**Характеристика систем керування бензиновими двигунами внутрішнього сгорання як об’єктів діагностики та виявлення їх несправностей**

**1. Особливості влаштування та функціонування систем**

Розглянемо функціональну структуру системи керування двигуном типу Motronic, яка застосована на автомобілях ВАЗ 2110 – 12 (рис. 1).

Рис. 31. Функціональна структура системи Motroniс

**Діагностичне рознімання**

**СО потенц.**

**ДПКВ**

**ДТОР**

**ДПДЗ**

**ДМВП**

**ДША**

**ДД**

**ВК**

**ДСІ**

***U***

**Паливні   
форсунки**

**Модуль  
 запалювання**

**Кондиціонер**

**РНХ**

**Бензонасос**

**ВСО**

# КВП

**Спідометр**

**Тахометр**

**Маршрутний комп’ютер**

**Покажчик температури**

**СЕ**

**ЕКО**

###### **ДКК**

###### **ФД**

###### **ВЗ**

Датчики інформації

Контролер

Виконавчі пристрої

Засоби контролю

У такій системі на базі центрального комп’ютера (ЕБК) впроваджено декілька підсистем керування (паливоподачею, запалюванням, кондиціонуванням, охолодженням двигуна, впуском повітря) та контролю (система контрольно-вимірювальних приладів, протиугінна система, система діагностики).

До складу базової системи входять датчики положення колінчастого валу (ДПКВ); положення дросельної заслінки (ДПДЗ); масової витрати повітря (ДМВП); детонації (ДД); температури охолоджуючої рідини (ДТОР); швидкості руху автомобіля (ДША).

Як вхідні сигнали для ЕБК також сприймаються: значення опору СО-потенціометра; величина напруги живлення *U*; ознаки вмикання запалювання (ВЗ) та кондиціонера (ВК); сигнал дозволу від системи імобілайзера (ДСІ).

Як виконавчі пристрої системи розглядаються паливні форсунки, модуль запалювання, регулятор неробочого ходу (РНХ), реле вмикання кондиціонера, вентилятора системи охолодження (ВСО) та паливного насоса. На підставі сигналів датчиків вимірювальної інформації паралельно формуються сигнали для контрольно-вимірювальних приладів (КВП).

Інформаційна прив’язка (лінії зв’язку) між датчиками та виконавчими пристроями у середовищі ЕБК (рис. 1) визначає перелік сигналів вимірювальної інформації (датчики), на основі яких формується сигнал керування кожним виконавчим пристроєм або засобом контролю.

У системі запалювання застосовано модуль запалювання (моноблок), за допомогою якого здійснюється статистичний розподіл вторинної напруги по свічках циліндрів (система з неробочою іскрою).

Модуль запалювання містить дві двовивідні котушки запалювання та два виконавчих транзисторних ключа, які комутують струм в первинних колах котушок запалювання.

Сигнал керування модулем запалювання (час накопичення енергії та момент запалювання) формується на основі сигналів датчиків ДПКВ, ДТОР, ДМВП, ДД та залежить від величини напруги бортової мережі та наявності сигналу дозволу від системи імобілайзера (ДСІ). ЕБК реалізує алгоритм усунення детонаційного процесу, який виникає у нештатних ситуаціях (відхилення від норми октанового числа бензину, компресії по циліндрах, засмічення форсунок). Керування запалюванням у цьому разі відбувається залежно від рівня детонації (ДД) та окремо по кожному циліндру.

До складу системи впуску повітря входять повітряний фільтр та дросельний патрубок, на якому містяться регулятор неробочого ходу та датчик ДПДЗ.

Регулятор неробочого ходу являє собою двополюсний кроковий електродвигун з приводом запірної конусної голки. Положення голки відносно дроселюючого отвору в режимі неробочого ходу ДВЗ визначає кількість повітря, яке надходить до циліндрів через обхідний повітряний канал, коли дросельна заслінка цілком зачинена. Сигнал керування регулятором неробочого ходу (кількість та послідовність імпульсів) формується на підставі сигналів датчиків ДПКВ, ДМВП, ДПДЗ.

Система подачі палива включає такі елементи: бензонасос роторного типу, розташований безпосередньо у паливному баці; реле вмикання бензонасоса; паливний фільтр; паливні магістралі; рампу форсунок, до складу якої входять електромагнітні форсунки та регулятор тиску палива. Регулятор тиску палива підтримує тиск палива в рампі форсунок на рівні *Р*=284 – 325 кПа.

