

ДІАГНОСТУВАННЯ КИСНЕВИХ СЕНСОРІВ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛЯ

В роботі розглядаються особливості діагностування різних типів кисневих сенсорів електронних систем керування двигуном автомобіля. Висвітлені питання використання імітаторів сигналів кисневих сенсорів для підвищення достовірності та прискорення процесу діагностування. Розроблені практичні рекомендації для коректного діагностування вказаних сенсорів на сучасних станціях технічного обслуговування.

The features of diagnosing different types of oxygen sensors, electronic systems, car engine control considered in the work. Highlights the use of simulators oxygen sensor signals to improve accuracy and accelerate the diagnosis. Practical recommendations for the correct diagnosis of these sensors on modern service stations.

1. ВСТУП

При діагностуванні електронних систем керування (ЕСК) сучасних автомобілів найбільше неправильних результатів отримують при роботі з кисневими сенсорами [1]. Це пов'язано з тим, що кисневий сенсор також виконує функцію порівняння в ЕСК. Для підвищення ефективності методик діагностування в роботі розглядаються особливості побудови ЕСК з різними типами кисневих сенсорів, аналізуються різні технічні засоби для тестування сенсорів кисню та узагальнюється багаторічний досвід діагностування таких сенсорів на станції технічного обслуговування.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Основне призначення ЕСК - це точне управління складом суміші (часом відкритого стану форсунок) у відповідності з навантаженням на двигун і з врахуванням його стану [2]. Розрахунок кількості необхідного палива відбувається в кілька етапів:

- 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 вала і навантаження на двигун. Значення

¹⁴ Національний університет «Львівська політехніка»

"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 (рис. 1):

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

Оптимальний паливний баланс встановлюється електронною системою керування при справності всіх сенсорів. Сенсор кисню у відпрацьованих газах формує паливний баланс на всіх режимах роботи двигуна автомобіля.

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 зворотнім зв'язком за складом відпрацьованих газів змінюється. ЕСК в режимі замкнутого зворотнього 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 [3].

При необхідності значних змін і для уникнення можливих неточностей в пам'ять записують інформацію 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.

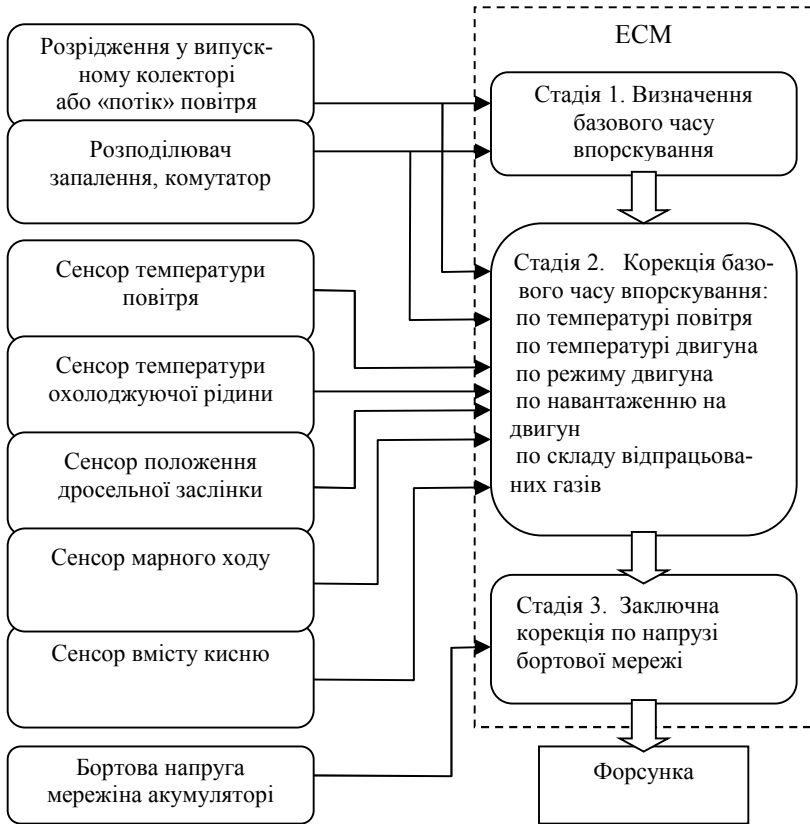


Рис.1. Алгоритм розрахунку часу впорскування

Паливний баланс (Fuel Trim) - параметр, який показує (у відсотках) наскільки необхідно змінити тривалість впорскування палива для підтримки оптимального складу суміші (14.7:1). При використанні декількох сенсорів кисню, система впорскування розрізняє цей параметр для кожного з них.

Довготривалий паливний баланс (Long fuel trim - LFT) характеризує оптимальну величину зміни базового значення складу паливоповітряної суміші. Цей параметр - результат адаптації системи управління до конкретного стану двигуна. Діапазон змін цього параметра складає $\pm 20\%$. Цей параметр входить до складу "поток даних" (data stream) при скануванні систем впорскування (pre-OBD і OBD-II).

