуються радіочастотні мітки з інтерфейсом NFC. NFC (Near Field Communication) - технологія бездротової передачі даних малого радіусу дії, яка забезпечує обмін даними між пристроями, що знаходяться на відстані близько 10 см один від одного. Для надійного контролю положення водія на кріслі та ідентифікації особистості доцільно розмістити антену активного зчитуючого NFC-пристрою в нижній частині спинки крісла. Оскільки антена виготовлена з плівки, вона легко може бути вшита в оббивку крісла, і не завдаватиме незручності водієві.

Відповідна пасивна мітка розташовується на одязі водія. Таку мітку можна вшити в особистий спецодяг водія, наприклад, у формену куртку.

Для підвищення надійності потрібно (можливо) розмістити ще один пристрій читання NFC-міток на рульовому колесі. А відповідні пасивні мітки можуть бути

встановлені, наприклад, на рукавичках, які водій одягає під час роботи, Обидва пристрої читання NFC-міток мають аналогічні електронні модулі, відрізнятимуться тільки конструкції приймально-передаючих антен.

На рисунку 1 наведено склад блоку ідентифікації особистості водія 3 і його включення між системою автоматичного управління 1 з множиною підсистем автономного автомобіля 18 і існуючою локальною системою контролю присутності водія і моніторингу його фізіологічного стану 2 з блоком виявлення водія 4 і відповідними датчиками 6 і 7, що розташовані відповідно на рульовому колесі 5 та водійському кріслі 8.

До складу блоку ідентифікації особистості водія входять антенні модулі 11 і 12 відповідно рульового колеса і крісла водія, пристрої 10 і 13 читання NFC-міток рульового колеса і крісла водія відповідно, а також вузол 9 управління (комутації) каналу обміну сигналами між елементами 2 і 1. Також до складу пристроїв читання NFC-міток 10 і 13 включені NFC комунікаційний контролер 17, мікроконтролер управління 16, вихідний силовий ключ 15 та імпульсний перетворювач напруги 14.

Водіям, що мають професійне право перебувати на водійському місці під час руху видаватимуться перед поїздкою спеціальні елементи електронної ідентифікації, які прочитуватимуться відповідним сканером.

Якщо в кріслі водія буде присутня не ідентифікована сканером особа, то запуск режиму активного автономного водіння буде блокований апаратно елементом 9 шляхом роз'єднання каналу обміну сигналу між основною системою автоматичного управління і існуючою системою виявлення водія в салоні автомобіля з автономним управлінням.

Ефективність існуючої системи підвищиться за рахунок додаткового каналу (каналів) ідентифікації особистості водія, що практично виключить потрапляння на водійське місце особи з недостатньою професійною підготовкою.

На даний час авторами вже розроблено макетний зразок електронного модуля пристрою читання NFC-міток, що показав свою роботоздатність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент США № 8874301 від 28 жовтня 2014 р. «Автономний автомобіль з контролем присутності водія і фізіологічним моніторингом» (engl. «Autonomous vehicle with presence and physiological monitoring»).

ЛІНІЙНА ЧАСТОТНА МОДУЛЯЦІЯ ЗІ СТИСНЕННЯМ ЦИФРОВИХ ІМПУЛЬСІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ ДО АВТОМОБІЛІВ

Загребаєв М.С., Звонецький М.С., С'янов О.М.
Дніпровський державний технічний університет, Україна

ВСТУП

Радіохвилі, відомі як радіолокаційні сигнали, випромінюють передавач у заздалегідь визначених напрямках радіолокаційної системи. Ці випромінювані радіолокаційні сигнали в заздалегідь визначених напрямках потрапляють на об'єкт, вони зазвичай відбиваються в кількох напрямках залежно від типу матеріалів із значною електропровідністю, металами, морською водою та вологими землями. Функціонування радіолокаційної системи забезпечується цілеспрямованими відбитими сигналами на передавач. Більшу частину часу приймач і передавач у радіолокаційній системі будуть розташовані в одному місці, що гарантує, що навіть незважаючи на те, що прийнятий відбитий радарний сигнал є слабким, його можна підсилити за допомогою підсилювачів, а також за допомогою методів обробки сигналу відновити необхідні сигнали [1].

Задача генерації сигналу високої пікової потужності з меншою тривалістю, який використовується для виявлення лише рухомих цілей, вирішується шляхом впровадження нового методу стиснення радіолокаційних імпульсів із використанням лінійної частотної модуляції з покращеною роздільною здатністю за дальністю з базовою конструкцією імпульсної обробки, аналогічною стандартному узгодженому фільтру та переробленою відповідно до програми. Використовуються кілька типів і довжин коду головної програми завдяки гнучкості конструкції, яка зменшує невизначеність, спричинену використанням високих частот повторення імпульсів [2].

Імпульс передачі має лінійну форму частотно-модульованого сигналу (ЧМ). За допомогою методу стиснення імпульсу модульований широкий імпульсний сигнал перетворюється у вузький імпульс, в якому добуток ширини імпульсу на смугу пропускання більше одиниці. Найвища відстань виявлення та роздільна здатність покращуються разом шляхом незалежного регулювання ширини імпульсу та смуги пропускання. Сигнали, що мають великий добуток ширини імпульсу на ширину смуги, а також лінійну частотну модуляцію, можна стискати [3]. Лінійна частотна модуляція (ЛЧМ) виражається математично [3, 4]:

$$s(t) = A \cos(2\pi f_c t + \pi \frac{B}{\tau} t^2 + \phi_0), \quad (1)$$

де A – амплітуда сигналу, f_c – частота-носій, B – ширина смуги, τ – ширина імпульсу, ϕ_0 – початкова фаза.

Для будь-якого імпульсного радара із стисненням імпульсів фактична серія імпульсів є однаковою як і в звичайних радарних, та виглядає схожою на амплітудно-модульований синусоїдальний сигнал. Синусоїдальний сигнал тепер модулюється частотою разом з амплітудною модуляцією [5]. Модуляція всередині кожного імпульсу є необхідним елементом форми хвилі стиснення імпульсу та сама модуляція є основою для розробки фільтра стиснення імпульсу.

Була створена математична модель системи стиснення радіолокаційних імпульсів на основі лінійної частотної модуляції (ЛЧМ), яка дозволяє точно описати процес перетворення широких імпульсів у вузькі. Така модель враховує параметри ширини імпульсу та смуги пропускання сигналу, що дозволяє покращити роздільну здатність за дальністю та підвищити ефективність виявлення рухомих цілей (завад).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Хвиля ЛЧМ генерується передавачем, як показано на графіку (рисунок 1), частота хвилі неоднорідна і змінюється з часом.

Рисунки 1 та 2 містять два PRT. Кожен PRT представляє 5 цілей, як видно з рисунка, у кожній цільовій позиції можна спостерігати ЛЧМ. Це сигнал, отриманий радаром, що містить інформацію про місцезнаходження цілей.

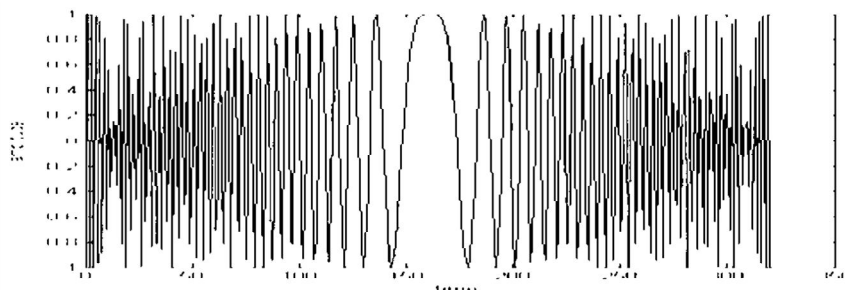


Рисунок 1 – Еталонна лінійно-частотно модульована хвиля

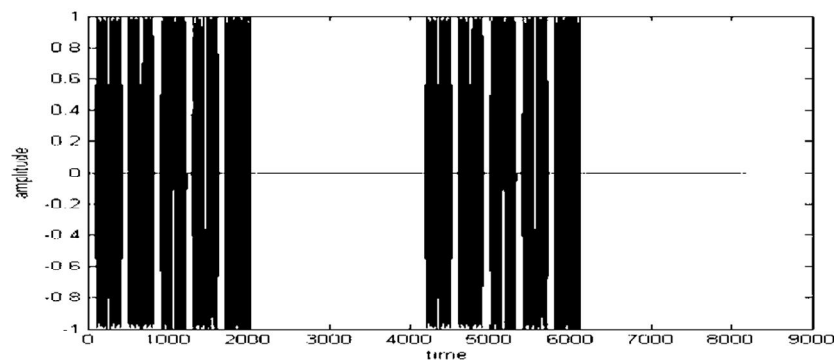


Рисунок 2 – Повернена лінійно-частотно модульована хвиля

Графіки на рисунку 3 показують вихід цифрового стиснення імпульсу (ЦСІ) і індикатора рухомої цілі (ІРЦ) із шумом і зміною фази. Шум разом із рухомою ціллю ідентифіковано на виході індикатора рухомої цілі.

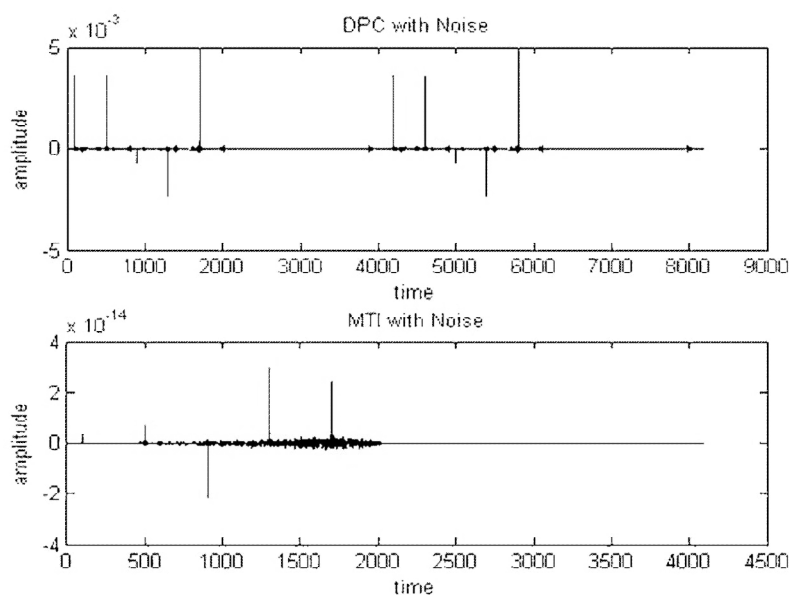


Рисунок 3 – DPC та ІРЦ з шумом і зміною фази

ВИСНОВКИ

Мінімізація недоліків імпульсного радара здійснюється за допомогою техніки цифрового стиснення імпульсів на основі лінійної частотної модуляції, що дозволило покращити роздільну здатність за дальністю. Також було розроблено компенсатор бічних пелюсток (SLC) для фільтрації небажаних сигналів, спричинених бічною пелюсткою антени радара. Знижено рівень шуму та виключено нерухомі цілі за допомогою фільтра МТІ в поєднанні з технологією цифрового стиснення імпульсів, що підвищило точність вимірювань.

Основні показники на основі результатів розробки:

- покращено точність розділення цілей від 5 до 10 метрів, що вказує на значну деталізацію при високій частоті повторення імпульсів;
- після обробки сигналу, придушення шуму досягло рівня близько 20-30% від початкового шумового фону;
- використання КБП зменшує вплив завад приблизно на 15-25%, що видно з зменшення амплітуд відбитих сигналів, які не належать до цільових об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. A. Thakur and D.S. Saini, "Mitigating peak side-lobe levels in pulse compression radar using classical orthogonal polynomials" Springer-Wireless Networks, vol. 28, Jun 2022.
2. S. Bhan Rathor, S. Dayalan and A. A. Bazil Raj, "Digital Implementation of Radar Receiver and Signal Processing Algorithms," 2021 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICSCAN53069.2021.9526463.
3. Zhao KFangmin HMeng JWu HZhang L, "Performance analysis of bit error rate of data link system under pulse LFM interference in time-varying rayleigh channel", Wireless Networks (2021) 27, 1671- 1681, 10.1007/s11276-020-02251-0.
4. Blunt S D Mokole EL Overview of radar waveform diversity IEEE Transactions on Aerospace & Electronic System (2016) 31(11) 2-42, 10.1109/MAES.2016.160071
5. Ping PPHui LYixi ZWei QZhen MDRRange, radial velocity, and acceleration MLE using frequency modulation coded LFM pulse train Digital Signal Processing (2017), 60, 252-261.

ОЦІНКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЇЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Тараненко М.Є.¹, Кобріна Н.В.¹, Мігаль Г.В.²

¹Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут», Україна

²Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Міська пасажирська транспортна система (МПТС) є дуже складною системою, що складається з численного числа компонентів з їх різноманітними особливостями і природою обґрунтування. Оптимізації таких систем можлива тільки на основі об'єктивних оцінок властивостей системи в цілому та складових компонентів. Для цього потрібно визначити основи їх властивостей та метод їх кількісних оцінок. Далі синтезувати математичну модель управління такими властивостями при формуванні транспортної системи (структури та змісту) для оптимізації з цілями, актуальними для характерних умов.

При аналізі МПТС встановлено, що пріоритетними властивостями можуть бути: (групи властивостей розташовані за пріоритетом):

- група властивостей призначення, включаючи властивість гнучкості, що розглядається як можливість швидкої перебудови маршрутів руху та перенаправлення пасажиропотоком у відомі пункти доставки;
- група властивостей надійності, яка включає властивості впевненості доставки пасажирів до місця призначення в зумовлені терміни, а також властивість відновлюваності (ремонтпридатності) протягом прийнятного часу;
- група властивостей ергономічності та безпеки; властивості цих груп розглядається в системі «людина-транспортний засіб-довкілля»; при цьому у категорії «людина» необхідно приймати водія, пасажирів та пішохода;
- групи екологічних властивостей; кількісні показники таких властивостей повинні розглядатися в відносній системі розподілу витрати/кількість транспортної роботи або пасажирів.

Пріоритетною властивістю групи ергономічних властивостей є властивість «комфортність». Існує кілька визначень цієї властивості, що відрізняється системністю узагальнень. Авторами прийнято, що комфортність – властивість чи стан, що характеризує сукупність позитивних психофізіологічних почуттів людини. Дискомфорт – неприємні відчуття. Аналізуючи цю властивість з енергетичної точки зору можна зробити висновок, що розглядати показання цієї властивості повинна людина, яка сидить у м'якому зручному кріслі у сприятливому навколишньому середовищі, витрачає менше біохімічної роботи (зусиль), розумової напруги і так далі, ніж у несприятливих умовах у жорсткому холодному кріслі.

Слід зазначити, що відомий закон Вебера-Фехнера, який показує, що залежність рівня зареєстрованого почуття людини від значень подразника у вигляді логарифмічної залежності.

Мірою комфортності є параметр стомлюваності. Численними дослідженнями зі США та Швеції показано залежність стомлюваності від часу у вигляді гіперболічної залежності. Параметри цієї залежності визначаються видами роботи, кількістю перерв у ній та параметром втомноутворюючого чинника (порівняйте: робота оператора комп'ютера та коваля). Для кількісної оцінки комфортності учасників перевезень необхідно отримати емпіричні залежності цих параметрів від часу та умов.

Для оптимізації МПТС при плануванні її здійснення можливо використовувати комплексну кваліметричну модель управління якістю.

Оптимальною може вважатися система, що володіє максимальною якістю, що залежить від мети оптимізації в математичній моделі управління. Управління якістю

вхідних параметрів є кількісні групові показники (при деревоподібній структурі оцінки властивостей якості), вихідні показники – комплексний показник властивостей групи. Керуючими параметрами є коефіцієнти вагомості груп властивостей або якості нижчого управління. Значення коефіцієнтів вагомості задаються (підбираються) експериментами, залежно від мети оптимізації.

При оптимізації МПТЗ необхідно використовувати можливості мережових методів розрахунку та штучного інтелекту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Azgaldov, Garry G. The ABC of Qualimetry Toolkit for measuring the immeasurable / Garry G. Azgaldov, Alexander V. Kostin, Alvaro E. Padilla Omiste, Ridero, 2015, 167 p, ISBN 978-5-4474-2248-6,

http://www.labrate.ru/kostin/20150831_the_abc_of_qualimetry-text-CC-BY-SA.pdf

2. Тараненко, М. Є. Проблема комплексного забезпечення якості та безпеки функціонування транспортних засобів [Електронний ресурс] / М. Є. Тараненко, Г. В. Мигаль, Н. В. Кобріна, А. В. Маковецький // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, ХНАДУ. - Харків, 2022. - Вип. 21. – Р. 6-21. DOI: 10.30977/VEIT.2022.21.0.05

<https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/6010>

3. Тараненко, М. Є. Кваліметрічна модель управління якістю технічної підготовки виробництва транспортної техніки [Текст] / М. Є. Тараненко, Г. В. Мигаль, Н. В. Кобріна, І. М. Тараненко, Д. В. Молоштан // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6 (37), ч. II, 2022, – С. 99-107, DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6\(37\).2.99-107](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6(37).2.99-107).

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ КЕРУВАННЯ АДАПТИВНИМ КРУЇЗ-КОНТРОЛЕМ ДЛЯ ГРУПИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Смирнов О.П.¹, Борисенко А.О.¹, Красиля П.В.¹, Какубава Реваз²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Грузинський технічний університет, Грузія

ВСТУП

Транспортні засоби є значною причиною як екологічних проблем через небажані викиди, так і через споживання значної частини викопного палива. Проблеми дорожнього руху, які зменшують викиди, підвищують ефективність використання електричної енергії та палива, зменшують затори та підвищують безпеку руху, значно зростають в останні роки зі швидким зростанням транспортних засобів, в тому числі електричних [1]. Відповідно, сталий розвиток транспортної системи стає головною стратегічною метою в багатьох країнах для досягнення цілей екологічності, енергозбереження, покращення мобільності та безпеки [2].

Розробка стійкої транспортної системи засновано на новітніх розробках в галузі сучасного автомобілебудування. Підвищити енергоефективність електричних транспортних засобів раціонально за рахунок оптимізації режиму руху автомобіля (швидкості та прискорення в конкретних дорожніх умовах) за допомогою передових систем допомоги водієві, наприклад, адаптивного круїз-контроля. Адаптивний круїз-контроль, як важлива частина процесу реалізації автоматизованого водіння раціонально використовувати для групи транспортних засобів. Такі дослідження є основою створення безпілотних транспортних засобів та призначені для підвищення безпеки та ефективності дорожнього руху, одночасно для зменшення забруднення навколишнього середовища та заощадження енергії.

Розробка та впровадження адаптивного круїз-контроля для групи підключених електромобілів оптимізує швидкість, прискорення та мінімізує споживання електричної енергії від акумуляторних батарей. Оптимальний швидкісний режим групи електричних транспортних засобів у сценарії проїзду через перехрестя зі світлофорами та знаками STOP демонструє великі переваги для економії та екології.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі зв'язку між транспортними засобами та дорожнім середовищем V2X (від англ. vehicle-to-everything, V2X) пропонується розробка екологічного кооперативного адаптивного круїз-контроля (від англ. ecological cooperative adaptive cruise control, Eco-CACC) для групи електричних транспортних засобів [3-6]. Такі розробки об'єднують переваги економічного та екологічного водіння групи електричних транспортних засобів в міських умовах руху. Стратегія керування екологічним кооперативним адаптивним круїз-контролем заснована на розрахунку оптимальної швидкості та прискорення лідируючого транспортного засобу та всіх електромобілів у групі.

Стратегія керування кооперативним адаптивним круїз-контролем, який підтримую еко-водіння, полягає в тому, що транспортні засоби мають комунікацію від автомобіля до всього V2X та від автомобіля до автомобіля V2V (від англ. Vehicle-to-Vehicle, V2V), оснащені відповідним обладнанням та програмним забезпеченням. Стратегія керування використовує дані про дорожнє середовище (знаки, фази підключення червоного світла світлофорів, стан інших засобів дорожнього руху, тощо), щоб визначити оптимальне прискорення та швидкість підключених транспортних засобів, які всією групою проїхали до наступного сигналу світлофора на зелене світло або гальмували в найбільш екологічний спосіб.

Схема запропонованої стратегії керування кооперативним адаптивним круїз-контролем, який підтримую екологічне та економічне водіння групи підключених

транспортних засобів, що проїжджають через декілька світлофорів та знак STOP представлено на рисунку 1, на якому наведений мета стратегії та логічний зв'язок кожного блоку управління.

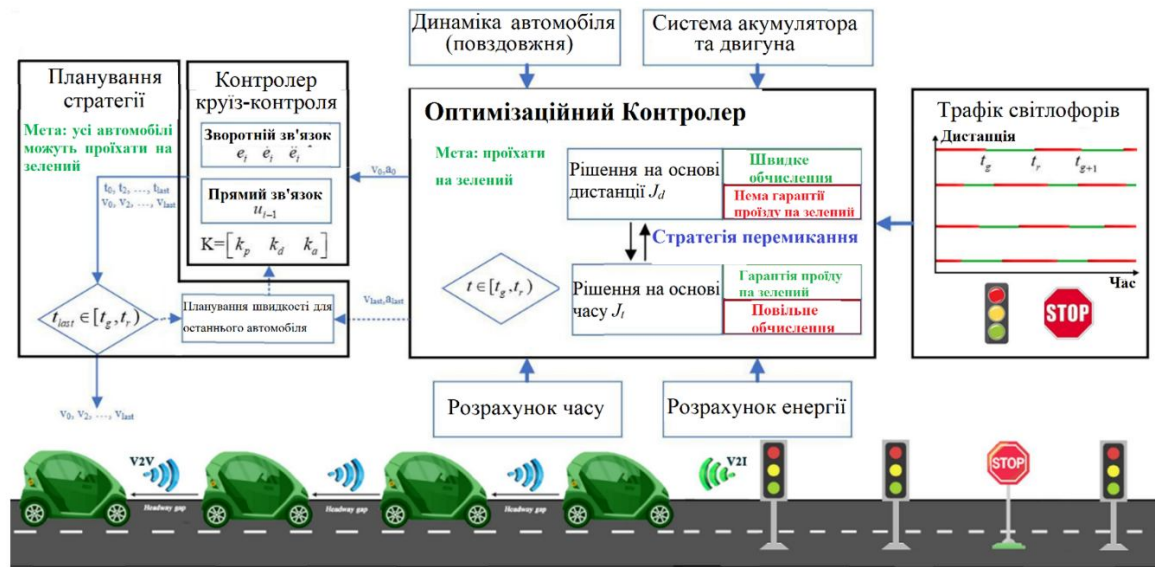


Рисунок 1 – Стратегія керування адаптивним круїз-контролем для групи транспортних засобів

Стратегія керування кооперативним адаптивним круїз-контролем має ієрархічну структуру, яка складається з двох рівнів:

- верхній рівень стратегії – це рішення щодо оптимальної швидкості групи автоматизованих транспортних засобів, які рухаються через декілька світлофорів та знаків STOP, що засноване на еко-водінні;
- нижній рівень стратегії – це стратегія керування контролером кооперативного адаптивного круїз-контроля, що слідує за групою автомобілів та розраховує оптимальну швидкість першого автомобіля, який є лідером.

Мета кооперативного адаптивного круїз-контроля полягає у тому, щоб усі транспортні засоби могли проїхати на перехрестях із зеленим світлом, тобто останній автомобіль групи також проїхав перехрестя до того, як ввімкнеться червона фаза. Тому контролер швидкості групи автомобілів розраховує час проходження на N-му сигнальному перехресті останнього автомобіля у групі. Якщо останній транспортний засіб може проїхати, тоді контролер приймає рішення щодо оптимальної швидкості лідируючого транспортного засобу. В іншому випадку система керування кооперативного адаптивного круїз-контроля змінює мету планування швидкості лідируючого транспортного засобу.

Порівняльні результати використання кооперативного адаптивного круїз-контроля у практичному сценарії міста можна побачити на рисунку 2.

Транспортний засіб зі звичайним керуванням після сигналу STOP рухався зі своєю звичайною високою швидкістю та під'їхав до перехрестя на красний сигнал світлофора. Ця зупинка також може привести до того, що автомобіль, якщо далі швидко не прискориться, то знову втрапить на червоний сигнал світлофора. На рисунку 2 показано його висока швидкість, яка дозволяє йому проїхати на жовте світло з великою швидкістю. Такий рух не тільки потребує додаткову електричну енергію від акумуляторної батареї, але може бути небезпечним з точки зору безпеки дорожнього руху. Якщо красний сигнал світлофора включиться на декілька секунд раніше, тоді електромобілю треба використовувати екстрене гальмування.

