

гальмівного моменту між електродвигуном і механічною системою; системи передбачення дорожніх умов (на основі GPS, даних з сенсорів).

4. Удосконалення архітектури системи живлення

Оптимізація можлива також шляхом: переходу до двоконтурних систем (розділення високовольтного та низьковольтного живлення); впровадження енергетичних буферів (суперконденсатори або додаткові батареї для пікових навантажень); інтеграції відновлюваних джерел — наприклад, сонячних панелей для живлення допоміжних систем.

5. Зменшення втрат у кабельній мережі та з'єднаннях

Оптимізація схеми підключення силових компонентів (зменшення довжини провідників, використання проводів з покращеною провідністю) дає змогу знизити втрати на 5–7%.

Оптимізація систем живлення є критичним напрямом у підвищенні ефективності електромобілів. Поєднання новітніх елементної бази, інтелектуального керування та сучасних схемних рішень дає змогу суттєво знизити енергетичні втрати, покращити динаміку руху та збільшити загальну надійність транспортного засобу. Подальші дослідження в цьому напрямі є ключем до ще більшого використання електромобілів.

Література

1. Shangyi Zhao, Ming Guo Electric vehicle power system in intelligent manufacturing based on soft computing optimization URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024149778> Дата звернення: 08.10.25
2. O.P. Adeleke, Y. Li, Q. Chen, *et al.* Torque distribution based on dynamic programming algorithm for four in-wheel motor drive electric vehicle considering energy efficiency optimization[J] World Electric Vehicle Journal, 13 (10) (2022), p. 181
3. P.G. Anselma, M. Del Prete, G. Belingardi Battery high temperature sensitive optimization-based calibration of energy and thermal management for a parallel-through-the-road plug-in hybrid electric vehicle[J] Appl. Sci., 11 (18) (2021), p. 8593
4. Y. Liu, J. Qiao, H. Xu, *et al.* Optimal vehicle size and driving condition for extended-range electric vehicles in China: a life cycle perspective[J] PLoS One, 15 (11) (2020)

УДК 629.02

Р.Р.Заверуха, доктор філософії, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.Р.Заверуха
(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»)

СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

R.R.Zaverukha, Dr.Ph, M.I.Kotyk, D.V.Chaplii, V.Y.Vorobets, V.R.Zaverukha
ENERGY CONSUMPTION BY VEHICLES

Транспортний сектор є одним з основних споживачів енергії у світі, формуючи значну частку глобального попиту на нафту та електроенергію. У зв'язку зі зміною клімату, зростанням цін на паливо та розвитком технологій електрифікації, питання оптимізації енергоспоживання набуває особливої актуальності. Раціональне використання енергії в транспорті дозволяє не лише зменшити викиди шкідливих речовин, а й знизити експлуатаційні витрати.

Основні фактори, що впливають на енергоспоживання транспорту [1]:

1. Тип силової установки. Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) мають ККД на рівні 25–35%, тоді як електродвигуни — понад 85%. Гібридні системи дозволяють поєднувати переваги обох типів для зменшення загального енергоспоживання.

2. Маса та аеродинаміка. Чим більша маса транспортного засобу, тим більше енергії потрібно на його пересування. Аеродинамічний опір також суттєво впливає, особливо на швидкостях понад 60 км/год.

3. Тип дорожнього покриття та профіль маршруту.

4. Стил ь водіння. Агресивне водіння, різке прискорення та гальмування можуть збільшити споживання енергії до 30% порівняно з економним стилем.

5. Температурні умови. Робота системи кондиціювання або обігріву, особливо в електромобілях, може суттєво знизити ефективність енергоспоживання.

Еко-водіння зосереджено на оптимізації продуктивності силового агрегату та поведінки водія для зменшення споживання енергії під час поїздки. Відповідно до характеристик різних силових агрегатів для автомобілів з двигуном внутрішнього згоряння (ICEV), електромобілів (EV) та гібридних автомобілів (HEV), а також їхньої енергії (паливо для ICEV та HEV, а також електроенергія для EV та HEV), для процесу оптимізації використовуються моделі споживання. Наприклад, для розробки контролера розподілу потужності в режимі реального часу в серійному гібридному автомобілі можна використовувати модель ADVISOR[2,5]. У моделі використовуються карта BSFC, карта ефективності генератора та моделі еквівалентних схем акумулятора завдяки їхній простоті та можливості швидкого моделювання, вона ілюструє ефективність перетворення палива двигуном на механічну енергію в заданому робочому діапазоні двигуна з точки зору його швидкості та крутного моменту, що дозволяє інженерам точно визначити бажану робочу область двигуна з найкращою ефективністю перетворення палива. Саеренс та ін. розробили оптимальну стратегію керування кутом дросельної заслінки на основі спрощеної моделі витрати палива, яка відображає зв'язок між витратою палива та кутом дросельної заслінки, що було визначено на універсальному динамометрі двигуна [2], і зменшило витрату палива до 30,8%. Моделі витрати палива двигуном мають різні застосування і не обмежуються лише вищенаведеними прикладами [1].