Довготривалий паливний баланс LFT, на відміну від короткотривалого (Short fuel trim - SFT), - це корекція, яка залишається в пам'яті

ЕСК і після вимкнення запалювання є характеристикою зміни базового часу впорскування палива.

Короточасний паливний баланс SFT - додаткова і часова корекція базового складу суміші, яка враховує переключення напруги кисневого сенсора, тобто коректує склад суміші в даний момент. Нормальний діапазон цього параметра становить $\pm 20\%$. При справній системі він рідко перевищує $\pm 10\%$. Після прогріву двигуна цей параметр постійно змінюється, тому що враховує перемикання напруги кисневого сенсора.

На відміну від значення SFT, яке визначає тривалість впорскування палива тільки в режимі замкнутого зворотнього зв'язку, LFT корегує поправочний коефіцієнт базової тривалості впорскування палива і при розімкнутому зворотньому зв'язку.

Довговічність кисневих сенсорів складає приблизно від 100 до 160 тис. км. Передчасний вихід з ладу сенсора проваюють:

- продукти згоряння насичених вуглеводнів моторного масла (при низькій кондиції оливознімних кілець або ковпачків);
- застосування етильованого бензину, а також бензину з залізо-і марганцевмісними добавками, що підвищують антидетонаційні властивості;
- потрапляння на чутливий елемент продуктів кремнійорганічних (силіконових) герметиків;
- всілякі «присадки», «очишувачі паливних систем», розчинники, сольвенти і тому подібні добавки в паливо. Використовувати слід тільки рідини, сертифіковані для систем з сенсорами кисню і каталітичними нейтралізаторами;
- складові частини охолоджуючої рідини (антифризу), потрапивши в систему випуску.

В результаті впливу перерахованих факторів погіршується швидкодія сенсора. Це є початковим етапом погіршення його вихідних параметрів і викликає запізнювання спрацьовування ланцюга зворотнього зв'язку при підтримці оптимального складу паливо-повітряної суміші, що значно знижує ефективність управління. При цьому можливе погіршення характеристик керованості автомобілів (втрата потужності), а також зниження економічності, підвищення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Слід зазначити, що деякі несправності сенсорів (зниження чутливості, зменшення швидкодії і діапазону вихідної напруги) ЕСК фіксує не завжди. Алгоритм визначення цієї несправності залежить від року випуску, моделі, комплектації. Тому й судити про справність сенсорів вмісту кисню можна тільки після відповідної перевірки і не слід обмежуватися тільки зчитуванням кодів самодіагностики.

Осцилограф є зручним засобом для перевірки сенсора кисню. Прилад підключається до виходу сенсора, двигун прогрівается, система управління повинна працювати в замкнутому режимі.

Проведення діагностики кисневого сенсора слід починати із зчитування кодів несправностей. Якщо коди, відповідної несправності сенсора не прочитані, то це ще не є свідченням його справності. Деякі системи самодіагностики визначають тільки «крайні» ситуації (обрив або замикання сигнального провoda або нагрівача), але для них недоступне визначення погіршення швидкодії сенсора і зменшення діапазону вихідної напруги. Наявність коду несправності сенсора є необхідною, але не достатньою умовою для заміни сенсора. Перевіряти вихідну напругу (осцилографом, тестером, сканером даних) необхідно, підключаючись до сигнального провoda сенсора при працюючому і прогрітому двигуні. При перевірці вихідної напруги кисневого сенсора вольтметром треба використовувати стрілочний прилад з досить високим входним опором або відповідний індикатор. Повну інформацію про стан цього сенсора можна отримати за допомогою осцилографа або відповідних сканерів даних .

При перевірці нагрівача не варто обмежуватися перевіркою його опору. Необхідно перевіряти і напругу, яку підводять до його контактів.

Несправність кисневого сенсора – можлива, але далеко не єдина причина збільшеної витрати палива. Слід проводити комплексну перевірку стану сенсорів, виконавчих пристроїв та інших складових частин системи впорскування.

Використання імітатора кисневого сенсора дає змогу оперативно локалізувати несправність в електронній системі керування двигуном автомобіля та не допустити грубих помилок при діагностуванні кисневих сенсорів [2].

Напруга кисневого сенсора може не відповідати оптимальному складу паливно-повітряної суміші при негерметичності системи випуску, несправності системи запалення і з інших причин.

Якщо вихідна напруга кисневого сенсора більша 0,5 В, то це може бути ознакою збагаченої суміші. Причинами цього є:

- несправності сенсора розрідження у впускному колекторі (MAP) або сенсора потоку повітря (MAF);
- порушення герметичності форсунок;
- підвищений тиск у паливній системі;
- несправність сенсорів температури повітря на впуску та охолоджувальної рідини;
- неправильне функціонування системи рециркуляції відпрацьованих газів (EGR);

- несправності системи вентиляції картера;
- несправна система вловлювання парів палива;
- несправність самого кисневого сенсора.

