

5. Система охолодження/нагріву — забезпечує температурну стабільність для продовження терміну служби батареї.

6. Споживачі енергії — електродвигуни, електронні пристрої, освітлення.

Основне завдання системи живлення полягає у забезпеченні:

- надійного заряду АКБ з урахуванням хімічних і температурних характеристик;
- стабільного живлення споживачів енергії у різних режимах роботи;
- захисту АКБ від перевантажень, глибокого розряду та перегріву;
- енергоефективності — мінімізація втрат енергії в системі.

У сучасних системах широко застосовується інтелектуальне керування енергетичними потоками — BMS аналізує дані з датчиків та оптимізує режими роботи АКБ у реальному часі.

У типових електромобілях (наприклад, Tesla Model 3) система живлення включає високовольтну літій-іонну батарею (до 400–800 В), інвертор, двонаправлений DC-DC перетворювач та систему рекуперації енергії. Усі ці елементи координуються BMS, що дозволяє не лише ефективно використовувати енергію, а й продовжити ресурс батареї.

Перспективними напрямками є використання твердотільних акумуляторів, бездротової зарядки, а також систем з рекуперацією тепла та інтелектуальним енергоменеджментом.

Система живлення акумуляторної батареї є ключовим елементом сучасних енергетичних і транспортних систем. Від її ефективності залежить не лише продуктивність техніки, а й безпека, ресурс та енергоефективність усього пристрою. Подальші дослідження у сфері керування, нових матеріалів та схемних рішень сприятимуть розвитку більш надійних та ефективних систем живлення.

Література

1. Xinyang Wei, Huajun Yu Comprehensive Analysis of Power Systems for Hybrid Electric Vehicles. Highlights in Science, Engineering and Technology, 2023, 43, p.512-520

УДК 629.02

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

МОДЕЛІ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ З ДВЗ, ГІБРИДНИХ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

R.R.Zaverukha, Dr.Ph, M.I.Kotyk, D.V.Chaplii, V.Y.Vorobets, A.A.Osaulko
**POWER UNIT MODELS FOR VEHICLES WITH INTERNAL ENGINES,
HYBRID AND ELECTRIC VEHICLES**

Силовий агрегат є ключовим елементом будь-якого транспортного засобу, визначаючи його динамічні характеристики, витрати енергії та рівень шкідливих викидів. У сучасному автотранспорті використовуються різні типи агрегатів: традиційні ДВЗ, гібридні системи, що поєднують ДВЗ з електродвигуном, та повністю електричні силові установки. Моделювання таких агрегатів дозволяє оцінити їхні характеристики, оптимізувати конструкцію та обрати найефективніший тип для конкретного застосування [1].

Традиційні силові агрегати з ДВЗ складаються з двигуна, трансмісії, системи охолодження, змащення, впуску та випуску. Моделювання таких систем передбачає: розрахунок термодинамічних процесів у циліндрах; моделювання механічних втрат; аналіз ККД на різних режимах роботи.

Двигун внутрішнього згоряння відіграє ключову роль у динаміці транспортного засобу, слугуючи серцем, яке перетворює викопне паливо на механічну енергію для руху транспортного засобу вперед і назад. Бензинові двигуни пропонують високі оберти на хвилину та плавну роботу, тоді як дизельні двигуни забезпечують високий крутний момент та паливну ефективність. Обидва можуть бути з турбонаддувом, що підвищує потужність за рахунок збільшення впускного отвору повітря для кращої суміші палива та повітря та оптимізованого контролю наддуву [2].

Існує кілька підходів до моделювання для моделювання та аналізу внутрішніх динамічних характеристик двигуна з різним рівнем складності. Для цілей керування на мікрорівні [6] ці моделі зосереджені на детальних процесах згоряння, які сприяють генерації крутного моменту. На противагу цьому, моделі макrorівня, такі як моделі на основі карт та на основі даних, використовуються для контролю викидів транспортних засобів та аналізу споживання енергії. Сильними сторонами ДВЗ є висока енергетична щільність пального, розвинена інфраструктура, проте існують значні втрати тепла (~65–70%) і шкідливі викиди.

Гібридні силові установки включають як ДВЗ, так і електродвигун, з можливістю працювати в різних режимах: послідовний гібрид (ДВЗ заряджає акумулятор, електродвигун приводить колеса); паралельний гібрид (обидва джерела енергії передають момент на трансмісію); комбінований (змішаний) [3].

Моделювання гібридної установки включає: моделі потоків енергії; алгоритми керування енергопередачею; оцінку ефективності рекуперації енергії.