У разі перевищення тиску (при малому навантаженні двигуна) надлишкове паливо повертається до паливного баку по зворотній магістралі.

Вмикання бензонасоса відбувається при вмиканні запалювання та наявності сигналу дозволу від системи імобілайзера за таким алгоритмом. При поверненні ключа запалювання в положення «запалювання» або з положення «викл.» в положення «СТАРТЕР»м – ЕБК підключає бензонасос. Якщо протягом трьох секунд старт не відбувається (імпульси від ДПКВ відсутні), ЕБК відключає бензонасос. В разі появи імпульсів, які свідчать про обертання двигуна, ЕБК знову підключає бензонасос.

Дозування палива (встановлення складу паливної суміші) здійснюється за рахунок зміни тривалості імпульсів керування форсунками. Сигнал керування паливними форсунками (тривалість імпульсів) формується в ЕБК на підставі сигналів датчиків ДПКВ, ДТОР, ДПДЗ, ДМВП, ДША та залежать від встановленого опору СО-потенціометра, величини напруги живлення та наявності сигналу дозволу від системи імобілайзера.

Залежно від режимів роботи двигуна, його стану та експлуатаційних умов може здійснюватися синхронне або асинхронне упорскування палива (рис. 2).

Початкове упорскування палива відбувається при надходженні в ЕБК першого імпульсу від ДПКВ на початку режиму пуску двигуна. Цей сигнал викликає тимчасове відкриття всіх форсунок. Тривалість імпульсу початкового упорскування залежить від температурного стану ДВЗ (сигнал ДТОР).

Протягом режиму пуску двигуна ЕБК формує декілька додаткових асин хронних імпульсів включення форсунок, щоб збагатити паливну суміш. Тривалість та кількість імпульсів упорскування в цьому режимі також залежить від температури двигуна. Режим підтримується доки оберти двигуна не перевищать *n* > 400 хв-1 або до виникнення режиму продувки, коли свічки запалювання залити паливом і не забезпечують спалахів у циліндрах.

Режим продувки відбувається, якщо оберти двигуна при прокрутці стартером не досягли *n* < 400 хв-1 та дросельна заслінка (ДПДЗ) відчинена більш ніж на 75%.

В цьому разі ЕБК не формує сигнали упорскування, подача палива у циліндри припиняється, свічки продуваються повітрям, що надходить з впускного колектора. Щоб активізувати подачу палива після продувки, слід забезпечити відчинений стан дросельної заслінки менш ніж на 75%.

Після пуску двигуна (коли оберти перевищать *n* > 400 хв-1) ЕБК забезпечує робочій режим упорскування, підтримуючи та корегуючи оптимальне співвідношення повітря – паливо. Сигнал упорскування в цьому режимі формується на підставі сигналів датчиків ДПКВ, ДМВП, ДТОР, ДПДЗ. У системах зі зворотним зв’язком аналізується сигнал з датчика концентрації кисню (ДКК), на основі якого виконується корегування тривалості імпульсу упорскування з метою поліпшення роботи каталітичного каталізатора.

Режими упорскування палива

# Асинхронний

# Синхронний

Пуску

*n*400 об/хв

0,5α0,9

α=*f(t)*

Продувки

(залиті свічки)

*n*<400 об/хв

γ>%

Відключення

подачі палива

*n* =0 або

*n*>6500 об/хв

Збагачення при прискоренні

*tф = f*(γ)

Потужнісне збагачення

*tф = f*(γ, *n*)

Компенсації напруги АКБ

*tф = f*(*U*АКБ)

Відключення при гальмуванні

*tф = f*(*n,t,V,* γ)

Робочий

n>400 об/хв.

*tф = f(n,Р, t)*

0,5α1,2

Збіднення при гальмуванні

*tф = f*(γ, *Gв*)

Початкове упорскування

*tф = f(t0)*

Рис.2. Режими роботи системи упорскування

Режим збагачення при прискореннях (збільшення тривалості імпульсів) активізується, якщо ЕБК реєструє різке відкриття дросельної заслінки та підвищення витрати повітря. Збагачення суміші забезпечується тільки при перехідному режимі.

Режим потужнісного збагачення активізується тоді, коли сигнал з ДПДЗ свідчить про відчинений стан заслінки, а сигнал з ДПКВ вказує на зниження обертів двигуна. У системах зі зворотним зв’язком на цьому режимі сигнал ДКК ігнорується.

