

нейтралізатора, а також контролювати та корегувати рівень оксиду вуглецю у відпрацьованих газах. До того ж сучасні сканери мають функцію так званого тестового діагностування. Тобто для контролю датчиків і перевірки реакції виконавчих механізмів, у певний момент, подаються вхідні сигнали, що дозволяють оптимізувати функціонування всього сервісного комплексу.

Література

1. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Харків: Майдан, 2018. 262 с.
2. Положий Д. С., Орехов О. О. Інтелектуальні системи автомобільної безпеки на основі хмарних архітектур. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2023. Т. 4 (74). 91–95.

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДВИГУНАМИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Макаренко Микола Григорович, доцент каф. «Трактори і автомобілі»,
Державний біотехнологічний університет,
e-mail: mak_nk@ukr.net, ORCID: [0000-0003-4078-9045](https://orcid.org/0000-0003-4078-9045)

Шевченко Ігор Олександрович, канд. техн. наук, доцент, завідувач каф.
«Трактори і автомобілі», Державний біотехнологічний університет,
e-mail: igorshvchnk@gmail.com, ORCID: [0000-0002-1280-5290](https://orcid.org/0000-0002-1280-5290)

Кривоніс Софія Володимирівна, магістр,
Державний біотехнологічний університет
e-mail: 03092002sonya03092002@gmail.com

Системи керування двигунами вантажних автомобілів пройшли значний розвиток протягом останніх десятиліть, сприяючи покращенню продуктивності, ефективності використання палива та навколишнього середовища. Ключовими аспектами цього розвитку стали: вдосконалення електроніки та системи управління двигуном, які пройшли шлях від механічних та гідравлічних до електронних системи, що використовують датчики, мікроконтролери та алгоритми для оптимізації споживання палива та зменшення викидів; використання систем впорскування палива під високим тиском, що дозволяє оптимізувати процес сумішоутворення, що підвищує ефективність згоряння та зменшує викиди; оптимізація роботи двигуна в реальному часі з використанням системи стеження за навантаженням, автоматичного контролю швидкості та системи коректування роботи на холостих обертах що підвищує ефективність роботи двигуна [1].

Завдяки сучасним технологіям, системи керування включають у себе інтегровані системи діагностики, які можуть визначати відхилення параметрів від заданих та забезпечувати попередження перед виникненням відмов. Також вдосконалюються системи автоматичного запуску та вимикання двигуна для збереження палива на під час простою.

Крім того зростання інтересу до електричних та гібридних технологій також впливає на розвиток систем керування, які при отриманні додаткової потужності від електродвигуна використовують системи керування для ефективного розподілу енергії [2].

В цілому розвиток систем керування двигунами вантажних автомобілів спрямований на підвищення ефективності роботи, зменшення викидів, а також впровадження електромобільних та гібридних технологій для сталого розвитку транспортного сектору. З метою оптимізації роботи двигуна в реальному часі системи керування використовують широкий спектр датчиків для зчитування параметрів, таких як температура повітря, тиск у насосі високого тиску, оберти колінчастого вала, положення педалі подачі палива, температура охолоджувальної рідини та інші. Ці дані дозволяють системі точно визначати умови роботи двигуна [3].

За отриманими від датчиків параметрами електронні блоки керування (ЕБК) обробляють інформацію і приймають рішення щодо оптимального режиму роботи двигуна. ЕБК може регулювати параметри, такі як час впорскування палива, розподіл палива та повітря, тиск турбонаддуву, інжекційний тиск і багато інших. Сучасні системи використовують інтелектуальні алгоритми для визначення оптимальних параметрів роботи двигуна в реальному часі, наприклад, алгоритми регулювання споживання палива, забезпечуючи максимальний ККД при різних умовах експлуатації [4, 5].

Крім того деякі системи мають адаптивні алгоритми, які вивчають і адаптуються до конкретного стилю водіння та умов дороги. Це дозволяє оптимізувати роботу двигуна під конкретного водія та забезпечити оптимальний баланс між продуктивністю та ефективністю.

За допомогою відстеження навантаження та розпізнавання вантажу, системи керування можуть автоматично адаптувати роботу двигуна для оптимальної ефективності та забезпечення безпеки. Ці технології разом дозволяють динамічно реагувати на різноманітні умови, максимізуючи продуктивність та зменшуючи викиди, що робить їх ефективними та екологічно чистими. Математичне обґрунтування роботи сучасних систем керування двигунами в реальному часі включає в себе використання інтелектуальних алгоритмів оптимізації для забезпечення максимальної ефективності та мінімізації витрат палива. Основні математичні принципи можна розглядати на прикладі оптимізації часу впорскування палива та його дозування.

Розглядаючи функціональну залежність, позначимо параметри, які можуть бути змінюваними системою керування, як X_1, X_2, \dots, X_n , де Y_n , де n – кількість параметрів. Функціональна залежність між цими параметрами та ефективністю двигуна може бути виражена як $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, де Y - певна характеристика ефективності, наприклад, ККД.

Метою оптимізації може бути максимізація або мінімізація цільової функції. У випадку коли ми хочемо максимізувати ККД двигуна, тоді цільова функція матиме вигляд $Z = g(Y)$, де g - функція, яка визначає, як цільова характеристика впливає на ефективність.

