

УДК 621.432.3

ОПТИМІЗАТОРИ ПАЛИВА - АЛЬТЕРНАТИВА ЧІП ТЮНІНГУ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛЯ

Р.М. Модла¹, В.М. Бритковський¹, І.Т. Стрепко², О.М. Сорочинський²¹Національний університет "Львівська політехніка"

вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

²Українська академія друкарства, вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

В роботі проведений порівняльний аналіз методики чіп тюнінгу електронного блока керування двигуна автомобіля та використання оптимізатора співвідношення паливної суміші для поліпшення характеристик двигуна. Оптимізатори шляхом корекції сигналів датчиків кисню і датчика масової витрати повітря здійснюють поліпшення характеристик двигуна в реальному часі за програмою, яку визначає і коректує користувач. Використання вказаних пристроїв виключає втручання в програму електронного блока керування двигуна та дозволяє задіяти для оптимізації його характеристик оператора з нижчою кваліфікацією. Розроблена методика корекції показників двигуна без втручання в програму роботи ЕСК, за допомогою оптимізатора. Оптимізатор комплектується програмним забезпеченням, яке дозволяє підключати його до комп'ютера, читати і писати всі параметри в реальному часі, зчитувати витрату палива, проводити налаштування не зупиняючи двигун..

Ключові слова: електронна система керування подачею палива, оптимальний паливний баланс, оптимізатор співвідношення паливної суміші, чіп тюнінг, датчик кисню, датчик витрати повітря. режим 3-D корекції.

Постановка проблеми. Для правильної роботи бензинового двигуна необхідно певне співвідношення між обсягами палива і повітря, які надходять в циліндри.

Електронна система керування подачею палива (ЕСК - Electronic Control Module) призначена для підтримки цього співвідношення в пропорції, найбільш відповідній температурних умов та навантаження на двигун. При цьому обов'язково дотримання вимог економічності, вимог захисту навколишнього середовища та інших технічних параметрів [1].

Історично склалося характеризувати відношення кількості повітря до кількості палива, яке надходить у циліндри двигуна внутрішнього згорання, коефіцієнтом лямбда (λ). При стехіометричному складі паливо-повітряної суміші (відношення кількості повітря до кількості палива приблизно 14,7:1) коефіцієнт $\lambda=1$ і суміш у циліндрах двигуна внутрішнього згорання є оптимальною. При відхиленні складу паливо-повітряної суміші відбувається зміна складу відпрацьованих газів.

Строго кажучи, значення коефіцієнта складу суміші визначається не тільки вмістом кисню у відпрацьованих газах. Його величина залежить і від вмісту

інших речовин (CO , CO_2 , NO_x , HC). Крім цього, обов'язково враховуються параметри застосовуваного палива [2].

ЕСК визначає склад суміші (Лямбда-коефіцієнт - λ) за напругою кисневого сенсора, яка, у свою чергу, залежить від вмісту залишкового кисню у відпрацьованих газах автомобіля. Тому для визначення цього сенсора стали використовувати термін лямбда-зонд. Інші назви цього сенсора (Lambda-Zonde , O_2 sensor, Oxygen Sensor) є результатом використання дослівного перекладу, абрєвіатури тощо.

Цей сенсор розташовується у випускному колекторі двигуна. У сучасних системах впорскування палива часто застосовується декілька сенсорів вмісту кисню. В одних випадках це визначається конструкцією випускного колектора (V-подібні двигуни), в інших додаткові сенсори розташовуються після каталітичного нейтралізатора і використовуються для перевірки його стану і стану основних сенсорів кисню [3].

Мета дослідження. Дослідження методик оптимізації співвідношення паливної суміші електронних систем керування з зворотнім зв'язком при використанні автономних оптимізаторів.

Виклад основного матеріалу. Основне призначення електронної системи керування двигуна автомобіля - це точне управління складом суміші (часом відкритого стану форсунок) у відповідності з навантаженням на двигун і з урахуванням його стану. Розрахунок кількості необхідного палива відбувається в кілька етапів (рис. 1):

- формування «базового часу впорскування»;
- корекція часу впорскування за умовами експлуатації;
- корекція по напрузі бортової мережі.