Стратегія еко-водіння демонструє економне прискорення, рекуперативне гальмування та постійну екологічну швидкість. Після сигналу STOP ведучий

транспортний засіб демонструє повільне прискорення та оптимальну постійну швидкість руху для того, щоб без зупинки групі транспортних засобів потрапити на зелений сигнал світлофора на наступному перехресті.

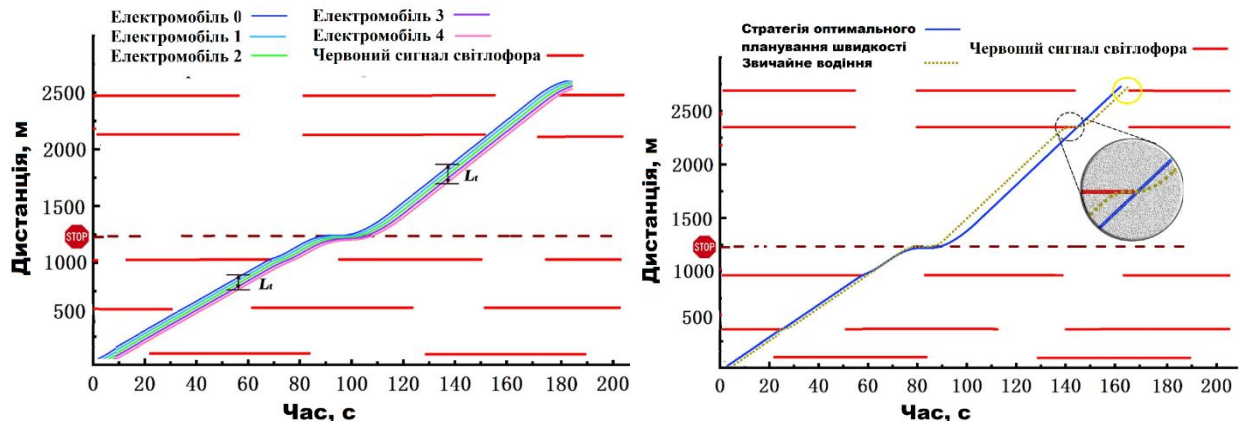


Рисунок 2 – Порівняння графіків швидкості групи транспортних засобів з Есо-САСС та автомобіля зі звичайним керуванням

ВИСНОВКИ

Показано переваги використання розробленого кооперативного адаптивного круїз-контроля в порівнянні з звичайним ручним водінням із політикою постійного прискорення. Найбільша енергетична та екологічна ефективність кооперативний адаптивний круїз-контроль отримує в умовах низької концентрації трафіку транспортних засобів. Для гарантованого проходження групи транспортних засобів на зеленій фазі світлофора без поділу групи, була використана логіка перемикання мети планування для розрахунку раціональної швидкості останнього автомобіля в групі на кожному етапі руху. Отримані результати демонструють високий потенціал енергозбереження з сприятливими характеристиками швидкості групи електромобілів.

Розробка стратегії керування адаптивним круїз-контролем для групи транспортних засобів є основою створення безпілотного транспортного засобу та призначена для підвищення безпеки та ефективності дорожнього руху, одночасно для зменшення забруднення навколишнього середовища та заощаджуючи енергію. Такі дослідження демонструють велике значення для підвищення стійкості інтелектуальної транспортної системи, енергозбереження, безпеки та економії часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Comparison of energy consumption between hybrid and electric vehicles under real-world driving conditions / J. W. Jeong et al. Journal of Power Sources. 2024. Vol. 618. P. 235190. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.235190> (date of access: 06.11.2024).
2. Eco-driving control for CAVs at signalized intersections: Adapting to traffic uncertainties / K. Lu et al. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2024. Vol. 132. P. 104270. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104270> (date of access: 06.11.2024).
3. Development of the analytical system for vehicle operating conditions management in the V2I information complex using simulation modeling / M. Volodarets et al. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 5, no. 3 (107). P. 6–16. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.215006> (date of access: 06.11.2024).
4. Смирнов О., Борисенко А. Тенденція розвитку програмно-визначених транспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 2023. Vol. 17, no. 1. P. 163–169. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-163-169> (date of access: 06.11.2024).

5. Eco-driving-based cooperative adaptive cruise control of connected vehicles platoon at signalized intersections / F. Ma et al. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2021. Vol. 92. P. 102746. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102746> (date of access: 06.11.2024).
6. Jiang X., Zhang J., Li D. Eco-driving at signalized intersections: a parameterized reinforcement learning approach. Transportmetrica B: Transport Dynamics. 2023. Vol. 11, no. 1. P. 1406–1431. URL: <https://doi.org/10.1080/21680566.2023.2215957> (date of access: 06.11.2024).

ПІДХІД ПО ВИЗНАЧЕННЮ НАВАНТАЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Клецька О.В., Мінаєв О.І., Ладиженський Е.Д.
Приазовський державний технічний університет, Україна

ВСТУП

Автомобільний транспорт являється одним із основних видів транспорту у світі та займає важливу нішу у логістичних процесах руху вантажопотоків з метою з'єднання відправників та одержувачів продукції. Концепція вибору виду рухомого складу, методів його навантаження, шляхів слідування, наявності та відсутності проміжних перевалочних баз заснована на оптимальності вибору математичної моделі логістичного потоку в даний момент часу й при поточних умовах. Критерій оптимальності не завжди заснований на мінімальній вартості одиниці пройденого шляху, що пов'язано з регіоном експлуатації (погодні умови, стан доріг, політичні та воєнні події), технічним станом транспорту та інших умов. Все це в умовах невизначеності та ризиків вимагає від спеціалістів з організації перевезень вантажів та пасажирів обрання ланцюжків доставки які б задовольняли поточному рівню безпеки, нормативно-правовим актам, законам, підзаконним актам, правилам та вимогам що регулюють функціонування автомобільного транспорту в країні [1-2].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проблематика вибору рухомого складу з врахуванням транспортної інфраструктури, як одних з основних складових розвитку народного господарства, майже миттєво привертає увагу вчених та спеціалістів даного напрямку. Як результат інтелектуального штурму законотворців, логістів та науковців в «світовій бібліотеці знань» з'явилося безліч джерел інформації серед яких слід відзначити [3-8]. Так, в джерелі [3] широко висвітлюються питання конструкції різних видів автотранспорту, їх тягово-економічні характеристики та опис причіпного обладнання. Методи обрання вірності логістичного маршруту слідування, їх класифікація та математичні моделі наведено в праці [4]. Конкретизація вантажних робіт на автотранспорті, методів завантажень, розгляд різновидів типів складського обладнання наведено в джерелі [5]. Детальний опис конкретних прикладів руху логістичних потоків, розгляд можливих перепон на шляху слідування та методи їх усунення добре розглянуто в літературі [6-8]. Проте жоден з них не розглядає детально проблему дослідження підходів по визначенню навантаження автомобільного транспорту при перевезеннях.

Для вирішення даного питання пропонується підхід по визначенню раціонального навантаження автомобіля з причепом. Так, витрати на навантаження автомобільного транспорту пов'язані з методами навантаження вантажу (автокарам, ручне, насипне, наливне, методом перепадів тиску, крановим обладнанням та іншими засобами), способами (через верхні отвори, задні отвори чи двері, бокові отвори чи підйомні тенти), інтенсивністю партій чи величин (об'ємів та мас, що одночасно підлягають навантаженню). Паливно-енергетична ефективність в своїй більшості залежить від бруutto автопоїзду та умов руху, то витрати на зношення скатів залежать ще й від рівномірності розподілу вантажу в вантажному відділенні одиниці експлуатації. Важливість рівномірного зношення пов'язана з передбачуваністю регламентів технічного обслуговування, математичного прогнозування величини простоїв та підвищення ресурсу експлуатації за рахунок відсутності перевантажень. В роботі був розглянутий автопоїзд при використанні різних стратегій навантаження продукцією неоднорідної щільності. Результати зносу шин автомобіля DAF FX450 та причепу в залежності від навантаження наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вибір стратегії завантаження причепа при фіксованих значення зносу шин

№	DAF FX450		Причіп (брутто 60т)	
	Навантаження, %	Знос шин, <i>мг/км</i>	Навантаження, %	Знос шин, <i>мг/км</i>
1	20	20,2	80	191,7
2	40	35,7	60	80,4
3	50	75,4	50	57,2
4	60	103,7	40	26,8
5	80	244,1	20	15,1

В результаті розрахунків отримані криві зносу для автомобіля DAF FX450 та причепа:

$$q_{\text{тягача}} = 3156,3 \cdot Q^4 - 8297,9 \cdot Q^3 + 7902,5 \cdot Q^2 - 3353,3 \cdot Q + 607,6$$

$$q_{\text{причіпа}} = 4143,2 \cdot Q^4 - 9028,1 \cdot Q^3 + 6993 \cdot Q^2 - 2087,6 \cdot Q + 223,6$$

Математичний пошук точки оптимуму (точки перетину двох кривих) показав величину рівну 46,8% навантаження на тягач та 53,2% ваги на вісі причепа.

ВИСНОВКИ

Використання запропонованого підходу дозволить встановити оптимальні пропорції навантаження вісей причепа та тягача автомобільного транспорту при перевезеннях для мінімізації витрат на гумові скати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 р. № 2344-III [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>.
2. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 р. № 232/94-ВР [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр#Text>.
3. Автомобілі. Теорія : навчальний посібник / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков [та ін.]. Одеса : Військова академія, 2017. 414 с.
4. Крикавський Є. Логістика. Основи теорії: підручник. Львів: НУ «Львівська політехніка» (Інформаційно-видавничий центр «ІНТЕЛЕКТ+» Інституту післядипломної освіти); «Інтелект-Захід», 2004. 416 с.
5. Северин О.О. Вантажні роботи на автомобільному транспорті: організація і технологія. Харків: ХНАДУ, 2006. 322с.
6. І.Г. Смирнова, Т.В. Косарева. Транспортна логістика. Навчальний посібник. Київ, центр учбової літератури, 2008 рік., 220 с.
7. Кальченко А.Г. Логістика: Підручник. - Вид. 2-ге, без змін. - К.: КНЕУ, 2006. – 284 с.
8. Алькема В.Г., Сумець О.М. Логістика. Теорія та практика. Навчальний посібник. - К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2008. – 272 с.

РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

Гнатов А.В., Ульянець О.А., Селіщев М.С.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Сучасний автомобільний ринок зазнає суттєвих змін, спрямованих на покращення безпеки, комфорту та ефективності транспортних засобів. Одним з основних напрямків розвитку є впровадження інтелектуальних систем керування, які застосовують новітні технології для аналізу ситуацій на дорозі та прийняття рішень в реальному часі. Такі системи мають значний потенціал для зниження аварійності та підвищення ефективності використання транспортних засобів [1-7].

Основні технології інтелектуальних систем керування

Інтелектуальні системи керування транспортними засобами базуються на кількох ключових технологіях [8-11]:

- сенсорні системи – різноманітні сенсори (камери, лідари, радары) забезпечують збір даних про дорожні умови, рух транспортних засобів та пішоходів;
- системи машинного зору – технології комп'ютерного бачення дозволяють обробляти та інтерпретувати візуальну інформацію для розпізнавання об'єктів, таких як дорожні знаки та інші транспортні засоби;
- аналіз даних та штучний інтелект – алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту аналізують зібрані дані для прогнозування ситуацій на дорозі та прийняття рішень.

Види інтелектуальних систем керування

1. Система адаптивного круїз-контролю (Adaptive Cruise Control) – регулює швидкість автомобіля залежно від транспортного потоку, зберігаючи безпечну дистанцію до автомобіля попереду.
2. Система автоматичного гальмування (Autonomous Emergency Braking) – автоматично зупиняє транспортний засіб у разі виявлення перешкод для запобігання зіткнень.
3. Системи розпізнавання дорожніх знаків (Traffic Sign Recognition) – розпізнають знаки та повідомляють водія про обмеження швидкості, напрямки руху тощо.
4. Автопілотні системи (Autonomous Driving Systems) – передові рішення для автономного управління транспортом, що дозволяють автомобілю пересуватися без участі водія.

Переваги інтелектуальних систем керування [12-17]:

- зниження кількості ДТП – автоматичні системи реагують швидше за людину, знижуючи ризик аварій.
- зменшення витрат палива – оптимізація руху дозволяє знизити витрати пального та викиди CO₂.
- комфорт та зручність для водіїв – інтелектуальні системи спрощують керування, знижують втому водія та підвищують загальний рівень комфорту під час руху.

Виклики та перспективи розвитку

До основних викликів щодо розвитку інтелектуальних систем можна віднести:

- правові аспекти – недостатність регулювання автономного транспорту, потреба у впровадженні стандартів безпеки;
- етичні питання – необхідність визначення відповідальності у випадку аварії за участі автономних транспортних засобів;

– технологічні обмеження – покращення сенсорів, штучного інтелекту та мереж передачі даних для точнішого аналізу та реакції на дорожні ситуації.

ВИСНОВКИ

Інтелектуальні системи керування автотранспортними засобами мають великий потенціал для підвищення безпеки, економічності та комфорту транспортних перевезень. З розвитком технологій та вдосконаленням нормативної бази автомобільний транспорт поступово ставатиме більш автономним та екологічно чистим. Вирішення існуючих викликів та активне дослідження у цій сфері сприятимуть впровадженню інтелектуальних систем у повсякденне життя.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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..
2. *Cyber-Physical Systems for Clean Transportation: підручник* / [Nadezhda Kunicina, Anatolijs Zabasta, Jelena Pečerska, Andrej Romanov, Andrii Hnatov, Arhun Shchasiana Dziubenko Oleksandr, Kateryna Danylenko, Joan Peuteman, Natalia Morkun, Iryna Zavsiehdashnia, Vladimir Sistuk, Yurii Monastyrskyi, Sergey Ruban, Vitaliy Tron]. – Riga: RTU, 2021 – 370 p.
3. Гнатов А. В. Сучасні дороги та дороги майбутнього, їх види та перспективи використання / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О.Р. Киценко // *Вісник ХНАДУ*. – 2017. – № 76. – С. 66–73.
4. Гнатов А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 2 / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // - Харків : Вісник ХНАДУ. – 2017. – № 78. – С. 116–124.
5. Гнатов, А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 1 / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. - Харьков : ХНАДУ, 2017. – №. 77. – С. 68–74.
6. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664.
7. Коростельов М.В., Гнатов А. В. Дослідження активних систем безпеки для автотранспортних засобів // *Автомобільний транспорт*. - Х.: ХНАДУ. 2020. Вип. 46. – С. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2020.46.0.40>.
8. 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. DOI: <https://doi.org/10.2478/lpts-2020-0017>.
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>.
10. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master’s degree program under the Erasmus project Cybphys. *Automobile Transport*, (51), 85–95. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.09>.
11. Andrey Gnatov. Smart Road as a Complex System of Electric Power Generation / Andrey Gnatov, Shchasiana Argun, Natalia Rudenko // *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)* – May 29 – June 2, 2017. – Kyiv, Ukraine – P. 457–461, IEEE Catalog Number: CFP17K03-USB. – ISBN: 978-1-5090-3005-7.
12. Hnatov A., Arhun Shch., Ponikarovska S., Ulyanets O. Ultracapacitors electrobus for urban transport. *IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2018)* – April 24 –26, 2018. – Kyiv, Ukraine. – P. 539–543. doi: 10.1109/ELNANO.2018.8477449.

13. Arhun Shch., Hnatov A., Mygal V., Khodyriev S., Popova A., Hnatova H. An integrated system of alternative sources of electricity generation for charging urban electric buses. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) – April 24-26, 2020. – Kyiv, Ukraine – P. 619-624 10.1109 / ELNANO50318.2020.9088911.
14. Hnatov, A., Patlins, A., Arhun, S., Ulianets, O., Romanovs, A. Development of an unified energy-efficient system for urban transport //2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon). – IEEE. – pp. 248–253. DOI: 10.1109/ENERGYCon48941.2020.9236606. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9236606>.
15. 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. <https://doi.org/10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830183>.
16. Mygal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Bagach, R., & Kunicina, N. (2022, October). Methods for Diagnosing Vehicles by an Operator-Diagnostician. In 2022 IEEE 63th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCon) (pp. 1-6). IEEE.
17. Hnatov, A., Arhun, S., Mygal, V., Bisenieks, M., Grants, R., & Ulianets, O. (2023, October). Prospects for the Use of Electric Drives in Urban Passenger Vehicle Transport in Ukraine. In 2023 IEEE 64th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCon) (pp. 1-6). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10413061>.

АВТОНОМНІ САМОКЕРОВАНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ – ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ

Каращук В.О.¹, Гладченко М.А.¹, Джус О.В.²

¹Приазовський державний технічний університет, Україна

²Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз, Україна

ВСТУП

Автономні автомобілі, або самокеровані транспортні засоби, є однією з найважливіших інновацій у сфері транспорту. Вони мають потенціал революціонізувати спосіб пересування людей і вантажів, зробити дороги безпечнішими, зменшити кількість заторів і скоротити викиди шкідливих речовин в атмосферу. Однак, попри ці обіцянки, розвиток автономних автомобілів супроводжується численними викликами, особливо в сфері безпеки.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За статистичними даними (2022-2023 р.р.), щорічно стається близько 21 тисячі Дорожньо-транспортних пригод на автошляхах України в результаті яких є загиблі або травмовані особи. Щорічна кількість загиблих осіб в результаті ДТП складає близько 3 тис. осіб та більше 26 тис. осіб отримують травми. Аналіз за основними видами ДТП з постраждалими в Україні за 2023 рік наведено на рис.1.(за даними [1]).

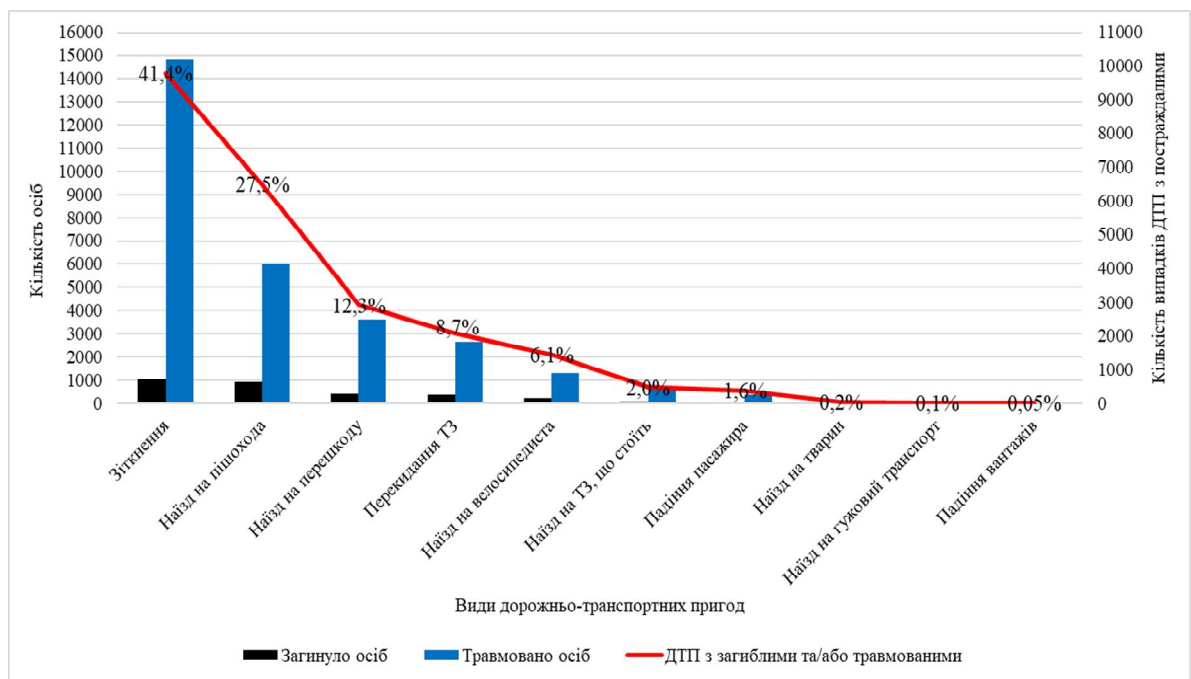


Рис. 1 – Аналіз за основними видами ДТП з постраждалими в Україні за 2023 рік

З рис.1. можна побачити, що основними видами ДТП є: 41,4% – зіткнення, 27,5% – наїзд на пішохода, 12,3% – наїзд на перешкоду, 8,7% – перекидання транспортного засобу, 6,1% – наїзд на велосипедиста, і менше 4% – інші.

Основними причинами ДТП є: перевищення безпечної швидкості - 39%, порушення правил маневрування – 22%, порушення правил проїзду перехресть – 8,5%, порушення правил проїзду пішохідних переходів – 6,9%, недотримання безпечної дистанції – 4,9%, керування транспортним засобом у стані сп'яніння – 4 % та інші. Тобто основною слабкою ланкою у забезпеченні безпечного дорожнього руху є «людський фактор».

Автономні автомобілі можуть змінити парадигму пересування, зробивши його більш доступним та ефективним. Вони здатні усунути «людський фактор», який є причиною більшості дорожньо-транспортних пригод, зменшити час у дорозі та оптимізувати використання міського простору за рахунок зниження потреби у паркувальних місцях.

Завдяки обміну даними між транспортними засобами та інфраструктурою, автономні автомобілі зможуть координувати свої дії для уникнення заторів, оптимізувати маршрути та мінімізувати час у дорозі. Це також може призвести до зниження споживання палива та зменшення викидів CO₂.

Впровадження автономних автомобілів потребує модернізації існуючої транспортної інфраструктури. Наприклад, дороги повинні бути оснащені сенсорами та засобами зв'язку для взаємодії з транспортними засобами. Також можуть змінитися підходи до міського планування, зокрема, щодо розміщення паркувальних зон та громадського транспорту.

Автономні автомобілі відкривають можливості для нових бізнес-моделей, таких як "мобільність як послуга" (Mobility as a Service, MaaS), де користувачі можуть замовляти транспортні послуги за запитом, замість володіння автомобілем. Це також сприяє розвитку каршерінгу та інших форм спільного використання транспорту.

Виклики безпеки впровадження автономних самокерованих транспортних засобів наведено на рис.2.

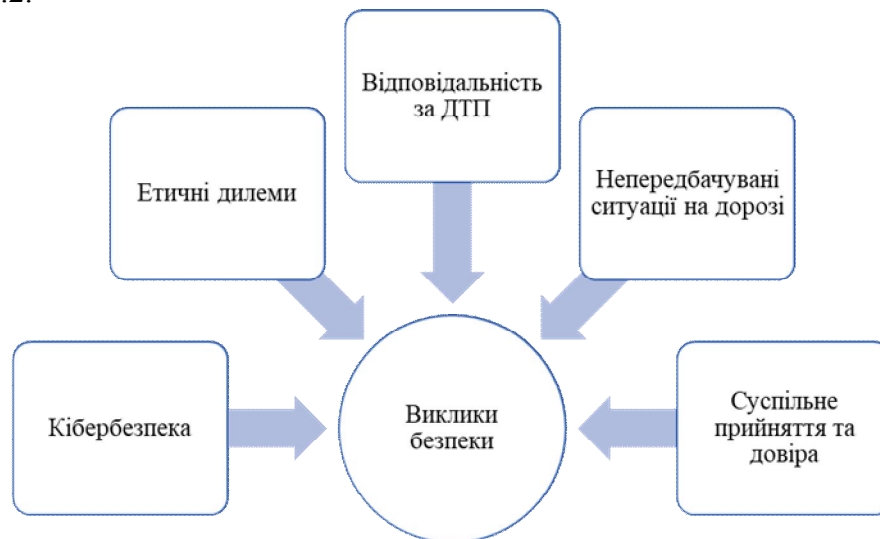


Рис. 2 – Виклики безпеки впровадження автономних самокерованих транспортних засобів

Кібербезпека. Оскільки автономні автомобілі залежать від програмного забезпечення, сенсорів та зв'язку з іншими транспортними засобами та інфраструктурою, вони стають вразливими до кібератак. Хакери можуть втручатися в роботу систем керування автомобілем, що становить серйозну загрозу для безпеки пасажирів і пішоходів. Забезпечення надійного захисту від таких атак є одним із головних викликів.