Режим збіднення при гальмуванні підвищує екологічні, та паливно-економічні показники двигуна. Зменшення тривалості імпульсу упорскування на цьому режимі здійснюється на основі порівняння сигналів з ДПДЗ (коли заслінка зачинена) та ДМВП (коли витрати повітря малі).

Режим відключення подачі палива при гальмуванні двигуном активізується, якщо увімкнені швидкісна передача та зчеплення, а сигнали датчиків ДПКВ, ДША, ДПДЗ мають певні значення. Відключення форсунок відбувається в періодичному режимі залежно від температурного стану двигуна (сигнал ДТОР).

Режим компенсування відхилення напруги живлення від номінального значення забезпечує стабілізацію тривалості відкриття паливних форсунок та кількості енергії, що накопичується в котушках запалювання, за рахунок зміни тривалості відповідних імпульсів керування відносно їх оптимізованих значень, що зберігаються в характеристичних картах постійної пам’яті ЕБК.

Режим відключення подачі палива активізується, якщо замок запалювання в положенні «викл.» чи оберти двигуна дорівнюють *n*=0 (сигнал ДПКВ), або оберти двигуна перевищують *n* > 6510 хв-1. Такі заходи виключають можливість калільного запалювання у циліндрах непрацюючого двигуна та захищають двигун від перевищення максимальних обертів.

Система кондиціонування складається з перемикача циклів, датчика сигналізатора тиску, датчика сигналізатора температури, реле керування муфтою компресора, керуючого реле, реле вентилятора конденсатора, вимикача вентиляторного вузла, компресора, вимикача системи кондиціонування.

При вмиканні кондиціонера ЕБК корегує положення регулятора неробочого ходу, щоб компенсувати додаткове навантаження на систему електропостачання (підвищення гальмівного моменту генератора ) від кондиціонера. ЕБК не дозволяє виконати вмикання кондиціонера якщо положення дросельної заслінки (ДПДЗ) перевищує 85% її відчиненого стану; температура охолоджуючої рідини (ДТОР) перевищує *t0*> 1120*С*; навантаження ДВЗ (ДПДЗ, ДПКВ) перевищує задане значення; занадто висока або занадто низька частота обертання колінчастого валу (ДПКВ); напруга бортової мережі виходить за межі *U*=10,8 – 16,9 В.

Вмикання та вимикання вентилятора системи охолодження виконується в автоматичному режимі по сигналах з ЕБК залежно від температури двигуна (сигнал ДТОР), частоти обертання колінчастого валу (сигнал ДПКВ) та роботи кондиціонера. Сигнал на вмикання вентилятора надходить, якщо температура охолоджуючої рідини перебільшила *t0* > 1040С або подано запит на вмикання кондиціонера. Вентилятор буде вимкнено, якщо температура охолоджуючої рідини знизиться до *t0* > 1010С або кондиціонер буде вимкнено, або двигун зупиниться.

У системах керування де передбачено утилізацію випаровувань бензину, ЕБК формує сигнал вмикання електромагнітного клапана, через який забезпечується продування вугільного адсорбера. Електроклапан періодично відчиняється, тільки якщо виконуються всі наступні умови: температура охолоджуючої рідини (сигнал ДТОР) перевищує *t0* > 750*С*; система керування працює у режимі замкненого циклу ( зі зворотним зв’язком); швидкість руху автомобіля перевищує *V* ≥ 10 км/год.; відчинений стан дросельної заслінки перевищує 4%. Повернення клапана в зачинений стан буде відбуватися, якщо швидкість руху автомобіля буде нижча за *V*= 7 км/год. або дросельна заслінка буде повністю зачинена.

Система керування упорскуванням може бути реалізована за двома варіантами розподілу палива – груповим чи послідовним (фазованим). В першому випадку сигнал упорскування подається одночасно на дві форсунки першого та четвертого циліндрів, а потім через 1800 обертання колінчастого валу – на форсунки другого та третього циліндрів. Таким чином кожна форсунка включається один раз за оберт колінчастого валу.

При фазованому розподілі форсунки включаються по черзі у циліндрах 1-3-4-2 синхронно з сигналом запалювання. Для реалізації послідовного упор- скування на двигуні додатково встановлюється фазний датчик (датчик ідентифікації першого циліндра).