Спочатку ЕСК визначає параметри «базова кількість» палива та «значення кута випередження запалювання» на підставі даних про частоту обертання колінчастого валу і навантаження на двигун. Значення «базова кількість» палива зчитується з відповідної таблиці, запрограмованої заводом-виробником, і коригується з використанням поправочного коефіцієнта, який називається «паливним балансом» (fuel trim). Після цього проводиться корекція складу паливо-повітряної суміші, яка враховує поточні параметри системи (тобто стан двигуна «зараз»):

- температура охолоджувальної рідини;
- температура повітря у впускному колекторі;
- положення дросельної заслінки;
- склад відпрацьованих газів;
- тиск в паливній системі;
- вміст кисню в повітрі (висота над рівнем моря).

Ці параметри визначаються наступним чином (у порядку значущості):

- навантаження на двигун (Cale Load) визначається за кількістю повітря, що поступає в циліндри;
- сенсором витрати повітря (можливе використання різних типів: Vane Air Flow meter, Karman Vortex Air Flow meter, Mass Air Flow meter),

- сенсором розрідження (абсолютного тиску) у впускному колекторі (Manifold Absolute Pressure sensor).
- частота обертання двигуна визначається сенсором положення колінчастого валу;
- швидкість автомобіля - сенсором швидкості;
- температура двигуна визначається сенсором температури охолоджувальної рідини;
- положення дросельної заслінки визначається:
 - сенсором положення дросельної заслінки,
 - сенсором холостого ходу;
- температура повітря (ТНА) визначається сенсором температури повітря на впуску;
- склад відпрацьованих газів (O_2) може визначатися за допомогою наступних сенсорів:
 - кисневі сенсори (Oxygen Sensor);
 - сенсори збідненої суміші (Sensor Lean Mixture);
 - сенсори складу паливо-повітряної суміші (air / fuel ratio sensor);
 - сенсор вмісту NOx

Оптимальний паливний баланс встановлюється електронною системою керування при справності всіх датчиків. Сенсор кисню у відпрацьованих газах формує паливний баланс на всіх режимах роботи двигуна автомобіля (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм розрахунку часу впорскування

Величина корекції кількості палива, що подається в циліндри, за напругою сенсора вмісту кисню залежить від різних факторів. Якщо ступінь необхідного втручання невелика, наприклад, менше 10%, то ЕСК справляється з цим порівняно легко.

При необхідності зміни базового значення більш ніж на 20%, тобто для здійснення більш істотної зміни, ЕСК проводить процедуру «перенавчання» (адаптації). Зменшуючи або збільшуючи базовий час впорскування палива в межах допустимого, ЕСК перевіряє реакцію системи і встановлює (записує в пам'ять) нове значення цього параметра. При цьому для точної підтримки стехіометричного складу паливо-повітряної суміші (14,7:1) як і раніше використовується напруга сенсорів вмісту кисню. У залежності від різних факторів (у тому числі: від висоти над рівнем моря, зносу поршневої групи і форсунок, допусків на якість палива і на зміни в стані двигуна) корекція, обумовлена зворотним зв'язком за складом відпрацьованих газів, змінюється. ЕСК в режимі замкнутої зворотного зв'язку запрограмований на зміну складу суміші за допомогою невеликих змін (збільшень). Тому, якщо необхідна відносно невелика корекція (до 3%), то ЕСК порівняно просто змінює склад суміші. Межі можливої зміни складу суміші становлять $\pm 20\%$ від його базового значення.

При необхідності значних змін і для уникнення можливих неточностей або зменшення часу відгуку, в пам'ять записують інформація про результати корекції суміші в попередніх поїздках. Ця інформація використовується в якості початкової при наступних поїздках, що дозволяє підвищити точність підтримки оптимального складу паливної суміші з урахуванням реального стану двигуна. Таким чином реалізується «процедура перенавчання ЕСК», відома під назвою «Computer Relearn Procedures». Наприклад, в пам'яті ЕСК записана «заводська установка» необхідності підтримки часу впорскування палива при холостому ході прогрітого двигуна, рівного 3,0 мсек. Якщо після здійснення корекції по напрузі кисневого сенсора виявиться, що необхідно відкривати форсунки при прогрітому двигуні імпульсами напруги тривалістю 3,3 мсек, то при наступних поїздках ЕСК «почне» регулювання з цього значення [4].