Етичні дилеми. Автономні автомобілі стикаються з етичними питаннями, такими як вибір між меншим і більшим злом у разі неминучого зіткнення. Програмування таких рішень є складним завданням, оскільки воно вимагає врахування етичних, правових і соціальних аспектів.

Непередбачувані ситуації на дорозі. Хоча автономні автомобілі вже демонструють високу точність у стандартних ситуаціях, вони можуть мати труднощі з розпізнаванням та реагуванням на несподівані події на дорозі, такі як різкі маневри інших водіїв, погодні умови або дорожні роботи. Вдосконалення штучного інтелекту та машинного навчання є необхідним для підвищення надійності автономних систем.

Відповідальність за ДТП. У випадку аварії за участю автономного автомобіля виникає питання, хто несе відповідальність: виробник, власник транспортного засобу або розробник програмного забезпечення. Це викликає потребу в розробці нових правових норм і регуляцій.

Суспільне сприйняття та довіра. Для широкого впровадження автономних автомобілів необхідно, щоб суспільство довіряло цій технології. Негативні випадки або аварії можуть суттєво підірвати цю довіру, тому важливо забезпечити високу якість та безпеку систем ще до їхнього масового впровадження.

Попри виклики, розвиток автономних автомобілів продовжується швидкими темпами. Компанії, що займаються розробкою самокерованих транспортних засобів, активно тестують свої продукти в реальних умовах, а уряди країн по всьому світу працюють над створенням нормативно-правової бази для їхнього використання. Очікується, що в найближчі десятиліття автономні автомобілі стануть невід'ємною частиною транспортної системи великих міст, поступово замінюючи традиційні автомобілі. Це може призвести до значних змін у транспортній інфраструктурі, ринку праці (зокрема, у сфері таксі та вантажних перевезень), а також у повсякденному житті людей.

ВИСНОВКИ

Автономні автомобілі представляють величезний потенціал для трансформації транспортної галузі, підвищення безпеки на дорогах та покращення якості життя. Однак, перед тим як вони стануть частиною повсякденного життя, необхідно вирішити ряд викликів, особливо в сфері безпеки. Забезпечення кібербезпеки, вирішення етичних дилем та адаптація законодавства є ключовими умовами для успішного впровадження цієї технології. Автономні автомобілі можуть стати революційною зміною у світовому транспорті, але їхнє впровадження вимагає ретельного планування, тестування та регулювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дорожньо-транспортні пригоди за період з 01.01.2023 по 31.12.2023. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 05.11.2024) Назва з екрана.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ОСНОВІ ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Багач Р.В., Латвинський В.Д.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

У сучасному світі зростає потреба в системах безперебійного живлення, особливо для важливих об'єктів, таких як медичні установи, інформаційні-центри та промислові підприємства. Використання літєвих акумуляторів як джерел резервного живлення стало популярним завдяки їхній надійності, високій енергетичній щільності та тривалому терміні служби. Зокрема, забезпечення стабільного живлення та формування синусоїдальної форми напруги є основними задачами в розробці таких систем [1-3].

Актуальність дослідження. Використання літєвих акумуляторів у системах безперебійного живлення актуальне через їх переваги перед іншими типами акумуляторів, такими як нікель-кадмієві чи свинцево-кислотні. Однак, специфіка роботи інвертора з літєвим акумулятором потребує вирішення кількох технічних завдань, зокрема стабілізації вихідної напруги під час розряду акумулятора, коли рівень напруги може змінюватися суттєво. Для цього важливо розробити ефективні методи керування та фільтрації, що дозволять досягти заданої якості електроживлення [4,5].

Мета дослідження. Метою даного дослідження є розробка комп'ютерної моделі системи безперебійного живлення, яка використовує літєві акумулятори та автономний інвертор з LC-фільтром. Основні завдання включають стабілізацію вихідної напруги, забезпечення чистої синусоїдальної форми та зниження гармонійних спотворень до рівня, що відповідає міжнародним стандартам [4,5].

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Склад системи. Система безперебійного живлення складається з літій-іонного акумулятора, автономного інвертора напруги, LC-фільтра та навантаження. Літій-іонний акумулятор постачає змінну напругу під час розряду, що вимагає стабілізації на виході інвертора.

2. Стабілізація вихідної напруги. У даній системі стабілізація досягається за допомогою автоматичного регулювання коефіцієнта модуляції у широтно-імпульсній модуляції (ШІМ) гібридного інвертора, що дозволяє згладити вихідну напругу навіть при змінних рівнях вхідної напруги від акумулятора [6,7].

3. Формування синусоїдальної форми вихідної напруги. Формування чистої синусоїдальної форми вихідної напруги здійснюється за допомогою синусоїдальної ШІМ. Проте вихідна напруга автономного інвертора в режимі ШІМ має значний коефіцієнт гармонійних спотворень – до 68,57%, що перевищує допустимий рівень у 12% за міжнародними стандартами. Для зниження гармонійних спотворень у системі використовується LC-фільтр, схема якого дозволяє згладжувати високочастотні компоненти напруги, схема представлена на рисунку 1.

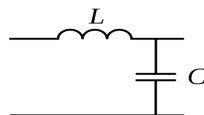


Рисунок 1 – Схема LC-фільтра

4. Аналіз амплітудно-частотної характеристики. LC-фільтр був оптимізований для роботи на частотах, відмінних від частоти основної гармоніки (50 Гц). Його амплітудно-частотна характеристика високочастотної гармоніки ефективно пригнічуються, що

дозволяє знизити коефіцієнт гармонійних спотворень вихідної напруги до рівня, що відповідає стандартам якості.

5. Моделювання в MATLAB. Розроблена комп'ютерна модель представлений на рисунку 2 системи в MATLAB, складається з субблоку акумуляторних батарей, трифазного інвертора напруги, LC-фільтра та RL-навантаження.

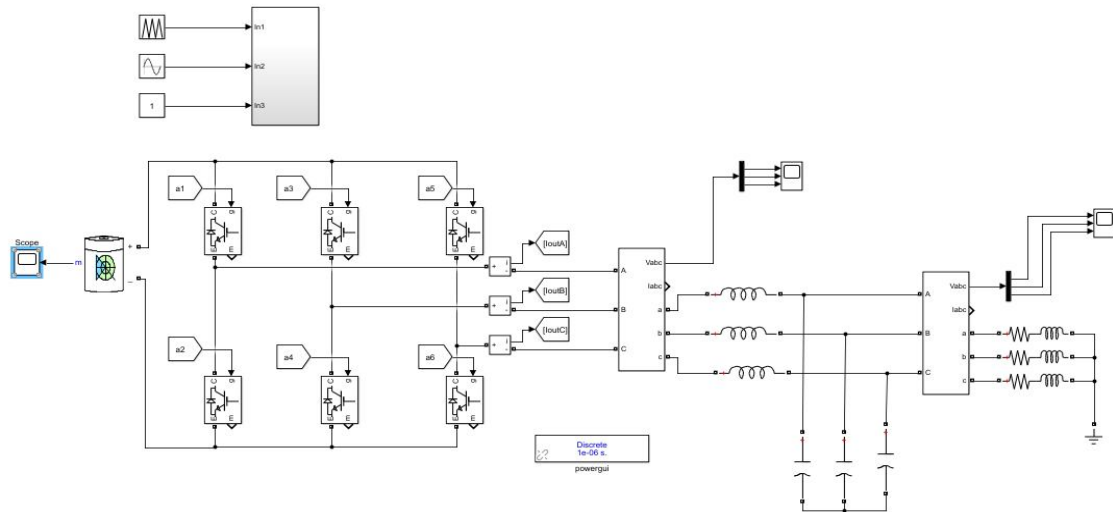


Рисунок 2 – Модель гібридного інвертора в MATLAB з вихідним LC-фільтром, що живиться від блоку акумуляторних батарей

Модель дозволила симулювати процеси формування сигналів і стабілізації напруги, а також перевірити ефективність LC-фільтра у зниженні гармонійних спотворень.

Згідно з рисунком 3, вихідна напруга після фільтрації має майже ідеальну синусоїдальну форму. Однак в її структурі все ж можна виявити високочастотні коливання, що є результатом широтно-імпульсної модуляції. Для цієї вихідної напруги був проведений аналіз за допомогою швидкого перетворення Фур'є, результати якого наведені на рисунку 4. Як показано на рисунку 4, застосування пасивної фільтрації значно знизило рівень гармонійних складових і дозволило досягти коефіцієнта гармонійних спотворень на рівні 2,23%, що відповідає всім стандартам якості електричної енергії.

Амплітуда першої гармоніки вихідної напруги становить 310 В, що відповідає вимогам щодо критичних відхилень рівня напруги. Згідно зі стандартами якості електричної енергії, коефіцієнт гармонійних спотворень живлячої напруги повинен бути не більше 5 %. Отже, розроблена система відповідає цим вимогам.

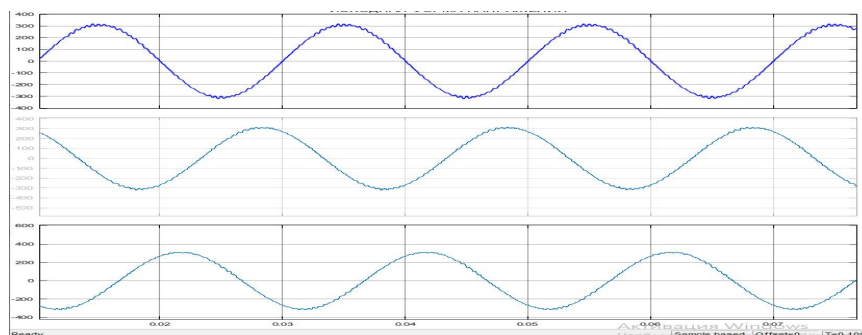


Рисунок 3 – Вихідна форма трифазної напруги гібридного інвертора після проходження через фільтрацію

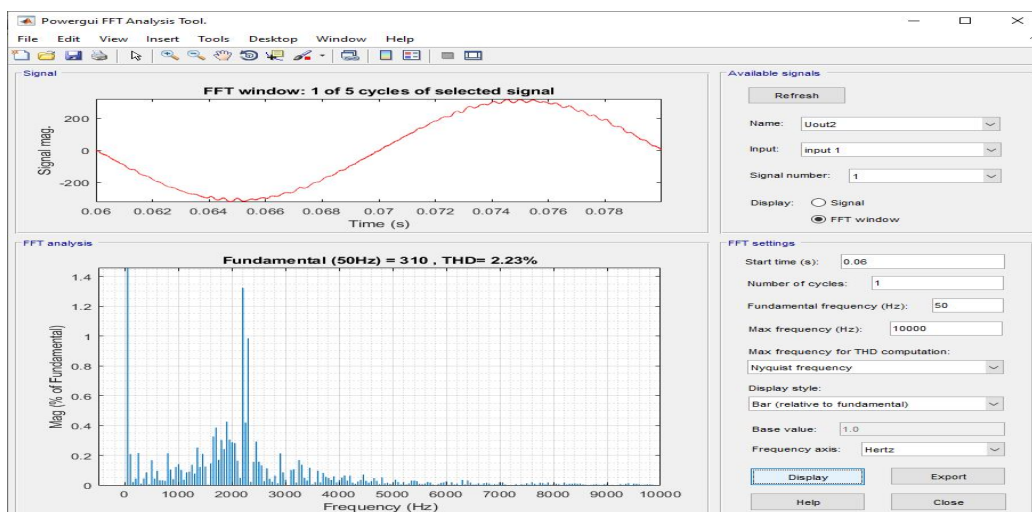


Рисунок 4 – Аналіз гармонійного складу вихідної напруги інвертора після застосування фільтрації

ВИСНОВКИ

Розроблена система безперебійного живлення з літєвими акумуляторами демонструє високий рівень ефективності та відповідає міжнародним стандартам якості електричної енергії. Використання LC-фільтра дозволило знизити коефіцієнт гармонійних спотворень до 2,23%, що є нижче допустимого рівня 5%. Завдяки стабілізації напруги та формуванню чистої синусоїдальної форми вихідної напруги система забезпечує надійне та стабільне електроживлення для критичних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костинчук, О. В., І. В. Зима. "Властивості автономного джерела живлення як об'єкта керування потужністю." Вчені записки 2024 : DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.1/25>.
2. Багач Р. В., Кальченко О. О. Перспективи та розвиток літєвих акумуляторів в Україні // Світові тенденції ресурсозбереження на електричному транспорті: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 25–27 жовт. 2023 р. – 2023. – С. 31-34.
3. Багач, Р. В. Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів // Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців: матеріали наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 жовт. 2021 р. — Харків: Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, 2021. — С. 346–349.
4. Багач, Р.В. Дослідження акумуляторних блоків електромобілів та зарядних станцій на основі активного трифазного випрямляча струму // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2023. № 24. С. 62–71. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2023.24.0.2>.
5. Plakhtii O., Prokhorova V., Bagach R., Zhuchenko O., Yermilova N., Perets K. Research of Accumulator Blocks of Electric Vehicles and Charging Station Based on Current Source Rectifier // 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2023. P. 1–6. DOI: 10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312968.
6. Гнатов А. В., Аргун І. В., Багач Р. В., Гнатова Г. А., Тарасова В. В., Ручка О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електрон. наук. спеціаліз. вид. 2021. № 20. С. 17–26. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.02>.
7. 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.

USE OF SIMULATION TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF STUDENTS FOR THE DIAGNOSTICS OF ELECTRIC VEHICLES AND CHARGING STATIONS

Bahach Ruslan¹, Mohamed Bushara²

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine,

²University of Gezira, Sudan

INTRODUCTION

The development of electric vehicles and charging infrastructure creates a need for new knowledge and skills among specialists capable of providing maintenance and diagnostics of high-tech equipment. An important aspect of training is familiarity with batteries, features of charging systems of different levels, as well as diagnostic equipment that ensures effective maintenance of these components. An important aspect of training is familiarity with batteries, features of charging systems of different levels, as well as diagnostic equipment that ensures effective maintenance of these components. Given the rapid development of the electric vehicle industry, simulation technologies provide an opportunity for future specialists to master the necessary competencies without the risk of damaging expensive equipment and reducing the cost of educational resources [1-3].

Relevance of the research. As electric vehicles gain popularity, there is a significant demand for specialists capable of diagnosing and servicing electric vehicle systems. Learning using simulation technologies is becoming a mandatory component in higher education institutions, as it allows you to gain knowledge in conditions close to real ones, but without the risks associated with physical work with expensive equipment. Simulation platforms can reproduce numerous scenarios such as battery failures, problems with charging stations, overheating and other critical conditions.

The purpose of the study. The research is aimed at analyzing the possibilities of simulation platforms in the educational process, as well as at evaluating their effectiveness in preparing students for real working conditions with electric vehicles and charging stations.

BASIC RESEARCH MATERIALS

1. Modeling of electric car batteries. For working with batteries, it is important to simulate the operation parameters of lithium-ion batteries, which are widely used in electric vehicles:

- Li-ion Battery Simulation in MATLAB/Simulink. This platform allows you to reproduce the operation of a battery under various conditions, such as charging and discharging cycles, determining the rate of degradation of the battery and studying its thermal characteristics, Figure 1. For example, a student can simulate overcharging and observe how a change in temperature affects the life of a battery [4];

- Simcenter Amesim. This platform allows modeling of a Battery Management System (BMS) that includes state of charge, temperature, and voltage monitoring, Figure 2. This is important for students researching BMS battery protection against overloads and overheating.

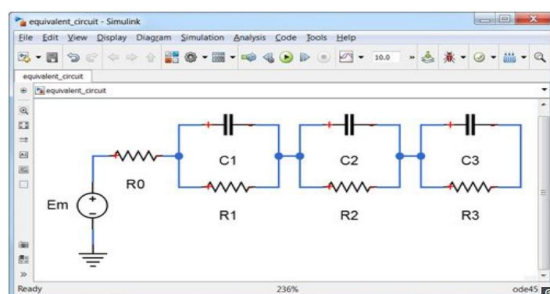


Figure 1 – MATLAB/Simulink

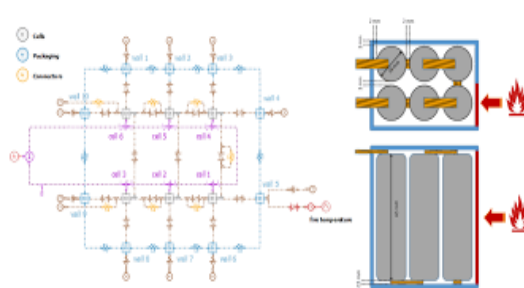


Figure 2 – Simcenter Amesim

2. Examples of electric vehicles in simulation environments. The use of simulation platforms allows students to analyze the behavior of electric vehicles in various road conditions. This makes it possible to study how various factors affect the operation of the electric motor and the battery:

- Tesla Model 3 in the CarMaker environment. The platform allows you to study the interaction between the electric motor, the battery and other systems of the car, Figure 3. For example, students can simulate energy consumption when driving on a highway and in urban traffic conditions, monitoring the change in battery parameters [5];

- Nissan Leaf in the PLECS package. The simulation allows students to experiment with different driving modes, reflecting real-world operating conditions, Figure 4. Students can simulate scenarios where the battery discharges in low temperature conditions and evaluate how this affects driving range [6].



Figure 3 – Tesla Model 3 in the environment CarMaker

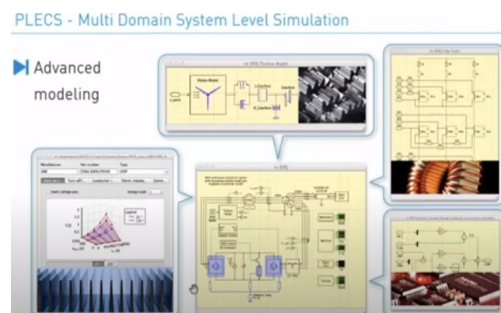


Figure 4 – Nissan Leaf in the PLECS

3. Charging stations and simulation of charging processes. Electric cars use charging stations of different levels — from slow charging (AC) to fast charging with direct current (DC). The simulation of charging stations allows you to study charging processes under different loads:

- AC charging based on MATLAB/Simulink [7,8]. Using AC charging stations allows students to understand how AC charging works by examining factors such as voltage, current and energy loss, Figure 5;

- DC Fast Charging using LabVIEW [9]. A fast charging simulation allows students to study the fast charging processes that occur in high power stations such as the Tesla Supercharger and CCS Combo, Figure 6. This provides an understanding of the temperature control processes and energy efficiency during charging. For example, students can observe how fast charging increases the temperature of the battery and how the temperature management system maintains optimal parameters;

- simulation of charging stations with monitoring. Simulation on platforms such as PLECS reproduces the operation of charging stations with current, voltage and temperature monitoring, enabling students to work with safety systems such as short-circuit and overload protection important in real-world settings [10].

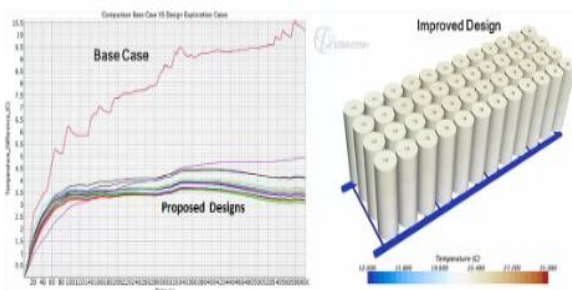


Figure 5 – AC charging based on MATLAB/Simulink

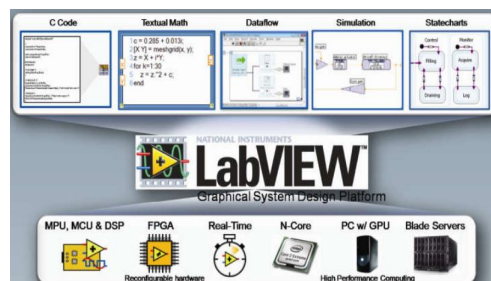


Figure 6 – Using LabVIEW

CONCLUSIONS

The overall effectiveness of simulation technologies confirms their feasibility in preparing students for the diagnosis and maintenance of electric vehicles. Thanks to such platforms, students gain knowledge and practical skills in the diagnosis of critical components, in particular batteries and charging stations, and also gain access to research, which is extremely important in the conditions of continuous technological development. This allows to ensure the competitiveness of graduates on the labor market in Ukraine and other countries of the world.

REFERENCES

1. Hnatov, A., Arhun, S., Hnatova, H., Bagach, R., Patlins, A., Zabasta, A. Implementation of the double degree master's program on the example of the Erasmus project CybPhys. Proceedings of the 2021 IEEE 62nd International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University. 2021 (pp. 277-282). Riga, Latvia: Riga Technical University; Piscataway: IEEE. ISBN 978-1-6654-3805-6,e-ISBN978-1-6654-3804-9. doi:10.1109/RTUCON53541.2021.9711716.
2. Mygal, V., Arhun, S., Hnatov, A., Bagach, R., Kunicina, N. Methods for Diagnosing Vehicles by an Operator-Diagnostician. 2022 IEEE 63th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) 2022October (pp. 1-6).IEEE DOI:10.1109/RTUCON56726.2022.9978906.
3. Hnatova, A., Bagach, R., Sokhin, P. Economic and environmental impact of electric vehicles. Proceedings of the Fourth International Scientific and Practical Conference "Automotive Transport and Infrastructure" 2021 (pp. 215-217). Kyiv.
4. Plakhtii, O., Prokhorova, V., Bagach, R., Zhuchenko, O., Yermilova, N., Perets, K. Research of Accumulator Blocks of Electric Vehicles and Charging Station Based on Current Source Rectifier. 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek) (pp. 1-6). IEEE. doi:10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312968.
5. Rosenberger, Nico, et al. "Quantifying the state of the art of electric powertrains in battery electric vehicles: comprehensive analysis of the tesla model 3 on the vehicle level." *World Electr. Veh. J* 15 (2024): 268.
6. Osmancik, Tolga. Design and Simulation of Vehicle-to-Load System with Nissan Leaf. Diss. Concordia University, 2023.
7. Bahach R. Study of the efficiency of a charging station for electric vehicles using an active rectifier in a micro-grid system / Ruslan Bahach // Sustainable production and consumption in industry: challenges and opportunities : collection of scientific articles. – Dresden, 2024. – Pp. 126-133. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/167810>.
8. Tudoroiu, Nicolae, ed. Electric Vehicles-Design, Modelling and Simulation: Design, Modelling and Simulation. BoD–Books on Demand, 2023.
9. KHAN, JIHAS, and ATHULYA VALSARAJ. "DC-DC Converter Validation for Battery Electric Vehicle Using HILS." December-2020.
10. Kumar, Kaushik Naresh, et al. "Evaluation of Reconfigurable Isolated Bidirectional DC/DC Converters for an EV Charging system with Bipolar DC-link." 2023 25th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'23 ECCE Europe). IEEE, 2023.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ В ТРАНСПОРТНИХ ЗАСТОСУВАННЯХ

Петрушинський А.Р., Дзюбенко О.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

На сьогодні питання покращення економічних, екологічних та динамічних показників АТЗ вирішуються шляхом розробки гібридних та електричних силових установок (СУ) транспортних засобів. В таких СУ електропривод майже не працює окремо від ДВЗ, а лише допомагає йому в різних режимах роботи. Тому в такій конструкції ідеальним для застосування є асинхронний двигун (АД), оскільки: є простим у виробництві, має низький опір холостого обертання та може працювати в режимі генератора.

Сучасний транспорт ставить високі вимоги до характеристик привідних систем, що забезпечують рух, безпеку і комфорт пасажирів. Асинхронні електроприводи (АЕ), що мають просту конструкцію та високу надійність, широко використовуються у транспортних засобах, таких як електромобілі, потяги та трамваї. Завдяки відсутності колекторно-щіткового механізму та міцним конструкційним елементам, АД можуть працювати довго і з високою ефективністю. Однак для стабільної роботи асинхронних приводів в умовах транспорту важливо розробити спеціалізовану систему керування, здатну адаптуватися до різних режимів експлуатації, зокрема до змінних швидкостей і навантажень.

МЕТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою роботи є аналіз ключових аспектів розробки системи керування АЕ з урахуванням особливостей транспортних застосувань та розробка системи керування АЕ для дослідження режимів роботи в транспортних застосуваннях для визначення необхідних характеристик та алгоритмів роботи електроприводу.