Якщо його вихідна напруга постійно менше 0,45 В, то це признак збідненої суміші. Це може бути викликано:

- несправністю сенсора розрідження у впускному колекторі (MAP) або сенсора потоку повітря (MAF);
- негерметичністю системи впуску і пошкодженням чи поганим з'єднанням вакуумних шлангів («підсмоктування» повітря у впускний колектор);

- зниженим тиском у паливній системі;
- несправностями системи запалювання;
- забрудненістю форсунок;
- несправністю системи рециркуляції відпрацьованих газів;
- негерметичністю системи випуску;
- порушенням теплового режиму або несправністю самого

сенсора. ЕСК в спробі компенсації нібито «бідної» суміші реагує на цю ситуацію збільшенням часу відкритого стану форсунок. Це призводить до підвищеної витрати палива, збільшення вмісту СО і може провокувати передчасний вихід з ладу каталітичного нейтралізатора.

Вихідна напруга сенсора при справній системі і роботі прогрітого двигуна на режимі марного ходу повинна постійно змінюватися від високого рівня до низького і назад. Ці флуктуації напруги є ознакою того, що ЕСК перебуває в режимі замкнутого зворотнього зв'язку по напрузі кисневого сенсора («closed loop») і постійно відстежує і регулює склад паливо-повітряної суміші («feedback»). Зазвичай вихідна напруга змінюється в діапазоні від 0,1 до 0,9 Вольт.

На відміну від звичайних кисневих сенсорів, напруга на широкосмуговому сенсорі складу паливо-повітряної суміші збільшується при збідненні паливо-повітряної суміші і зменшується при її збагаченні. Якщо напруга на сенсорі зменшується (з 3,30 до

2,80 В), то це ознака багатого паливо-повітряної суміші і брак кисню в відпрацьованих газах автомобіля. Аналогічно, якщо напруга збільшується (з 3,30 до 3,80 В), то це ознака збіднення суміші і наявності в відпрацьованих газах надлишкового кисню. Розглянута напруга не коливається відповідно вихідній напрузі кисневого сенсора і є відносно стабільною. Різкі коливання можливі тільки при екстремальній зміні складу відпрацьованих газів.

У таблиці наведені результати діагностування ЕСК двигуна автомобіля Toyota Camry випуску 2001 року.

Таблиця 1

Реакція широкосмугового кисневого сенсора
на різні режими роботи двигуна

Режим роботи двигуна	1	2	3	4
Час впорскування	2,9мс	2,8мс	2,3мс	3,2мс
Частота обертання колінчастого вала	694 об/хв.	1786 об/хв.	1154 об/хв.	757 об/хв.
AFS B1 S1	3,29В	3,94В	3,01В	2,78В
SHORT FT	2,3%	~ 0,1%	~ 0,1%	~ 0,1%
LONG FT	4,6%	~ 0,1%	4,6%	4,6%
Lambda	0,99	1,27	0,93	0,86
Склад суміші	1% збагачення	27% збіднення	7% збагачення	14% збагачення

3. ВИСНОВКИ

1. На першому етапі діагностування сенсора кисню необхідно виключити причини, пов'язані з ремонтними роботами у впускній і вихлопній системі автомобіля та якістю палива.

2. Використання різних добавок для очищення паливної системи, а також силіконових герметиків для ущільнення випускної системи автомобіля може бути причиною зміни коефіцієнта передачі кисневого сенсора.

3. Корекція базового часу впорскування електронної системи керування здійснюється на основі показів сенсора кисню у відпрацьованих газах.

4. Діагностика за допомогою дилерського або універсального сканера дає основні напрямки пошуку неполадок кисневого сенсора.

5. Для поглибленої діагностики необхідно використовувати цифрові осцилографи та електронні бази даних по системах керування автомобілів.

5. Методика діагностування кисневих сенсорів суттєво залежить від його принципу побудови.

7. Застосування імітатора сигналів при діагностиці кисневого сенсора дає змогу виключити грубі помилки і прискорити процес діагностування.

8. Неправильна діагностика кисневого сенсора займає домінуюче місце при проведенні діагностичних операцій сучасного автомобіля.

1. Р. Модла. Особливості діагностування та ремонту легкових автомобілів на малій станції технічного обслуговування / Р. Модла, В. Бритковський.// Праці 2-ї Міжнар. наук.-техн. конф. „Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій. – Л.: КІНПАТРИ ЛТД, 2010. – С. 147–149. 2. Р. Модла. Особливості поелементної діагностики систем керування сучасними двигунами / Р. Модла, В. Бритковський.// 3-а Міжнародна науково-технічна конференція, Теорія і практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2013. – С. 82. 3. Росс Твег. Диагностика электронной системы управления двигателя автомобиля: Руководство по техническому обслуживанию и ремонту. / Росс Твег// – М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 144 с.