Враховуючи перелічені особливості роботи ЕСК розроблені оптимізатори співвідношення паливної суміші, які здійснюють корекцію показників двигуна без втручання в програму роботи ЕСК. Такі пристрої можуть застосовуватися як альтернатива чіп тюнінгу. Управління подачею палива виробляється шляхом корекції сигналів датчиків кисню (лямбда зондів) і датчика масової витрати повітря (ДМВП) за програмою, яку визначає і коректує користувач.

Оптимізатор комплектується програмним забезпеченням, яке дозволяє підключати його до комп'ютера, читати і писати всі параметри в реальному часі, зчитувати витрату палива, проводити налаштування не зупиняючи двигун. Передбачено виведення даних на графіки. Є можливість зберігати і записувати 3-х мірні таблиці корекції датчиків витрати повітря та розрідження у впускному колекторі (MAF, MAP).

В оптимізаторі передбачено два режими роботи: «спрощений» і «розширений».

У спрощеному режимі користувач визначає лише кілька основних параметрів, що впливають на корекцію. В цьому режимі ступінь корекції збільшується

зі зростанням споживання палива. При збільшенні деякого порогового значення частоти обертання ступінь корекції може зменшуватися (визначає користувач).

У розширеному режимі користувач може скласти детальну карту корекції сигналів в залежності від часу впорскування палива і частоти обертання колінчастого валу окремо для лямбда зондів і ДМВП.

Щоб уникнути помилки в електронному блоці керування автомобіля, корекція сигналів від датчиків кисню виробляється по закінченню деякого часу після вмикання запалювання (визначає користувач). Пристрій може працювати з ДМВП, що мають як аналоговий вихід, так і імпульсний.

Оптимізатор підтримує широкосмугові і цирконієві датчики кисню (лямбда зонди). При роботі з широкосмуговими датчиками можливо точне вимірювання, підтримка і регулювання значення лямбда (складу паливної суміші).

Для нормальної роботи пристрою датчик кисню повинен перебувати в справному стані.

Пристрій може емулювати роботу 2-го лямбда зонду навіть при відсутності каталітичного нейтралізатора і самого лямбда зонду. Оптимізатор повинен встановлюватися в місці, захищеному від впливів підвищених температур і вологи. У разі використання оптимізатора в складі системи SuperAquaCar, рекомендується встановлювати оптимізатор після настройки і випробування електролізера.

Встановлення та налаштування оптимізатора здійснюється поетапно. Після кожного етапу потрібно провести випробування автомобіля на різних режимах для виявлення можливих помилок в налаштуванні. На першому етапі потрібно налаштувати тільки датчик масової витрати повітря (ДМВП), на другому – датчики кисню (лямбда зонди). До другого етапу необхідно приступати після підключення та налаштування датчика ДМВП.

Оптимізатор може працювати в режимі простої корекції і 3-D корекції. Ступінь корекції обчислюється з приходом кожного імпульсу від форсунки щодо кількох параметрів.

Деякі параметри налаштувань оптимізатора є загальними для простого і 3-D режиму корекції, які впливають на розрахунок ступеня корекції:

- коефіцієнт розрахунку частоти обертання колінчастого валу;
- граничне значення напруги аналогового ДМВП;
- максимальна напруга зсуву цирконієвого лямбда;
- час ввімкнення після вмикання запалення;

Максимальна ступінь збіднення суміші (тільки для широкосмугового лямбда зонду).

