**Лабораторна робота № 39**

**ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ВПОРСКУВАННЯ**

**БЕНЗИНУ У ВПУСКНИЙ КОЛЕКТОР ПО СИГНАЛУ**

**λ –ЗОНДА**

**Мета роботи**

Ознайомиться із принципами керування бензиновою форсункою та з принципами функціонування зворотного зв’язка за сигналами кисневих датчиків бензинового двигуна. Набути навички визначати склад суміші без використання зовнішнього газоаналізатора, а лише завдяки штатних можливостей системи керування.

**Устаткування та прилади**

1. Автомобілі VW–Golf і Skoda Oсtavia;
2. Методичний матеріал, слайди, схеми, плакати;
3. Осцилограф із записом USB Scop–II з набором спеціалізованих щупів;
4. Ноутбук (із установленим програмним забезпеченням (ПЗ) для проведення діагностування);
5. KL–Line адаптер.

**Зміст і порядок виконання роботи**

На сучасних двигунах з впорскуванням бензину у впускний колектор дозування подачі палива здійснюється за допомогою керування електромагнітною форсункою.

У певну мить часу, синхронізовано з кутом повороту колінчатого вала, виробляється подача напруги на форсунку. Під дією цієї напруги електромагнітне поле, що виникає в обмотці форсунки, піднімає голку, і бензин починає впорскуватися в колектор.

Як правило, 90% сучасних мікропроцесорних систем керування двигуном (МПСКД) використовують наступну схему – один з контактів обмотки електромагніту постійно живиться напругою бортової мережі, а інший контакт через транзистор у блоці управління двигуна комутується на «масу» (рис.39.1).

Залежно від реалізації алгоритму спрацьовування форсунок передбачено розподіл загальної циклової подачі (відповідно до цикловій тривалості впорскування) на кілька окремих впорскувань за один оберт двигуна. При «одночасному» впорскуванні палива відбувається розподіл загальної тривалості на чотири впорскування таким чином, що імпульс подається на всі форсунки одночасно 2 рази за один оберт колінчатого вала двигуна (4 рази за цикл). При «попарно–паралельному» (груповому впорскуванні) керуючий імпульс подається на кожні дві форсунки один раз за оберт колінчатого вала двигуна (2 рази за цикл). При «фазованому» (секвентальному) впорскування здійснюється один раз за цикл, індивідуально кожною форсункою строго у свою мить часу і тому завдяки цьому розподілу на окремі ділянки не відбувається. Варіант алгоритму впорскування повинен ураховуватися при вимірі тривалості керуючого сигналу (алгоритми впорскування наведені в додатку до лабораторної роботи).



Рис.39.1. Принцип керування бензиновою електромагнітною форсункою:

1 – акумуляторна батарея; 2 – форсунка; 3 – ЕБК; 4 – силовий каскад;

5 – керуючий сигнал на форсунку

Для бензинових двигунів з впорскуванням палива у впускний колектор існує три різновиди сигналу керуючого імпульсу на форсунці: для традиційної (16 Ом) форсунки системи розподіленого впорскування бензину, для низькоомної (1,5...4 Ом) форсунки системи, для обох систем – розподіленого і централізованого впорскування бензину. Залежно від варіанта сигналу необхідно по різному враховувати дійсну тривалість керуючого імпульсу. На рис.39.2 показаний сигнал керування на високоомну форсунку багатоточкової системи впорскування.

Необхідно відзначити, що пониження сили струму на режимі утримування може здійснюватися як за допомогою зменшення абсолютної різниці потенціалів на виводах обмотки, так і завдяки переходу до частотної, дискретної подачі імпульсів напруги на обмотку.

***i***

***i***

Рис.39.2. Імпульс керування: *а* – високоомної форсунки, *б* – низкоомної

1 – форсунка закрита, і на осциллограммі наведена напруга живлення постійно, підведена на один з контактів форсунки; 2 – силовий транзистор в ЕБК замикає другий контакт обмотки електромагніта форсунки на масу; 3 – утримання форсунки у відкритому стані (впорскування палива); 4 – ЕБК вмикає силовий транзистор, в обмотці електромагніта виникає ЕДС самоіндукції від різкого відмикання напруги, голка починає опускатися; 5 – голка зайняла посадкове місце; 6 – на низькоомних форсунках при досягненні критичної величини струму ЕБК перемикає транзистор, знижуючи напругу на обмотці електромагніта; 7 – на низькоомних форсунках утримання голки у відкритому стані (впорскування триває) при зниженій напрузі живлення обмотки