Оптимізація повинна враховувати обмеження та умови експлуатації двигуна. Це можуть бути фізичні обмеження, такі як допустимі рівні викидів, температурні обмеження, годинні обмеження тощо. Можна визначити множину обмежень як $h(X_1, X_2, \dots, X_n) \leq 0$.

Для знаходження оптимальних параметрів можуть бути використані різні методи оптимізації, такі як градієнтні методи, генетичні алгоритми, методи імітації навантаження, тощо. Припустимо, що ми використовуємо градієнтний метод для максимізації цільової функції Z за умов обмежень.

Отже, можемо сформулювати математичну задачу оптимізації:

Максимізувати $Z = g(f(X_1, X_2, \dots, X_n))$

За умови $h(X_1, X_2, \dots, X_n) \leq 0$, де X_1, X_2, \dots, X_n – параметри системи керування.

Сучасні системи керування використовують ітераційні алгоритми, які, в системах керування враховують реальний час та динаміку роботи двигуна для оптимізації його функціонування. Такі алгоритми використовують ітерації, тобто повторювані цикли обчислень, для підгонки параметрів системи з урахуванням отриманих результатів та зміни умов роботи.

Система постійно отримує дані в реальному часі від датчиків, які вимірюють параметри роботи двигуна і на основі отриманих даних алгоритм оцінює поточний стан двигуна та визначає, чи відповідає він оптимальним параметрам. Наприклад, якщо виміряні оберти колінчастого вала нижчі, ніж потрібно, алгоритм може виявити, що необхідно збільшити час впорскування палива. На основі оцінки поточного стану формується задача оптимізації. Це може бути завдання максимізації ККД або мінімізації споживання пального в конкретних умовах. За допомогою адаптивних алгоритмів, параметри системи керування змінюються в реальному часі. Це може включати регулювання часу впорскування, об'єму впорскуваної дози палива, тиску турбонаддуву та інших параметрів. Змінені параметри застосовуються до роботи двигуна, і алгоритм спостерігає за їхнім впливом на поточний стан. Після кожної ітерації відбувається оцінка нового стану системи. Результати роботи системи та нові дані надсилаються на вхід ітераційного алгоритму. Цей зворотній зв'язок дозволяє системі адаптуватися до змін умов роботи та забезпечує постійне покращення ефективності.

Крім того алгоритм дбає про те, щоб зміни параметрів не призводили до нестабільності або небажаних відхилень від оптимальної роботи. Система може включати контрольні механізми для уникнення екстремальних значень параметрів.

Висновки

Використання адаптивних алгоритмів, що керують змінними параметрами системи в реальному часі за рахунок багатократного повторення процесу в реальному часі, дозволяє системі постійно адаптуватися до змін умов роботи і забезпечувати оптимальну ефективність роботи двигуна при різних режимах експлуатації.

Література

1. An In-Depth Look into Automotive Engine Control Units (ECUs). [Електронний ресурс] <https://www.linkedin.com/pulse/in-depth-look-automotive-engine-control-units-ecus-annamalai>.
2. Controls for Modern Engines. [Електронний ресурс] <https://dieselnet.com/tech/control.php>
3. Electronic Control Units & The Future of Trucking. [Електронний ресурс] <https://www.cloudtrucks.com/blog-post/electronic-control-units-the-future-of-trucking>.
4. Основи конструкції тракторів та мобільних енергозасобів Case IH / А.Т. Лебедев, М.Г. Макаренко, О.М. Макаренко, І.О. Шевченко, М.Л. Шуляк, В.М. Манойло. За ред. А.Т. Лебедева. Харків.: ХНТУСГ, 2017. 183 с.
5. Основи конструкції тракторів та мобільних енергозасобів John Deere» / А.Т. Лебедев, М.Г. Макаренко, О.М. Макаренко, І.О. Шевченко, М.Л. Шуляк, В.М. Манойло. За ред. А.Т. Лебедева. Харків.: ХНТУСГ, 2020. 90 с.

ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ: ПРОБЛЕМИ І РІШЕННЯ

Макаренко Микола Григорович, доцент каф. «Трактори і автомобілі»,
Державний біотехнологічний університет,
e-mail: mak_nk@ukr.net, ORCID: [0000-0003-4078-9045](https://orcid.org/0000-0003-4078-9045)

Шевченко Ігор Олександрович, канд. техн. наук, доцент, завідувач каф.
«Трактори і автомобілі», Державний біотехнологічний університет,
e-mail: igorshvchnk@gmail.com, ORCID: [0000-0002-1280-5290](https://orcid.org/0000-0002-1280-5290)

Хейло Владислав Олегович, магістр,
Державний біотехнологічний університет
e-mail: prostovlad2221@gmail.com

Пиріжок Валентин Іванович, магістр,
Державний біотехнологічний університет
e-mail: Val.pirojock2014@gmail.com

Нові моделі автомобілів стають все складнішими із випуском кожної нової моделі. В них використовуються складні механічні пристрої, електронні системи та відповідні компоненти програмного забезпечення.

Сучасні автомобілі можуть містити до 70 електронних блоків управління (ЕБУ) для безлічі різноманітних додатків, таких як керування силовою передачею, керування шасі та системи комфорту. При цьому повинні бути гарантовані достовірність та надійність програмного забезпечення у кожному ЕБУ, а процес тестування програмного забезпечення є важливим кроком у забезпеченні його відповідності специфікаціям. Оскільки частка програмного забезпечення, призначеного для бортових діагностичних систем у кожному ЕБУ відіграє важливу роль, метод тестування діагностичного програмного