У простому режимі оптимізатор постійно обчислює поточну ступінь зміни сигналу (рис. 2). Основними параметрами для обчислення ступеня корекції є: «корекція (лямбда або ДМВП)», «точка максимальної корекції», відносна миттєва витрата палива (кількість палива за одиницю часу). Чим більша миттєва витрата, тим більше оптимізатор змінює сигнали від датчиків. Якщо частота обертання колінчастого валу перевищить точку максимальної корекції, ступінь корекції буде зменшуватися з ростом частоти обертання колінчастого валу. В

цьому режимі оптимізатор не вносить зміни в сигнал датчиків на холостих обертах (якщо частота обертання менша 1200 об/хв).

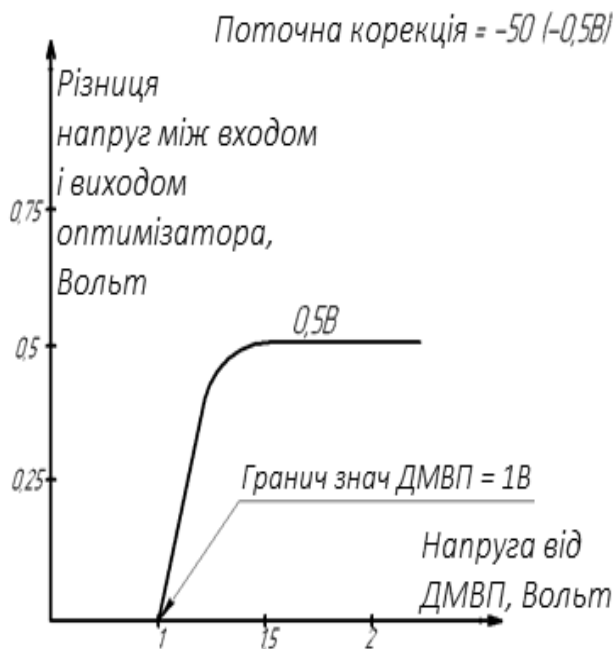


Рис. 2. Режим простої корекції

Рівень корекції збільшується прямо пропорційно поточній кількості палива аж до встановленої точки максимальної корекції. Зазначена в налаштуваннях ступінь корекції в простому режимі досягається приблизно при 2000 об/хв і часу впорскування 3,0 мс.

У режимі 3-D ступінь зміни сигналу визначається 3-х мірною таблицею (рис. 3). Таблиця містить фіксовані значення частоти обертання колінчастого валу і час впорскування палива чи напругу від ДМВП – на вибір. Таким чином, користувач може прив'язати режим роботи двигуна (частота обертання, час впорскування, витрата повітря) до конкретної величини корекції сигналу.

Є можливість проводити корекцію сигналів в залежності від частоти обертання, часу впорскування, витрати повітря. Таблиця корекції побудована у вигляді матриці 8x8. Стовпці матриці завжди відповідають частоті обертання. Рядки матриці відповідають часу впорскування палива або витраті повітря (напруга від МАФ (ДМВП)). Вибір режиму рядків здійснюється за допомогою перемикача.

Програма оптимізатора усереднює рівень корекції по сусідніх точках таблиці, якщо час впорскування і частота обертання точно не збігаються з табличними. Таким чином, виходить «плавний» перерахунок корекції, якщо частота обертання і час впорскування знаходяться між табличними значеннями.

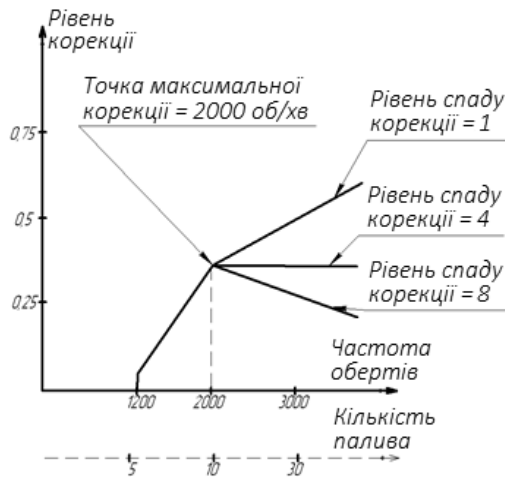


Рис. 3. Режим 3-D корекції

Графічно табличні дані відображаються у вигляді 3-х мірної моделі, яка показана на рис. 4. Управління видом цієї моделі здійснюється за допомогою панелі навігації.