Тривалість впорскування палива  є важливим діагностичним параметром системи керування впорскування бензину. Тривалість впорскування визначається розрахунковим шляхом на основі сигналів датчиків системи керування і залежно від алгоритмів паливоподачі, закладених у блок керування. Розрахунок тривалості впорскування можна розподілити на два основних етапи: перший етап – жорстке завдання  з основного алгоритму паливоподачі закладеного в електронний блок керування. Другий етап – гнучке коректування залежно від реального складу паливоповітряної суміші за сигналами λ – зонда. Залежно від режиму роботи двигуна може реалізовується той або інший варіант завдання тривалості впорскування. Робота двигуна – без зворотного зв’язка за λ – зондом здійснюєтьсяпри запуску, початковому етапі прогріву, при різкому прискоренні, при гальмуванні. У цьому випадку контроль складу суміші не здійснюється і  установлюється у жорсткій залежності від сигналів основних датчиків системи.

На всіх інших режимах діє зворотний зв’язок за λ – зондом і враховується реальний склад паливоповітряної суміші (рис.39.3). Принцип роботи зворотного зв’язка. Як відомо дворівневий λ – зонд не може визначати точний стан суміші та коефіцієнт надлишку повітря. При роботі двигуна на збідненій суміші, коли у відпрацьованих газах залишається велика кількість кисню, що не вступив у реакцію (1,09...2%), в інформаційному каналі λ – зонда напруга буде від 100 мВ до 500 мВ.

ЕБК аналізує напругу кисневого датчика і визначає, що суміш «бідна», після чого здійснює *збільшення* тривалості керуючого імпульсу на форсунку. Оскільки тривалість керуючого імпульсу збільшується на певну фіксовану стандартну величину, а точне значення α не відомо, тому, як правило, на справній паливній системі це призводить до збагачення суміші. При роботі двигуна на збагаченій суміші (вміст О2 0,14...1,09%) напруга в каналі λ – зонда буде від 500 мВ до 900 мВ. ЕБК аналізує напругу кисневого датчика і визначає, що суміш «багата», після чого здійснює *зменшення* тривалості керуючого імпульсу на форсунку. Оскільки тривалість керуючого імпульсу зменшується на якусь фіксовану стандартну величину, а точне значення α не відомо, тому, як правило, на справній паливній системі це приводить до збідніння суміші. Після чого цикл повторюється знову.



Рис.39.3. Робота системи керування впорскуванням палива за замкнутим зворотнім зв’язком: 1 – електронний блок керування; 2 – керуючий імпульс форсунки; 3 – електромагнітна форсунка; 4 – циліндри двигуна в яких відбувається процес згоряння палива; 5 – кисневий датчик (λ –зонд); 6 – вихідна напруга дворівневого λ –зонда

У результаті ЕБК при роботі із дворівневим λ – зондом не здатний забезпечити ідеальну стехіометричну суміш *a,* а здійснює лише постійну незначну зміну тривалості впорскування почергово то збагачуючи, то збіднюючи суміш. Діапазон зміни коефіцієнта надлишку повітря при цьому називається «вікном» лямбда регулювання і становить *a* = 0,99…1,01 (на ряді автомобілів згідно нормам токсичності Еuro–1 і Еuro–2 припустиме *a* =0,98...1,02). Утримання складу суміші близької до стехіометричного співвідношення на сучасних бензинових двигунах потрібне задля забезпечення нормального режиму роботи трикомпонентного нейтралізатора відпрацьованих газів.

Залежно від модифікації ЕСКД та її адаптації до тих або інших норм токсичності можуть бути реалізовані різні схеми і алгоритми установки λ – зондів.

Еuro–1 і Euro–2: один дворівневий λ – зонд попереду трикомпоненого нейтралізатору;

Еuro–3: два однакових дворівневих λ – зонда, один попереду, інший позаду нейтралізатора ВГ. Перший λ – зонд здійснює корекцію паливоповітряної суміші, другий – контроль технічного стану нейтралізатора;

Еuro–4 і Еuro–5: перед нейтралізатором розміщено широкополосний λ – зонд, що точно визначає величину коефіцієнта надлишку повітря, за нейтралізатором другий дворівневий λ – зонд для контролю технічного стану нейтралізатора.

Необхідно нагадати, що на ряді ЕСКД зазначені λ – зонди розташовані за нейтралізатором здійснюють не лише контроль технічного стану самого нейтралізатора, але й використовуються для додаткової корекції складу суміші.