Для реалізації поставленої мети в роботі проаналізовано принцип роботи асинхронного тягового електроприводу, розглянуто методи та засоби керування АЕ, особливості роботи електроприводу в транспортних застосуваннях, запропоновано використовувати промислові перетворювачі частоти керування, визначено структурну схему та схемотехнічні рішення щодо побудови системи управління частотним перетворювачем АД, розроблено алгоритм взаємодії мікроконтролера системи з мікроконтролером перетворювача частоти відповідно до цифрового інтерфейсу передачі даних.

АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД У ТРАНСПОРТІ

АД працює за принципом перетворення електричної енергії в механічну за допомогою обертового магнітного поля, яке створюється у статорі двигуна. Це обертове поле взаємодіє з обмотками ротора, індукуючи в них електричний струм. Під дією цього струму на ротор виникає електромагнітне поле, що створює обертальний момент, необхідний для руху. Умовою обертання ротора є те, що він завжди дещо відстає від обертання магнітного поля, створюючи ковзання, завдяки якому АД й отримали свою назву.

У транспортних системах асинхронні приводи мають низку переваг. Завдяки відсутності щітково-колекторного механізму, АД є менш схильним до механічного зносу, що значно збільшує його надійність та знижує витрати на технічне обслуговування. Окрім того, АД можуть забезпечувати високу ефективність при різних навантаженнях, що

робить їх економічно вигідними в умовах постійної зміни швидкостей і навантажень, характерних для транспортних засобів.

Проте керування асинхронними приводами є технічно складним процесом через нелінійний характер їх електромагнітних характеристик. Це потребує застосування сучасних методів керування, здатних точно підтримувати потрібну швидкість і обертальний момент в умовах швидких змін навантажень, що особливо важливо в умовах транспорту.

МЕТОДИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Для керування асинхронними приводами в транспортних системах використовуються методи, які дозволяють забезпечити стабільну роботу двигуна при змінних швидкостях та навантаженнях. Одним із найбільш ефективних підходів є векторне керування (Field-Oriented Control, FOC). Цей метод дозволяє контролювати момент двигуна і швидкість, розділяючи струми статора на дві незалежні складові: одну для моменту, іншу для магнітного потоку. Векторне керування застосовує складну математичну модель, що дозволяє отримати точний контроль за режимами роботи двигуна. Це особливо важливо для транспортних засобів, де потрібна швидка адаптація до змінних умов.

Іншим підходом є скалярне керування (Voltage/Frequency Control, V/F), що регулює двигун через підтримку постійного співвідношення між частотою і напругою. Такий метод є більш простим у реалізації, але забезпечує нижчу точність контролю моменту і швидкості порівняно з векторним керуванням. У транспортних застосуваннях скалярне керування використовується для більш простих завдань, де не потрібна висока точність.

Пряме керування моментом (Direct Torque Control, DTC) є методом, який дозволяє миттєво коригувати момент і швидкість обертання без використання складних моделей, таких як у векторному керуванні. DTC забезпечує дуже швидку відповідь на зміну умов, що є великою перевагою для транспорту. Однак цей метод менш точний на високих швидкостях і може викликати пульсації моменту, що може бути небажаним для деяких транспортних систем.

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА В ТРАНСПОРТІ

Для забезпечення стабільної роботи асинхронного привода в умовах реального транспорту необхідно досліджувати, як він реагує на змінні режими навантаження та швидкості. У транспортних засобах, таких як потяги або автобуси, АЕ піддається динамічним змінам, зокрема через коливання навантаження при зміні кількості пасажирів або умов дороги.

При дослідженні режимів роботи привода важливо враховувати перехідні процеси, такі як розгін і гальмування. Ці режими особливо критичні для транспорту, оскільки вони визначають плавність руху і комфорт пасажирів. Дослідження в лабораторних умовах дозволяють моделювати різні сценарії роботи привода, визначати оптимальні параметри і покращувати адаптацію системи керування.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Розробка системи керування АЕ для транспорту є багатокомпонентним процесом, який включає використання сучасного обладнання та алгоритмів для забезпечення швидкого та точного керування. Основу системи керування складають високопродуктивні процесори, які здатні швидко обробляти великі обсяги даних і забезпечувати векторне або пряме керування.

Ключовим аспектом є вибір сенсорів і датчиків, які забезпечують інформацію про параметри роботи двигуна, зокрема швидкість обертання, струм, напругу та температуру. Датчики дозволяють системі керування швидко реагувати на зміни в роботі двигуна і здійснювати коригування в режимі реального часу, що забезпечує стабільність і ефективність роботи.

Алгоритми керування розробляються з урахуванням специфіки транспортних умов і дозволяють оптимізувати споживання енергії, регулюючи режим роботи привода під конкретні навантаження та швидкості. Для цього використовуються методи оптимізації, які враховують миттєві значення параметрів і обирають найекономічніший режим роботи без зниження продуктивності. Тому авторами було запропоновано розділити систему керування на дві функціональні частини: блок транспортного керування та блок керування АД. Завдяки цьому досягається суттєве скорочення витрат часу на розробку системи керування та отримання результатів при проведенні досліджень.

Блок транспортного керування реалізовано на мікроконтролері із набором необхідних датчиків і регуляторів, що забезпечують контроль параметрів роботи приводу. Цей блок виконує логічне керування реалізуючи заданий алгоритм руху транспорту та роботи АЕ.

Блок керування АД реалізовано за допомогою промислового частотного перетворювача для АД з цифровим інтерфейсом. Через інтерфейс передачі даних мікроконтролер керує поточними параметрами роботи АД та отримує зворотній зв'язок від частотного перетворювача. Такий підхід дозволяє швидко змінювати різні алгоритми роботи та обирати перетворювач з необхідними характеристиками не переробляючи усю систему керування.

Для виконання системи керування асинхронним електроприводом для дослідження режимів роботи в транспортних застосуваннях було запропоновано структурну схему наведену на рисунку 1.

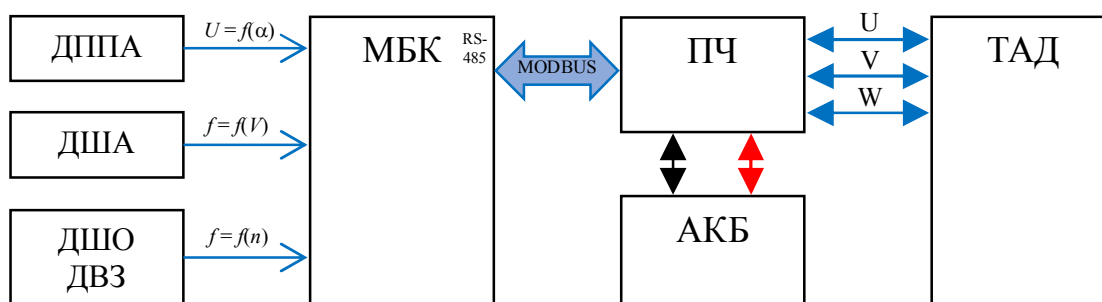


Рисунок 1 – Схема структурна системи керування АЕ для ТЗ

Схема складається з мікроконтролерного блоку керування (МБК), перетворювача частоти (ПЧ), акумуляторної батареї (АКБ), тягового асинхронного двигуна (ТАД) і набору датчиків: датчик положення педалі акселератора (ДППА); датчик швидкості автомобіля (ДША); датчик швидкості обертання колінчастого валу ДВЗ (ДШО ДВЗ).

МБК представляє собою електричну схему яка складається з мікроконтролера, схеми стабілізації напруги живлення, схеми нормалізації та узгодження вхідних інтерфейсів, схеми нормалізації та узгодження вихідних інтерфейсів. При подачі живлення МБК проводить ініціалізацію (попереднє налаштування) ПЧ, опитує датчики, рівень заряду АКБ та визначає поточний режим роботи.

Для повної взаємодії з ПЧ: налаштування, отримання поточних значень параметрів роботи, керування частотою, використовується промисловий послідовний інтерфейс передачі даних RS-485 та протокол MODBUS.

З метою управління частотою використовується ДША, оскільки сигнал пропорційний частоті обертання осі асинхронного двигуна. Знаючи число пар полюсів статора та коефіцієнт пропорційності між частотою сигналу датчика швидкості

автомобіля та частотою обертання валу асинхронного електродвигуна, частоту трифазної змінної напруги, яку треба подавати на асинхронний електродвигун, отримують шляхом додавання номінального абсолютного ковзання.

Також важливо врахувати, що асинхронні приводи в транспортних умовах часто інтегруються з іншими елементами транспортного засобу, наприклад, з системою гальмування або живленням. Тому запропонована система є достатньо гнучкою і здатною до інтеграції з електронними системами управління всього транспортного засобу. Для цього мікроконтролер має апаратний CAN інтерфейс, що забезпечить передачу даних між різними блоками системи в режимі реального часу.

Ще одним важливим аспектом є забезпечення безпеки роботи привода. Оскільки транспортні системи експлуатуються у складних умовах, зокрема за високих температур, вологості та пилу, система керування повинна бути стійкою до зовнішніх впливів і забезпечувати захист від перевантажень та перегріву. Для цього передбачені алгоритми, що контролюють параметри роботи привода і в разі досягнення критичних значень знижують потужність або зупиняють двигун, щоб уникнути поломок та аварій.

Таким чином, запропонована схема реалізації системи керування асинхронним електроприводом для транспортних застосувань реалізує комплексний підхід, що включає:

- обробку великих обсягів даних для швидкого реагування на змінні умови,
- налаштування гнучких алгоритмів оптимізації для зниження енергоспоживання,
- забезпечення інтеграції з іншими електронними системами транспортного засобу,
- захист від перевантажень і впливу зовнішніх факторів.

Завдяки цьому система керування асинхронним електроприводом здатна ефективно працювати в умовах високої інтенсивності руху та забезпечувати безпеку і комфорт пасажирів.

ВИСНОВКИ

Розробка системи керування для асинхронного електропривода у транспортних застосуваннях є важливим етапом для підвищення надійності та ефективності транспортних систем. Асинхронні електроприводи мають значні переваги в умовах транспорту завдяки своїй надійності та економічності, але ефективність їх роботи значною мірою залежить від якості системи керування. Сучасні методи, такі як векторне та пряме керування моментом, дозволяють забезпечити стабільну роботу двигуна в умовах динамічного навантаження та змінних швидкостей.

В умовах постійних змін, характерних для транспортної експлуатації, ключову роль відіграє здатність системи керування адаптуватися до зміни режимів роботи та забезпечувати захист від зовнішніх факторів. Завдяки цьому транспортні засоби з асинхронними приводами можуть досягти високого рівня енергозбереження та безпеки, що є важливим для сучасних вимог екологічності та економічної ефективності.

Дослідження методів та засобів керування АД показує, що існуючі частотні перетворювачі керування асинхронними двигунами, що призначені для промислових цілей, можуть реалізовувати потрібні алгоритми та налаштування ТЕР при зовнішньому керуванні. В зв'язку з чим запропоновану схему комбіновану схему керування АЕ для дослідження режимів роботи в транспортних застосуваннях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кисельов, А.М., Асинхронні електроприводи для транспортних систем. Київ: Техніка, 2020.
2. Громов, О.В., Теорія електроприводів: навчальний посібник. Харків: ХНУМГ, 2018.
3. IEEE Industry Applications Society. "Electric Drives for Traction Applications." IEEE Transactions on Industry Applications, 2021.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ПЕРЕДБАЧЕННЯ

Товстокорий М.Ю.¹, Дзюбенко О.А.¹, Antonowski T.²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Польща

ВСТУП

Проблеми дорожньої безпеки стають дедалі гострішими через безперервне розширення дорожньої інфраструктури та зростання кількості транспорт-них засобів. У відповідь на глобальні виклики, пов'язані з важкими дорожніми аваріями та екологічними питаннями, було розроблено інтелектуальні транспортні системи й системи допомоги водієві. Вони спрямовані на підвищення безпеки та покращення умов водіння, однак останнім часом такі системи викликають занепокоєння широкого кола користувачів [1].

Адаптивний круїз-контроль – одна з інновацій у сфері активної безпеки, що стала важливим етапом у розвитку систем допомоги водієві [2]. На відміну від звичайного круїз-контролю, адаптивний круїз-контроль може запобігати зіткненням та підтримувати безпечну дистанцію до автомобіля попереду, враховуючи відстань, швидкість і прискорення інших транспортних засобів. Успіх цієї технології можна розглядати як зразок для створення більш комплексних систем активної безпеки. Системи адаптивного круїз-контролю (ACC) зазвичай допомагають зменшити навантаження на водія і підвищити безпеку руху завдяки автоматичному контролю повздовжнього руху автомобіля, а також забезпечують підтримку за рахунок зручного інтерфейсу. Сучасні дослідники, розробляючи стратегії для ACC, здебільшого орієнтуються на безпечне слідування за іншим транспортним засобом [3]. Водночас такі аспекти, як комфорт і економічність, також є важливими характеристиками системи. Тому мета управління полягає у підвищенні комфорту та економічності поїздки з обов'язковим до-триманням безпечної дистанції між автомобілями. Основний виклик полягає у створенні багатофункціональних стратегій управління, що охоплюють безпеку, економічність і комфорт.

МЕТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою цього дослідження є підвищення ефективності системи керування адаптивного круїз-контролю шляхом використання прогнозуючої моделі, яка забезпечує більш точну адаптацію до змін у поведінці автомобіля попереду та підтримує стабільність руху в транспортному потоці. На відміну від традиційних контролерів, прогнозуюча модель дозволяє аналізувати майбутню траєкторію автомобіля на заданий часовий інтервал, що дає можливість оптимально реагувати на змінні дорожні умови.

Оскільки традиційні лінійні контролери часто обмежуються регулюванням швидкості та дистанції в певний момент, прогнозуюча модель надає можливість оцінювати майбутню траєкторію автомобіля попереду, забезпечуючи більш адаптивне та безпечне управління. Завдання дослідження включає аналіз потенціалу та обмежень моделей передбачення у вирішенні багатозадачних вимог, зокрема безпеки, ефективності та комфорту водіння. Дослідження також зосереджено на розробці підходів, що дозволяють уникати посилення коливань у потоці, особливо під час раптових змін швидкості, не потребуючи точного прогнозу його положення. Завдання полягає в тому, щоб дослідити потенціал таких моделей у вирішенні багатозадачних цілей керування, насамперед зменшуючи ризик "ланцюгових реакцій" і підвищуючи адаптивність у реальних дорожніх умовах. Особлива увага приділяється визначенню того, як модель може підтримувати баланс між точністю прогнозування та строковою стійкістю без надмірної залежності від обчислювальних ресурсів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На відміну від лінійних контролерів, які регулюють відстань і швидкість в конкретний момент часу, адаптивний круїз-контроль на основі управління з передбаченням аналізує обмежений часовий інтервал, в межах якого система прогнозує рух автомобіля попереду і приймає оптимальне рішення щодо майбутньої траєкторії [5]. Такий підхід дозволяє враховувати кілька цілей одночасно, зокрема безпеку, ефективність і комфорт водіння. Принцип передбачення і оптимізації робить систему більш гнучкою, додаючи нові цільові параметри траєкторії та виходячи за рамки простого регулювання швидкості та відстані, що є властивим для лінійних систем. Цей оптимізаційний підхід також створює нові можливості для підвищення продуктивності порівняно з традиційними лінійними системами.

Сучасні виробники систем адаптивного круїз-контролю, ймовірно, продовжать використовувати моделі передбачення через їх високу гнучкість і ефективність у вирішенні складних завдань. Наприклад, компанія Tesla продемонструвала свій підхід до передбачення та оптимізації на заході AI Day у 2021 р. Однак, незважаючи на численні переваги моделей передбачення в забезпеченні балансування множини цілей, вони мають певні обмеження, зокрема, проблеми із строковою стійкістю, що складно піддається аналізу через нелінійність та труднощі з точністю прогнозування. Строкова стійкість визначається як властивість ланцюга транспортних засобів або будь-якого послідовного потоку об'єктів, при якій коливання чи різкі зміни поведінки одного учасника, наприклад, гальмування або прискорення, не спричиняють посилення цих змін у наступних учасників ланцюга [6]. Наприклад, якщо перший автомобіль у колоні зменшує швидкість, строкова стійкість гарантує, що наступні автомобілі не реагувати-муть різким гальмуванням, що запобігає "ланцюговій реакції" й забезпечує плавний рух всього потоку. У протилежному випадку, коли кожне наступне авто реагує різко, це може призвести до небажаних наслідків. Таким чином, строкова стійкість є важливою для збереження стабільності та запобігання накопиченню помилок у системах адаптивного круїз-контролю, забезпечуючи безперервний і плавний рух транспортних засобів.

Для оптимізації траєкторії руху автомобіля необхідно мати точний прогноз положення лідера. Однак, як показують сучасні дослідження, передбачити поведінку лідера з високою точністю є складним завданням. Наприклад, компанії, такі як Lyft і Waymo, організовують змагання з машинного навчання, спрямовані на прогнозування траєкторій лідера. Для досягнення високої точності прогнозування використовуються глибокі нейронні мережі та великі обсяги даних, але, незважаючи на це, жодна компанія поки не досягла значних успіхів у вирішенні цієї проблеми.

У цьому контексті виникає потреба в системі, що не залежить від прогнозів і забезпечує строкову стійкість при будь-яких швидкостях та коливаннях. Така модель вже існує в теорії транспортних потоків. У її рамках траєкторія на-ступного автомобіля визначається як тимчасово-просторове зрушення траєкторії лідера в минулому. Це забезпечує гарантовану строкову стійкість, що означає, що коливання лідера не посилюються і не гасяться в ланцюгу транспортних засобів. Крім того, ця модель не потребує прогнозування поточного положення лідера, а використовує лише його історію, яка може бути отримана за допомогою сучасних датчиків, таких як радар.

ВИСНОВКИ

Адаптивний круїз-контроль є важливим етапом розвитку активних систем безпеки, оскільки дозволяє автоматизувати управління поздовжнім рухом, знижуючи навантаження на водія та покращуючи комфорт водіння. На відміну від традиційних круїз-контролів, ця система не лише підтримує задану швидкість, але й враховує швидкість, прискорення та відстань до попереднього транспорт-ного засобу, що сприяє запобіганню зіткнень та підтримці безпечної дистанції. Ключовою особливістю адаптивного круїз-контролю є використання прогнозуючих моделей управління. Такий

підхід дозволяє не лише реагувати на зміни в реальному часі, а й оптимізувати траєкторії на основі прогнозів поведінки інших учасників дорожнього руху. Це робить систему більш гнучкою, здатною враховувати не тільки безпеку, а й комфорт і економічність поїздки, забезпечуючи плавний та ефективний рух.

Принцип багатозадачності дає змогу знаходити оптимальний баланс між різними цілями керування, такими як зниження споживання палива, мінімізація різких гальмувань та підвищення комфорту для пасажирів. Однак, незважаючи на всі переваги, система стикається з низкою проблем і обмежень. Однією з найбільших труднощів є забезпечення строкової стійкості в транспортних потоках. Строкова стійкість означає, що коливання в русі, наприклад, гальмування одного автомобіля, не повинні посилюватися в наступних транспортних засобах, а, навпаки, повинні поступово згладжуватися. Відсутність строкової стійкості може призвести до того, що кожен наступний автомобіль реагуватиме з більшим запізненням або різкіше, що може спричинити утворення заторів або аварії [7].

Крім того, система надзвичайно залежить від точності прогнозування поведінки інших учасників руху. Прогнозування маневрів водія попереднього автомобіля може бути важким через численні непередбачувані фактори, такі як раптові зміни траєкторії або маневри. Однак система на основі прогнозування має перевагу, оскільки вона здатна використовувати тільки історію руху лідера, що знижує залежність від точних прогнозів і забезпечує більшу стабільність у складних дорожніх ситуаціях. Замість того, щоб передбачати точну поведінку, система може використовувати траєкторію лідера з тимчасовим зрушенням, що мінімізує накопичення помилок і покращує строкову стійкість.

Отже, адаптивний круїз-контроль є потужним інструментом для підвищення безпеки та комфорту на дорогах, проте для подальшого вдосконалення необхідно вирішити низку складних завдань. Досягнення строкової стійкості, поліпшення точності прогнозування та оптимізація багатозадачних стратегій управління є важливими напрямками для майбутніх досліджень і розробок. З правильною настройкою, такі системи можуть значно покращити ефективність транспортних потоків і знизити аварійність на дорогах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Liu, H.; Wei, H.; Zuo, T.; Li, Z.; Yang, Y.J. Fine-tuning ADAS algorithm parameters for optimizing traffic safety and mobility in connected vehicle environment. *Transp. Res. C-Emer.* 2017, 76, 132–149.
2. Zhang, J.H.; Li, Q.; Chen, D.P. Integrated adaptive cruise control with weight coefficient self-tuning strategy. *Appl. Sci.* 2018 8, 978.
3. Xiao, L.; Gao, F. A comprehensive review of the development of adaptive cruise control systems. *Veh. Sys. Dyn.* 2010, 48, 1167–1192.
4. Коростельов М.В., Гнатов А. В. Дослідження активних систем безпеки для автотransпортних засобів // *Автомобільний транспорт*. - Х.: ХНАДУ. 2020. Вип. 46. – С. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2020.46.0.40>.
5. 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.
6. 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. *Przegląd Elektrotechniczny*. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50.
7. 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>.

ОГЛЯД МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ДЛЯ СИСТЕМ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Нечаус А.О., Рубан Є.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Активна безпека сучасного електромобіля залежить, серед іншого, від передових систем допомоги водієві (ADAS) – набору технологій на основі електроніки, розроблених для забезпечення безпечної експлуатації автомобіля. Інновації ADAS допомагають запобігти аваріям, утримуючи автомобілі на безпечній відстані один від одного, попереджаючи водіїв про небезпечні умови, захищаючи тих, хто перебуває в автомобілі та на вулиці, від шкідливих звичок водіння та виконуючи інші операції, пов'язані з безпекою дорожнього руху. У ADAS також передбачені функції, які в майбутньому будуть служити важливими елементами автономної роботи, керованої комп'ютером.

Автовиробники наввипередки впроваджують все більше і більше можливостей допомоги водієві в нові автомобілі, при цьому доступність багатьох функцій на ринку значно зростає з кожним роком. Автовиробники покладаються на провідних постачальників напівпровідників для ряду передових технологій інтегральних схем (IC), які можуть точно та надійно підтримувати різноманітні зовнішні датчики; обмінюються даними між різними системами автомобіля та забезпечують високоефективну, різноманітну обробку для комп'ютерного зору та прийняття рішень, необхідних для наступного покоління ADAS та автоматизованих систем водіння.

Стандарт J3016 Міжнародного товариства автомобільних інженерів (SAE) Taxonomy and Definition for Term Related to Road Motor Vehicle Automated Driving Systems – це система класифікації, розроблена для забезпечення загальної термінології для автономного водіння. Рівні автоматизації водіння SAE International для дорожніх транспортних засобів:

- рівень 0 не є автоматизацією, і вже вважається відходом у минуле.
- на рівнях 1 та 2 системи ADAS можуть на короткий час взяти на себе активний контроль над автомобілем, щоб допомогти при паркуванні, запобігти руху заднім ходом за наявності об'єктів, які водій не бачить, уникнути зіткнень шляхом гальмування або повороту. Іноді система активно контролює індивідуальні особливості автомобіля, наприклад, автоматичну адаптацію передніх фар до поворотів та інших мінливих умов.
- рівень 3 передбачає напіваавтономну роботу; автомобіль бере на себе керування автомобілем за певних обставин, але водій повинен бути готовий відновити керування. Однією з напіваавтономних функцій для їзди по шосе є адаптивний круїз-контроль, який автоматично змінює швидкість, щоб дотримуватись трафіку. Іншим варіантом є допомога в утриманні смуги руху, яка використовує передню або задню камеру, щоб утримувати автомобіль по центру своєї смуги та на безпечній відстані від інших водіїв. Система допомоги при паркуванні бере на себе повний контроль під час паркування на переповнених парковках і в гаражах, а контроль стану водія може виявити його недієздатність та розпочати маневр зупинки автомобіля.
- рівні 4 та 5 – автомобілі переходять на повністю автономну роботу, на водійському сидінні може взагалі нікого не бути. Єдиним пасажиром може бути людина похилого віку або людина з обмеженими можливостями на задньому сидінні, або автомобіль може бути порожнім, коли їде за кимось за викликом.