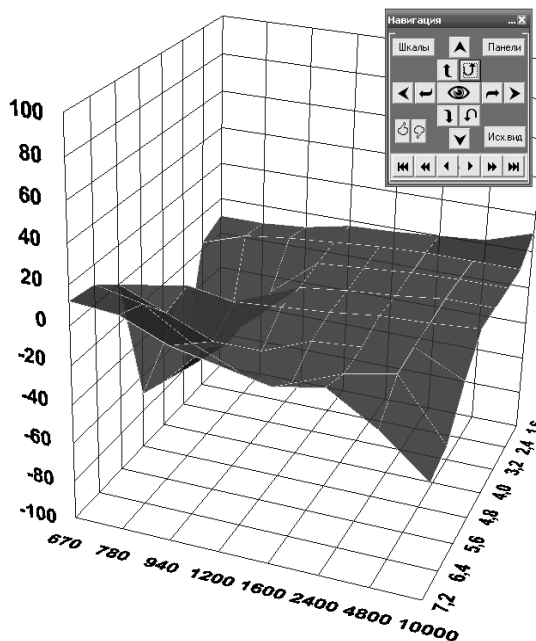


Рис. 4. Графічний вид таблиць у вікні програми

Для ДМВП, табличне значення ступеня корекції позначає на скільки зміниться напруга від ДМВП при заданому часі впорскування і частоті обертання колінчастого валу. Наприклад, значення «-50», означає, що напруга від ДМВП після проходжен-

ня оптимізатора зменшиться приблизно на 0,5 В. При значеннях напруг від ДМВП близьких до значення налаштування «Межа U аналогового ДМВП» оптимізатор може зменшувати свій вплив на сигнал ДМВП (рис. 5). Якщо напруга від ДМВП нижче налаштування «Межа U аналогового ДМВП» (якщо налаштування характеру МАФ (Р) обране «прямий»), сигнал проходить через оптимізатор без змін.

Висновки. В роботі проведений порівняльний аналіз методик чіп тюнінгу електронного блоку керування двигуна автомобіля з використанням оптимізатора співвідношення паливної суміші для поліпшення характеристик двигуна. Оптимізатори шляхом корекції сигналів датчиків кисню і датчика масової витрати повітря здійснюють оптимізацію характеристик двигуна в реальному часі за програмою, яку визначає і коректує користувач. Використання вказаних пристроїв виключає втручання в програму електронного блоку керування двигуна та дозволяє задіяти для поліпшення його характеристик оператора з нижчою кваліфікацією.