У результаті зміни технічного стану елементів системи керування двигуном або паливної апаратури може спостерігатися значна зміна складу паливоповітряної суміші на різних робочих режимах двигуна. Але використання зворотного зв’язку за λ – зондом в більшості випадків дозволяє повернути суміш до стехіометричного співвідношення. Це забезпечується за рахунок застосування декількох алгоритмів корекції величини паливоподачі.

***Короткочасна і довгострокова корекції паливоподачі.*** Коли двигун виходить на будь-який робочий режим, ЕБК обирає значення тривалості впорскування палива на підставі сигналів основних датчиків системи і залежно від тривимірної матриці паливоподачі за навантаженням і обертами, закладеної в енергонезалежну пам’ять ЕБК. Після чого розпочинає додатково коректувати суміш за сигналами датчика кисню у ВГ. Якщо реальний склад суміші не відповідає розрахунковому на обраному режимі, то ЕБК буде змінювати тривалість впорскування палива доки не досягне необхідного результату. Величина зазначеної корекції може досягати до 15...25% залежно від марки автомобіля та його системи керування. Значення корекції буде записане у відповідну комірку пам’яті. Якщо режим роботи змінився, то комірка пам’яті обнулюється та заповнюється величиною корекції вже для нового режиму роботи двигуна. Цей тип корекції називається «короткочасною корекцією». При поверненні на попередній робочий режим величина короткочасної корекції розраховується заново. Оскільки розрахунок величини корекції вимагає певного часу, то якщо б її величина була більше 25%, некомпенсовані відхилення у паливоподачі позначалися б на протіканні процесів на перехідних режимах роботи двигуна. Це може проявлятися у втраті потужності, погіршенні динаміки під час розгону, шумах у впускному колекторі, або навпаки – підвищеного викиду сажі та витрати палива тощо.

Для того, що б уникнути перерахованих вище недоліків роботи двигуна, ЕБК додатково здійснює розрахунок величини «довгострокової корекції». Тобто, якщо величина короткочасної корекції досягла свого граничного значення, то її значення записується в іншу комірку пам’яті, значення якої не стираються при зміні режиму і зберігаються навіть при непрацюючому двигуні. При зміні режиму роботи двигуна використовуються нові осередки для запису довгострокової корекції вже для нового режиму. При поверненні на попередній режим роботи ЕБК не здійснює розрахунок паливоподачі, а відразу обирає останнє збережене значення довгострокової корекції з комірки пам’яті, що відповідає досягнутому режиму. У сучасних ЕБК величина довгострокової корекції записується в енергонезалежну пам’ять, і провести зчитування та обнуління її значення можливо лише за допомогою спеціалізованого діагностичного устаткування. У старих моделях ЕБК живлення комірок пам’яті, що містять значення довгострокової корекції, підтримувалося акумуляторною батареєю автомобіля, (навіть при заглушеному двигуні). Тому при відключенні акумуляторної батареї відбувалося обнуління пам’яті несправностей і пам’яті корекції.

При діагностуванні ЕСКД стандартизованим під EOBD діагностичним устаткуванням короткочасна корекція позначається на екрані приладу як «Short–term fuel trim» (STFT) а довгострокова корекція – «Long-term fuel trim» (LTFT).

***Адитивна та мультиплікативна корекції паливоподачі.*** Залежно від режиму роботи двигуна потрібна різна величина циклової подачі палива. Зміна цієї величини може задаватися двома способами. На ХХ і малих навантаженнях, коли потрібна мала кількість палива навіть незначна зміна тривалості керуючого сигналу на форсунку може призводити до значних змін складу паливоповітряної суміші. Тому основний спосіб зміни паливоподачі – це віднімання, або додавання періодів часу до сигналу тривалості впорскування. Таке коректування називається адитивним. При роботі двигуна під навантаженням значення циклової подачі змінюються в широкому діапазоні. Тому для зручної та ефективної зміни тривалості впорскування її краще помножити на певний коефіцієнт (величина якого більша, або менша одиниці, залежно від того чи потрібно збагатити суміш, чи її збіднити). Такий тип корекції називається мультиплікативним.