Кожен з цих етапів ґрунтується на попередніх, об'єднуючи існуючі системи безпеки в нові, більш складні. Сьогодні більшість нових автомобілів з'являються з пасивними і навіть деякими активними функціями безпеки ADAS, і доступність швидко зростає.

Як і майже у всіх інноваціях, функції ADAS, як правило, спочатку впроваджуються в автомобілі високого класу, а потім переходять до автомобілів середньої цінової категорії

та економ-класу. У деяких випадках, таких як камери заднього виду, комерційні транспортні засоби стали першопрохідцями, оскільки ці функції особливо цінні для безпечної експлуатації великих вантажівок.

Більш високі рівні можливостей автоматизованого та допоміжного водіння, а також вимоги до надійності породжують потребу в мультимодальних системах з використанням різноманітних датчиків, включаючи технології ультразвукових датчиків, RADAR, LIDAR та камер (кольорового, монохромного, стерео та інфрачервоного нічного бачення).

Супутниковий зв'язок, а також радіозв'язок з сусідніми автомобілями (vehicle-to-vehicle) та оточуючими об'єктами (vehicle-to-infrastructure) також необхідні для позиціонування, визначення стану маршруту, трафіку та іншої інформації.

У той час як потреба у підтриманні все більшої кількості мультимодальних систем з декількома датчиками на систему розширює межі для постачальників мікропроцесорних систем, виробники автомобілів стикаються з проблемою інтеграції нових датчиків у системи автомобіля та відповідних блоків обробки та керування без шкоди для дизайну автомобіля та внутрішнього простору салона.

На рисунку 1 наведено структурну схему системи головної відеокамери електромобіля, пропонувану Texas Instruments [1].

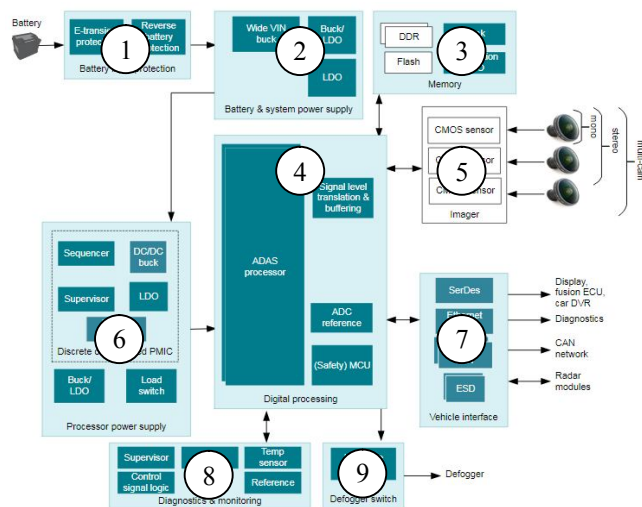


Рисунок 1 – Структурна схема мікропроцесорної системи головної відеокамери електромобіля

До складу системи входять: 1 – підсистема захисту входу батареї, основними функціями цієї підсистеми є захист від перехідних процесів та зворотний захист батареї; 2 – підсистема керування живлення системи, джерело живлення, підключене до акумуляторної батареї транспортного засобу, забезпечує кілька номіналів напруги, які використовуються в системі; 3 – підсистема зберігання інформації, флеш-пам'ять та пам'ять DDR для робочого процесора, частиною цієї системи можуть бути джерела живлення пам'яті; 4 – підсистема обробки інформації, включає головний процесор для обробки зображень та функціональних алгоритмів, також може включати мікроконтролер для обслуговування або захисту та обробляє всі комунікації з інтерфейсом автомобіля; 5 – підсистема прийому та узгодження інформації камер кольорового, монохромного та стерео зображень; 6 – блок живлення процесора, спеціальне джерело живлення процесора, яке забезпечує необхідні напруги та тактову частоту; 7 – інтерфейс автомобіля, включає інтерфейси зв'язку між передньою камерою та іншими системами автомобіля, зазвичай включає CAN, а також може мати Ethernet для діагностики та оновлення або відеовихід для передачі даних зображення іншим системам автомобіля; 8 – підсистема діагностика та контролю, забезпечує контроль напруги та температури системи, а також точні опорні значення напруг; 9 – підсистема

антизапотівання, керує високовольтним перемикачем, який вмикає та вимикає нагрівальний елемент об'єктиву камери.

Для кожної з перелічених підсистем навіть один виробник (Texas Instruments) пропонує декілька технічних рішень. Наприклад, для останньої підсистеми 9 пропонується:

- TPS1HC30-Q1 – автомобільний, 30 мОм, одноканальний інтелектуальний високовольтний перемикач 5 А;
- TPS1H100-Q1 – 40 В, 100 мОм, 1-канальний автомобільний інтелектуальний високовольтний перемикач з регульованим обмеженням струму;
- TPS4H000-Q1 – 40-В, 1-Ом, 4-канальний автомобільний інтелектуальний високовольтний перемикач з регульованим обмеженням струму;
- TPS2H000-Q1 – 40-В, 1-Ом, 2-канальний автомобільний інтелектуальний високовольтний перемикач з регульованим обмеженням струму;
- TPS4H160-Q1 – 40-В, 160 мОм, 4-канальний автомобільний інтелектуальний високовольтний перемикач з регульованим обмеженням струму;
- TPS1H200A-Q1 – 40 В, 200 мОм, 1-канальний автомобільний інтелектуальний високовольтний перемикач з регульованим обмеженням струму.

ВИСНОВОК

Враховуючи різноманіття та широкий асортимент сучасної мікропроцесорної техніки, вибір та подальше узгодження між собою та з існуючими системами автомобільної електроніки мікропроцесорної елементної бази є досить складною інженерною задачею, яка потребує спеціальної фахової підготовки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Front camera Products and reference designs. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.ti.com/solution/front-camera?variantid=15002&subsystemid=15042>.

РАДІОЧАСТОТНЕ ДУБЛЮВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ

Григоренко Н.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Розвиток автомобільної інфраструктури вимагає вдосконалення систем взаємодії між дорожньою інфраструктурою та транспортними засобами. Радіочастотне дублювання дорожніх знаків (RFID-знаків) є сучасною технологією, що забезпечує передачу інформації про дорожні знаки безпосередньо до транспортних засобів. Такий підхід підвищує безпеку дорожнього руху, зменшує залежність від погодних умов і покращує інформування водіїв. У цій доповіді розглянуто технологічні аспекти, виклики впровадження та перспективи розвитку радіочастотного дублювання дорожніх знаків.

Технологічні аспекти

Радіочастотне дублювання базується на технології RFID (Radio Frequency Identification), яка використовує електромагнітні хвилі для передачі інформації. Основні компоненти системи:

1. RFID-передавач, вбудовані у дорожні знаки або розташований поруч із ними.
2. Зчитувачі, встановлені на транспортних засобах, здатні отримувати інформацію з передавачів.
3. Центральні системи обробки даних, які інтегрують отриману інформацію в загальну систему навігації або відображення підказок водієві на інформаційному дисплеї панелі приладів.

Така система дозволяє транспортному засобу отримувати інформацію про знаки на великій відстані, незалежно від погодних умов.

Виклики впровадження

1. Технічні обмеження: обмежена дальність передачі сигналу, радіосигнали можуть зазнавати перешкод від інших джерел, таких як мобільний зв'язок чи мікрохвильові пристрої.
2. Стандартизація: необхідність розробки міжнародних стандартів для забезпечення сумісності обладнання різних виробників.
3. Безпека даних: ризик несанкціонованого доступу до інформації або її викривлення.
4. Соціальні: адаптація водіїв до нових систем, освітні заходи для роз'яснення переваг технології.

Перспективи розвитку

1. Інтеграція з системами автономного керування: забезпечення безперебійного обміну даними між інфраструктурою і транспортом.
2. Енергоефективні RFID-передавачі: розробка передавачів, які працюють без додаткових джерел живлення, що зменшить вартість впровадження.
3. Розширення функціоналу: використання систем для передачі інформації про стан дорожнього покриття, погодні умови та інші критичні фактори.
4. Глобальна стандартизація: впровадження єдиних протоколів обміну даними.

ВИСНОВКИ

Радіочастотне дублювання дорожніх знаків є перспективною технологією, що може значно підвищити безпеку та ефективність дорожнього руху. Незважаючи на технічні та організаційні виклики, її впровадження стане ключовим елементом розвитку

інтелектуальних транспортних систем. Подальші дослідження та стандартизація є необхідними для широкомасштабного використання цієї технології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гнатов, А. В., Аргун, Щ. В. (2021). Енергозберігаючі технології на транспорті.
2. Павлюченко, В., Макаренко, В. (2023). Вибір конфігурації та розташування міток RFID для підвищення безпеки руху транспортної мережі міста. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 162-168.
3. Roberts, C. M. (2006). Radio frequency identification (RFID). *Computers & security*, 25(1), 18-26.
4. Гайков, А. Р., Євсєєва, О. П., Баранов, О. В., & Баранов, В. Ю. (2014). Інтелектуальні транспортні системи в Україні. Експлуатація і техніко-економічні показники автомобілів та тракторів. Вісник НТУ «ХПІ», (9), 1052.
5. Akter, R., Khandaker, M. J. H., Ahmed, S., Mugdho, M. M., Haque, A. B. (2020, March). RFID based smart transportation system with android application. In 2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA) (pp. 614-619). IEEE.
6. Ільчук, Д. Р., Белов, В. С. (2018). Частотні застосування міток ідентифікації RFID (Doctoral dissertation, ВНТУ).
7. Михайличенко, К. М. (2013). Інновації як чинник модернізації транспортно-дорожнього комплексу України. Вісник економіки транспорту і промисловості, (44), 64-70.
8. Paul, A., Jagriti, R., Bharadwaj, N., Sameera, S., Bhat, A. S. (2011, September). An RFID based in-vehicle alert system for road oddities. In 2011 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (pp. 019-024). IEEE.
9. Mandal, K., Sen, A., Chakraborty, A., Roy, S., Batabyal, S., Bandyopadhyay, S. (2011, October). Road traffic congestion monitoring and measurement using active RFID and GSM technology. In 2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 1375-1379). IEEE.
10. Бабій, М. В., Кучвара, І. М. (2017). Ключові проблеми безпеки дорожнього руху в Україні. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (в авторській редакції) „Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти“, 14-16.

ПРЕСЕЛЕКТИВНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ШЛЯХІВ З МОЖЛИВІСТЮ НАДАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ КОРИСТУВАЧУ

Григоренко Н. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Сучасний розвиток транспортної інфраструктури стикається зі значними викликами, такими як зростання обсягів трафіку, затори та екологічні проблеми. Традиційні методи управління транспортними потоками поступово втрачають ефективність. У цьому контексті інтелектуальні системи стають ключовим інструментом для оптимізації використання дорожньої мережі. Одним із перспективних рішень є преселективна система, яка дозволяє не лише аналізувати завантаженість транспортних шляхів у реальному часі, але й прогнозувати її, пропонуючи водіям оптимальні маршрути.

Технологічні аспекти

Преселективна система ґрунтується на інтеграції передових технологій збору, аналізу та обробки даних:

1. Збір даних:
 - Джерела: сенсори дорожньої інфраструктури, камери відеоспостереження, мобільні додатки, GPS-трекери.
 - Динамічне оновлення: обмін даними в реальному часі через IoT-платформи.
2. Прогнозування завантаженості:
 - Застосування алгоритмів машинного навчання для аналізу історичних і поточних даних.
 - Моделювання поведінки транспортних потоків за допомогою методів великих даних.
3. Надання рекомендацій:
 - Інтерактивні сервіси: мобільні додатки, інформаційні дисплеї в автомобілях, голосові підказки.
 - Розрахунок оптимального маршруту з урахуванням часу, витрат пального, пріоритетів користувача.

Виклики впровадження

1. Технологічні виклики:
 - Високі вимоги до точності збору й обробки даних.
 - Забезпечення швидкого реагування системи у режимі реального часу.
2. Фінансові аспекти:
 - Високі витрати на впровадження обладнання та програмного забезпечення.
 - Доступність технології для масового використання.
3. Соціальні й правові питання:
 - Захист персональних даних користувачів.
 - Адаптація законодавства до використання інтелектуальних транспортних систем.

Перспективи розвитку

1. Інтеграція з «розумними містами»:
 - Взаємодія з іншими міськими інфраструктурами, такими як системи енергозабезпечення й екологічного моніторингу.
2. Розвиток автономного транспорту:

- Інтеграція з автономними автомобілями для їхньої навігації та оптимізації маршрутів.
- 3. Покращення алгоритмів прогнозування:
 - Використання глибокого навчання та штучного інтелекту для моделювання складних транспортних сценаріїв.

ВИСНОВКИ

Преселективна система для прогнозування завантаженості транспортних шляхів є ключовим кроком у розвитку сучасних транспортних технологій. Її впровадження сприятиме зменшенню заторів, підвищенню ефективності дорожнього руху та покращенню якості життя. Водночас успіх реалізації таких систем залежить від вирішення низки технологічних, фінансових та соціальних викликів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аулін, В. В., Гриньків, А. В., Головатий, А. О., Лисенко, С. В., Голуб, Д. В., Кузик, О. В., Тихий, А. А. (2020). Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем.
2. Гайков, А. Р., Євсєєва, О. П., Баранов, О. В., Баранов, В. Ю. (2014). Інтелектуальні транспортні системи в Україні. Експлуатація і техніко-економічні показники автомобілів та тракторів. Вісник НТУ «ХПІ», (9), 1052.
3. Волков Д. В. Впровадження Digital-Технологій На Транспорті. In Materials of International scientific-practical conference (pp. 137-138).
4. Хом'як, А. Я., Назіна, М. О. (2013). Визначення завантаженості міських вулиць і доріг. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, (88), 54-63.
5. Бережна, Н. Г., Волкова, Т. В., Кутья, О. В. (2020). Інтернет речей в транспортній системі.
6. Lin, Y., Wang, P., Ma, M. (2017, May). Intelligent transportation system (ITS): Concept, challenge and opportunity. In 2017 IEEE 3rd international conference on big data security on cloud (bigdatasecurity), IEEE international conference on high performance and smart computing (hpsc), and IEEE international conference on intelligent data and security (ids) (pp. 167-172). IEEE.
7. Akhtar, M., Moridpour, S. (2021). A review of traffic congestion prediction using artificial intelligence. Journal of Advanced Transportation, 2021(1), 8878011.
8. Shahriar, A. Z. M., Atiquzzaman, M., Ivancic, W. (2010). Route optimization in network mobility: Solutions, classification, comparison, and future research directions. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 12(1), 24-38.
9. Torre - Bastida, A. I., Del Ser, J., Laña, I., Ilardia, M., Bilbao, M. N., Campos - Cordobés, S. (2018). Big Data for transportation and mobility: recent advances, trends and challenges. IET Intelligent Transport Systems, 12(8), 742-755.
10. Al-Turjman, F. (2018). Information-centric framework for the Internet of Things (IoT): Traffic modeling & optimization. Future Generation Computer Systems, 80, 63-75.
11. Diakaki, C., Papageorgiou, M., Papamichail, I., Nikolos, I. (2015). Overview and analysis of vehicle automation and communication systems from a motorway traffic management perspective. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 75, 147-165.
12. Rath, M. (2018, June). Smart traffic management system for traffic control using automated mechanical and electronic devices. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 377, No. 1, p. 012201). IOP Publishing.

Секція IV

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. СЕРВІС ТА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

РОЗРОБКА ЧАСТОТНО-КЕРОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ КОНВЕЄРА АВТОМОБІЛЬНОГО ЗАВОДУ

Гнатов А.В.¹, Бобрицький Д.С.¹, Alina Crina Mureșan², Ion Ion²,
Frățița Michael², Robert Mădălin²,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,
²“Dunarea de Jos” University of Galati, Румунія

ВСТУП

Автомобільна промисловість є одним з основних споживачів автоматизованих технологій, зокрема на етапах складання автомобілів. Важливою частиною технологічного процесу на автомобільних заводах є конвеєри, що транспортують автомобільні деталі та комплектуючі між робочими зонами. Для забезпечення гнучкості, точності та енергоефективності цього процесу використовуються частотно-керовані електроприводи. Розробка та впровадження таких приводів дозволяє оптимізувати швидкість і точність транспортування деталей, адаптувати рух до різних стадій виробництва, знизити енерговитрати та підвищити надійність виробничого процесу, рис. 1.



Рисунок 1 – Конвеєрна лінія автомобільного заводу

Із зростанням автоматизації на автомобільних заводах підвищуються вимоги до точності, швидкості та надійності систем, які забезпечують пересування та складання частин. Частотно-керовані електроприводи, що дозволяють регулювати частоту обертання двигуна, сприяють підвищенню енергоефективності та гнучкості виробництва, адаптуючи роботу конвеєра до різних фаз. Такі системи дозволяють зменшити енергоспоживання, збільшити термін експлуатації обладнання та мінімізувати вплив зношування, що особливо актуально для високонавантажених виробничих умов автомобільних заводів. [1-6].

Принцип роботи частотно-керованого електроприводу

Частотно-керовані приводи регулюють швидкість обертання асинхронних або синхронних електродвигунів за допомогою інверторів, що змінюють частоту змінного струму, який подається на двигун. Таким чином, швидкість приводу може бути точно налаштована під вимоги певного етапу виробництва. Основними елементами частотно-керованого приводу є інвертор, двигун, датчики швидкості та позиції, система керування.

Система управління електроприводом може бути інтегрована в загальну систему управління конвеєром, що дозволяє здійснювати моніторинг і регулювання параметрів роботи в режимі реального часу. Це сприяє підвищенню ефективності та адаптації до змін виробничого процесу [7-11].

Переваги впровадження частотно-керованого електроприводу

Енергоефективність: Регулювання швидкості двигуна відповідно до навантаження дозволяє зменшити витрати електроенергії на 20-50% у порівнянні з традиційними постійношвидкісними приводами [12-15].

Плавний старт і зупинка: Частотно-керовані приводи знижують механічне навантаження на компоненти конвеєра, забезпечуючи плавний старт і зупинку, що зменшує знос.

Гнучкість: Система дозволяє налаштувати швидкість і напрямок руху конвеєра, забезпечуючи можливість швидкого переходу між різними етапами виробництва.

Моніторинг і контроль: Можливість інтеграції з автоматизованими системами управління дозволяє відстежувати стан і продуктивність приводу, здійснювати діагностику та планування технічного обслуговування.

Виклики при розробці

Високі початкові витрати: Встановлення частотно-керованих приводів вимагає значних інвестицій у обладнання та інтеграцію систем.

Складність налаштування: Розробка системи, яка адаптується до специфічних вимог конвеєра, потребує розробки та налаштування програмного забезпечення для оптимізації роботи.

Вимоги до технічного обслуговування: Хоча частотно-керовані приводи можуть знизити частоту відмов, вони потребують регулярного обслуговування для забезпечення надійності. [16].

ВИСНОВКИ

З огляду на розвиток технологій промислової автоматизації та Інтернету речей (IoT), частотно-керовані приводи можуть інтегруватися в системи з передовою аналітикою даних. Це дозволить здійснювати прогнозне обслуговування, аналізувати виробничі дані в режимі реального часу та автоматично регулювати роботу конвеєра під різні етапи виробництва, забезпечуючи більш ефективну, гнучку та надійну роботу.

Частотно-керовані електроприводи для конвеєрів автомобільних заводів є важливою складовою сучасної автоматизації виробничих процесів. Вони забезпечують підвищення енергоефективності, гнучкості і надійності транспортування деталей, що особливо важливо у високонавантажених умовах автомобільного виробництва. Інвестиції в розробку та впровадження частотно-керованих електроприводів сприятимуть зниженню експлуатаційних витрат, подовженню терміну служби обладнання та покращенню екологічних показників підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / [А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова]. – Х.: ХНАДУ, 2016 – 292 с.
2. Cyber-Physical Systems for Clean Transportation: підручник / [Nadezhda Kunicina, Anatolijs Zabasta, Jeļena Pečerska, Andrej Romanov, Andrii Hnatov, Arhun Shchasiana Dziubenko Oleksandr, Kateryna Danylenko, Joan Peuteman, Natalia Morkun, Iryna Zavsiehdashnia, Vladimir Sistuk, Yurii Monastyrskyi, Sergey Ruban, Vitaliy Tron]. – Riga: RTU, 2021 – 370 p.
3. Control methods for critical infrastructure and Internet of Things (IoT): підручник / [Leonids Ribickis, Nadezhda Kunicina, Ojars Krumins, Anatolijs Zabasta, Andrejs Romanovs, Anastasija Zhiravecka, Igors Uteshevs, Rasa Bruzgiene, Joan Peuteman, Jelena Caiko, Kaspars Kondratjevs, Alina Galkina, Konstantins Kunicins, Jaroslavs Agofonovs, Antons Patlins, Damir Shodiev, Andrei Derushev, Andrii Hnatov]. – Riga: RTU, 2021 – 131 p.
4. Розрахунок робочих параметрів і характеристик режимів пуску і гальмування електропривода з асинхронним двигуном: метод. вказів. до курсового проекту / [А. В. Гнатов, Щ.В. Аргун]. – Х. : ХНАДУ, 2021 – 36 с.

5. А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.
6. Гнатов, А. В. Теорія електроприводу : курс лекцій [Електронний ресурс] / А. В. Гнатов; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харків, 2021. - 97 с. Ч. 2.
7. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
8. 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
9. Рогозін І. В., Новічонок С. М., Гнатов А. В., Рогозіна А. І. Спосіб розрахунку основних параметрів гібридного силового агрегату для спеціалізованих автотранспортних засобів. Автомобіль та електроніка. Сучасні технології.– Х.: ХНАДУ, 2018. – № 13. – С. 5-12.
10. Бакуменко В.Б. Розрахунок механічної характеристики асинхронного двигуна при наявності в ній мінімального моменту. / В.Б. Бакуменко, В.В.Тарасова, О.О. Ручка, А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, К.С. Тарасов // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Х.: ХНАДУ. – 2019. – Вип. 15. – С. 17-27.
11. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А. Тягові характеристики силової установки електробуса //Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2019. – Т. 2. – №. 21. – С. 36-43.
12. Hnatov A., Arhun Shch., Ponikarovska S., Ulyanets O. Ultracapacitors electrobus for urban transport. IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2018) – April 24 –26, 2018. – Kyiv, Ukraine. – P. 539–543. doi: 10.1109/ELNANO.2018.8477449.
13. 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.
14. Аргун Щ.В., Трунова І.С., Гнатов А.В., Гнатова Г.А. (2023) Інноваційні підходи до навчання студентів технічних спеціальностей в умовах війни в Україні. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. (24), С. 83-90.
15. Мигаль В.Д., Аргун, Щ. В., Гнатов, А. В., Гнатова, Г. А., & Сохін, П. А. (2023) Підвищення якості тягових електродвигунів для електротранспорту. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. (23), С. 6–14.
16. Магац М., Городецький І., Гошко З., Гнатов А., Дацюк Ю. (2022). Дослідження генераторної установки під дією вібрацій автомобільного двигуна. Вісник Львівського національного університету природокористування. Агроінженерні дослідження, (26), 134-139.

МЕТОД ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАЛИВНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Аргун Щ.В.¹, Школін С.С.¹, Ghazwan Al-Haji², Kenneth Asp²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

²Університет Лінчепінг, Швеція

Ефективна діагностика електричних систем управління паливними процесами є ключовим елементом забезпечення стабільної роботи двигуна та оптимізації витрат на обслуговування. У сучасних умовах, коли вимоги до екологічності та економічності транспортних засобів постійно зростають, надійність і стабільність паливних процесів набувають особливої актуальності. Своєчасне виявлення несправностей у цих системах дає змогу уникати серйозних поломок, запобігати раптовим відмовам і підтримувати оптимальну продуктивність двигуна, що значно знижує загальні витрати на технічне обслуговування.