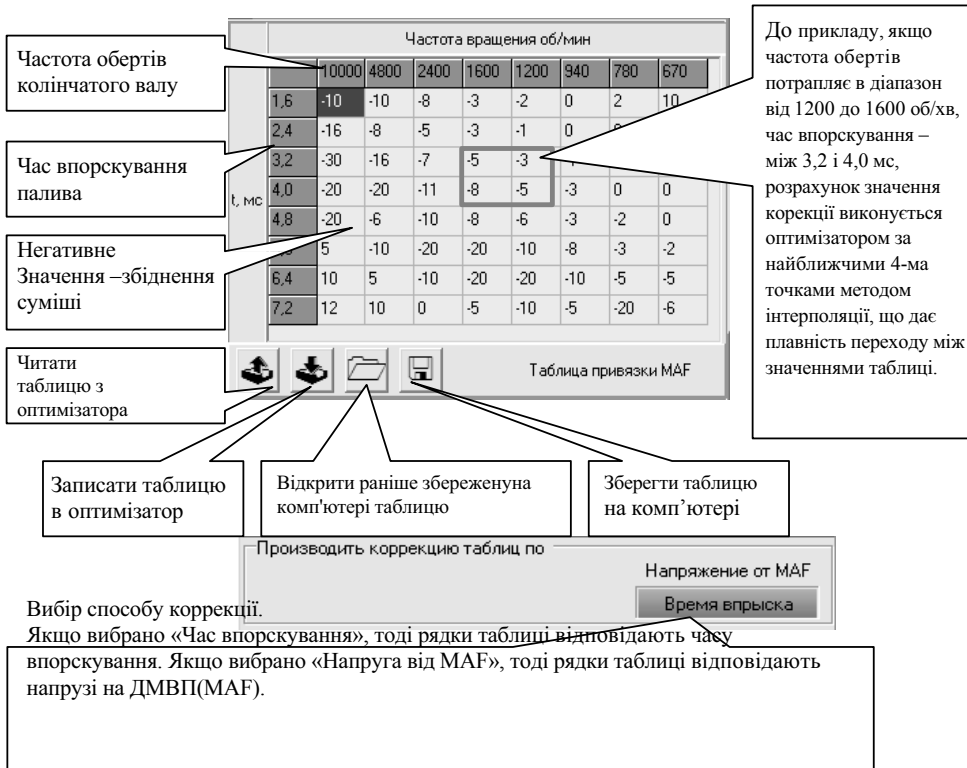


Рис. 5. Таблиця з параметрами корекції

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соснин Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы / Соснин Д. А., Яковлев В. Ф. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Підручник. – К.: Знання - Прес, 2003. – 511с.

3. Бирюков Б.М. Интернет-справочник автомобилиста. – М.: Экзамен, 2001. – 384 с.
4. Модла Р. М., Бритковський В. М., Сорочинський О. М. Чіп тюнінг електронних систем керування двигуном автомобіля // Автоматика/Automatics – 2018 : матеріали XXV Міжнародної конференції з автоматичного управління, 18–19 вересня 2018 р., Львів, Україна. – 2018. – С. 90–91.

REFERENCES

1. Sosnyn D. A. (2005). Noveishye avtomobylnye elektronnyye systemy / Sosnyn D. A., Yakovlev V. F. – М. : SOLON-Press– 240 s. (in Russian)
2. Ludchenko O.A. (2003). Tekhnichne obsluhovuvannya i remont avtomobiliv. Pidruchnyk. – К.: Znannia - Pres– 511s. (in Ukrainian)
3. Byriukov B.M. (2001). Internet-spravochnyk avtomobylysta. – М.: Ekzamen– 384 s. (in Russian)
4. Modla R. M., Brytkovskyi V. M., Sorochynskyi O. M. (2018). Chip tiuninh elektronnykh system keruvannya dvyhunom avtomobilia // Avtomatyka/Automatics – 2018 : materialy XXV Mizhnarodnoi konferentsii z avtomatychnoho upravlinnia, 18–19 veresnia 2018 r., Lviv, Ukraina. — С. 90–91. (in Ukrainian)

FUEL OPTIMIZERS – ALTERNATIVE OF CHIP TUNING OF ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS FOR VEHICLE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

R.M. Modla¹, V.M. Brytkovskyi¹, I.T. Strepko², O.M. Sorochinsky²

¹ Lviv Polytechnic National University 12, S.Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine

²Ukrainian Academy of Printing 19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
roman.modla@ukr.net

The work presents the comparative analysis of the chip tuning method of the electronic control unit of the vehicle engine and the use of the fuel mixture ratio optimizer for improving the engine characteristics. Optimizers by means of correction of signals of oxygen sensors and mass flow rate sensors improve the engine characteristics in real time according to the program that is defined and corrected by the user. The use of these devices eliminates the interference with the engine's electronic engine control program and allows one to use it to optimize its characteristics with a lower qualification operator. The technique of correction of engine parameters without intervention in the program of ECS work, with the help of the optimizer has been developed. The optimizer comes with software that allows one to connect it to the computer, read and write all the parameters in real time, read fuel consumption, make adjustments without stopping the engine.

Keywords: fuel injection electronic control system, optimum fuel balance, fuel mixture ratio optimizer, chip tuning, oxygen sensor, air flow sensor. 3-D correction mode.

Стаття надійшла до редакції 10.03.2018

Received 10.03.2018