Методика діагностування паливної апаратури використовує сигнал датчика кисню. Величини паливної корекції полягає в наступному:

* виробляється оцінка сигналу датчика кисню на його адекватність (тобто справність датчика);
* за допомогою осцилографа та/або мотор-тестера, і діагностичного сканера здійснюється запис сигналу датчика кисню та величин паливної корекції на різних режимах роботи двигуна (наприклад на ХХ, і далі через кожні 500 хв–1, або при русі автомобіля на різних передачах і при різному навантаженні). Кількість режимів оператор поста діагностики обирає сам залежно від попередніх симптомів несправності та резерву часу на проведення діагностування транспортного засобу;
* реалізується карта відхилення величини паливоподачі залежно від режиму, причому для стаціонарних режимів краще враховувати величину корекції, а для перехідних – вихідний сигнал датчика кисню;
* отримана карта обробляється за допомогою діагностичної моделі, що дозволяє локалізувати та визначити вид несправності і величину її впливу на процеси у двигуні та в системі паливоподачі.

**Порядок проведення вимірів на автомобілі**

Дотримуйтесь такої послідовності підключення системи діагностики:

* підключення USB осцилографа та KL–line адаптера до ноутбука із діагностичним ПЗ (у випадку підключення до ПК замість ноутбука необхідно виконати додаткове заземлення устаткування та автомобіля);
* підключення KL–line адаптера до діагностичного роз‘йому транспортного засобу використовуючи схему на рис.39.4;
* підключення 1–го каналу осцилографа до інформаційного проведення λ –зонда;
* підключення 2–го каналу осцилографа до інформаційного проведення витратоміру повітря;
* підключення 3–го каналу осцилографа до інформаційного проведення датчика частоти обертання;

### 6) підключення 5–го каналу осцилографа до керуючої лінії модуля форсунок (для Skoda Oсtavia – до керуючої лінії першої форсунки).



Рис.39.4. Роз‘йоми для підключення діагностичного устаткування за стандартом OBD ІІ

Подальша послідовність операцій є такою:

* обрати в меню осцилографа режим **«*Lambda –контроль*»;**
* запустити холодний двигун, відстеживши час прогріву λ – зонда і момент включення зворотного зв’язка;
* прогріти мотор до температури +80°С, проконтролювати тривалість керуючого сигналу на форсунці та його відсоткове співвідношення, а також роботу λ –зонда;
* запустити діагностичну програму і за допомогою KL–Line адаптера зв’язатися з ЕБК, оцінивши величини уведеної в пам’ять ЕБК корекції за паливоподачею (групи 06, 07, 08, 10 в VagCom для двигуна AGU автомобіля Skoda Oktavia система керування – рис.39.5, або групи для двигуна автомобіля VW Golf система керування DIGIFANT – рис.39.6;



Рис.39.5. Екран діагностичної програми Vag–Com для блоків оцінки лямбда

контролю системи керування Motronic



Рис.39.6. Екран діагностичної програми Vag–Com для блоків оцінки лямбда контролю системи керування DIGIFANT

* записати осцилограми на ХХ, 2500 хв–1, при різкому натисканні на педаль газу та на режимі примусового ХХ;
* проаналізувати зміну сигналів датчиків на цих режимах і зміну тривалості впорскування форсунками;
* примусово створити несправність (збіднену або збагачену суміш за допомогою витратоміра повітря);
* зафіксувати відхилення сигналу λ –зонда, тривалість імпульсу на форсунці та величину паливної корекції (табл.39.1).

 *Таблиця 39.1*

 **Протокол вимірів на транспортному засобі**

 Алгоритм впорскування

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Режим ХХ | Еталон | Результат виміру |
| 1. Тривалість впорскування, мс
 |  |  |
| 1. Напруга кисневого датчика, мВ
 | 100... 900 мВ |  |
| 1. Короткочасна корекція STFT, %
 |  |  |
| 1. Довгострокова корекція LTFT, %
 |  |  |
| 1. Режим 2500 хв–1
 | –\\– | –\\– |
| 1. Тривалість впорскування , мс
 |  |  |
| 1. Напруга кисневого датчика, мВ
 | 100... 900 мВ |  |
| 1. Короткочасна корекція STFT, %
 |  |  |
| 1. Довгострокова корекція LTFT, %
 |  |  |

**Контрольні запитання**

1. Скільки варіантів схем використання λ –зондів існує,та як вони пов’язані з європейськими екологічними нормами?
2. Що таке адитивна та мультиплікативна корекція? У чому різниця поміж ними? На яких режимах вона спостерігається?
3. Що таке короткочасна і довгострокова корекція, в чому полягає різниця між ними?
4. Якою є послідовність процесу діагностування системи паливоподачі транспортного засобу на основі величини корекції тривалості впорскування та сигналу датчика кисню?
5. Якому рівню сигналу одновольтового дворівневого λ – зонда відповідає «збіднена суміш»?

Якому рівню сигналу одновольтового дворівневого λ –зонда відповідає «збагачена суміш»?