Сучасні методи діагностики повинні відповідати певним вимогам для забезпечення точного та швидкого виявлення несправностей. Основні вимоги та критерії ефективності сучасних методів діагностики наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вимоги до сучасних методів діагностики та критерії ефективності

Вимога	Опис	Критерії ефективності	Приклад застосування
Точність	Метод повинен точно ідентифікувати несправності без помилкових сигналів	Похибка діагностики не повинна перевищувати 5 %	Виявлення проблеми у форсунках з точністю до 5 %
Швидкість	Система має швидко визначати несправності	Час реакції від 1 с до 2 с	Моментальне виявлення збоїв у системі запалювання
Чутливість	Метод має реагувати на незначні відхилення параметрів	Спрацьовування при відхиленні параметрів на 10 % від норми	Виявлення зміни тиску у впускному колекторі
Сумісність	Метод повинен бути сумісний з різними моделями авто та стандартами	Підтримка протоколу OBD-II для зчитування кодів	Діагностика на всіх моделях з підтримкою OBD-II
Придатність до інтерпретації	Результати мають бути зрозумілі для швидкої оцінки технічним персоналом	Наявність пояснень до кодів помилок (DTC)	Інтерпретація помилок на екрані діагностичного сканера
Економічність	Метод має бути доступним і економічно вигідним	Вартість діагностики не більше 5 % від вартості обслуговування	Доступні сканери OBD-II для СТО

На сьогодні існує декілька основних підходів до діагностики електричних систем управління паливними процесами. Кожен з них має свої переваги та обмеження, що наведені в таблиці 2.

Розробка ефективного методу діагностики електричних систем управління паливними процесами включає визначення ключових параметрів, розробку послідовного алгоритму, використання даних сенсорів та встановлення порогових значень для виявлення несправностей. Цей підхід дозволяє забезпечити швидке та точне визначення несправностей, підтримуючи оптимальну роботу двигуна та мінімізуючи витрати на обслуговування.

Таблиця 2 – Основні підходи до діагностики електричних систем управління паливними процесами та їхні обмеження

Підхід	Опис	Переваги	Обмеження	Приклад застосування
Діагностика за кодами помилок	Зчитування кодів помилок (DTC) через OBD-II для виявлення несправностей	Швидкість, доступність, простота	Обмежена точність, залежність від обмежень ECU	Виявлення коду P0171 для бідної суміші
Аналіз даних сенсорів	Оцінка реального стану системи на основі даних від сенсорів (MAF, TPS, ECT)	Висока точність, гнучкість	Вимагає спеціального обладнання, складна інтерпретація	Виявлення зносу MAF-сенсора
Осцилографічний метод	Використання осцилографів для аналізу сигналів від компонентів	Глибокий аналіз роботи компонентів	Трудомісткість, вимагає високої кваліфікації	Перевірка стабільності сигналу від форсунки
Комп'ютерна діагностика	Використання спеціалізованого ПЗ для комплексного аналізу даних двигуна	Комплексний аналіз, швидка обробка	Висока вартість обладнання, складність налаштувань	Аналіз стану паливної системи на ПЗ ODIS
Симуляційне тестування	Використання стендів для імітації роботи паливної системи у різних режимах	Висока точність, реалістичність	Дороге обладнання, необхідність спеціального простору	Тестування форсунок на стенді

Визначення основних параметрів діагностики електричних систем управління паливними процесами. Основні параметри діагностики систем управління паливними процесами визначаються на основі даних, які зчитуються з ключових сенсорів. Ці параметри дозволяють оцінити ефективність роботи системи та вчасно виявити відхилення. Основні діагностичні параметри включають:

- температура охолоджувальної рідини (ECT) дає інформацію про робочий стан двигуна. Відхилення від нормальної температури від 80 °C до 100 °C може вказувати на перегрів чи недостатній прогрів двигуна;
- тиск у впускному колекторі (MAP) вказує на правильність процесу сумішоутворення. Оптимальний діапазон – від 20 кПа до 105 кПа;
- масова витрата повітря (MAF) визначає кількість повітря, що надходить у двигун. Неправильні показники можуть вказувати на забруднення MAF-сенсора або витік повітря;
- показники лямбда-зонда (λ -зонд) сигналізує про склад паливно-повітряної суміші (оптимальне співвідношення – 1:14,7). Відхилення можуть вказувати на збої в паливній системі.

Ці параметри контролюються в реальному часі та обробляються електронним блоком управління (ECU), що дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення від норми.

Алгоритм діагностики: структура та послідовність етапів (дивись рисунок 1). Алгоритм діагностики є багатоступеневим процесом, що включає кілька основних етапів:

- зчитування даних сенсорів;
- аналіз параметрів;
- порівняння з пороговими значеннями: отримані значення порівнюються з встановленими порогами;
- генерація кодів помилок (DTC);
- інтерпретація даних.

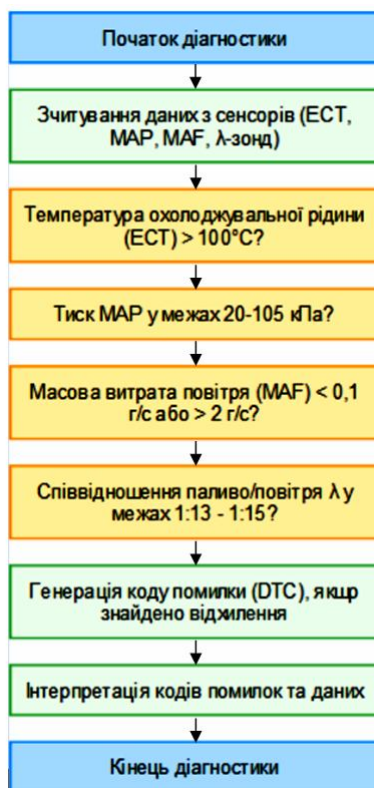


Рисунок 1 – Алгоритм діагностики електричних систем управління паливними процесами

Використання сенсорних даних для діагностики та аналізу параметрів системи. Дані, отримані від сенсорів, є ключовими для діагностики паливних процесів. Використання сенсорних даних дозволяє оперативно виявляти відхилення та забезпечувати належне функціонування системи управління паливом. Основні етапи використання сенсорних даних:

- зчитування та фільтрація сигналів: ECU отримує сигнали від сенсорів та відфільтровує шум, забезпечуючи точність даних;
- ідентифікація тенденцій та відхилень: ECU проводить аналіз тенденцій у зміні даних для виявлення потенційних проблем;
- синхронізація з іншими параметрами: дані з різних сенсорів (MAF, MAP) об'єднуються для комплексної оцінки стану паливної системи.

Приклади даних сенсорів:

- лямбда-зонд виявляє відхилення в складі суміші, дозволяючи автоматично коригувати подачу палива.
- MAP-сенсор вказує на збої у вакуумній системі, що може впливати на ефективність двигуна.

Для точного визначення несправностей необхідно встановити порогові значення для кожного з параметрів, на основі яких можна виявити відхилення. Ці порогові значення дозволяють швидко ідентифікувати проблеми, перш ніж вони вплинуть на роботу двигуна, таблиця 2.

Практичне впровадження діагностичного методу дає змогу виявляти несправності на ранніх стадіях, оптимізуючи обслуговування двигуна та підвищуючи його ефективність. Реалізація методу включає чотири основні етапи: підготовку обладнання, зчитування даних із сенсорів, аналіз кодів помилок та формування звіту для подальших дій. Ключовим елементом є інтерпретація даних, яка дозволяє механікам точно визначати причини відхилень і оперативно надавати рекомендації щодо необхідного обслуговування.

Таблиця 3 – Порогові значення та критерії для ідентифікації несправностей

Параметр	Нормальне значення	Порогове значення	Можливі несправності
1	2	3	4
Температура охолоджувальної рідини (ECT)	від 80 °C до 100 °C	> 100°C	перегрів двигуна, несправність термостата або вентилятора охолодження
Тиск у впускному колекторі (MAP)	від 20 кПа до 105 кПа	< 20 кПа або > 105 кПа	витік повітря, засмічення колектора, зношення клапанів
Масова витрата повітря (MAF)	від 0,1 г/с до 2,0 г/с	< 0,1 г/с або > 2,0 г/с	забруднення MAF-сенсора, витік повітря, несправність сенсора
Співвідношення паливо/повітря (λ -зонд)	1:14,7 ($\lambda = 1$)	< 1:13 або > 1:15	несправність форсунок, витік у вихлопній системі, несправність λ -зонда
Положення дросельної заслінки	від 0 % до 100 % відкриття	Відхилення > 5 % від команди ECU	некоректне положення дроселя, механічне блокування або знос
Напруга на датчику кисню (O ₂)	від 0,1 В до 0,9 В	< 0,1 В або > 0,9 В	несправність лямбда-зонда, витоки вихлопних газів, надлишок палива

Для забезпечення високої точності діагностики важливе правильне калібрування сенсорів і налаштування параметрів відповідно до умов експлуатації, що підвищує надійність системи в різних режимах роботи. Завдяки поєднанню тестування, адаптації та індивідуальних налаштувань метод дозволяє знижувати ризик виникнення серйозних несправностей, підтримувати стабільну роботу паливної системи та підвищувати загальну ефективність двигуна в експлуатації.

ВИСНОВКИ

Завдяки застосуванню сучасних сенсорів і чітко структурованого алгоритму діагностики можна виявляти несправності на ранніх стадіях, що дозволяє зменшити ризик серйозних поломок та запобігти несподіваним зупинкам. Основними перевагами цього підходу є висока точність і швидкість виявлення несправностей, можливість інтерпретації даних технічним персоналом і адаптивність до різних умов експлуатації.

Інтерпретація кодів помилок та аналіз даних сенсорів забезпечують своєчасне технічне обслуговування, а налаштування порогових значень дозволяє точно контролювати відхилення у роботі системи. Таким чином, метод забезпечує не лише високу надійність роботи паливної системи, але й оптимізує витрати на обслуговування, сприяючи підвищенню ефективності експлуатації двигуна загалом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Моя освіта “Система живлення автомобільного двигуна,” Моя освіта. Accessed: Nov. 02, 2024. [Online]. Available: <https://moyaosvita.com.ua/avtomobili/sistema-zhivlennya-avtomobilnogo-dviguna>.
2. “Системи упорскування палива двигунів – AvtoTachki.” Accessed: Nov. 02, 2024. [Online]. Available: <https://uk.avtotachki.com/chto-takoe-czentralnaya-sistema-vpryska-avtomobilya>.
3. В. І. Кубіч and В. ІІ. Кубич, “Гібридні силові установки легкових автомобілів. Навчальний посібник.” Національний університет «Запорізька політехніка», 2021. Accessed: Nov. 02, 2024. [Online]. Available: http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/7328/1/NP_Kubich.pdf.
4. В. Д. Мигаль, Мехатронні та телематичні системи автомобіля. Харків: Майдан, 2017. Accessed: Nov. 02, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/3737>.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Гнатов А.В., Сохін П.А., Ульянець О.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Електромобілі (ЕМ) стають все більш популярними завдяки своїй екологічній безпеці, економічності та зниженню викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Однак, зі зростанням кількості ЕМ на дорогах з'являються нові виклики в їх обслуговуванні та діагностиці. Діагностування електромобілів суттєво відрізняється від діагностики традиційних автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, оскільки в їх структурі відсутні такі компоненти, як двигун і трансмісія, але присутні електродвигуни, акумулятори та високовольтні системи [1-5]. У цьому дослідженні розглянемо основні методи діагностики електромобілів, їх особливості та сучасні тенденції розвитку в цій галузі (рис. 1).



Рисунок 1 – Діагностування електромобілів

Метою дослідження є аналіз сучасних методів діагностування електромобілів, що дозволяють ефективно оцінювати стан основних компонентів електричної силової установки та допоміжних систем. Завданням є визначення переваг і недоліків цих методів, а також перспектив розвитку діагностичних технологій для підвищення надійності та ефективності електромобілів.

Основні елементи діагностики електромобілів

Електромобіль складається з різних систем і підсистем, таких як акумуляторні батареї, електродвигуни, інвертори, система управління та термальні системи. Кожна з цих систем вимагає особливих методів діагностики для визначення поточного технічного стану, можливих дефектів та їх усунення [6-9]. До ключових компонентів діагностики відносяться:

- акумуляторна батарея – діагностування стану батареї (State of Charge, SOC та State of Health, SOH) для визначення залишкового ресурсу;
- електродвигун – перевірка ефективності та виявлення можливих несправностей обмоток або магнітів;

- інвертор – оцінка стану напівпровідникових елементів та електронних компонентів;
- система управління – діагностика програмного забезпечення та електронних модулів;
- система охолодження – контроль температури для запобігання перегріву.

Методи діагностування електромобілів

Існує кілька основних методів діагностування електромобілів, які дозволяють виявляти несправності та оцінювати технічний стан [10-13]. До них належать:

1. Діагностика акумуляторних батарей

- імпедансометрія: Використовується для оцінки стану здоров'я (SOH) акумуляторів, вимірюючи електрохімічний імпеданс. Це дозволяє виявити зниження ємності або деградацію батареї;
- метод вимірювання напруги і струму: Регулярне вимірювання напруги і струму під час заряду та розряду допомагає відстежувати зниження ефективності;
- термальний моніторинг: Зміни температури вказують на можливі дефекти всередині батареї або проблеми з охолодженням.

2. Діагностика електродвигунів

- аналіз вібрацій: Допомогає виявляти механічні несправності, такі як зношування підшипників або дисбаланс обмоток;
- спектральний аналіз сигналів: Визначає електричні та механічні дефекти шляхом аналізу спектру частот, що дозволяє виявити коротке замикання обмоток або нерівномірність магнітного поля;
- тепловізійне дослідження: Виявляє аномальні температурні зони, які можуть свідчити про проблеми з охолодженням або дефектні компоненти.

3. Діагностика інвертора

- перевірка функціонування напівпровідників: Виконується для оцінки стану транзисторів і діодів інвертора, що забезпечують перетворення постійного струму з батареї в змінний для двигуна;
- аналіз електричних сигналів: Вимірювання вихідних параметрів інвертора для виявлення відхилень у напрузі чи частоті, які можуть свідчити про несправності компонентів.

4. Діагностика системи управління

- тестування програмного забезпечення: Діагностика вбудованого ПЗ для виявлення збоїв у роботі контролерів і датчиків.
- обмін даними через OBD-II порт: Зчитування та інтерпретація даних через порт OBD-II дозволяє виявити помилки, що були записані в системі управління.

5. Тестування системи охолодження

- перевірка температурних сенсорів: Діагностика сенсорів для забезпечення оптимального температурного режиму;
- гідравлічний тест: Оцінка функціональності насоса та трубопроводів системи охолодження для забезпечення стабільного охолодження компонентів.

Інноваційні методи діагностування

З розвитком технологій з'являються нові підходи до діагностики електромобілів, серед яких:

- штучний інтелект та машинне навчання: Дозволяють створювати алгоритми, які здатні прогнозувати можливі поломки на основі даних про експлуатацію. Це допомагає виявляти проблеми ще до того, як вони вплинуть на роботу автомобіля;

– інтернет речей (IoT): Забезпечує можливість віддаленого моніторингу стану автомобіля в режимі реального часу, що значно покращує можливості діагностики та обслуговування;

– цифрові двійники: Моделювання роботи реальних компонентів автомобіля в цифровому середовищі дозволяє проводити тестування та діагностику без втручання у фізичні компоненти.

ВИСНОВКИ

Діагностування електромобілів – це складний процес, що вимагає спеціальних методів і технологій, адаптованих до особливостей їх компонентів. Удосконалення методів діагностики дозволить підвищити надійність і безпеку електромобілів, знизити витрати на обслуговування та забезпечити більш тривалу експлуатацію. Інновації, такі як штучний інтелект, IoT та цифрові двійники, відкривають нові можливості для прогнозування та запобігання несправностей, що є важливим кроком до поширення електромобілів і розвитку електричного транспорту в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Arhun S, Hnatov A, Mygal V, Kunicina N. Elevating electric motor performance through rigorous vibration control and standardization. *Advances in Mechanical Engineering*. 2024;16(6). doi:10.1177/16878132241262677.
2. Cyber-Physical Systems for Clean Transportation: підручник / [Nadezhda Kunicina, Anatolijs Zabasta, Jeļena Pečerska, Andrej Romanov, Andrii Hnatov, Arhun Shchasiana Dziubenko Oleksandr, Kateryna Danylenko, Joan Peuteman, Natalia Morkun, Iryna Zavsiehdashnia, Vladimir Sistuk, Yurii Monastyrskyi, Sergey Ruban, Vitaliy Tron]. – Riga: RTU, 2021 – 370 p.
3. Control methods for critical infrastructure and Internet of Things (IoT): підручник / [Leonids Ribickis, Nadezhda Kunicina, Ojars Krumins, Anatolijs Zabasta, Andrejs Romanovs, Anastasija Zhiravecka, Igors Uteshevs, Rasa Bruzgiene, Joan Peuteman, Jelena Caiko, Kaspars Kondratjevs, Alina Galkina, Konstantins Kunicins, Jaroslavs Agofonovs, Antons Patlins, Damir Shodiev, Andrei Derushev, Andrii Hnatov]. – Riga: RTU, 2021 – 131 p.
4. 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 & Vibration Worldwide*, 55(4-5), 210-219.
5. Borodenko, Y., Arhun, S., Hnatov, A., Kunicina, N., Bisenieks, M., Migal, V., & Hnatova, H. (2023). Diagnostics of electric drive Electric vehicle with Valve Motor. *Przegląd Elektrotechniczny*, 99(6).
6. Мигаль, В., Аргун, Щ., Гнатов, А., Гнатова, Г., & Сохін, П. (2022). Інтелектуальне діагностування транспортних засобів. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (22), 72–80.
7. 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.
8. 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. *Przegląd Elektrotechniczny*. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50. DOI: 10.15199/48.2020.10.08
9. Arhun Shch., Migal V., Hnatov A., Ponikarovska S., Hnatova A., Novichonok S. Determining the quality of electric motors by vibro-diagnostic characteristics // *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*. – 2020. – T. 7. – №. 29.
10. 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. DOI: <https://doi.org/10.2478/lpts-2020-0017>.

11. 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). DOI:10.4108/eai.13-7-2018.162733.

12. Рогозін І. В., Новічонок С. М., Гнатов А. В., Рогозіна А. І. Спосіб розрахунку основних параметрів гібридного силового агрегату для спеціалізованих автотранспортних засобів. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2018. – № 13. – С. 5-12.

13. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.

МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ БОРТОВИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ

Аргун Щ.В., Іванов В.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Сучасні автомобілі оснащені передовими бортовими системами діагностики, що дозволяють контролювати технічний стан основних вузлів і систем в реальному часі. Це забезпечує не лише підвищену безпеку, але й покращує ефективність та екологічну відповідальність експлуатації транспортних засобів. Для забезпечення більш точного контролю та раннього виявлення несправностей в автомобілях активно застосовуються новітні підходи, серед яких особливу роль відіграють інтелектуальні алгоритми машинного навчання та прогнозне технічне обслуговування. Тому метою цієї статті є дослідження та обґрунтування методів вдосконалення бортових систем контролю технічного стану автомобілів.

Одним із основних напрямків вдосконалення бортових систем діагностики є інтеграція нових технологій, таких як інтелектуальні алгоритми, нові сенсорні системи та автоматизація процесів обслуговування. Ці вдосконалення дозволяють значно підвищити точність діагностики технічного стану автомобіля, прогнозувати можливі несправності, а також оптимізувати витрати на технічне обслуговування.

Вдосконалення бортових систем можна розглядати через декілька ключових етапів:

- використання інтелектуальних алгоритмів. Алгоритми машинного навчання, зокрема такі як Random Forest та LSTM (Long Short-Term Memory), використовуються для аналізу даних, що надходять з автомобільних датчиків. Це дозволяє з високою точністю виявляти аномалії у роботі критичних вузлів, таких як двигун або трансмісія. Алгоритми постійно оновлюються на основі історичних даних експлуатації автомобіля, що дозволяє підвищити точність прогнозів. Впровадження цих алгоритмів сприяє не лише своєчасному виявленню потенційних проблем, але й їх прогнозуванню;

- прогнозування несправностей. Прогнозне технічне обслуговування (Predictive Maintenance) ґрунтується на аналізі історичних даних про роботу електронних компонентів автомобіля. Цей підхід дозволяє передбачити можливі несправності за 100-500 год. до їхнього виникнення, що значно знижує ризик аварійних ситуацій та простоїв. Прогнозування базується на обробці інформації про відхилення в параметрах роботи, таких як вібрації, температура чи тиск, що дозволяє вчасно вжити заходів;

- автоматизація діагностики. Сучасні автомобілі оснащені системами автоматизації діагностики, які можуть самостійно надсилати дані про технічний стан в сервісні центри або до мобільних додатків водія. Це значно прискорює процес технічного обслуговування та дозволяє оперативно реагувати на виявлені несправності. Така автоматизація забезпечує зручність як для водіїв, так і для сервісних центрів, що дозволяє швидше усувати потенційні загрози;

- інтеграція нових сенсорних систем. Для більш детального контролю за станом автомобіля інтегруються нові сенсори, такі як акселерометри для вимірювання вібрацій або інфрачервоні датчики для вимірювання температури. Це дозволяє контролювати такі важливі параметри, як робота двигуна або температура гальмівних дисків. Такі сенсори надають точніші дані, що підвищує ефективність системи діагностики.

Важливо зазначити, що всі ці вдосконалення безпосередньо впливають на підвищення надійності автомобіля. Крім того, вони дозволяють знижувати витрати на технічне обслуговування завдяки своєчасному виявленню несправностей, що дозволяє уникнути великих ремонтів. Застосування нових сенсорів та алгоритмів також сприяє підвищенню безпеки на дорозі, адже автомобіль може своєчасно інформувати водія про критичні несправності або автоматично надсилати дані до сервісних центрів для діагностики.

Важливим аспектом є також те, що в процесі вдосконалення бортових систем ключову роль відіграє їхня інтеграція з централізованими базами даних сервісних центрів, що значно полегшує технічне обслуговування. Таким чином, система не лише фіксує несправності, а й формує рекомендації щодо необхідних ремонтів.

У таблиці 1 представлено основні параметри вдосконалених бортових систем контролю.

Таблиця 1 – Основні параметри вдосконалених бортових систем контролю

Параметр	Опис	Точність/Діапазон
Датчики тиску	Контроль тиску в гальмівних системах	$\pm 0,05$ бар, до 250 бар
Вібраційні сенсори	Моніторинг двигуна і трансмісії	Частота до 10 кГц
Інфрачервоні сенсори	Вимірювання температури гальмівних дисків	-20°C до $+1000^{\circ}\text{C}$, $\pm 2^{\circ}\text{C}$
Реакція на аномалії	Виявлення аномалій в реальному часі	Менше 100 мс
Прогнозування поломок	LSTM для аналізу часових рядів	Точність до 95%
Інтеграція через CAN-шину	Обмін даними між ECU та сервісними центрами	Швидкість до 10 Мбіт/с

Як видно з таблиці 1, впровадження нових сенсорних систем і інтелектуальних алгоритмів дозволяє забезпечити високу точність діагностики та оперативне реагування на зміни в роботі автомобіля. Ці вдосконалені системи не лише покращують загальну продуктивність, але й підвищують рівень безпеки водія та пасажирів.

На рисунку 1 представлені основні етапи функціонування інтелектуальної системи автомобіля.



Рисунок 1 – Етапи роботи інтелектуальної системи автомобіля

Робота інтелектуальної системи автомобіля включає збір даних з сенсорів, обробку цих даних за допомогою інтелектуальних алгоритмів, передачу інформації водієві або сервісному центру, а також прийняття рішення щодо необхідності обслуговування або прогнозування несправностей. Кожен із цих етапів відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та ефективності автомобільної системи.

Впровадження нових систем контролю стану автомобілів супроводжується кількома серйозними проблемами, які можуть уповільнити процес.

Перша проблема полягає в тому, що не всі сучасні автомобілі готові до встановлення нових сенсорів і процесорів. Старі моделі автомобілів просто не

підтримують нові технології, тому для того, щоб їх інтегрувати, доведеться значно оновити електроніку автомобіля. Це підвищує загальну вартість, що не завжди прийнятно для багатьох автовиробників.

Друга проблема – це висока вартість впровадження нових систем. Щоб встановити потужніші процесори та сенсори, які можуть зчитувати й аналізувати дані, потрібні великі фінансові інвестиції. Для багатьох компаній це стає непосильним навантаженням, тому вони не поспішають впроваджувати нові технології.

Крім того, є загроза кібербезпеки. Оскільки сучасні системи контролю постійно передають дані через Інтернет або інші мережі, вони можуть стати мішенню для хакерів. Якщо зловмисники отримають доступ до даних або систем управління, це може призвести до серйозних проблем з безпекою автомобіля.