Гібридні електромобілі (HEV) цінуються за покращену економію палива, нижчі викиди та кращу продуктивність порівняно з транспортними засобами з двигунами внутрішнього згоряння. Серед типів HEV, послідовний гібридний електромобіль (SHEV) особливо підходить для міських перевезень завдяки своїм високим перехідним характеристикам, низькій вартості та простій архітектурі. Економія палива та викиди в HEV значною мірою залежать від їхньої стратегії диспетчерського керування, яка динамічно розподіляє потужність між двигуном внутрішнього згоряння та акумулятором для задоволення потреб у потужності, мінімізуючи при цьому споживання палива та викиди. Такі системи дозволяють зменшити витрати пального до 30–40% у міському циклі, але мають складнішу конструкцію та вищу вартість [4].

Силовий агрегат електромобіля — це, як правило: тяговий електродвигун (АС або DC); інвертор; редуктор або планетарна передача; система управління (контролер); високовольтна батарея. Переваги: високий ККД (>85%); простота конструкції; низькі експлуатаційні витрати; відсутність локальних викидів.

При моделюванні враховуються: динаміка електроприводу; поведінка батареї (SOC, температура, деградація); вплив температурних режимів та навантаження на ресурс.

Системи силової установки електромобіля (EV), включаючи конфігурації з одним, двома/потрійними двигунами та двигунами в колесах, відрізняються архітектурою та кількістю двигунів. EV працюють виключно від електродвигуна(ів), відомого своєю високою ефективністю, нульовими викидами, миттєвим крутним моментом та можливостями рекуперативного гальмування. Типова силова установка для електромобіля з'єднує акумулятор (джерело живлення) з двигуном через інвертор(и), при цьому трансмісії мають менше передач, ніж у автомобілях з двигунами внутрішнього згоряння, завдяки ширшому діапазону швидкостей двигунів для електромобілів. Моделі електродвигунів поділяються на мікро- та макrorівні. Моделі мікрорівня, такі як аналітичні електромагнітні моделі та числові моделі, враховують перехідні характеристики двигуна. Для моделей макrorівня, моделі еквівалентних схем двигуна є простими та ефективними для застосувань керування, припускаючи ідеальні умови, з недостатньою точністю для нелінійної перехідної поведінки; аналітичні моделі належать до сімейства макромоделей та використовують диференціальні рівняння для опису

електричної та механічної динаміки, що робить їх придатними для аналізу в стаціонарному стані [4,5].

Силові агрегати різних типів мають свої переваги та обмеження. У найближчій перспективі гібридні моделі залишатимуться оптимальним рішенням для перехідного періоду між традиційними ДВЗ та повністю електричними приводами. У довгостроковій перспективі очікується переважання електроприводів, з огляду на їхню високу енергоефективність, простоту обслуговування та екологічність. Моделювання силових агрегатів дозволяє точніше оцінити їхні характеристики та знайти оптимальні рішення для різних категорій транспорту.

Література

1. Єпіфанов А. О., Білик С. В. Системи живлення автономних джерел енергії. Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2021. – 112 с.
2. Chen M., Rincon-Mora G. A. Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I-V performance. // IEEE Transactions on Energy Conversion. 2006. Vol. 21, № 2. С. 504–511.
3. Дяченко В. П. Системи живлення електричних транспортних засобів. – Харків: НТУ "ХПІ", 2020. – 158 с.
4. Zhang C., Jiang J., Zhang W., Zhang X. A novel battery state of charge estimation method using model and adaptive unscented Kalman filter // Journal of Power Sources. – 2017. – Vol. 263. – P. 636–647.
5. ЧАПЛИЙ, Д., & БАБЮК, С. (2024). Використання гібридного гістерезисного контролю для покращення характеристик LLC перетворювачів. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 337(3(2), 119-125. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-17>

УДК 656.025

М.В. Зелінський, А.М. Матвійчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ У МІСТАХ

M.V. Zelinsky, A.M. Matviychuk

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM FOR TRANSPORT FLOW MANAGEMENT IN CITIES

Сучасні міські транспортні мережі характеризуються високим рівнем завантаженості, нерівномірністю розподілу потоків та обмеженими можливостями швидкого реагування на ДТП, ремонтні роботи чи пікові навантаження. Зростання інтенсивності руху у великих містах України, насамперед у Києві, Львові, Дніпрі та Одесі, супроводжується значним збільшенням затримок транспортних засобів, що спричиняє економічні втрати, погіршення екологічної ситуації та зниження якості життя населення. У такій ситуації виникає потреба в ефективних рішеннях для організації дорожнього руху, здатних працювати в умовах динамічних змін транспортного середовища. Одним із найбільш перспективних напрямів є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які поєднують засоби збору даних, аналітичні алгоритми та технології керування потоками в реальному часі.

Розроблення ІТС є комплексним завданням, що передбачає врахування особливостей транспортної інфраструктури, можливостей цифрових технологій, умов експлуатації, а також соціально-економічних чинників. У багатьох країнах світу інтелектуальні транспортні системи стали основою модернізації дорожнього руху.