Враховуючи, що електродвигун має високе енергоспоживання під час запуску або значної зміни крутного моменту через швидкі зміни векторів потоку та струму двигуна, ПІ (пропорційно-інтегральні) контролери розроблені для використання змінних опорних значень швидкості двигуна та потоку замість постійного опорного значення [4]. Споживання енергії асинхронним двигуном розраховується за допомогою моделі "d-q", що базується на оцінці магнітного потоку та моделях механічного навантаження. Вибір цієї моделі зумовлений суворою вимогою високої точності моделі та перехідної реакції. Завдяки дослідженням змінним опорним значенням споживання енергії для роботи двигуна можна зменшити на 20–45%.

Оптимізація еко-маршрутизації зосереджена на пошуку оптимального маршруту з мінімальним споживанням енергії, враховуючи, що найшвидші або найкоротші маршрути можуть не бути тими, що мають найбільшу економію енергії [4]. Таким чином, оцінка споживання енергії необхідна під час пошуку еко-маршруту, а точність оцінки споживання енергії повинна бути високою, щоб підвищити точність результатів оптимізації. Ще однією проблемою пошуку еко-маршруту є те, що оптимальний маршрут може змінюватися через швидкозмінні дорожні умови, особливо під час інтенсивного руху на роботу та з роботи. Приклад стратегії економічного маршруту та швидкості наведено на рисунку 1, який поєднує оптимізацію маршруту та швидкості на основі моделі споживання енергії транспортним засобом [2], і цей метод може досягти економії енергії до 23,83% [3].

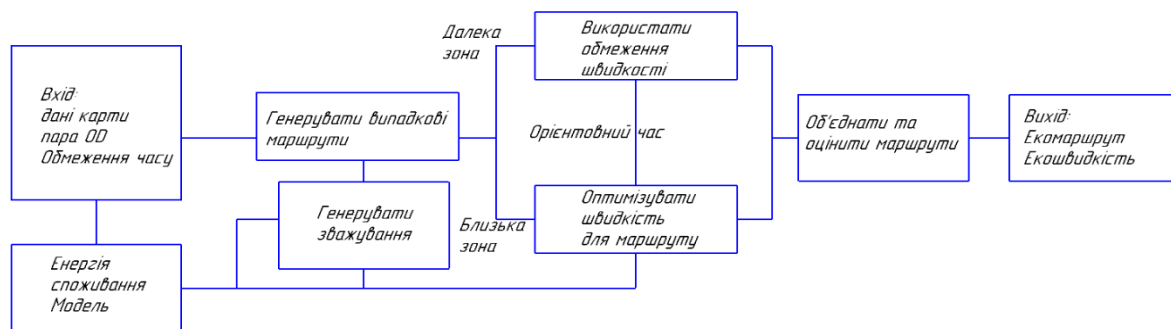


Рисунок 1. Приклад стратегії оптимізації еко-маршруту та швидкості

Споживання енергії транспортними засобами залежить від багатьох технічних і експлуатаційних чинників. Найбільш ефективним напрямком зниження енергоспоживання є комплексна оптимізація конструкції автомобіля, електрифікація та впровадження новітніх технологій керування. Надалі розвиток транспортної енергетики буде пов'язаний з переходом до відновлюваних джерел енергії, більш ефективних акумуляторів та автономних систем управління.

Література

1. Lingyun Hua, Jian Tang and Guoming Zhu A Survey of Vehicle System and Energy Models URL: <https://www.mdpi.com/2076-0825/14/1/10>. Дата звернення: 07.10.25.
2. Huo, D.; Meckl, P. Power management of a plug-in hybrid electric vehicle using neural networks with comparison to other approaches. *Energies* 2022, 15, 5735. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Hua, L.; Dourra, H.; Zhu, G.G. Route and Speed Co-optimization for Improving Energy Consumption of Connected Vehicles. *IEEE/ASME Trans. Mechatron.* 2024, 29, 2830–2838. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Р.Р.Заверуха Дослідження зміни робочих параметрів генератора автомобіля в навантажувальному та ненавантажувальному режимі Р.Р. Заверуха, М.І. Котик, Д.В. Чаплій, В.Р. Заверуха Матеріали VIII міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 2025, С.100-101

УДК 629.02

Р.Р.Заверуха, доктор філософії, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.Ю.Воробець, В.В.Клюк
(Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»)

СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ АКУМУЛЯТОРОНОЇ БАТАРЕЇ (АКБ)

R.R.Zaverukha, Dr.Ph, M.I.Kotyky, D.V.Chaplii, V.Y.Vorobets, V.V.Kliuk
BATTERY POWER SYSTEM

У роботі розглянуто структуру та принципи функціонування системи живлення акумуляторної батареї у сучасних електротехнічних і транспортних засобах. Особливу увагу приділено взаємодії компонентів системи, зокрема зарядного пристрою, перетворювачів напруги, системи керування зарядом та розрядом, а також системи моніторингу стану батареї. Аналіз виконано з урахуванням сучасних тенденцій підвищення енергоефективності та безпеки експлуатації АКБ.

Акумуляторні батареї (АКБ) є основним джерелом живлення у багатьох видах сучасної техніки — від побутових приладів до електромобілів. Ефективне та безпечне