Також важливо враховувати, що робота нових систем залежить від якості зібраних даних. Якщо сенсори передають неповні або неправильні дані, система може зробити помилкові висновки про стан автомобіля, що може призвести до непотрібних ремонтів або, навпаки, до пропуску серйозної поломки.

Ще одна перешкода – це необхідність навчання персоналу. Механіки та техніки повинні вміти працювати з новими системами, що вимагає додаткового часу і ресурсів для навчання. Без цього впровадження нових технологій буде ускладненим.

Отже, впровадження вдосконалених систем контролю потребує не лише технологічної адаптації, але й вирішення фінансових та організаційних питань, щоб ці нововведення могли стати реальністю для всіх автомобілів.

ВИСНОВКИ

Інтелектуальні алгоритми діагностики, впровадження нових сенсорних систем та автоматизація процесів обслуговування дозволяють значно покращити контроль за технічним станом автомобілів. Це забезпечує вчасне виявлення несправностей, їхнє прогнозування та оперативне усунення, що підвищує надійність автомобілів, знижує витрати на ремонт і технічне обслуговування, а також сприяє безпечнішій експлуатації транспортних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Borodenko, Y., Ribickis, L., Zabasta, A., Arhun, S., Kunicina, N., Zhiravetska, A., Hnatova, H., Hnatov, A., Patlins, A., Kunicins, K.: Using the method of the spectral analysis in diagnostics of electrical process of propulsion systems power supply in electric car. *Przegląd Elektrotechniczny*. 96, 47–50 (2020). <https://doi.org/10.15199/48.2020.10.08>.
2. Dvadnenko, V., Arhun, S., Bogajevskiy, A., Ponikarovska, S.: Improvement of economic and ecological characteristics of a car with a Start-Stop system. *Int. J. Electr. Hybrid Veh.* 10, 209–222 (2018). <https://doi.org/10.1504/IJEHV.2018.097377>.
3. Zhang, S., Zhao, P., He, L., Yang, Y., Liu, B., He, W., Wu, Y.: On-board monitoring (OBM) for heavy-duty vehicle emissions in China: Regulations, early-stage evaluation and policy recommendations. *Science of The Total Environment*. 731, 139045 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139045>.
4. Giordano, D., Giobergia, F., Pastor, E., La Macchia, A., Cerquitelli, T., Baralis, E., Tricarico, D.: Data-driven strategies for predictive maintenance: Lesson learned from an automotive use case. *Computers in Industry*. 134, 103554 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103554>.

КОНТРОЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВЗ ЗА ДОПОМОГОЮ ДІАГНОСТИЧНОГО СКРИПТА «Рх»

Бороденко Ю. М.¹, Śladkowski A.², Kubica G.², Witaszek M.²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна,

²Сілезький технологічний університет, Польща

ВСТУП

Несправності ДВЗ за структурною ознакою поділяють на два типи – ті що пов’язані з електрикою автомобіля (датчики, виконавчі пристрої, блоки керування), та механічні (прогар клапанів, неправильно встановлений механізм газорозподілу, компресія, забитість форсунок, забитість каталізатора). Наявність цих та інших несправностей може бути виявлено за допомогою мотор-тестера без демонтажу елементів системи. Енергетичними показниками ДВЗ вважають параметри, що характеризують газову динаміку в його циліндрах.

Альтернативні методики діагностики ДВЗ (тести Андрія Шульгіна), на відзнаку від традиційних, прискорюють і спрощують роботу. Для виконання тестів необхідно зняти осцилограму сигналів визначених датчиків і запустити відповідні скрипти. Програма (скрипт) автоматично здійснює усі розрахунки та надає результат у текстовому або графічному вигляді. Для реалізації означених тестів, використовуються мотор-тестери (МТ), побудовані на базі USB-осцилографів (автоскопів), які виконують функції універсального осцилографа, осцилографа запалювання і аналізатора ДВЗ. [1, 2, 3]

На даний час впроваджені три скрипти: EIPower (напруга, струм, потужність); CSS (Crank Shaft Sensor – датчик колінчастого валу); Рх (тиск у циліндрі). В цій роботі розглянемо докладніше методику діагностики з використанням скрипта «Рх» та спосіб автоматизації процесу тестування [4].

Тестування за допомогою скрипта «Рх»

Скрипт Рх призначений для автоматичного аналізу графіка тиску в циліндрі. Генерує кілька вкладок звіту з низкою додаткових параметрів та характеристик ДВЗ і системи керування. Розраховуються пневматичні та геометричні характеристики циліндра, перелік виявлених відхилень виводиться у формі текстових повідомлень. Для поліпшення зручності та наочності дослідження фаз газорозподілу графік перетворюється скриптом на діаграму кількості газу в циліндрі і виводиться в двох формах надання. Крім того, будується діаграма циклового наповнення циліндра на такті впуску, що характеризує роботу всього впускного тракту ДВЗ. Виводиться діаграма витрат енергії на очищення циліндра від відпрацьованих газів (ВГ). За наявності додаткового сигналу синхронізації з іскрою запалення, будується діаграма кута випередження запалення (КВЗ).

Для отримання графіка тиску в циліндрі застосовується датчик тиску [5]. Паливна форсунка досліджуваного циліндра заміщується резистивним еквівалентом. Датчик тиску Рх встановлюється на місце свічки запалювання досліджуваного циліндра та підключається до входу МТ USB Autoscope. Високовольтний провід досліджуваного циліндра підключається до іскрового розрядника. [6].

Після тестування ДВЗ, результати аналізу виводяться кількома вкладками з різними формами представлення інформації: «Report»; «Кількість»; «Фази газорозподілу»; «Випередження»; «Впуск»; «Випуск».

1. Вкладка «Report» на відміну від показань компресометра, дозволяє відрізнити нецільність циліндра від низького ступеня стиснення, так як розраховує окремо величину втрат газу, і окремо величину ступеня стиснення.

2. Вкладка «Кількість» відображає діаграму кількості газу в циліндрі залежно від положення поршня і від такту роботи циліндра (рис. 1).

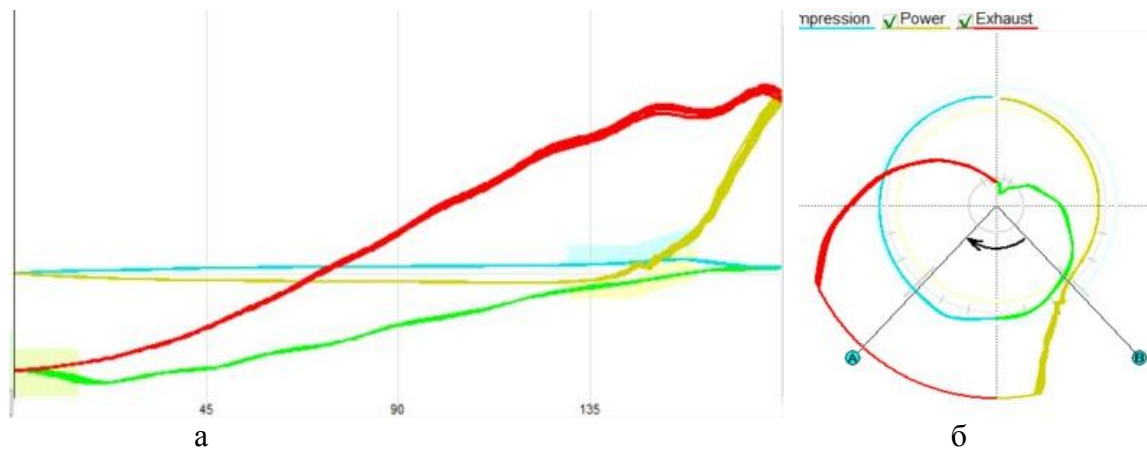


Рис. 1. Графічне зображення кількості газу у циліндрі:
а – вкладка «Кількість»; б – вкладка «Фази газорозподілу»

При побудові діаграми кількості газу в циліндрі застосовуються 4 кольори, що відображають такти його роботи. Положення поршня відображено по горизонталі: верхня мертва точка (ВМТ) відповідає лівий край діаграми, нижня мертва точка (НМТ) – правий. Кількість газу в циліндрі відбивається по вертикалі: чим у циліндрі більше газу, тим вище розташований фрагмент діаграми. Згідно наведеним діаграмам кольорове позначення фрагментів відповідає тактам ДВЗ: зелений – впуск; синій – стиснення; жовтий – розширення; червоний – випуск.

Таким чином, по діаграмі кількості газу в циліндрі можна виявити і виміряти моменти кінця закриття впускного клапана і початку відкриття випускного.

3. Вкладка «Фази газорозподілу» відображає ту ж діаграму що і у вкладці «Кількість», але вже залежно від кута повороту колінчастого валу (КВ). Кількість газу в циліндрі виражається як відстань від центру діаграми – чим більше в циліндрі газу, тим далі від центру розташований фрагмент діаграми (рис. 1, б).

Маркери на діаграмі визначають кути, коли впускний клапан вже закрився, і коли випускний клапан почав відкриватися. Для справного ДВЗ, розташування маркерів симетрично щодо вертикальної лінії.

4. Вкладка «Випередження» будує діаграму КВЗ залежно від обертів і навантаження двигуна. При цьому, додатково до графіка тиску в циліндрі ще реєструється і сигнал синхронізації з іскрою запалювання (рис. 2, а).

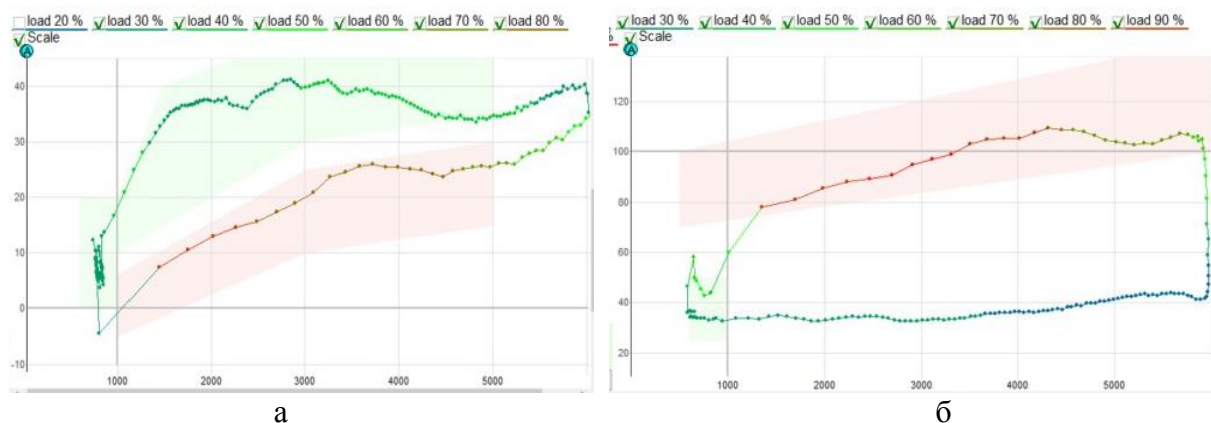


Рис. 2. Діаграми справного двигуна:
а – вкладка «Випередження»; б – вкладка «Впуск»

5. Вкладка «Впуск» відображає діаграму циклового наповнення циліндра повітрям залежно від обертів і від навантаження. Висота графіка відображає кількість газу, що залишився в циліндрі після закриття впускного клапана. Кольори фрагментів діаграми

відображають навантаження на двигун, що розраховується за величиною розрідження в циліндрі на такті впуску (рис. 2, б).

Червоний фрагмент діаграми дозволяє оцінити вплив компонентів всього тракту впуску на наповнюваність циліндра. Чим вище розташований фрагмент, тим більше максимальне наповнення циліндра, і тим вище віддача циліндра.

Чим більше рециркуляція газів, що відпрацювали, і, відповідно, циклове наповнення, тим вище розташовується фрагмент. Величина зовнішньої рециркуляції регулюється клапаном EGR, а внутрішньої – шириною фази перекриття клапанів. Чим більше енергії витрачається на очищення газу від ВГ, тим вище розташовується фрагмент діаграми. І, нарешті, чим більший відбір потужності від ДВЗ, тим більше потрібно циклове наповнення.

6. Вкладка «Випуск» відображає діаграму витрат потужності ДВЗ на очищення циліндра від газів, що відпрацювали (рис. 3, а).

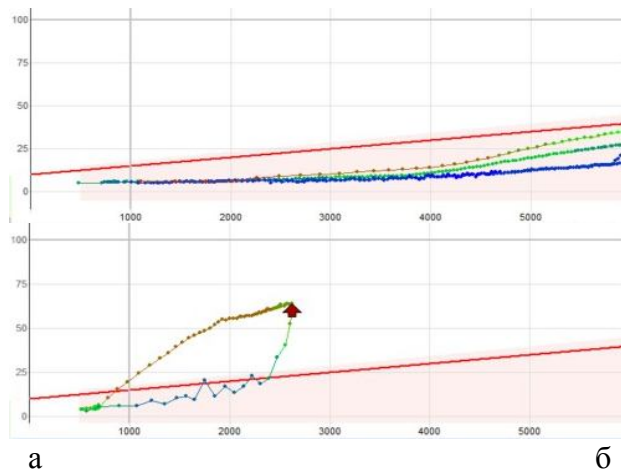


Рис. 3. Осцилограми вкладки «Випуск»

а – опір випускної системи у нормі; б – система забита внаслідок руйнування каталітичного нейтралізатора

Чим менші витрати на випуск, тим діаграма розташовується нижче. Похила червона лінія визначає максимально допустиму межу висоти розташування діаграми. Положення цієї лінії було визначено експериментально, шляхом аналізу множини діаграм з справних і несправних автомобілів (рис. 3, б).

Автоматизація процесу тестування

Стандартна методика тестування передбачає операції підключення приладів, запису осцилограм і аналізу результатів тестування. Автоматизацію можна запропонувати на другому етапі тестування, пов'язаному з керуванням ДВЗ:

- запустити двигун автомобіля і залишити його працювати на ХХ.
- через 3...5 секунд плавно підняти оберти ДВЗ до 3000 – 5000 хв^{-1} , а потім різко зачинити дросельну заслінку (відпустити педаль акселератора).
- після стабілізації ХХ, виконати різку перегазовку шляхом максимально різкого відкриття дросельної заслінки. Після перегазовки відразу закрити дросель. У якості альтернативи замість закриття дроселя можна вимкнути запалювання, а дросель при цьому, утримувати відкритим до повної зупинки двигуна.

Традиційно, операції другого пункту, згідно методики, виконуються оператором. Для автомобілів, які оснащені мікропроцесорними системами інжекторного ДВЗ з інтегрованою системою самодіагностики, процес тестування може бути автоматизованим. Для цього, треба використовувати USB-осцилограф, доповнений функцією (програмою) діагностичного сканера. Утворений у такий спосіб USB-MT здатен автоматично активізувати виконавчі пристрої системи керування двигуном [7].

ВИСНОВКИ

Запропонований спосіб автоматизації процесу тестування, дозволяє скоротити час постановки діагнозу. Для реалізації способу необхідно до USB-осцилографа додати програму діагностичного сканеру і скоректувати її алгоритм в частині функцій «Активізація виконавчих пристроїв» і «Тестування».

ЛІТЕРАТУРА

1. Діагностика систем керування та механіки двигуна USB Автоскопом. URL: <https://auto-garage.kiev.ua/diagnostyka-system-keruvannya-ta-mehaniky-dvyguna-usb-avtoskopom/> (дата звернення 10.09.2024).
2. USB Autoscope IV. URL: <https://ceaelectronica.com/en/product/usb-autoscope-iv/> (дата звернення 10.05.2024).
3. Motodoc III. URL: <https://ecutools-ua.com/ua/additional-equipment/motodoc/> (дата звернення 17.04.2024).
4. Скрипт Px. URL: https://injectorservice.com.ua/html/script_px.html (дата звернення 10.05.2023).
5. PS16 датчик тиску у циліндрі для бензинових двигунів. URL: <https://store.rotkee.com/ps16-in-cylinder-pressure-transducer-for-petrol-engine.html> (дата звернення 16.09.2024).
6. Spark Gap – Високовольтний іскровий розрядник. URL: <https://carelectro.com.ua/uk/autoscope-postolovskogo/121230-spark-gap-visokovoltnij-iskrovij-rozryadnik.html> (дата звернення 16.09.2024).
7. Бороденко Ю.М. Діагностика мехатронних систем автомобіля / Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков. Навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2016. – 320 с.

ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ТА ЕЛЕКТРОДВИГУН: ЕВОЛЮЦІЯ ЧИ ПРОТИСТОЯННЯ

Куравська Н.М., Лагутін Г.І., Уваров В.М., Хабоша С.М., Воробйов О.Г.
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Україна

Автомобільний ринок сьогодні переживає справжню революцію – автовиробники все впевненіше орієнтують свої потужності у бік електричних автомобілів. Це не випадково, адже такі автомобілі стали доступнішими, екологічнішими для використання в міському середовищі.

Ринок електрокарів досить широкий – Tesla, Nissan, BMW, Audi, Volkswagen та багато інших. Крім того, китайські компанії, такі як BYD та Geely, також активно розвивають свої електромобільні лінійки.

Однією з головних переваг електромобілів є їхня екологічність. Вони не викидають в атмосферу шкідливі речовини, що робить їх набагато безпечнішими для довкілля. Звичайно, ми знайомі з альтернативною думкою, і десь згодні, що оцінювати екологічну складову без урахування процесу виробництва таких автомобілів не зовсім коректно. Однак у моменті електродвигуна справді впливають на екологію менше.

Беззастережний плюс – такі машини вимагають меншого обслуговування. Вони не потребують звичної нам заміни масла та інших рідин для його змащування та охолодження, а гальмівні колодки зношуються довше за рахунок рекуперації.

Крім того, електромобілі однозначно стали доступнішими завдяки розвитку технологій та зниженню вартості виробництва. На сьогоднішній день багато виробників пропонують електромобілі за ціною, порівнянною з автомобілями двигунами внутрішнього згоряння.

Нарешті, електрокари стали зручнішими для використання в межах міста – тихі, не вимагають заправки паливом і можуть бути заряджені вдома або на громадських зарядних станціях. До речі, інфраструктура міських станцій зарядки тільки зростатиме!

Проте страх залишитися без заряду в середині шляху у користувачів зберігається. Питання оптимальної дальності ходу залишається відкритим.

Багато країн по всьому світу активно підтримують перехід до електромобілів. Деякі, такі як Норвегія та Голландія, вже досягли значного прогресу у цій галузі. Крім того, багато держав надають податкові пільги та інші фінансові стимули для покупки електромобілів. У нас, наприклад, організовані безкоштовні паркування для власників електромобілів.

Купівля електромобіля – це не тільки екологічний та соціально-відповідальний вибір, а й економія на паливі та обслуговуванні автомобіля.

Обслуговування автокара може бути досить складним через низку технічних та операційних аспектів. Ось кілька ключових складностей, з якими можна зіткнутися (рисунк 1).

Регулярне технічне обслуговування: потрібно регулярно перевіряти та обслуговувати різні компоненти, такі як двигун, гідравлічну систему, гальма, акумулятор тощо.

Зношеність компонентів, велике навантаження, що призводить до швидкого знесення деталей, таких як шини, підшипники та вали.

Складність діагностики: деякі поломки можуть бути важко діагностованими без спеціального обладнання та досвіду.

Навички обслуговуючого персоналу: хоча існує карти обслуговування під кожен модель електрокару, але все ж таки є потреба в кваліфікованих механіках, які б добре розумілися на конкретній моделі автокара та знають, як правильно його обслуговувати.

Запчастини та витрати: інколи складно знайти потрібні запчастини, і це може зайняти годину, а також збільшити витрати на ремонт.



Рисунок 1 – Експлуатаційні виклики електрокарів

Сучасний розвиток технологій та екології це питання, яке торкається важливих аспектів. Давайте розглянемо його з обох боків.

Еволюція

Розвиток технологій: двигуни внутрішнього згоряння (ДВС) пройшли довгий шлях з моменту свого винаходу, і сучасні моделі стали набагато ефективнішими та екологічнішими. Інновації в галузі матеріалів, конструкцій та палива уможливили значне зниження викидів та покращення продуктивності.

Електромобілі електродвигуни є результатом тривалого розвитку технологій електричних систем. З кожним роком зростає продуктивність акумуляторів, збільшується їхня ємність та швидкість зарядки, що робить електромобілі все більш привабливими для масового ринку.

Протистояння

Екологічні аспекти: Електромобілі вважаються екологічнішими, оскільки вони не викидають шкідливих речовин під час експлуатації. Однак процес виробництва акумуляторів та генерація електрики для них можуть мати значний екологічний вплив.

Економічні та інфраструктурні питання. Електромобілі вимагають розвинутої мережі зарядних станцій та значних інвестицій у виробництво та утилізацію акумуляторів. У свою чергу, ДВЗ вже має добре налагоджену інфраструктуру та порівняно дешеву експлуатацію, особливо у регіонах із низькими цінами на паливо.

ВИСНОВКИ

Підтримка автокара у належному стані вимагає значних ресурсів та уваги до деталей. Це важливо для забезпечення безпеки та ефективності роботи.

ДВЗ та електродвигуни являють собою два різні шляхи розвитку транспорту, кожен з яких має свої переваги та недоліки. В ідеалі ці технології можуть співіснувати та взаємно доповнювати один одного, пропонуючи користувачам різні варіанти залежно від їх потреб та умов експлуатації.

Обслуговування двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) може бути досить складним через декілька причин:

1. Регулярна заміна мастил та фільтрів

Для забезпечення оптимальної роботи двигуна необхідно регулярно замінювати моторну мастило та масляні, повітряні та паливні фільтри. Це допомагає уникнути загрязнення компонентів та підтримувати змащування двигуна на належному рівні.

2. Діагностика та ремонт системи запалювання

Свічки запалювання, котушки та кабелі запалювання піддаються зношенню і можуть впливати на ефективність роботи двигуна. Діагностика та заміна цих елементів потребує досвіду та спеціального обладнання.

3. Контроль та налаштування системи подачі палива

Інжектори або карбюратори повинні бути чистими та правильно налаштованими для забезпечення ефективного згоряння палива. Забруднення або неправильне налаштування можуть призвести до збільшення витрат палива та загрязнення вихлопних газів.

4. Технічне обслуговування системи охолодження

Система охолодження, включаючи радіатор, помпу та термостат, потребує регулярного контролю та обслуговування для запобігання перегріву двигуна.

5. Зношування механічних компонентів

Поршні, кільця, клапани та інші механічні компоненти двигуна піддаються значному зношенню.

6. Витрати на запчастини та ремонт

Запчастини для ДВЗ можуть бути дорогими, особливо для сучасних та складних моделей. Крім того, ремонт та обслуговування часто потребують кваліфікованих фахівців, що збільшує витрати.

7. Дотримання екологічних норм

Сучасні ДВС повинні відповідати суворим екологічним стандартам, що потребують встановлення та підтримки в робочому стані складних систем очищення вихлопних газів (наприклад, каталізаторів, фільтрів сажі).

Обслуговування ДВС потребує часу, ресурсів та навичок, щоб підтримувати їх у робочому стані та забезпечити їх довговічність та ефективність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bob Braint, Sat Laytman. Your Own Electric Vehicle, Third Edition. 200 McGraw-Hill (2023).
2. Tom Dentom. Automobile Electrical and Electronic Systems, Fifth Edition 230. McGraw-Hill (2017).
3. Tom Dentom. Automobile Mechanical and Electrical Systems, Third Edition.224 McGraw-Hill (2022).

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ПЕРЕСУВНОЇ МАЙСТЕРНІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ НА БАЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ШАСІ З ГІБРИДНИМ СИЛОВИМ АГРЕГАТОМ

Рогозін І.В., Новічонок С.М.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

ВСТУП

Досвід, відсічі повномасштабної агресії російської федерації та сучасних збройних конфліктів свідчить про необхідність не лише швидкого пересування озброєння та військової техніки (ОВТ), а й потребу у відновленні боєздатності через зростання кількості технічних відмов та бойових пошкоджень. Разом з ними, як правило, потребують відновлення, а також проведення технічного обслуговування і ремонту їх базові автомобільні шасі. Зростанню потреби у цьому сприяє розвиток та розповсюдження застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) переважно FPV (розвідники, "камікадзе" та ін.), що дозволяють з відносно невисокими витратами пошкодити або знищити ОВТ. В той же час, практично всі рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту (РЗТОР), що застосовуються для відновлення засобів транспорту, мають у своєму складі потужні електричні приймачі, які живляться від автономних (що отримують привід від двигуна автомобільного шасі) та/або пересувних джерел електричної енергії (що розташовуються на причепах), а за наявності під'єднання – від промислової електромережі [1; 2].