Система самодіагностики (ССД) у процесі руху автомобіля здійснює функції контролю стану та резервування елементів системи керування на програмному рівні.

Якщо у колах датчиків вимірювальної інформації виникає несправність, ССД заносить код несправності у пам’ять ЕБК, засвічує лампу СЕ для повідомлення водія та виконує операції резервування сигналів.

**2. Визначення прихованих та непостійних несправностей**

Приховані несправності – це такі несправності мехатронної системи, які не можуть бути певно ідентифіковані за допомогою системи СД.

Непостійні несправності – це такі несправності, які відбуваються короткочасно, і тому можуть викликати або не викликати реакцію СД (горіння лампи СЕ, занесення коду несправностей до пам’яті ЕБК). Може виникати ситуація, коли код непостійної несправності занесено до пам’яті ЕБК, лампа СЕ сигналізує про наявність несправності, а несправність на час її пошуку зникла. В таких випадках, щоб не робити помилкових втручань, слід підтвердити наявність несправності після скидання помилки.

Приховані та непостійні несправності можуть мати однакові причини їх виникнення, які пов’язані з динамічними пошкодженнями електричних кіл. Найбільшу увагу слід приділяти високовольтним елементам системи запалювання, які здатні випромінювати електромагнітні перешкоди. До таких несправностей слід віднести: занадто великий зазор між електродами свічок запалювання; засмічення поверхонь елементів вторинного кола системи; перегоряння подавляючих резисторів; обриви чи пробої високовольтних проводів. Перешкоди, які виникають при перехідних процесах в колах системи запалювання, викликають збої у сигнальних колах датчиків системи керування та помилкову реакцію системи самодіагностики.

Якщо всі несправності, які були зареєстровані системою самодіагностики усунено, а ДВЗ працює незадовільно (або не працює зовсім), слід шукати пошкодження механічного характеру: порушення герметичності циліндрово-поршневої групи; підсос повітря у впускному колекторі; порушення фаз газорозподілу; відсутність палива у баці; пошкодження або засмічення паливної магістралі; пошкодження паливного насоса; порушення у каналі впорскування палива. Тому, перш ніж почати діагностування системи керування ДВЗ за допомогою діагностичних карт, виконують такі обов’язкові перевірки:

- Стану вакуумних шлангів та надійності їх підключення.

- Стану кабелів електричної проводки у підкопотному просторі та їх укладку.

- Відсутності підсосу повітря у місці монтажу дросельного патрубка.

- Стану високовольтних проводів та правильності укладки їх траси.

Якщо при зовнішньому огляді (перевірках) причину несправності не встановлено, проводять діагностування системи у русі автомобіля за допомогою сканера або мультиметра, спостерігаючи за відхиленнями параметрів у колах системи від номінальних значень. Для зручнішого спостерігання за параметрами та ретельного аналізу отриманої інформації в сканерах використовується режим «Знімання».

Деякі пошкодження у системах керування, які не ідентифікуються системою самодіагностики (код несправності не формується), можуть викликати тимчасові або періодичні спалахи лампи СЕ при працюючому ДВЗ. При цьому лампа СЕ спалахує тимчасово або періодично. Такий ефект спостерігається при несправностях виконавчих пристроїв індуктивного характеру (електродвигуни, клапани, реле, муфти) , які утворюють у колах живлення системи керування кондуктивні завади у вигляді імпульсів перенапруження. Така ж реакція лампи СЕ може бути спричинена неправильним підключенням та монтажем додаткових електроспоживачів (ліхтарів, аудіо - та відеоапаратури, охоронних та протиугінних систем); неправильним взаємним розташуванням сигнальних кабелів у системі керування, проводки генераторного пристрою та високовольтних проводів; пробоями на масу вторинного кола системи запалювання; динамічними порушеннями контакту в колах керування лампою СЕ та колах підключення маси до ЕБК та ДВЗ.

Якщо ЕБК втрачує коди несправностей, слід протестувати систему самодіагностування шляхом імітації несправності. Наприклад, відключають рознімання ДПДЗ (імітація обриву датчика), запускають ДВЗ на обертах неробочого ходу до реакції лампи СЕ (занесення коду 0123 – «високий рівень сигналу ДПДЗ»). Код має зберігатися при відключеному запалюванні протягом двох годин (як передбачено у системі). Якщо код не зберігається , несправним слід вважати ЕБК.