Постійне вдосконалення та поширення застосування засобів розвідки та високоточної зброї викликає потребу в зменшенні часу на виконання операцій з забезпечення бойових дій (пересування особового складу та вантажів, виконання спеціальних операцій тощо) та збільшення швидкості руху автомобільних шасі для зменшення вірогідності потрапляння під удар високоточної зброї. Крім цього, одним із способів протидії застосуванню високоточної зброї є розосередження РЗТОР у районі застосування за призначенням.

Фактори, що наведені викликають потребу у збільшенні кількості та потужності автономних електричних джерел для забезпечення спеціального обладнання РЗТОР через:

- необхідність забезпечення електричної енергією:
 - а) додаткових систем зразків ОВТ, які перешкоджають роботі або знищують БпЛА;
 - б) потужного електричного обладнання що потрібне забезпечення для відновлення великої кількості різноманітних автомобільних шасі;
- неможливість забезпечення електрикою зазначеного обладнання від промислової електромережі [1; 2].

Таким чином, на цей час, існує потреба у збільшенні спроможностей з виробництва електроенергії РЗТОР у польових умовах як під час руху, так й в районах виконання завдання за призначенням. Цю потребу можна задовольнити декількома шляхами [2].

Один з них – збільшення кількості або потужності пересувних джерел електроживлення, що входять до складу майстерень РЗТОР. Другим може бути створення або модернізація (під час капітального ремонту) РЗТОР встановленням у трансмісії автомобільного шасі електричної машини (мотор-генератора), яка під час руху забезпечить швидке пересування, а під час стоянки може бути застосована у якості джерела автономного електроживлення спеціального обладнання цих засобів [2].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перший шлях, що передбачає збільшення кількості або потужності пересувних джерел електроживлення, які входять до складу РЗТОР має низку недоліків:

- збільшення маси обладнання, що транспортується автомобільним шасі РЗТОР;
- збільшення кількості пально-мастильних матеріалів, що потребують транспортування;

- зменшення швидкості пересування [1; 2].

У доповіді більш докладно розглянуто шлях вирішення поставленої проблеми через створення пересувної майстерні відновлення засобів транспорту на базі автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом типу PHEV (шляхом модернізації під час капітального ремонту РЗТОР).

Для досягнення мети було проаналізовано функціональні схеми РЗТОР, які відповідають сучасним вимогам до них. Розроблені функціональна схема компоновки базового автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом пересувної майстерні відновлення засобів транспорту (рис. 1), та функціональна схема загального компонування цієї майстерні (рис. 2) [2; 3].

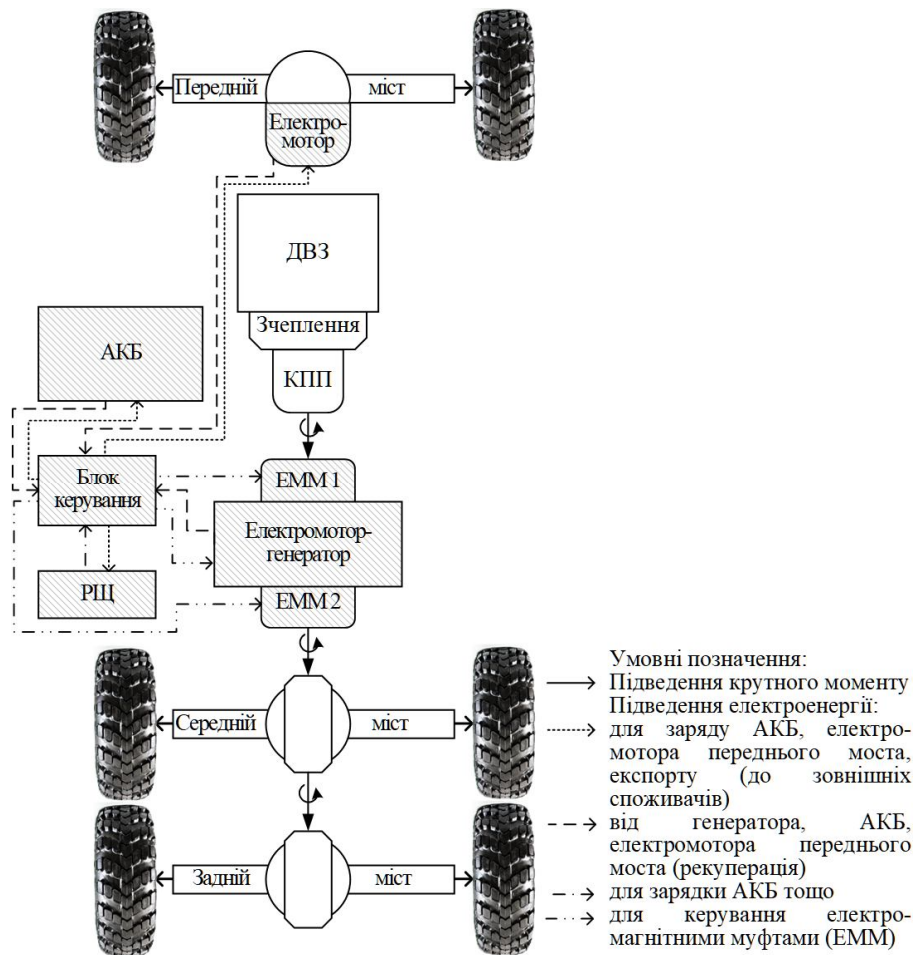
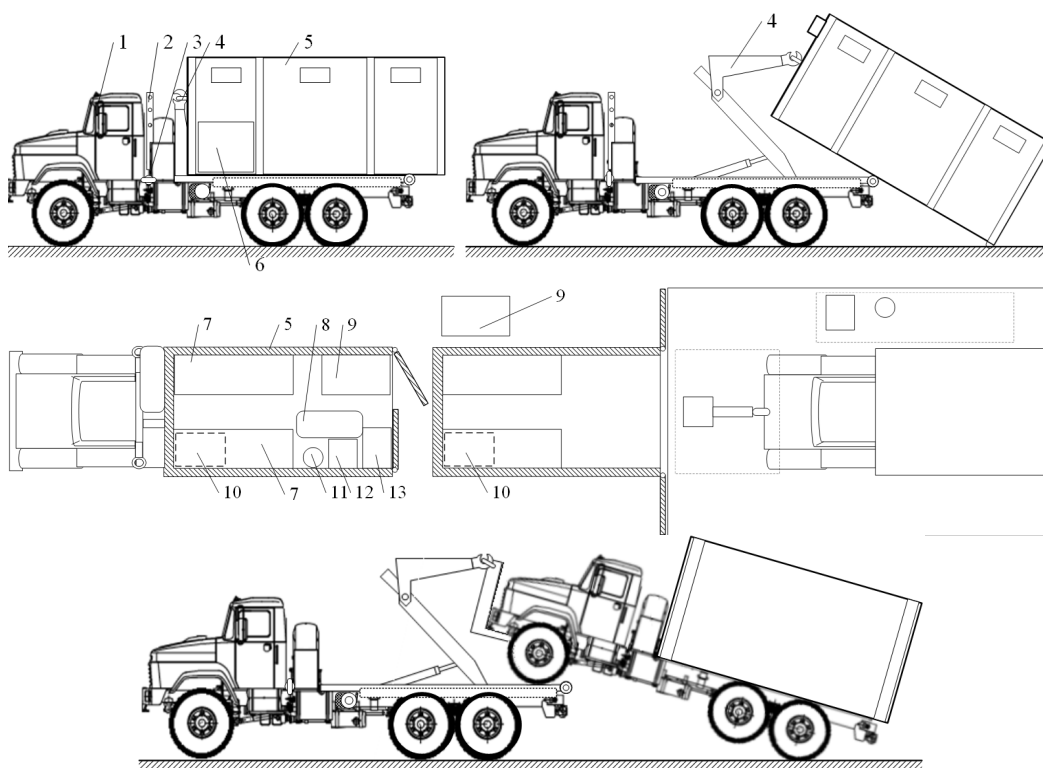


Рисунок 1 – Функціональна схема базового автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом пересувної майстерні відновлення засобів транспорту

Для реалізації обраного варіанту (рис. 1) у доповіді пропонується модернізувати автомобільні шасі з колісною формулою 6х6, що є на озброєнні ЗС України. Під час реалізації даного проекту з серійного автомобіля пропонується видалити роздавальну коробку, карданний вал приводу переднього моста, головну передачу переднього моста. В той же час, пропонується встановити в автомобільне шасі інші складові, які розташовуються у визначених на функціональній схемі (рис. 1) місцях. Штриховкою на функціональній схемі позначені складові, які пропонується встановити електромотор-генератор, дві електромагнітні муфти (ЕММ 1, ЕММ2), блок керування, накопичувач електроенергії (АКБ), електромотор приводу переднього моста, розподільчий щит (РЩ), електричні дроти, перемикачі тощо. Інші елементи модернізованого автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом залишаються без змін.

Надані функціональні схеми (рис. 1 та 2) пояснюють виробничі можливості майстерні з відновлення засобів транспорту [2; 3].



- 1 – базове автомобільне шасі; 2 – пристосування майстерні; 3 – жорсткий буксир;
4 – навантажувально-розвантажувальний механізм типу "мультиліфт"; 5 – спеціальний контейнер; 6 – двері доступу до універсальної акумуляторної батареї; 7 – стелажі та обладнання майстерні; 8 – виробничий намет; 9 – переносний електричний генератор;
10 – універсальна акумуляторна батарея; 11 – домкрат; 12 – пересувний кран
13 – повітряний компресор

Рисунок 2 – Функціональна схема загального компонування пересувної майстерні відновлення засобів транспорту

ВИСНОВКИ

Створення перспективної пересувної майстерні відновлення засобів транспорту на базі автомобільного шасі з гібридним силовим агрегатом може значно розширити технічні можливості РЗТОР, надати можливість з забезпечення швидкого пересування та збільшення автономного виробництва електричної енергії, якісно і в короткий термін виконати ремонтно-відновлювані роботи без залучення додаткових сил та засобів для виконання підйомно-транспортних робіт або евакуації несправних (пошкоджених) засобів транспорту до місця виконання ремонту та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воєнно-історичний опис російсько-української війни: Вип. 23: січень 2024 року. – Київ, 2024. – 205с.
2. Рогозін І.В., Новічонок С.М., Леоненко О.М., Ісаєв А.С. Напрямок сумісного розвитку військових транспортних засобів та пересувних джерел електричної енергії. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2024. № 2(80). С. 144-152. <https://doi.org/10.30748/zhups.2024.80.19>.
3. Пересувна майстерня відновлення озброєння і військової техніки. пат. 1270764 Україна: № u2018 02511; заявл. 12.03.2018 р.; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТОДІВ ЗАРЯДУ НА ВІДНОВЛЕННЯ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Дзюбенко О.А., Богдан Д.І., Пліско В.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ВСТУП

Свинцево-кислотні акумулятори (АКБ) продовжують широко використовуватись у різних сферах, включаючи автомобільну промисловість та накопичувачі в відновлюваних джерелах енергії, через їх надійність та відносно низьку вартість. Однак, їхній життєвий цикл часто скорочується через деградацію, ефекти сульфітації та незворотні втрати ємності, що виникають через недостатній заряд у режимі експлуатації, особливо за умов міського руху з частими зупинками. Вирішення цієї проблеми є актуальним завданням, оскільки АКБ потребують спеціальних методів відновлення та ефективних зарядних пристроїв для подовження експлуатаційного терміну.

МЕТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

З огляду на зростаючу потребу в енергоефективних та екологічно чистих рішеннях, оптимізація методів заряду свинцево-кислотних акумуляторів має велике значення для збільшення їх довговічності та зменшення впливу на довкілля. Більше того, правильно вибрані методи заряду можуть значно знизити витрати на обслуговування та заміну акумуляторів, що є критичним для різних галузей, які покладаються на ці акумулятори.

Дослідження має на меті визначити ефективність різних методів заряду АКБ для подолання сульфітації та підвищення відновлювальних характеристик акумуляторів, а також розробити універсальний зарядний пристрій із підтримкою спеціальних режимів заряду для АКБ. Визначення оптимальних умов заряду також дозволить розробити рекомендації для практичного застосування в різних галузях, тим самим сприяючи більш раціональному використанню ресурсів і зменшенню екологічного впливу.

Авторами поставлено та вирішено наступні завдання дослідження:

- огляд існуючих методів заряду: проведено детальний аналіз існуючих методів заряду свинцево-кислотних акумуляторів, включаючи постійний струм, постійну напругу, комбіновані методи та імпульсний заряд;
- аналіз переваг та недоліків кожного методу: оцінка ефективності, простоти реалізації, вартості та безпечності кожного з розглянутих методів заряду;
- дослідження впливу умов експлуатації на акумулятори: аналіз впливу різних умов експлуатації, таких як температура, вологість, частота циклів заряду-розряду, на продуктивність та довговічність свинцево-кислотних акумуляторів;
- експериментальне дослідження методів заряду: проведення серії експериментів для перевірки впливу різних методів заряду на стан акумуляторів, включаючи їхню ємність, внутрішній опір, стабільність напруги та загальний термін служби;
- формулювання висновків та рекомендацій: на основі проведених досліджень розроблені рекомендації щодо оптимальних методів заряду, які можна використовувати для різних типів свинцево-кислотних акумуляторів.

ПАРАМЕТРИ АКБ ТА ЇХ ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ

До основних експлуатаційних параметрів акумуляторів можна віднести:

- ємність акумулятора – це його здатність зберігати електричну енергію. Вона є одним з найважливіших параметрів, що визначають ефективність роботи акумулятора. Ємність може змінюватися в залежності від методу заряду і умов експлуатації. Наприклад, методи, що знижують нагрівання під час заряду, можуть сприяти підтримці високої ємності протягом більш тривалого періоду часу. Крім того, неправильний заряд може призвести до деградації активних матеріалів акумулятора, що негативно впливає на його ємність;

- внутрішній опір акумулятора впливає на ефективність процесів заряду та розряду. Збільшення внутрішнього опору може бути викликане такими факторами, як сульфатація пластин, зниження рівня електроліту або деградація активних матеріалів. Метод заряду, який знижує нагрівання і запобігає сульфатації, може сприяти підтримці низького рівня внутрішнього опору, що забезпечує кращу продуктивність акумулятора;

- стабільність напруги є важливим показником стану акумулятора. Нестабільна напруга може свідчити про проблеми зі станом електродів або електроліту, що може призвести до погіршення роботи акумулятора. Методи заряду, які забезпечують рівномірний і поступовий заряд, сприяють підтримці стабільності напруги, що є важливим для надійної роботи акумулятора.

- термін служби акумулятора визначається кількістю циклів заряду-розряду, які він може пройти до значного зниження ємності. Методи заряду, що знижують нагрівання і запобігають сульфатації, можуть значно продовжити термін служби акумулятора. Наприклад, імпульсний заряд дозволяє зберігати електрохімічний баланс всередині акумулятора, що позитивно впливає на його довговічність.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАРЯДУ АКБ

До основних методів заряду свинцево-кислотних акумуляторів відносяться:

- методи безперервного заряду:

- а) заряд постійним струмом – акумулятор заряджається за рахунок пропускання через батарею стабілізованого постійного струму, що зменшується в міру підвищення напруги на батареї під час зарядження. Такий метод потребує постійного моніторингу, особливо у кінцевих етапах, де відбувається «кипіння» електроліту та виділення газів, що може спричинити перегрів та пошкодження АКБ;

- б) заряд постійною напругою - коли на батареї підтримується постійна напруга, що дозволяє батареї заряджатися до певного рівня після саморегулювання струму. Перевагою цього методу є відносна стабільність, проте він не підходить для глибоко розряджених батарей, оскільки, призводить до високих значень струму, що будуть протікати на початкових етапах заряду та негативно впливати на десульфатацію пластин.

- імпульсний метод заряду – поєднання циклів заряду та розряду допомагає зменшити рівень сульфатації свинцевих пластин, а також ефективно відновлює акумулятори після тривалого зберігання у розрядженому стані. Імпульсні методи корисні для акумуляторів, що зазнали сульфатації, але потребують спеціального обладнання для контролю імпульсів;

- комбінований метод – включає спочатку заряд постійним струмом, а потім постійною напругою. Цей метод широко використовується в автоматизованих зарядних пристроях, що дозволяє зменшити вплив людського фактора та знизити ризик перезаряду.

В задачі дослідження входить практична перевірка зазначених методів та визначення ступені їх ефективності щодо відновлення ємності АКБ та покращення експлуатаційних характеристик.

РЕЗУЛЬТАТИ ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Алгоритм дослідження. Для експериментального визначення впливу методів заряду на стан свинцево-кислотних акумуляторів було розроблено алгоритм дослідження, що полягає в:

- підготовці АКБ до тестування: використання стандартних 12 В АКБ, типових для автомобільних систем живлення; попередня оцінка стану АКБ, включаючи вимірювання ємності, SOH, SOC, внутрішнього опору та рівня сульфатації пластин;

- виконання комбінованого заряду постійним струмом та постійною напругою з вимірюванням параметрів на початку та в кінці заряду;

- розряд батареї до напруги 10,5 В на визначення повної ємності;

- виконання імпульсного заряду струмом з вимірюванням параметрів на початку та в кінці заряду;
- розряд батареї до напруги 10,5 В на визначення повної ємності;
- порівняння ефективності різних методів заряду, проводиться за критеріями ступеня відновлення ємності, зменшення сульфатації, а також швидкості відновлення батареї.

Аналіз результатів:

- результати кожного методу порівнюються за такими параметрами, як кінцева ємність АКБ, рівень сульфатації та термін служби після заряду.

Експериментальні дослідження були проведені на двох акумуляторах Energizer EP45J, ємністю 45 А·год, що протягом двох років працювали в системі аварійного енергозабезпечення.

Вимірювання параметрів АКБ виконувалось за допомогою тестера АКБ KONNWEI KW-510, повна ємність визначалась шляхом повного розряду електронним навантаженням DL24M, струмом 0,1·С. Результати експерименту наведено в таблицях 1-4.

Таблиця 1 – Результати циклів комбінованого заряду АКБ №1

Номер циклу	1		2		3	
	До	Після	До	Після	До	Після
Внутрішній опір, мОм	8,74	12,62	8,78	12,68	9,13	13,24
SOH, %	95	66	95	66	91	63
Повна ємність, мА·год	2811		3918		4188	

Таблиця 2 – Результати циклів комбінованого заряду АКБ №2

Номер циклу	1		2		3	
	До	Після	До	Після	До	Після
Внутрішній опір, мОм	8,78	12,98	8,91	13,56	8,78	12,98
SOH, %	95	65	93	62	95	64
Повна ємність, мА·год	2494		3060		3342	

Таблиця 3 – Результати циклів імпульсного заряду АКБ №1

Номер циклу	1		2		3	
	До	Після	До	Після	До	Після
Внутрішній опір, мОм	8,78	14,09	8,95	14,09	9,09	18,0
SOH, %	95	59	93	59	92	46
Повна ємність, А·год	4519		4733		4996	

Таблиця 4 – Результати циклів імпульсного заряду АКБ №2

Номер циклу	1		2		3	
	До	Після	До	Після	До	Після
Внутрішній опір, мОм	8,82	13,24	8,78	14,78	8,69	15,67
SOH, %	94	63	95	56	96	53
Повна ємність, А·год	5267		5524		6061	

З таблиць видно, що показники тестера не несуть особливої інформативності про стан АКБ, лише повний розряд дозволяє визначити залишкову ємність батареї. При цьому видно, що імпульсний метод заряду дозволяє більш ефективно відновлювати АКБ.

ВИСНОВКИ

Дослідження показало, що імпульсний метод заряду має значні переваги для боротьби з сульфатацією, оскільки періодичний заряд/розряд сприяє очищенню пластин від сульфатних відкладень, покращуючи провідність і підвищуючи загальну ємність батареї.

ПЕРЕЛІК АВТОРІВ

Alina Crina Mureșan	176	Борисенко А.О.	143	Мірошникова М.В.	103
Antonowski T.	165	Бороденко Ю.М.	190	Мохонько Р.О.	57
Barudov S.	28	Букетов А.В.	9	Мурований І.С.	9
Beșliu Vitalie	77	Буряківський В.А.	28	Мусаїрова Ю.Д.	31
Christos Manasis	125	Васильєв М.С.	89	Недбайло І.Ю.	69
Caiko Jelena	73	Верховодов І.А.	86	Неділько Я.О.	55
Dimitris Enea Mele	125	Войтків С.В.	19, 22	Нечаус А.О.	44, 47, 50, 118, 168
Filiarskyi O.	60	Воробійов О.Г.	194	Нетребенко О.В.	41
Frățița Michael	176	Гладченко М. А.	152	Новічонок С.М.	197
Ghazwan Al-Haji	179	Гнатов А.В.	9, 13, 35, 69, 73, 77, 80, 86, 125, 149, 176, 183	Осічев О.В.	134
Hanna Hnatova	52	Григоренко Н.В.	171, 173	Павлюк Е.О.	63
Ion Ion	176	Гризодуб П.В.	92	Панченко А.М.	31
Johannes Schiffer	17	Двадненко В.Я.	17, 73	Петрачков В.О.	118
John Konstantaras	125	Джус О.В.	152	Петрушинський А.Р.	161
Kenneth Asp	179	Дзюбенко О.А.	55, 120, 161, 165, 200	Пліско В.С.	200
Klaus Pfeiffer	17	Дембіцький В.М.	25	Рикун В.Г.	89, 92
Kubica G.	190	Добродєцький К.А.	50	Рогозін І.В.	197
Kunicina Nadezhda	73	Загребаєв М.С.	138	Рубан Є.О.	168
Maush Hakim	13	Заречняк Є.М.	31	Ручка О.О.	63
Mohamed Bushara	158	Заховаєв Д.Є.	44	Селіщев М.С.	149
Ojegov Alexandr	77	Звонецький М.С.	138	Сербінов І.А.	112
Oleksiy Antoshkiv	17	Іванов В.В.	187	Скляренко В.Ю.	128
Patlins A.	9	Іванов Д.М.	13	Смирнов О.П.	143
Pînzaru Natalia	77	Камишинський О.М.	89, 92	Сохін П.А.	86, 183
Ribickis Leonids	73	Карашук В.О.	152	Стельмах Є.І.	95
Robert Mădălin	176	Кашканов А.А.	9	Степовський А.А.	17
Sładkowski A.	190	Кирпенко С.О.	106	Сулейманов Д.В.	77
Trunova I.	60	Клецька О.В.	147	С'янов О.М.	138
Witaszek M.	190	Кобріна Н. В.	141	Тараненко М.Є.	141
Zhiravetska Anastasia	73	Козаченко Є.М.	98	Тарашенко О.С.	66
Абоатхбах Маджед	134	Козлов О.В.	80	Тищенко Д.А.	131
Какубава Реваз	143	Красиля П.В.	143	Товстокорий М.Ю.	165
Любомир Богданов	80	Куравська Н.М.	31, 194	Уваров В.М.	115, 194
Тодор Тодоров	80	Лагутін Г.І.	194	Ульянець О.А.	13, 80, 86, 149, 183
Алексєенко І.Д.	66	Ладигенський Е.Д.	147	Фомін О.В.	103
Андрєєва А.Д.	115	Латвинський В.Д.	57, 109, 112, 155	Хабоша С.М.	194
Аргун Щ.В.	73, 83, 128, 179, 187	Лойко С.О.	125	Хілевський В.С.	47
Багач Р.В.	38, 41, 95, 98, 109, 155, 158	Малинович О.О.	63	Чернокульський А.О.	115
Баранов І.О.	66, 103	Мігаль Г. В.	141	Шабан В.Є.	103
Білаш І.О.	35	Мінаєв О.І.	147	Шимук Д.С.	106
Бобрицький Д.С.	176			Школін С.С.	179
Богаєвський О.Б.	131, 134			Ященко М.С.	38
Богдан Д.І.	200				
Богданов Р.В.	63				
Болдовський В.М.	101				
Бондаренко Д.І.	120				

ДЛЯ НОТАТОК

МАТЕРІАЛИ

IX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

**«АВТОМОБІЛЬ І ЕЛЕКТРОНІКА.
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

21-22 листопада 2024 р.